

## **Предельно допустимые уровни загрязнения плутонием в питьевой воде**

Энергетика и Безопасность № 33

- 
- [Опасное воздействие на кости: предельно допустимые уровни загрязнения плутонием в питьевой воде](#)  
Арджун МАКХИДЖАНИ
  - [Опасное воздействие на кости: выводы и рекомендации](#)
  - **Наука Для Критических Масс**
    - [Плутоний и питьевая вода](#)
- 

## **Опасное воздействие на кости: предельно допустимые уровни загрязнения плутонием в питьевой воде**

Арджун Макхиджани

---

**От редактора.** Публикация в США в 1975 и 1976 гг. регулирующих правил о безопасности питьевой воды в отношении токсичных химикатов и радионуклидов в соответствии с Законом о безопасности питьевой воды стала первым историческим шагом к тому, чтобы питьевая вода стала более качественной. Однако время показало, что многие химикаты и радионуклиды обладают большей угрозой и создают целый ряд рисков для здоровья людей.

Эта статья посвящена предельно допустимым уровням (ПДУ) загрязнения воды плутонием-239 и другими радионуклидами и входит в серию инициатив Института исследований энергетики и окружающей среды (IEER), которые должны привлечь внимание общественности к результатам научных поисков в области здравоохранения и защиты окружающей среды. Научно-исследовательская работа Института показывает, что действующие ПДУ загрязнения по альфа-излучающим долгоживущим трансураниевым радионуклидам, должны быть снижены примерно в 100 раз. Это поможет придерживаться почти тех же целей по радиационной защите, которые отчасти обусловили первое положение о предельных уровнях загрязнения, опубликованное в 1976 году.

Мы призываем вас к участию в этих инициативах. Следующий официальный отчет о ПДУ загрязнения радионуклидами в питьевой воде запланирован на 2006 год. Мы приглашаем читателей бюллетеня ЭБ и организации, членами которых они являются, присоединиться к IEER, который намеревается направить Управлению по защите окружающей среды США решительное и четкое послание, призывающее защитить здоровье людей путем ужесточения норм по содержанию альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов в питьевой воде. 1 августа 2005 года Институт исследований энергетики и окружающей среды совместно с другими организациями направил письмо в Управление, предлагающее ему включить научный анализ стандарта качества питьевой воды для альфа-излучающих трансурановых радионуклидов, подготовленный Институтом, в работу по пересмотру норм для радионуклидов. Поставить свою подпись под письмом можно на сайте <http://capwiz.com/wagingpeace/issues/alert/?alertid=8243821>. Свои подписи можно направлять до тех пор, пока Управление не завершит проверку, что, скорее всего, произойдет осенью 2006 года. До этого Институт периодически будет направлять в Управление дополнительные подписи.

Предлагаемая статья основана на научном анализе IEER по предельно допустимым уровням загрязнения альфа излучающими трансурановыми радионуклидами в питьевой воде. Отчет называется в "["Опасное воздействие на кости: анализ федеральных предельно допустимых уровней загрязнения плутонием-239 и другими альфа излучающими трансурановыми радионуклидами в питьевой воде"](#)". Краткое изложение основных выводов и рекомендаций данного отчета представлено на сайте [www.ieer.org/ensec/no-33/russ33/findings.html](http://www.ieer.org/ensec/no-33/russ33/findings.html). Ссылки представлены в [отчете](#).

Основной национальный стандарт качества питьевой воды (National Primary Drinking Water Regulations) - это свод норм, которые обеспечивают качество питьевой воды и поддерживают его на уровне, безопасном для потребления. В соответствии с Законом о безопасности питьевой воды (Safe Drinking Water Act) от 1974 года, по этим нормам устанавливаются стандарты по содержанию радионуклидов в общественном водоснабжении<sup>1</sup>. Для этого существует два способа: с помощью определения предельно допустимых уровней радиоактивного загрязнения в питьевой воде или путем определения предельно допустимой дозы облучения для всего организма или отдельного органа при потреблении питьевой воды.

Действующий предельно допустимый уровень загрязнения (ПДУ) по суммарной радиоактивности альфа-частиц, куда входят радий-226, плутоний-239 и все другие альфаизлучающие радионуклиды в целом, за исключением урана и радона, составляет 15 пикокюри на один литр воды<sup>2</sup>. Для радия-226 и радия-228 существует общий подуровень, который составляет 5 пикокюри на один литр воды (куда входит весь природный радий-226 и радий-228). Например, если в воде присутствует только плутоний-239, уровень загрязнения может составлять до 15 пикокюри на литр, при условии, что отсутствуют другие, указанные в нормах, альфа-излучающие радионуклиды. Если радий-226

присутствует в предельно допустимой дозе 5 пикокюри на один литр воды<sup>3</sup>, тогда, в соответствии с нормой, максимально допустимый уровень загрязнения для суммарной альфа активности составляет 10 пикокюри на литр.

Этот стандарт был установлен в 1976 г. по научным оценкам Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) и Национального комитета по защите и измерению радиационного излучения в конце 1950-х годов. Обе организации являются научными консультативными органами. Эти результаты были опубликованы в Публикации 2 МКРЗ, в Отчете № 2 NCRP, а также в сокращенном виде Национальным бюро стандартов США (NBS) в Своде нормативов NBS 69<sup>4</sup>. Последние версии нормативов NBS опубликованы Управлением по защите окружающей среды США (EPA) в серии отчетов о федеральных нормативах (ОФН).

После обнародования в 1976 году стандарты по качеству питьевой воды широко делились на нормы для природных и искусственных радионуклидов, которые присутствуют в окружающей среде. В особенности это касалось лимитированных доз Управления по искусственным бета- и фотон-излучающим радионуклидам, составлявшим до 4 миллибэр в год для критического органа (или органа, наиболее подверженного излучению). В то время основные радионуклидные примеси в воде были результатом радиоактивных осадков от ядерных испытаний в атмосфере. Загрязнению плутонием и другими альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами не уделялось должного внимания, из-за того, по-видимому, что тогда эти радионуклиды не считались опасными для системы общественного водоснабжения, так как их захоронения в основном проводились на территориях заводов по производству ядерного оружия (хотя некоторые радионуклиды были отправлены на объекты по захоронению низкоактивных отходов). Однако, несмотря на то что подробно этот вопрос не был изучен, ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами был установлен при дозе для костей, равной менее 4 миллибэр в год.

Напротив, никаких удельных ПДУ загрязнения не было установлено в отношении урана или радона, которые являются природными радионуклидами и присутствуют в воде. Подуровень, который был установлен для радия-226 (его максимальная концентрация составляла 5 пикокюри на литр воды при отсутствии радия-228), намного превышал его предельную дозу, равную 4 миллибэрам. Радий-226 естественно присутствует в воде (и почве) в различном количестве, от долей пикокюри на литр воды до десятков пикокюри. Управление по защите окружающей среды намеревалось снизить наиболее серьезные риски загрязнения в районах с высокой степенью радийного загрязнения и при этом ограничить общие затраты на очистку воды и число водных систем, которые необходимо освободить от радия.

