

# РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ

р. Сырдарья, Казахстан

**Выявлены основные радионуклиды-загрязнители и дана радиационно-гигиеническая оценка воды реки Сырдарья по возможным дозовым нагрузкам при их употреблении.**

## Введение

**Р**адиационная обстановка техногенного происхождения в долине р. Сырдарья (загрязнение дна, берегов и островов искусственными радионуклидами) сформировалась за период пятидесятилетней деятельности геотехнологической добычи урана как результат работы рудодобывающих предприятий методом подземного выщелачивания. К причинам, определяющим сложную экологическую обстановку в пределах этого уровня, относятся: нахождение уранового оруденения в водоносных горизонтах, подземные воды которых используются для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения; использование безальтернативного способа добычи урана сернокислотным подземным выщелачиванием; значительное количество других источников радиационных воздействий, проявленных на территориях провинций, не связанных с инфильтрационными урановорудными процессами.

В условиях современного техногенного воздействия на р. Сырдарья очевидна практическая необходимость комплексного изучения химического состава воды, используемой в качестве орошения сельскохозяйственных земель и водоснабжения промышленных предприятий. По берегам р. Сырдарья расположено около 200 населенных пунктов, более 90 промышленных предприятий, осуществляющих сброс условно чистых сточных вод в исследуемую реку. В связи с этим, одним из главных факторов, определяющих уровень загрязнения воды р. Сырдарья, является антропогенное воздействие.

Выбор направления исследования обусловлен тем, что данный регион имеет большое значение для экономического развития республики. Р. Сырдарья – главная водная

**Х.Н. Жанбеков\***,  
кандидат химических наук, профессор, декан химико-биологического факультета, Казахский национальный педагогический университет им Абая

**Ж.С. Мукатаева**,  
кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Казахский национальный педагогический университет им. Абая

**Ж.А. Лахбаева**,  
магистрант, Казахский национальный педагогический университет им. Абая



артерия для крупных сельскохозяйственных и промышленных районов Южно-Казахстанской и Кызылординской областей. Целью работы является радиационно-гигиеническая оценка воды р. Сырдарья по возможным дозовым нагрузкам при ее использовании на основании результатов 10-летнего радиоэкологического исследования.

## Материалы и методы исследования

**П**ри изучении общей радиоэкологической ситуации водосборного бассейна был выполнен отбор проб речной воды, проведена оценка уровней радионуклидного загрязнения. Радиоэкологические исследования и определение радионуклидов в воде р. Сырдарья проводились в течение 10-летнего мониторинга, в период с 2000 по 2009 гг. Пробы воды отбирались в соответствии с правилами отбора проб речной воды, изложенными в рекомендациях [1]. Определение удельной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов выполнен в соответствии с методикой [2], измерение объемной активности радионуклидов по методике [3].

\* Адрес для корреспонденции: dv???

Если ранее о радионуклидном загрязнении р. Сырдарья не было известно практически ничего, то наши исследования [4, 5] направлены на оценку загрязнённости водосборного бассейна р. Сырдарья техногенными радионуклидами и дозовых нагрузок на население.

## Результаты и их обсуждение

**В**едущим радиационным фактором в урановорудных провинциях с промышленным типом пластово-инфильтрационных урановых месторождений является естественное загрязнение подземных вод.

Естественная радиоактивность природных вод обусловлена, прежде всего, присутствием радона-222, радона-220, радия-226, радия-228, радия-224, урана-234, урана-238, калия-40, полония-210, свинца-210; техногенная – стронция-90 и цезия-137. Естественные радионуклиды переходят из пород и почв в воду, как правило, за счет растворения минералов и выщелачивания, техногенные за счет поступления стоков с урановых разработок и других сооружений. Однако в природных водах из-за различия миграционных способностей радиоактивных элементов и их изотопов происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана и тория, поэтому соотношения между разными изотопами одного элемента могут отличаться от равновесных в десятки и сотни раз.

Ранее нами было установлено, что суммарная удельная  $\alpha$ - и  $\beta$ -активность превышает ПДК по всему течению реки, соответственно, в 2,5–329,0 и 2,5–8,7 раз [4, 5].

Для оценки реальной опасности таких питьевых вод для здоровья населения требуется проведение углубленного изучения их радионуклидного состава с отбором проб во все сезоны года. Помимо  $^{238}\text{U}$ , для которого характерна легкая выщелачиваемость из горных пород и высокая подвижность в подземных водах, вклад в суммарную  $\alpha$ -активность могут внести такие естественные радионуклиды, как  $^{234}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{228}\text{Th}$ .

