Современные требования к качеству природных вод по радиационным признакам

*Хужамов У.У., магистр,
Мизомов Л.С., студент,
Навоийский государственный горный институт,
г. Навои, Узбекистан
E-mail: u0505@mail.ru*

*Научный руководитель:
доцент Каримов И.А.*

К числу актуальных проблем современности относится охрана окружающей среды от загрязнения, в частности охрана природных вод от загрязнения радиоактивными веществами. Уже на первом этапе добычи урана методом подземного выщелачивания существует реальная необходимость предупреждения возможного загрязнения.

Качество природных вод, используемых человеком, является одним из определяющих факторов его нормальной жизнедеятельности. Если в отношении стабильных токсичных элементов и органических соединений в достаточной мере отработан и обоснован, то с радионуклидами ситуация менее определенная. Единый методический и нормативный подход к системе контроля природных вод по радиационным признакам пока, только создается, и первым шагом к этому является принятие НРБ-2006 и O'z DSt 950:2011 «Вода питьевая. Гигиенические требования контроль за качеством», ограничивающего радиоактивность питьевых вод как по отдельным радионуклидам, так и по суммарным показателям.

Таблица 1

Ограничения объемной активности некоторых радионуклидов, принятые в Узбекистане, России, Западной Европе и США для питьевых вод

Радионуклид или нормируемая величина	Нормируемая величина объемной активности, Бк/л	Источник информации, литература
Уран -238	6,1	[1]
	0,433	[6]
	0,037	[7]
	0,730	[8]
Уран-234	5,8	[1]
	0,433	[6]
	5,100	[8]
Радий-226	1,0	[1]
	0,185	[6]
	0,100	[9]
	0,111	[10]
	0,890	[11]
Ra-226 +Ra-228	0,185	[10]
Радий-228	0,4	[1]
	0,370	[8]

Свинец-210	0,4	[1]
	0,370	[8]
Радон-222	120	[8]
Суммарная альфа-активность	0,100*	[10]
	0,555 (кроме U и Rn)	[11]
	0,100	ВОЗ
	0,100 (контрольн. уровень)	[12]
Суммарная бета-активность	1,85	[11]
	1,00	ВОЗ
	1,00 (контрол. уровень)	[12]
* значение суммарная альфа-активности в данном случае применяется не как предельно допустимое, а как указание на необходимость определения Ra-226 и Ra-228 в водах с суммарной альфа-активностью более 0,1 Бк/л.		

В таблице № 1 приведены некоторые данные по нормированию содержаний радионуклидов в питьевых водах, принятые в Узбекистане и в странах Западной Европы, США, России. Существенные разночтения, в частности, по урану - 238, изотопам радия, уровням суммарной альфа-бета-активности, отражают сложность проблемы и различные подходы к ее решению. Если исходить из реального радионуклидного состава природных вод и наиболее типичных соотношений между радионуклидами, контрольный уровень суммарной альфа-активности должен составлять около 0,3 Бк/л, а для суммарной альфа-активности наиболее реальной величиной будет ограничение 2,0 Бк/л.

Природные воды представляют собой достаточно сложную систему, содержащую в себе разнообразные неорганические и органические соединения, растворенные газы. Формы нахождения веществ в водах также молекулы, их диссоциаты, комплексные соединения, коллоиды, взвешенные частицы. В зависимости от распространенности и содержания веществ в водах выделяют макро и микро компоненты. К макрокомпонентам относятся растворенные вещества в преобладающих относительно других компонентов концентрациях, и определяющих химический тип и свойства воды. Это катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионы HCO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} и др.

К микрокомпонентам относится большая группа элементов, содержащихся в концентрациях от нескольких микрограммов и менее в 1 дм^3 . Радионуклиды (как естественные так, и техногенные) входят в эту группу. Основное количество радионуклидов естественного происхождения содержится в горных породах, слагающих толщу земной коры. При этом наибольшие концентрации - в типах пород, генетически связанных с данным нуклидом (табл. № 2).

Таблица № 2

Среднее содержание радионуклидов в горных породах

Горная порода	^{226}Ra 10^{-12} , г/л	^{238}U 10^{-6} , г/л	^{232}Th 10^{-6} , г/л	^{39}K 10^2 , г/л
Магматическая	1,3	4,0	12,0	2,6
Осадочная:				
Песчаники	0,71	1,2	6,0	1,1
Сланцы	1,08	1,2	10,0	2,7
Известняки	0,42	1,3	1,3	0,27

Как видно из табл. № 2, максимальное содержание первых трех нуклидов встречается в магматических породах, например в гранитах, и минимальное – в известняках. Кислые магматические породы более богаты ими, чем базальтовые. В частности, сланцы, содержащие органические вещества, обладают большей радиоактивностью, чем другие осадочные породы. Калий, торий и радий, как правило, имеют тенденцию концентрироваться в горных породах с высоким содержанием кремния.