Цель - ограничить радиоактивное воздействие всех искусственных источников - воплощена в тексте закона о стандартах. В нем было четко указано на военные источники загрязнения, поскольку радиация, появившаяся в результате испытаний ядерного оружия, была подробно изучена.

"Искусственная радиация может проникнуть в систему общественного

водоснабжения из различных источников. Такое загрязнение, как правило, связано с системами, использующими поверхностные воды. Отложения радиоактивных осадочных материалов, накопившиеся за прошлые годы и возникшие в результате ядерных испытаний, в особенности стронция-90 и трития, вероятно, являются наиболее серьезным источником загрязнения. В некоторых районах США эквивалентная доза излучения для отдельного потребителя общественного водоснабжения от такого источника варьируется от 1 до 2 милибэр в год (млбэр/г). На сегодняшний день эквивалентная доза излучения в системах общественного водоснабжения, которые заражены радиоактивными отходами от ядерного топливного цикла, составляет, вероятно, лишь малую часть дозы в радиоактивных материалах, хотя, возможно, она варьируется до 0,5 милибэра в год (млбэр/г). Пока полностью не измерена эквивалентная доза излучения радиоактивных отходов, которые проникают в систему общественного водоснабжения от медицинских, научных и промышленных предприятий, работающих с радиоактивными материалами. В целом, эти предприятия имеют дело с гораздо меньшими объемами радиоактивных веществ, нежели ядерные комплексы, однако их жидкие выбросы, за исключением трития, и суммарные дозы на человека можно в некоторой мере сопоставлять".

Управление признает, что применение радионуклидов в медицине и промышленности в национальном масштабе, а также использование атомной энергии для производства электроэнергии неизбежно приведет к тому, что какая-то часть радиации проникнет в водную среду, в связи с чем в будущем качество некоторых поверхностных вод скорее всего несколько снизится. *Даже если увеличение радиоактивности питьевой воды будет оставаться незначительным Управление считает, что угроза загрязнения воды в будущем заслуживает самого пристального внимания. Задача предложенного мониторинга и нормативов - создать механизм, при помощи которого поставщик водоснабжения может быть информирован об изменениях уровня радиации в своих водных ресурсах с тем, чтобы можно было предпринять надлежащие меры по ее устранению<sup>5</sup>".*

Предельно допустимый уровень загрязнения фотон- и бета- излучателями был установлен на значении 4 милибэра в год, поскольку эти радионуклиды считались наиболее серьезными искусственными источниками излучения.

*"Учитывая общий объем отложений радиоактивных осадков и дополнительные объемы радиоактивных отходов из других источников, которые действуют на сегодняшний день, общая эквивалентная доза излучения от искусственной радиации вряд ли приведет к тому, что общая доза для организма или отдельного органа человека превысит 4 милибэра в год...<sup>6</sup>".*

Эта цитата показывает, что на тот момент радиоактивные осадки были единственным основным компонентом дозы искусственных радионуклидов, которую оценивало

Управление. Заглядывая в будущее, Управление не предполагало, что доза искусственных радионуклидов в питьевой воде для любого человеческого органа превысит 4 миллбэра в год, поскольку считало, что радиоактивные осадки останутся основным источником радиации, который со временем истощится благодаря запрету на ядерные испытания в атмосфере.

"Стандарт для искусственной радиоактивности, составляющий 4 миллбэра в год, был принят во избежание *нежелательной перспективы загрязнения общественного водоснабжения вследствие регулируемой деятельности человека*. При действующих уровнях радиоактивности осадков в системах общественного водоснабжения и их ожидаемом снижении в будущем, а также при уровне надзора за радиоактивными отходами от ядерной промышленности, который будет осуществлен регулирующими органами, предполагается, что предельно допустимые уровни искусственного радиоактивного излучения не будут превышены, за исключением чрезвычайных обстоятельств<sup>7</sup>".

## Формирование науки

С середины 70-х годов двадцатого века сильно возросло понимание того, каким образом радионуклиды перемещаются в теле человека после вдыхания или заглатывания. Одно из основных изменений коснулось значительного повышения дозы облучения костей, которая рассчитана при одинаковом всасывании плутония-239 и других альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов относительно веществ, рассчитанных по изложенному в NBS 69 методу, на котором до сих пор основан ПДУ по этим радионуклидам. Другое изменение коснулось формулировки "кости" с точки зрения расчета доз и, следовательно, защиты от облучения. В результате действующий ПДУ по альфа-излучающим долгоживущим трансурановым радионуклидам более не отражает цель, которая ставилась перед нормативами по безопасности питьевой воды, опубликованными в 1976 году, или Законом о безопасности питьевой воды (см. [информацию по Законом о безопасности питьевой воды](#)). Как будет показано ниже, ПДУ, который составляет 15 пикокюри на литр воды для этих радионуклидов, при отсутствии других альфа-излучающих радионуклидов<sup>8</sup>, является слабым фундаментом для защиты здоровья людей, так как он противоречит содержанию и смыслу положений о безопасности питьевой воды по радионуклидам от 1976 года.

Первые серьезные изменения в официальной науке, которые были признаны МКРЗ в конце 70-х - начале 80-х годов прошлого века (то есть вскоре после обнародования нормативов по безопасности питьевой воды в США), связаны с ее новым пониманием поведения плутония и других альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов в организме человека, а также мощности дозы облучения, с которой они действуют на различные органы человека. В своем Отчете № 13 о федеральных нормативах, опубликованном в 1988 году, Управление по защите окружающей среды первым приняло эти изменения для оценки доз облучения.

С того времени произошло много изменений, позволяющих рассчитать дозы для людей

различных возрастных категорий, в том числе для младенцев. Однако они пока не вошли в стандарты качества питьевой воды. Эти изменения были опубликованы Управлением в Отчете № 13 о федеральных нормативах от 1999 года, к которому прилагался компакт-диск с коэффициентами преобразования дозы на 2002 год.

### **Формирование федеральных нормативов: конец 1950-х - 2002 гг.**

В 1959 году Национальное бюро стандартов США опубликовало свой Сборник нормативов № 69 (так называемый NBS 69), где были установлены предельно допустимые среднегодовые концентрации радионуклидов в воздухе и воде, рассчитанные по дозе для всего организма или отдельного критического органа. В области радиационной защиты понятие "органы" не всегда соответствует реальным органам. Иногда это более абстрактные понятия, основанные на экспериментах и моделях движения радионуклидов в организме (это называется биокинетикой). В случае с остеотропными радионуклидами общепринятое мнение о том, что поведение радия-226 в организме, а также его концентрация в костях очень схожи с кальцием, привело к появлению понятия "немозговых костей" и признанию их критическим органом, или органом, который может получать максимальную дозу облучения. В NBS 69 были опубликованы пределы концентрации радия-226 для атмосферного воздуха и воды, при этом предельная доза составляла 30 бэр в год на "кость", которая была определена как "немозговая".

