

Х.Н. ЖАНБЕКОВ

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

(Представлена академиком НАН РК Е.Е. Ергожиным)

Настоящая статья посвящена одному из важнейших направлений химической экологии – радиоаналитическим исследованиям и определению уровней радионуклидов для сезонных вариаций и изучению степени миграции радионуклидов.

В связи с растущими заботами об окружающей среде и проблемами энергообеспечения правительствами многих стран предпринимаются усилия по совершенствованию и развитию энергосберегающих технологий. Особенностью научно-технической революции является ускоряющееся развитие атомной энергетики, которая становится все более весомой составляющей в производстве электроэнергии. Развитие атомной энергетики требует соответствующего обеспечения ее природным ураном. В соответствии с этим возрастают потребности в уране, которые могут быть удовлетворены за счет добычи промышленных руд, разрабатываемых традиционными способами (подземными или открытыми горными работами).

Атомная энергетика в настоящее время обеспечивает около 17 % мирового энергопроизводства. Проблема обеспечения атомной энергетики расщепляющимися ядерными материалами является сложной и многогранной. В настоящее время в качестве такого материала используется исключительно уран, причем расход природного урана на производство 1 ГВт/год энергии относительно велик (150-200 тонн). Уран – редкий элемент. Его кларк – $2,5 \cdot 10^{-4}$ % - ниже кларков кобальта, ниobia, сурьмы, тогда как объем годового потребления составляет уже около 60 тыс. т, что значительно больше, чем у названных элементов [1].

Разработка и успешное внедрение подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) урана было обусловлено, в первую очередь, традиционным имиджем Казахстана, как ведущей горнодобывающей республики бывшего СССР, а также наличием к тому времени на её территории соответствующих месторождений. Это так называемые эпигенетические пластово-инфилтратационные месторождения в водоносных песчаных горизонтах мел-палеогенового возраста.

Главными минеральными ресурсами урансодержащей Сырдарьинской провинции являются месторождения Южный и Северный Карамурун, в основном добыча урана производится геотехнологическим методом подземного выщелачивания.

Освоение этого прогрессивного способа добычи стало причиной резкого изменения отношения к подобным месторождениям, когда ряд неблагоприятных для горного способа их показателей, таких как обводненность вмещающих пород, низкие содержания урана превратился в их преимущества, позволяющие вести их отработку без извлечения горнорудной массы на дневную поверхность.

В процессе ПСВ подземные воды продуктивных водоносных горизонтов в эксплуатационных участках загрязняются технологическими растворами, которые характеризуются низким pH, повышенной концентрацией урана и других естественных радионуклидов. Изменение естественного гидродинамического режима представлено образованием депрессионной воронки. Однако оно носит локальный характер и после отработки руд ликвидируется за счет естественного восполнения потоком вод. После прекращения отработки предполагается естественное очищение оставшихся в недрах растворов за счет их химического взаимодействия с минералами пород путем ионного обмена, разбавления подземными водами, гидравлической дисперсии естественного потока, а также молекулярной диффузии.

При изучении общей радиоэкологической ситуации в районах Томенарық, Байгекум и Шиели был выполнен отбор проб речной воды, проведена оценка уровней радионуклидного загрязнения. Радиоэкологические исследования и определение радионуклидов в воде р. Сырдарья проводились в период с 2008 по 2009 годы.

Пробы воды отбирались в соответствии с правилами отбора проб речной воды. При отбо-

Таблица 1. Результаты радиометрического анализа и определение суммарной удельной активности б - и в, излучающих радионуклидов в воде р.Сырдарьи, Бк/дм³

№	Место отбора проб	Время отбора, год	Минерализация, мг/дм ³	б-активность, Бк/дм ³	в-активность, Бк/дм ³
1	с. Байтекум	2008, осень	1910	0,222	0,104
2	с. Шиели	2008, осень	1870	0,319	0,12
3	с. Байтекум	2009, зима	1620	0,630	0,249
4	с. Шиели	2009, зима	1150	0,724	0,259
5	с. Байтекум	2009, весна	1680	1,690	0,706
6	с. Шиели	2009, весна	2200	0,560	0,169
7	с. Томенарык	2009, весна	1950	0,581	0,187

ре проб соблюдали требования, изложенные в рекомендациях [2]. Определение удельной активности альфа- и бета – излучающих радионуклидов выполнен в соответствии с методикой [3], а измерение объемной активности радионуклидов по методике [4]. Анализы выполнены в лаборатории ОАО «Волковгеология».