Степень радиационного воздействия на человека полей ионизирующего излучения и радионуклидов, накапливающихся в отдельных органах и тканях, определяется создаваемыми ими дозами внутреннего и внешнего облучения. Содержание радионуклидов в водах рек, водоемов и в донных отложениях определяет возможные дозы внешнего и внутреннего облучения населения, пользующихся этими водоемами. При загрязнении поверхностных водоемов радиоактивными

## Ключевые слова:

радиационный фактор, урановорудные провинции, урановые месторождения, загрязнение подземных вод, естественная радиоактивность, ионизирующее излучения

веществами обусловленное ими ионизирующее излучение может воздействовать на человека различными путями.

Впервые требования по ограничению населения от облучения за счет содержания природных и техногенных радионуклидов в питьевой воде были введены в России в 1996 г. Согласно Нормам радиационной безопасности (**НРБ**) от 1996 г. [6, 7], вклад питьевой воды в суммарную дозу облучения взрослого человека не должен был превышать 0,2 мЗв/год. Через три года этот дозовый предел был трансформирован в уровень вмешательства (**УВ**) – уровень радиационного фактора, превышение которого является основанием для рассмотрения вопроса о необходимости проведения определенных мероприятий по снижению содержания отдельных радионуклидов в питьевой воде. НРБ-99 определяет УВ питьевой воды годовой эффективной дозы облучения взрослого населения, равной 0,1 мЗв/год при стандартном водопотреблении 2 кг воды в сутки. Это, однако, привело к необходимости отнесения некоторых питьевых вод к категории жидких радиоактивных отходов со всеми вытекающими последствиями. В последних Санитарных правилах принята трехуровневая система радиационно-гигиенической оценки питьевой воды: если годовая эффективная доза при употреблении воды ниже 0,1 мЗв/год, то контроля не требуется; если лежит в интервале от 0,1 до 1,0 мЗв/год, то требуется проведение оптимизации; если выше 1,0 мЗв/год, то необходимо нормирование. Иными словами, при содержании природных и искусственных радионуклидов в питьевой воде, создающих эффективную дозу облучения населения менее 0,1 мЗв/год, не требуется проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности в целях радиационной безопасности, следовательно, нет необходимости определять ее радионуклидный состав. Для нашего расчета, представленного в *табл. 1*, приняты значения активности  $\text{Ra}^{226}$ .

При этом необходимо обратить внимание на следующие обстоятельства:

а) влияние внутреннего облучения на детей значительно более интенсивное, чем на взрослых;

б) вред, наносимый естественными радионуклидами, больше, чем техногенными.

Как видно из данных *табл. 1*, в 2001 г. в осенний период в пробных водах Томенарык и Кызылорда доза внутреннего облучения в питьевой воде превышает на взрослое население почти в 3 и 6 раза, а дозовая нагрузка на грудных детей возрастает в 52 и 95 раза, соответственно.

### Таблица 1

Расчет ожидаемых эффективных годовых доз внутреннего облучения при употреблении питьевой воды (для Ra<sup>226</sup>)

Населенные пункты отбора проб	Год, сезон	Средняя активность в питьевой воде, Бк/л	Дозовый коэффициент E, Зв/Бк		Ожидаемая годовая дозовая нагрузка E, мЗв/год	
			Для детей до 1 года	Для взрослых	Для детей до 1 года	для взрослых
Шардара	2000, зима	0,071	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,3	0,015
	2001, весна	0,130	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,5	0,029
Томенарык	2000, зима	0,021	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,1	0,004
	2001, осень	2,750	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	10,3	0,646
	2002, весна	0,210	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,8	0,047
	2009, весна	0,050	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
Байгекум	2001, весна	2,290	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	8,6	0,512
	2001, осень	0,021	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,1	0,047
	2002, весна	4,47	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	16,8	1,001
	2008, осень	0,060	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,3	0,01
	2009, зима	0,039	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
	2009, весна	0,638	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	2,4	0,14
Шиели	2008, осень	0,050	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
	2009, зима	0,050	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
	2009, весна	0,045	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
Кызылорда	2001, осень	5,28	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	18,9	1,183
	2002, весна	0,19	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,7	0,043
	2005, весна	0,150	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,6	0,034
Табакбулак	2008, осень	0,078	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,3	0,02
	2009, зима	0,046	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	0,2	0,01
	2009, весна	53,2	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$	200	11,9

#### Пример расчета

Эффективная ожидаемая годовая доза для детей при активности 4,47 Бк/л (весна 2002 г.) (потребление воды в год регламентировано для расчетов НРБ-96 и принято равным 800 л):

$$4,47 \cdot 4,7 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Зв} \cdot 800 = 16807,2 \cdot 10^{-6} \text{ Зв/год} = 16,8 \text{ мЗв/год.}$$

То же для взрослых:

$$4,47 \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot \text{Зв} \cdot 800 = 10012,8 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/год} = 1,0 \text{ мЗв/год.}$$

В 2002 г. в весенний период в пробной воде Байгекум доза внутреннего облучения в питьевой воде превышает на взрослое население почти в 5 раз, а дозовая нагрузка на грудных детей возрастает в 84 раза.