Со временем было признано, что другие проникающие в кости радионуклиды ведут себя несколько иначе, чем радий-226. Точнее, они могли быть не настолько равномерно распределены в костях, как радий. Для этих радионуклидов был установлен "коэффициент безопасности", равный 5, для расчета ПДУ загрязнения для воздуха и воды. До 6 бэр была сокращена доза этих радионуклидов для костей, допустимая для рабочих. Критическим органом по-прежнему считались "немозговые кости" ("кость"), но негласно, благодаря введению в NBS 69 коэффициента безопасности на уровне 5, была приоткрыта дверь для дальнейшего обсуждения того, каким образом будут распределяться в органах плутоний и другие альфа-излучающие долгоживущие трансураниевые радионуклиды с учетом их различий с радием-226.

Доза для кости, получившей впоследствии свое определение как "немозговая", при ПДУ загрязнения, равном 15 пикокюри на литр воды, составляет 1,8 миллибэра в год по всем альфа-излучающим долгоживущим трансураниевым радионуклидам, о которых здесь идет речь, за исключением нептуния-237, для которого эта норма составляет 3 миллибэра в год. Таким образом, поскольку это касается альфа-излучающих долгоживущих трансураниевых радионуклидов, ПДУ загрязнения суммарной альфа радиоактивностью, установленный в 1976 году, четко определял предельные дозы на уровне менее 4 миллибэр, который установлен для других искусственных радионуклидов.

В 1988 году Управление по защите окружающей среды приняло иное научное понятие костей с точки зрения радиационной защиты. В своем Отчете № 11 о федеральных нормативах, Управление определило два органа, относящиеся к кости - это "костный мозг" и "костная поверхность". Это произошло потому, что было обнаружено, что такие радионуклиды, как плутоний-239, имеют тенденцию к непропорциональному поражению

эндостальных клеток, расположенных рядом с поверхностью кости. К тому же, коэффициенты преобразования доз (объем дозы на единицу поглощения радиоактивности) для альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов, которые были опубликованы в Отчете № 11 о федеральных нормативах, значительно превышали коэффициенты ПДУ, опубликованном в NBS 69.

В результате этих двух изменений значительно выросли дозы поглощения плутония с питьевой водой, которые были рассчитаны с учетом нового подхода к проблеме. Пожизненная кумулятивная доза для критического органа, полученная при потреблении питьевой воды, зараженной плутонием-239 с ПДУ загрязнения, равным 15 пикокюри на один литр, возросла примерно в 180 раз, поскольку была рассчитана на основе Отчета № 11 о федеральных нормативах, а не по NBS 69. Не только изменения в определении критического органа (вместо "немозговых костей" - "костная поверхность"), но и повышение дозы на единицу поглощения сыграли важную роль в более широкой ее оценке в Отчете № 11 о федеральных нормативах<sup>9</sup>.

В дальнейшем, начиная с 1988 года, сформировалось понимание биокинетики плутония. За последние годы были опубликованы коэффициенты преобразования доз для различных возрастных категорий. Это означает, что сегодня пожизненную дозу можно вычислить с учетом примерного ежегодного поглощения человеком в течение жизни загрязненной воды с предельно допустимым уровнем загрязнения. Проводить подобные расчеты можно, применяя коэффициенты преобразования доз по Отчету № 13 о федеральных нормативах, записанных Управлением на компакт-диске в 2002 году.

Используя эти наиболее современные, повозрастные коэффициенты преобразования доз, мы подсчитали, что доза для органа, максимально подверженного облучению (костная поверхность), по Отчету № 13, примерно в 100 раз превысит дозу для кости, определенной в NBS 69 как "немозговая кость". Это означает, что по самым последним данным, опубликованным Управлением, ПДУ загрязнения плутонием-239 и другими альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами крайне завышен, примерно в 100 раз. Иными словами, для того, чтобы следовать цели и смыслу положений от 1976 года, предельно допустимые уровни загрязнения по альфа-излучающим долгоживущим трансурановым радионуклидам должны быть снижены с 15 до 0,15 пикокюри на литр воды (среднегодовое значение).

При подготовке данной рекомендации Институт также обратил внимание на ограничения по предельной концентрации плутония-239, которые существуют в других стандартах. Стандарт для поверхностных вод штата Колорадо является наиболее оптимальным примером, поскольку там находится один из важнейших объектов в США по контролю и переработке плутония - завод "Роки Флэтс", близ города Денвер. ПДУ в этом штате по плутонию-239 для поверхностных вод установлен на уровне 0,15 пКи/л<sup>10</sup>. (Читайте информацию в [рамке](#) ниже.)

## **Выводы**

В заключение можно сказать, что предельно допустимый уровень загрязнения альфа-

излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами должен быть ужесточен примерно в 100 раз, то есть его необходимо снизить с 15 до 0,15 пКи/л. ПДУ трансурановых радионуклидов в 15 пКи/л является устаревшим и небезопасным для здоровья людей, а также в корне противоречит Закону о безопасности питьевой воды и не отвечает цели первоначального положения.

Общий стандарт для всех альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов упростит норматив и сократит затраты на его применение. Более того, учитывая, что среди этих радионуклидов изотопы плутония преобладают над общим радиоактивным содержанием отходов министерства энергетики США (МЭ)<sup>11</sup>, а коэффициенты преобразования дозы для плутония-238/239/240/242 и америция-241 почти идентичны, плутоний-239 оптимально подходит для определения общего стандарта по предельно допустимому уровню загрязнения с точки зрения здравоохранения и целесообразности<sup>12</sup>.

Наряду с изменением ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами, необходимо также изменить предел обнаружения радионуклидов. Положение необходимо скорректировать так, чтобы туда входил отдельный предел обнаружения, составляющий 0,01 пКи/л по каждому альфа-излучающему долгоживущему трансурановому радионуклиду. Действующий предел обнаружения для этих радионуклидов равен 0,001 пКи/л. При таких низких уровнях погрешности могут быть серьезными.

Управление по защите окружающей среды должно рассмотреть вопрос об ужесточении стандарта и учесть другие рекомендации в своей работе по пересмотру норм по радионуклидам в питьевой воде, отчет о которой намечен на 2006 год. Наши основные выводы и рекомендации можно прочесть на сайте [www.ieer.org/ensec/no-33/russ33/findings.html](http://www.ieer.org/ensec/no-33/russ33/findings.html).

### ***Затраты***

Альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды в больших концентрациях присутствуют не везде. Чего не скажешь о природных радионуклидах, к примеру, уране-238/234 и радии-226. Поэтому практически ни одной системе общественного водоснабжения не требуется мониторинг на присутствие этих радионуклидов. Регулярная проверка на их наличие необходима тем системам общественного водоснабжения, которые получают воду из водоносного слоя или поверхностных вод, потенциально соединенных гидрологическим или гидрогеологическим путем с районами или заводами, где хранятся цистерны с отходами, захороненные в землю пшеницы и прочие потенциальные источники альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов, которые в общем объеме превышают 100 кюри<sup>13</sup>. Этот норматив установлен для тех отходов, захоронение которых производится на малую и среднюю глубину. Однако это ограничение и соответственно мониторинг не распространяются на те альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды, которые хранятся в изолированных охраняемых зданиях.