В результате такого распределения возникает повышенная радиоактивность подземных грунтовых вод, приуроченных к гранитам, и относительно малые концентрации радиоактивных веществ в подземных водах, находящихся в толще осадочных пород. Концентрации радиоактивных веществ естественного происхождения в почвах подвержены очень большим колебаниям. Они в значительной мере зависят от характера подстилающих пород и содержания в них радионуклидов, типа почв, их механического, химического, минералогического состава. Бедны радием песчаные почвы, наиболее богаты им глинистые, что связано со свойством радия хорошо сорбироваться на поверхности тонкодисперсных глинистых частиц.

Содержание урана в почвах колеблется от $1 \cdot 10^{-5}\%$, до $1 \cdot 10^{-4}\%$ [13].

В почвенных растворах, содержащих карбонаты, бикарбонаты и органические вещества, уран очень подвижен и образует легкорастворимые комплексные соединения. Условия обогащения подземных вод радионуклидами разнообразны и сложны. Они определяются комплексом геологических, гидрогеологических и физико-химических процессов. При этом, с одной стороны, подземные воды влияют на содержание радионуклидов в горных породах, с другой – содержание радионуклидов в подземных водах определяется формой нахождения и концентрацией радиоактивных элементов в горных породах.

Состав и состояние природных вод под влиянием физико-химических и микробиологических воздействий могут претерпевать серьезные изменения - окисление кислородом воздуха, осаждение, сорбция на частицах взвеси, потеря летучих веществ.

Как правило, переход радионуклидов из вмещающих пород в воду является результатом таких процессов, как растворение неустойчивых минералов и выщелачивание, т.е. переход элементов из минерала в раствор без нарушения целостности кристаллической решетки. Вследствие этого происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана и тория, обусловленное различиями в миграционных характеристиках и химических свойствах как радиоактивных элементов, так и изотопов одного элемента. Например, миграционная способность урана значительно превышает миграционную способность тория, а из двух изотопов одного элемента, существенно отличающихся периодами полураспада, короткоживущий более подвижен, т.к. при выщелачивании не связан с кристаллической решеткой минеральных форм, и, с другой стороны, не успевает диффундировать из раствора в кристаллическую структуру вмещающих пород.

В водах, в отличие от горных пород и почв, соотношения между различными радионуклидами и изотопами одного элемента могут отличаться от равновесных в десятки и сотен раз. В таблице №2 приведены наиболее типичные для вод соотношения между радионуклидами [2-5].

Следует учитывать и тот факт, что уровень содержания радионуклидов и химический состав природных вод целиком подчиняется явлениям клима-тической

зональности, изменяясь от гидрокарбонатно-кальциевых с минерализацией 0,1-0,2 г/л в северных широтах, где осадки преобладают над испарением, до сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевых с минерализацией 2-5 г/л в засушливых районах, где испарение преобладает над осадками.

В соответствии с этим изменяется и содержание в водах радиоактивных элементов. Например, содержание урана (238) в речных водах изменяется от $1 \cdot 10^{-3}$ Бк/л в северных районах до 0,6 Бк/л в аридных областях, достигая в отдельных случаях значений 100-500 Бк/л в водах засушливых озер, артезианских скважин, минеральных источников.

Объемная активность радия (226) в среднем варьирует от $4 \cdot 10^{-3}$ до 0,185 Бк/л, достигая значений до 0,37-2,7 Бк/л (подземные воды) и даже до нескольких тысяч Бк/л (минеральные источники).

Таким образом, активность, солевой и радионуклидный состав природных вод варьируют в очень широком диапазоне, в зависимости от типа вод (речные, озерные, грунтовые, подземные), климатических условий, состава вмещающих пород.

Список литературы:

1. O'z DSt 950:2011 «Вода питьевая. Гигиенические требования контроль за качеством».
2. ГОСТ 4979-49 «Вода хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Методы химического анализа. Отбор, хранение и транспортирование проб».
3. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».
4. ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб».
5. НВН 33-5.3.01-85 «Инструкция по отбору проб для анализа сточных вод».
6. Stewart B.D., McKkLveen J.W., Glinski R.L. Determination of uranium a Red radium concentration in the water, J.Radioanal. and Nucl. Chem. Art.-1988.-52, № 6.
7. Sorg Thomas J. Methods for removing uranium from drinking water. J.Amer.Water Water Works Assoc.-1988.-80, № 7.
8. Нормы радиационной безопасности НРБ-96. Госкомсанэпиднадзор России, Москва, 1996г.
9. Castly R.G. Radioactivity in water supplies. J. Inst. Water Environ Makag/ 1988.-2.- № 3, 275-282.
10. Louis B.Kriege, Roif M.A.Hahne. Ra-226 and Ra-228 in Jowa drinking water. Health Phusics, vol.43, № 4, oktober, 1982, 543-559.
11. Максимально допустимые уровни концентраций. Акт США о безопасности питьевой воды. Public Law 93-523.
12. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Справочник. Госстандарт России, Москва. 1995г.
13. Марей А.Н. Санитарная охрана водоемов от загрязнений радиоактивными веществами. Атомиздат, Москва. 1976г.