В 2009 г. в весенний период в пробной воде Табакбулак доза внутреннего облучения в питьевой воде на грудных детей возрастает в 60 раз, а дозовая нагрузка на взрослое население почти в 1000 раз.

Таким образом, в Казахстане при высокой природной концентрации естественных радионуклидов в питьевой воде квота годовой дозовой нагрузки на население, регламентированная НРБ-99 в 0,2 мЗв/год, в Сырдарьинском бассейне превышает её во все времена года.

#### Заключение

Основной вклад в долговременное загрязнение р. Сырдарья вносят, по нашему мнению, месторождения урановых руд. Они влияют на формирование гамма-фона, дозовых нагрузок на население, загрязнение воды, рыбы, берегов. Из выше полученных данных по влиянию внутреннего и внешнего облучения на состояние организма человека можно сделать вывод о том, что в результате облучения живой ткани поглощается энергия, вследствие чего происходит возбуждение и ионизация атомов вещества. Поскольку основную часть массы тела человека составляет вода (75 %), то первичные процессы во многом определяются поглощением излучения водой клеток, ионизацией молекул воды с образованием высокоактивных в химическом отношении радикалов типа  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$ . Они вступают в химические реакции с молекулами тканей и, образуя новые соединения, разрушают клетки. Изменение состава отдельных молекул клетки и ее гибель выводит из строя многие сотни и тысячи других молекул погибшей клетки, хотя их излучение не коснулось. В этой огромной, многократной поражающей

способности состоит особенность воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты. Концентрации долгоживущих радионуклидов в теле человека не так жестко регулируются процессами обмена веществ в организме, и при избыточном поступлении они могут концентрироваться в различных органах и тканях.

Таким образом, за последнее время радиационная обстановка водосборного бассейна р. Сырдарья ухудшилась. Она стала в целом более изученной, но требует к себе постоянного внимания, так как во время паводков и ледоходов может происходить переотложение загрязнённых слоёв. В отдельных местах происходит заиливание загрязнённых участков, перекрытие грязных отложений чистыми, в других наоборот — перенос их на новые участки. При этом основной проблемой остаётся постоянное детальное изучение загрязнённых участков вблизи населённых пунктов.

### *Литература*

1. Методические рекомендации по отбору, обработке и хранению проб подземных вод. МинГео СССР, ВСЕГИНГЕО. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 21 с.

2. Методика измерения суммарной альфа- и бета- активности водных проб альфа-бета радиометром УМФ-2000 (рег. № КЗ. 07.00. 00441-2005).

3. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре. М.: ВНИИФТРИ МИ 2143-91, 1991. 17 с.

4. Жанбеков Х.Н. Радиохимический состав воды р. Сырдарья / Х.Н. Жанбеков, Ж.С. Мукатаева, Н.С. Чинибаева / Материалы Всероссийской научно-практ. конф. «Современные проблемы биологии, химии и методики преподавания естественно-научных дисциплин». Комсомольск-на-Амуре:Изд-во Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, 2010. С. 49-51.

5. Жанбеков Х.Н. Мониторинг радиохимического состава воды Сырдарьинского бассейна / Х.Н. Жанбеков, Ж.С. Мукатаева // Вода: химия и экология. 2010. № 5. С. 2-9.

6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Алматы: ТОО «Print-S» 2000. 80 с.

7. Коган Р.М. Основы гамма-спектрометрии природных сред / Р.М. Коган, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. М.: Энергоатомиздат, 1992. 232 с.



H.N. Zhanbekov, Zh.S. Mukataeva, Zh.A. Lakhbaeva

## RADIOACTIVE POLLUTION OF RIVER SYRDARYA BY ANTHROPOGENIC FACTORS

The basic radio nuclide pollutants of the river Syrdarya water have been revealed. Radioactive hygienic estimation of the river with probable consumption doses has been made.

**Key words:** radiation factor, uranium ore provinces, uranium deposits, underground water pollution, natural radioactivity, ionizing radiation.