На сегодняшний день степень загрязнения систем общественного водоснабжения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами находится ниже либо приближается к установленному ПДУ загрязнения. Ужесточение стандарта для питьевой воды - не столько мера безопасности для здоровья, сколько предупредительная. Предполагается, что потребуются лишь незначительные единовременные затраты на первичную серию основных проб воды тех систем водоснабжения, которые получают воду из источников, связанных с объектами МЭ с большими объемами плутониевых отходов или почвенным загрязнением на водосборных площадях. Мы предлагаем, чтобы такие единовременные затраты осуществляло МЭ.

Поскольку среди известных загрязняющих веществ, присутствующих в системах общественного водоснабжения, нет таких, которые превышали бы предельную дозу 0,15 пКи/л для альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов, поэтому никаких дальнейших мероприятий, связанных с системами водоснабжения, а также никаких дополнительных затрат не требуется в том случае, если МЭ провело мониторинг надлежащим образом и в полном объеме согласно программам долгосрочной очистки воды. Этих мер будет достаточно для защиты нижних поверхностных вод и подземных систем водоснабжения. В любом случае МЭ обязано провести такой мониторинг, и поэтому никаких дополнительных текущих затрат на мониторинг не предполагается.

МЭ, которое отвечает за контроль практически над всеми отходами и материалами, которые угрожают загрязнением воды альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами, обязано принять адекватные меры для исправления ситуации на таких объектах, как Национальная лаборатория в Айдахо, Ханфорд, Саванна-Ривер и Национальная лаборатория в Лос-Аламосе. Если министерство выполнит свои обязательства, то не потребуются никаких затрат на очистку систем общественного водоснабжения в соответствии с изменениями, которые мы рекомендовали для "Основных национальных положений о питьевой воде".

Отказ МЭ от ужесточения стандартов послужил бы сигналом к тому, что процесс очистки на заводах по производству ядерного оружия с огромными объемами плутония в отходах, мог проходить без надлежащего учета требований по максимально безопасным для здоровья людей нормам для питьевой воды. Конечно, МЭ могло бы также очистить эти объекты, не принимая во внимание научный стандарт для питьевой воды, который отражает нынешнее понимание плутониевой угрозы для организма человека, и объявить их "очищенными". В конечном итоге, такие "очистительные меры" в долгосрочной перспективе могли бы привести к загрязнению, превышающему ПДУ для питьевой воды, и что еще хуже - нанести водным ресурсам непоправимый вред, сделав их "неочищаемыми". Ни один известный метод очистки не способен освободить от загрязнений такие огромные водные пространства, как река Саванна или система водоносных пластов реки Снейк, если основная задача состоит в том, чтобы снизить уровень загрязнения с нескольких пикокюри на литр до уровня в субпикокюри на литр.

### *Актуальность рекомендаций*

Огромные участки земли и огромные объемы воды загрязнены опасными долгоживущими

радионуклидами, которые являются отходами заводов по изготовлению ядерного оружия. МЭ получило задание по очистке этих объектов. Поэтому крайне необходимо, чтобы уровни остаточной радиоактивности отвечали жестким стандартам, которые должны защищать здоровье людей нынешнего и будущих поколений, на которые окажет воздействие остаточное загрязнение.

В начале 90-х годов МЭ и Управление приступили к совместному выполнению процесса развития национальных санитарных стандартов, однако в 1996 году МЭ неожиданно вышло из него, не имея никакой программы по его возобновлению. С тех пор МЭ работает по принципу "объект за объектом", что это привело к полной бессистемности в его планах по очистке воды различными методами.

На заводе "Саванна-Ривер-Сайт", штат Южная Каролина, МЭ бетонирует высокоактивные отходы в цистерны под видом низкоактивных. Цистерны зарывают в землю, в водораздел реки Саванна, которая является одной из основных рек для штатов Южная Каролина и Джорджия. В этих отходах - большое количество трансурановых радионуклидов. Например, концентрация плутония в остаточных отходах, хранящихся в забетонированной Цистерне № 19, в 14 раз превышала предельную дозу, одобренную Управлением, в 100 нанокюри на один грамм для трансурановых отходов, захоронение которых должно производиться в глубокие геологические хранилища. МЭ собирается бетонировать цистерны с большими объемами плутония и другими радионуклидами, даже не смотря на то, что пока не имеет убедительных доказательств долговечности цемента. Оценка Института о ходе исследований по прочности цемента показывает, что поведение жидкого раствора крайне нестабильно<sup>14</sup>. На сегодняшний день ни лабораторные эксперименты, ни эксплуатационные данные не дают серьезных оснований считать, что большие объемы альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов, хранящиеся в забетонированных цистернах, обеспечат долговременную безопасность для реки Саванна.

Основанием для большинства наших настойчивых просьб о том, чтобы рекомендации Института были включены в предстоящую работу Управления по пересмотру предельных уровней загрязнения питьевой воды радионуклидами, является тот факт, что в 2004 году Конгресс принял закон, по которому МЭ разрешается переквалифицировать остаточные высокоактивные отходы на своих заводах в Южной Каролине и Айдахо в побочные отходы. В данном законе не установлено никаких предельных доз по остаточной радиоактивности, допустимых в этих отходах. Несколько долгоживущих радионуклидов, в том числе изотопы плутония, стронций-90 и цезий-137 могут быть забетонированы в цистерны или захоронены в неглубокие соляно-каменные камеры. В связи с этим первостепенной задачей является создание прагматичной системы, которая бы контролировала решения МЭ, чтобы они не обернулись угрозой для основных водных ресурсов.

### ***Формирование науки***

На сегодняшний день ведется новая научно-исследовательская работа по радиоактивным воздействиям на здоровье людей, где поднимаются такие вопросы, как (1) защита

эмбриона/внутриутробного плода и младенцев, (2) нераковые эффекты радиоактивного облучения отдельными радионуклидами, (3) потенциальные синергетические эффекты облучения отдельными химикатами, такими как гормонально активные химикаты, а также радиация, (4) необходимость в защите представителей основных биологических видов и экосистемы, и (5) синергизм, на который указывает определенный эффект между токсичными свойствами урана как тяжелого металла и его радиоактивностью. Это новые области изучения, где точное количество рисков пока не установлено. Такие риски должны быть полностью включены в систему радиационной защиты и здравоохранения. В ближайшие два года основное внимание в научной работе IEEER будет уделено этому вопросу. Поскольку эти выводы основаны на формирующейся науке и требуют серьезного обсуждения с точки зрения защиты здоровья людей от веществ, загрязняющих окружающую среду, решение вопроса о включении этих рисков в стандарты по радиационной защите, скорее всего, займет некоторое время.

Вопрос о пересмотре ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами решается гораздо проще, так как обусловлен сегодняшней наукой и действующими нормативами. Поскольку Управлению по охране окружающей среды дана директива пересмотреть в 2006 году свои стандарты по содержанию радионуклидов в питьевой воде, внесение этого изменения будет его непосредственной задачей. Кроме того, это актуальный вопрос, так как сегодня МЭ заливает бетоном большие объемы плутония в бассейн реки Саванна, и за последние несколько лет его метод очистки значительно ухудшился. А это ставит под угрозу основные водные ресурсы.

Необходимо ужесточение предельно допустимых уровней загрязнения питьевой воды альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами. Оно даст возможность проконтролировать, чтобы метод очистки МЭ и уровни остаточной радиоактивности не превышали предельных норм, иначе угроза здоровью для грядущих поколений будет намного серьезнее, чем о ней говорит сегодня наука и регулирующее законодательство по питьевой воде. Снижения ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами до 0,15 пКи/л научно обосновано, обусловлено смыслом и сутью нормативов по питьевой воде, а также фактической необходимостью защищать водные ресурсы, расположенные вблизи предприятий, где хранятся большие объемы плутониевых отходов.

#### **Стандарт штата Колорадо по содержанию плутония в питьевой воде**

Стандарт штата Колорадо по содержанию плутония-239 в поверхностных водах равен 0,15 пКи/л. Этот расчет произведен по 30-ти дневному среднему показателю, то есть исходя из 30 последовательных усредненных измерений; их можно принимать или не принимать за календарные дни. Этот стандарт рассчитан на факторе риска развития рака у одного из миллиона людей, употребляющего два литра воды в день в течение 30 лет.

Министерство здравоохранения штата Колорадо, а именно Комиссия по контролю

качества воды, указала предпосылки и основную причину изменения стандарта с 15 до 0,15 пикокюри на литр воды (пКи/л).

**Предпосылки.** Ранее Комиссия приняла основной стандарт по ПДУ плутония на уровне 15 пКи/л, для америция такой стандарт отсутствовал. На этих слушаниях рассматривался вопрос об основном стандарте для америция, поскольку он тесно связан с плутонием, и эти радионуклиды, как правило, встречаются вместе. Действующий основной стандарт для плутония, равный 15 пКи/л, был вычислен по методике из "Национальных предварительных основных положений о качестве питьевой воды" от 1976 года и выполнял задачу по сохранению радиоактивного воздействия на уровне ниже 4 мбэр/год. В документе было указано на необходимость ограничения уровней загрязнения в связи с трудностями, которые возникали при выведении этого радионуклида из организма традиционными методами лечения. Его потенциальное неблагоприятное влияние на здоровье людей предполагает, что очистка систем водоснабжения штата от этого радионуклида должна проводиться с предельной осторожностью. Из-за того, что плутоний является преимущественно альфа-излучателем, основной стандарт для его ПДУ был установлен как для альфа-излучателей - 15 пКи/л...

**Основания для решения Комиссии.** С момента установления прежнего основного стандарта произошел ряд изменений: 1) в общую практику вошло применение новой методологии для определения канцерогенов; 2) новые данные привели к периодической корректировке коэффициентов отклонения, которые используются в этой методологии; и 3) сформирована более действенная политика Комиссии в сфере надлежащих уровней канцерогенной защиты. Последняя стратегия, основанная на расчете рисков, также соответствует государственному курсу, связанному с методом расчета риска для определения стандартов по очистке окружающей среды.

Метод, основанный на дозе 15 пКи/л, был вычислен для "среднестатистического мужчины" при облучении за весь рабочий период его жизни. Цель этого метода - поднять вопросы, связанные с профессиональным облучением. Здесь не учитывался пол, возраст и специфика реагирования на облучение разных органов в течение жизни. В отличие от него, новая методология с коэффициентом отклонения, примененная Управлением по защите окружающей среды в своих "Нормативах по оценке рисков для районов с большими источниками загрязнения" от 1989 года, является более полной, более применимой к основному населению страны и основным источником расчета рисков.

Комиссия приняла основной стандарт, составляющий 0,15 пКи/л для плутония и америция, который был рассчитан при уровне риска  $1 \times 10^{-6}$ , исходя из бытового потребления. Этот уровень риска соответствует политике Комиссии в области

здравоохранения.\*

В основу научного принципа этого норматива штата Колорадо положены новые научные исследования, которые на сегодняшний день признали больший риск от облучения плутонием и америцием, нежели считалось ранее. Поэтому новые предельно допустимые уровни загрязнения должны быть установлены с учетом этого факта.

\* Министерство здравоохранения и окружающей среды штата Колорадо. Комиссия по контролю качества воды. [The Basic Standards and Methodologies for Surface Water \(5 CCR 1002-31\)](#) ("Основные стандарты и методологии для поверхностных вод".) Положение № 31. Впервые принято в 1976 году, последние изменения внесены 8 ноября 2004 года и вступили в силу 22 марта 2005 г. Обзор от 2 июня, 2005 г., стр. 138-139.

#### Источники

1. [Основной национальный стандарт качества питьевой воды](#) указан в Своде федеральных постановлений США (СФП), глава 40 пункт 141.66 (ранее глава 40 пункты 141.15 и 141.16). Закон о безопасности питьевой воды размещен на сайте: <http://www.epa.gov/safewater/sdwa/index.html>.
2. Глава 40, пункт 141.66 (с) СФП. Здесь особенно имеются в виду следующие долгоживущие трансурановые радионуклиды: нептуний-237, плутоний-238, плутоний-239, плутоний-240, плутоний-242, амерций-241, амерций-243 - то есть все искусственные радионуклиды.
3. Здесь предполагается отсутствие радия-228. Радий-228 - это бета-излучающий радионуклид, который не входит в предельно допустимый уровень загрязнения для суммарной альфа радиоактивности. ПДУ загрязнения радием установлен в нормативе для общей концентрации радия-226 и радия-228, даже если один из них альфа-, а другой - бета-излучатель, поскольку наблюдается естественное присутствие небольшого количества обоих практически во всех водных объектах наряду с прочими природными альфа- и бета-излучающими радионуклидами (например, уран-238 и калий-40 соответственно).
4. NBS 69, который также имеет серийное название NCRP Отчет № 22, является рекомендацией Национального комитета по защите и измерению радиационного излучения, который сегодня известен как Национальный совет по защите и измерению радиационного излучения (National Council on Radiation Protection and Measurements). Коэффициенты преобразования доз, научное содержание и другие детали в NBS 69 совпадают с информацией, опубликованной в ICRP 2. ICRP 2 был опубликован в 1959 году Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ). NCRP был (и остается) организацией-соисполнителем в МКРЗ. Для упрощения в данной статье будут приводиться ссылки на NBS 69.
5. "Управление по защите окружающей среды [Свод федеральных постановлений, глава 40 часть 141] [FRL 410-3] Предварительные положения о стандарте качества питьевой воды, уведомление о предлагаемых предельно допустимых уровнях радиоактивности" ("Interim Primary Drinking Water Regulations, Notice of Proposed Maximum Contaminant Levels for Radioactivity"). *Федеральный регистр*, выпуск 40, номер 158 от 14 августа 1975 г., стр. 34324, особые места выделены.
6. Там же, стр. 34325, особые места выделены.
7. Там же, стр. 34325-34326, особые места выделены. Из всех стран, обладающих ядерным потенциалом, на тот момент только Китай проводил ядерные испытания в атмосфере. Свои последние атмосферные испытания Китай проводил в 1980 году.

8. Уран до сих пор не включен в ограничения по суммарной альфа активности в питьевой воде. Управление установило отдельный норматив для урана, равный 30 микрограммам на литр воды, исходя из его токсичности в качестве тяжелого металла. В своих дальнейших статьях и публикациях IEER будет более широко рассматривать проблему, связанную с ураном и другими радионуклидами, поскольку они имеют отношение к здравоохранению.
9. Хотя костная поверхность не считалась целевым органом для вычисления дозы в 1976 году, когда были обнародованы положения о безопасности питьевой воды, все же есть возможность рассчитать дозу для эндостальных клеток при уровне загрязнения питьевой воды в 15 пикоюри на один литр, исходя из коэффициентов преобразования дозы, указанных в NBS 69. Годовая доза плутония-239 для эндостальных клеток может составить примерно 26 мбэр/год. Доза альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов для костной поверхности примерно аналогична, за исключением нептуния-237, для которого это значение равно примерно 44 мбэр/год. Мы не использовали эти расчеты в своем предложении по изменению ПДУ загрязнения, поскольку в положениях о питьевой воде четко указано устанавливать ограничение по дозе для критического органа, каким бы он ни считался. В 1976 году критическим органом считались "немозговые кости". На сегодняшний день это костная поверхность.
10. Штат Колорадо оценил свою предельную дозу, исходя из пределов риска по закону "Superfund law" (CERCLA). В своем предложении мы использовали ограничения по дозе и сам текст положений о питьевой воде. Колорадо также устанавливает стандарты для других радионуклидов и предполагает различные предельные значения для разных водоразделов. Мы не рассматривали эти вопросы, поскольку одни приводят к более жестким, а другие к более мягким нормативам. Мы используем в качестве примера ограничение по содержанию плутония-239 в поверхностных водах всего штата Колорадо, поскольку наш интерес представляют заводы по производству ядерного оружия, а норма для плутония в Колорадо специально разработана с учетом защиты поверхностных вод от загрязняющих веществ с завода по производству ядерного оружия "Роки Флэтс" (который в настоящее время демонтирован, но на некоторых участках земли все еще присутствует значительная остаточная радиоактивность).
11. МЭ отвечает за управление практически всеми отходами и материалами, угрожающими загрязнению воды альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами.
12. Коэффициент преобразования дозы для нептуния-237 примерно в два раза ниже коэффициентов для других альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов.
13. Например, предельная доза, равная 100 юри, эквивалентна 1000 метрических тонн трансурановых отходов, где присутствуют альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды при более низкой норме, составляющей 100 нанокюри на один грамм. Это было бы равноценно большему объему низкоактивных отходов, поскольку концентрация радионуклидов в таких отходах (по норме) составляет менее 100 нанокюри на грамм.
14. См. отчет Брайса Смита ["МЭ знает, что оно не знает о цементировании: остаются серьезные сомнения по поводу долговечности бетона, которым должны залить высокоактивные отходы на резервуарных станциях в Саванна-Ривер-Сайт и других объектах МЭ"](#) (статья IEER, обновлена 18 октября, 2004 г.). Также см. отчет Арджуна Макхиджани и Мишель Бойд ["Ядерные свалки на берегах реки: угроза реке Саванна от радиоактивного загрязнения на производственном комплексе Саванна-Ривер-Сайт"](#) (IEER, 11 марта, 2004 г.).

---

## Опасное воздействие на кости: выводы и рекомендации

---

## Основные выводы

1. **Предельно допустимый уровень (ПДУ) загрязнения питьевой воды плутонием-239 и другими альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами занижен примерно в сто раз.**

Самые последние научные исследования, опубликованные Управлением по защите окружающей среды США, показывают, что доза облучения для наиболее уязвимого органа, коим является костная поверхность, в питьевой воде, загрязненной до предельно допустимого уровня, примерно в сто раз превышает дозу для органа, который в 1976 году считался самым чувствительным к облучению (то есть "немозговые кости"). Это доказывает, что стандарты для питьевой воды занижены примерно в сто раз, поскольку были вычислены на основе первых обнародованных нормативов. Действующий ПДУ загрязнения по каждому альфа-излучающему долгоживущему трансурановому радионуклиду в отдельности равен 15 пКи/л.

2. **Когда впервые были установлены нормативы по питьевой воде, они учитывали военные источники происхождения радионуклидов, особенно радиоактивные осадки в результате ядерных испытаний.**
3. **Необходим более жесткий ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами, который не допускал бы применения неэффективных методов очистки на оружейных заводах.**

В случае загрязнения питьевой воды до нескольких пикокюри на литр, что во много раз выше ПДУ согласно сегодняшним научным расчетам, ее очистка будет абсолютно невозможна. Поэтому необходим жесткий ПДУ загрязнения, который давал бы возможность не только контролировать методы очистки, применяемые министерством энергетики США, но и предпринимать превентивные меры для защиты систем общественного водоснабжения.

4. **Предложенные изменения закона, в части затрат на мониторинг, не коснутся подавляющего большинства систем общественного водоснабжения, лишь некоторым из них потребуется разовое выделение денег на мониторинг.**

У подавляющего большинства систем общественного водоснабжения уровни загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами значительно ниже предложенного ПДУ загрязнения. И в будущем оно им не грозит. Они не нуждаются в опробовании, мониторинге или очистке.

Что же касается систем общественного водоснабжения, которые гидрологически или гидрогеологически соединены с комплексами МЭ, где находятся свалки или захоронения больших объемов плутония, там должно быть проведено разовое опробование и анализ. Если система признается чистой, нет необходимости в дальнейших пробах при условии, что МЭ будет проводить всестороннюю программу по проверке поверхностных и грунтовых вод и публиковать результаты.

На сегодняшний день МЭ по закону обязано осуществлять такую программу, поэтому решение этого вопроса не потребует никаких дополнительных затрат.

- 5. Недостаточное внимание МЭ к очистке систем водоснабжения и прорехи в национальных стандартах очистки требуют немедленного пересмотра предельно допустимых уровней загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами, если мы хотим защитить основные системы питьевого водоснабжения на долгосрочную перспективу.**

Актуальность главной рекомендации этого отчета - необходимость ужесточения ПДУ загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами в сто раз - основана главным образом на выявлении больших объемов альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов на некоторых заводах МЭ по производству ядерного оружия. В первые десятилетия Холодной войны некоторые отходы с таким радионуклидным составом (низкоактивные и трансурановые) были свалены в обычные котлованы в картонных коробках и других упаковках недлительного пользования. Подобные захоронения есть в штатах Айдахо, Невада, Нью-Мексико, Южная Каролина (на границе со штатом Джорджия), Теннесси и штат Вашингтон (вверх по течению от Орегона).

Общее количество плутония-238/239/и240 в цистернах с высокоактивными отходами МЭ, хранящихся на заводе "Саванна-Ривер-Сайт", - более миллиона кюри. В 2004 году Конгресс США разрешил МЭ переквалифицировать некоторые отходы. Теперь МЭ может цементировать высокоактивные отходы на объекте, переквалифицируя их во второстепенные для переработки отходы. Конгресс не установил никаких ограничений по поводу суммарного содержания остаточной радиоактивности в зацементированных отходах. Поскольку цементирование цистерн является в большой степени необратимым процессом, для министерства энергетики США самым важным должно стать выполнение закона по защите реки Саванна, которая является источником питьевой воды для все большего количества людей, живущих в Южной Каролине и Джорджии.

---

## Рекомендации

- 1. Управление по защите окружающей среды США в ходе своей работы по пересмотру стандартов для радионуклидов в питьевой воде, намеченной на 2006 год, должно сократить свои предельно допустимые уровни загрязнения всеми альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами в сто раз - до уровня 0,15 пКи/л.**

Управление должно установить общий предельно допустимый уровень загрязнения по альфа-излучающим долгоживущим трансурановым радионуклидам в 0,15 пКи/л. Если хотя бы один из указанных здесь радионуклидов присутствовал в воде,

значит, его концентрация должна составлять 0,15 пКи/л. Это касается следующих радионуклидов: нептуний-237, плутоний-238/239/240/242, америций-241 и 243. Такие изменения должны быть внесены Управлением в рамках его работы по пересмотру стандартов по радионуклидам в питьевой воде, намеченной на 2006 год.

- 2. МЭ должно финансировать единовременное опробование и анализ систем общественного водоснабжения, которые гидрологически или гидрогеологически соединены с объектами МЭ, где хранятся огромные объемы отходов или расположены свалки.**

Объекты МЭ, на которых захороненные под землей или в цистернах отходы содержат альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды с радиоактивностью более 100 кюри, должны считаться потенциально опасными для питьевой воды. К таким объектам относятся комплекс Саванна-Ривер-Сайт, Ханфорд, Национальная лаборатория в Айдахо, Национальная лаборатория в Лос-Аламосе, завод в Ок-Ридже, а также испытательный полигон в штате Невада. Нужен анализ вод нижнего бьефа на определение основного уровня загрязнения, который должно профинансировать МЭ, поскольку присутствие альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов в действующих системах водоснабжения в небольших концентрациях сопряжено с военной деятельностью в области атомной энергии (т.е. радиоактивные осадки после испытаний ядерного оружия).

- 3. МЭ должно дать оценку своему мониторингу качества воды на объекте с точки зрения предлагаемого стандарта и в случае необходимости ужесточить требования. Средства на проверку воды в государственном и местном масштабах должно предоставлять государство.**

На сегодняшний день МЭ проводит всесторонний мониторинг качества поверхностных и грунтовых вод. Этого может быть вполне достаточно для подтверждения того, что водные ресурсы нижнего бьефа все еще защищены от загрязнения альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами. В противном случае, необходимо ужесточение действующих программ по контролю качества.

Правительство США также должно оказать финансовую поддержку тем штатам и органам, отвечающим за систему общественного водоснабжения, которые гидрологически или гидрогеологически связаны с объектами МЭ, для проведения независимых проверок мониторинга качества воды, который проводит МЭ на месте и в лаборатории. Такое финансирование должно осуществляться через Управление, а не через МЭ, для гарантии независимости мониторинга и обеспечения непрерывного финансирования.

- 4. Необходимо установить отдельный предел обнаружения по каждому альфа-излучающему долгоживущему трансурановому радионуклиду на уровне 0,01**

пКи/л.

5. МЭ должно опубликовать исходный код для компьютерной программы, который используется для оценки воздействия остаточной радиоактивности на пищу, воду и окружающую среду.

Аргонская Национальная лаборатория разработала "семейство" компьютерных программных обеспечений для оценки радиологических последствий загрязнения окружающей среды. Основная программа, "RESRAD", применяется для оценки воздействия на людей остаточной радиоактивности в почве с помощью расчета доз облучения различными методами, например, через пищу, воду и вновь взвешенную почву. Исходный код для этой программы, или серия текстовых инструкций, из которых она состоит, не опубликован. Сюда не входят коэффициенты преобразования дозы для детей, младенцев или внутриутробного плода на разных стадиях развития. Невозможно провести независимую оценку ее внутренней структуры, ее влияния на итоговые расчеты доз, а также рисков. Мы настоятельно рекомендуем обнародовать исходный код программы "RESRAD" для ее изучения и усовершенствования с помощью операционной системы "Linux". Безусловно, правительство может не принимать изменений, внесенных общественностью, если не сочтет необходимым применить их для исполнения природоохранного законодательства. Однако нет необходимости держать в секрете исходный код программы "RESRAD", которая финансируется за счет американских налогоплательщиков, в особенности, после того, как были потрачены миллиарды долларов на решение вопросов по очистке воды, которые основывались на результатах, полученных с помощью программы "RESRAD".

---

*Наука <> Для <> Критических <> Масс*

## **Плутоний и питьевая вода**

---

### **Хронология событий: стандарты США по концентрации плутония в питьевой воде**

1959 год Опубликованы сборники нормативов **NBS 69** и **ICRP 2**, где сформулирован научный метод расчета предельно допустимой концентрации (ПДК) радионуклидов в воздухе и воде. NBS 69 устанавливает средние предельно допустимые концентрации радионуклидов в воздухе и воде на уровне 5 бэр для всего организма и 15 бэр для критического органа, применяя для этого несколько различные методы для остеотропных радионуклидов. В NBS 69 критическим органом для альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов

признаны кости, которые не содержат костный мозг.

**1974**  
год Конгресс США принимает **Закон о безопасности питьевой воды**, который "должен защищать здоровье граждан в результате регулирования общественного питьевого водоснабжения в стране", и по которому Управление по защите окружающей среды США (EPA) уполномочено установить нормативы по содержанию загрязняющих веществ в системах питьевого водоснабжения. (См. [ниже](#)).

**1975-1976**  
гг. Управление по защите окружающей среды впервые в марте 1975 года предлагает **Основной национальный стандарт качества питьевой воды**. Нормативы по радионуклидам предложены в августе 1975 года. Нормативы по содержанию других загрязняющих веществ, не радионуклидов, обнародованы в декабре 1975 года. Нормативы по радионуклидам опубликованы в июле 1976 года. Предельно допустимые уровни загрязнения и ограничения доз по радионуклидам первоначально были указаны в главе 40 пунктах 141.15 и 141.16 СФП, которые затем были перенумерованы и без изменений объединены в главу 40 пункт 141.66 СФП. Пределы обнаружения и аналитические методы по радионуклидам были сформулированы в главе 40 пункте 141.25 СФП. (СФП - это Свод федеральных постановлений (Code of Federal Regulations, CFR).

**1988**  
год Управление публикует **Отчет № 11 по федеральным нормативам (ОФН 11 (Federal Guidance Report 11 - FGR 11))**, который лег в основу многих современных методов расчета дозы. В отличие от сборника NBS 69, в ОФН 11 были учтены новые научные достижения в понимании доз облучения и осознании вреда, наносимого организму при попадании радионуклидов, точнее для этого были использованы публикации МКРЗ № 26, 30 и 48. В ОФН 11 критическим органом для альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов признана костная поверхность.

**1999**  
год Управление публикует **Отчет № 13 по федеральным нормативам (ОФН 13 (Federal Guidance Report 13 - FGR))**. ОФН 13 - это самый последний сборник нормативов Управления, которые пока не действуют для регулятивных расчетов доз для воздуха и воды. Отчет основан на коэффициентах преобразования дозы, опубликованных в МКРЗ № 72. В ОФН № 13 коэффициенты преобразования дозы (т.е. доза на единицу радиоактивного поглощения) для альфа-излучающих долгоживущих трансурановых радионуклидов в целом несколько ниже тех, что указаны в ОФН № 11.

## Закон о безопасности питьевой воды

В 1974 году Конгресс принял Закон о безопасности питьевой воды (SDWA), который "призван защищать здоровье людей с помощью регулирования общественного водоснабжения в стране". В 1986 и 1996 годах в SDWA были внесены поправки, которые дали Управлению полномочия установить безопасные для здоровья людей стандарты для питьевой воды. Они должны были защищать воду от присутствия в ней природных и искусственных загрязняющих веществ. Здоровье людей, как первостепенная задача (в отличие от многочисленных ограничений), четко сформулирована Управлением в комментарии к SDWA:

"Управление по защите окружающей среды США устанавливает национальные стандарты для водопроводной воды, которые содействуют обеспечению качества воды в общественном водоснабжении нашей страны. Управление уделяет первостепенное внимание потенциальному регулированию загрязняющих веществ, исходя из факторов риска и частоты их присутствия в общественном водоснабжении. (В дополнение к этому осуществляется проверка отдельных систем водоснабжения на присутствие там тех загрязняющих веществ, по которым нет действующих национальных стандартов, а также собирается информация об их попадании в водосистемы). Управление ставит своей целью здоровье людей, основываясь на факторах риска (в том числе на рисках для категорий людей, наиболее подверженных облучению, например, младенцев, детей, беременных, пожилых и людей с ослабленным иммунитетом). Затем Управление устанавливает допустимую концентрацию загрязняющих веществ в питьевой воде или назначает подходящий способ очистки". (["30 лет Закону о безопасности питьевой воды: понимание закона о безопасности питьевой воды"](#)).

---

## Предельные дозы облучения и отдельных радионуклидов для питьевой воды, принятые в США

Радионуклид	Предельная доза в питьевой воде	Комментарии
Искусственные бета- и фотонные излучатели	4 мбэр/год для критического органа	Сюда входят такие продукты деления, как цезий-137, йод-129 и технеций-99. Не входят стронций-90 и тритий. ПДУ загрязнения рассчитывают на основе предельной дозы 4 мбэр/год. Если присутствует более одного радионуклида, ПДУ загрязнения по каждому

		радионуклиду снижается, поэтому суммарная доза не превышает 4 мбэр/год для критического органа.
Суммарная альфа активность	15 пКи/л	Не входят радон и уран, входят радий-226 и альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды (в том числе плутоний-239). Если присутствует более одного радионуклида, снижается ПДУ загрязнения по каждому из них, так что суммарная доза не превышает 15 пКи/л.
Радий	5 пКи/л	Входят радий-226 и радий-228. Последний является бета-излучателем.
Уран	30 мкг/л	Норма, опубликованная в 2000 году в работе по пересмотру норм. Регламентируется, как токсичный металл, а не радионуклид. Исходя из его радиоактивности, ПДУ загрязнения варьируется в зависимости от статуса обогащения: 20 пКи/л для природного урана, около 12 пКи/л для обедненного урана и выше 20 пКи/л для обогащенного урана.
Стронций-90	8 пКи/л	
Тритий	20 000 пКи/л	

мбэр/год = милибэр в год, ПДУ загрязнения = предельно допустимый уровень загрязнения, пКи/л = пикокюри на литр, мкг/л = микрограмм на литр

## Термины

**Альфа-излучающие долгоживущие трансурановые радионуклиды.** "Трансурановыми" радионуклидами называют радиоактивные изотопы, чье число атомов превышает уран (92), то есть *транс-* или выше урана. Термин "долгоживущие" относится к периоду полураспада радионуклида или времени, в течение которого радионуклид остается опасным для здоровья людей. "Альфа-излучающие" радионуклиды испускают положительно заряженные альфа-частицы, которые при радиоактивном распаде состоят из двух нейтронов и двух протонов.

**Поглощенная доза.** Количество энергии, переданной ионизирующим излучением, которое накапливается в органе в течение всего времени присутствия радионуклида в этом органе. Поглощенная доза отличается от годовой дозы тем, что годовая доза - это объем энергии, которая накапливается в органе в течение одного года. Если радионуклид быстро выводится из организма, например, в течение нескольких дней или недель, тогда годовая и поглощенная дозы, как правило, идентичны. Но если радионуклид выводится из облучаемого органа медленно, то есть в течение нескольких лет или даже десятилетий (десятилетия в случае с альфа-излучающими долгоживущими трансурановыми радионуклидами), тогда доза радиационного поглощения, переданная этому органу в течение одного года, поступает в него в течение целых десятилетий.

**Критический орган.** Орган или ткань, который/которая после облучения создает серьезную угрозу здоровью человека.

**Суммарная альфа.** Измерение суммарной радиоактивности, возникшей в результате излучения альфа-частиц, независимо от какого радионуклидного источника. Также называется суммарная альфа активность.

**ПДУ загрязнения (MCL).** Предельно допустимый уровень загрязнения - это уровень концентрации загрязняющего вещества, превышение которого в системе общественного водоснабжения ведет к нарушению положения о безопасности питьевой воды, принятого Управлением по защите окружающей среды США. Как правило, ПДУ загрязнения подсчитывается как среднегодовой уровень.

**ПДУ для здоровья (MCLG).** Представляет собой тот максимальный уровень, при котором данное вещество (воздействие) гарантированно не оказывает вредного влияния на организм человека. Это уровень, выше которого возможны неблагоприятные эффекты, опасные для здоровья. Строгое соблюдение этого уровня не является обязательным. Это как бы цель, к которой следует стремиться. ПДУ загрязнения для всех радионуклидов в этом случае равна нулю, поскольку любое облучение способствует росту риска раковых заболеваний.

---

[Энергетика и Безопасность](#) | ([английский вариант](#))  
[IEER](#)



**Институт исследований энергетики и окружающей среды**

Ваши вопросы и замечание посылайте директору по внешним связям: [ieer@ieer.org](mailto:ieer@ieer.org)  
Такома Парк, Мэриленд США

2005 г. (Английский вариант издания был опубликован в сентябре 2005 г.)

*Опубликовано в Интернете в декабре 2005 г.*