Полученные аналитические данные обобщены в виде таблиц 1 и 2.

В процессе ПВ минерализация воды значительно возрастает, затрудняя переработку продуктивных растворов на ионообменных смолах, а иногда она может стать причиной кольматации порового пространства пласта. Высокая начальная минерализация подземных вод особенно затрудняет применение карбонатных выщелачивающих растворов.

Как видно из данных таблицы 1 вода в реки Сырдарья по течению во все сезоны года имеет относительно высокие значения минерализации и превышает ПДК 2 раза.

Большинство месторождений урана, разрабатываемых методом ПВ, обводнено водами зоны гипергенеза, содержащими значительные количества растворенного кислорода. Его растворимость в воде достигает 10 мг/л. Повышенная E_h воды, кислород способствует переводу U^{4+} в U^{6+} .

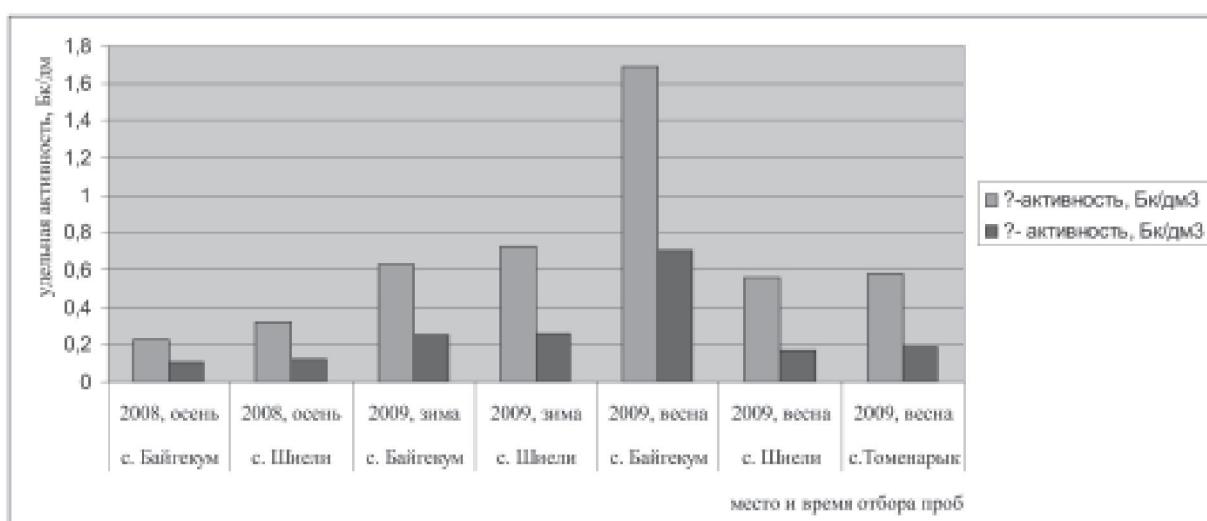
Миграции урана в природных условиях способствует углекислота, концентрация которой в природной воде может достигать 2—2 г/л и более. В естественных водах урановых месторождений высоких концентраций CO_2 пока не обнаружено. В больших количествах углекислый газ возникает уже в гидрогеотехнологическом процессе при воздействии сернокислых растворов на карбонаты, что является одной из причин кольматации (газовой) порового пространства рудных тел и снижения их проницаемости.

Основными нормативными документами, регламентирующими действие ионизирующих излучений на здоровье населения, являются «нормы радиационной безопасности» (НРБ-99) [5].

Суммарная удельная α -активность вод, предназначенных для хозяйствственно-питьевого водоснабжения населения, не должна превышать 0,1 Бк/дм³, β -активность - 1,0 Бк/дм³. Как видно из данных таблицы 1 и рис. 1, самая высокая удельная α - активность наблюдается в пробной воде Байтекум. В 2008 г. осенний период она превысила ПДК в 2,2 раза, в 2009 году зимний период – 6,3 раза, а в весенний период – 16,9 раза. Высокая удельная α - активность наблюдается, и в пробной воде Шиели, так 2008 г. в осенний период превышает установленный норматив 3,1 раза, а в 2009 году в зимний период 7,2 раза и в весенний период 5,6 раза.

Высокая суммарная удельная активность α -излучающих радионуклидов наблюдается в пробной воде Томенарык. Из данных таблицы 1 видно, что в 2009 году воде Томенарык α – активность превышает установленный норматив 5,8 раза.

В результате физико-химических процессов подземного выщелачивания, некоторые радиоактивные вещества накапливаются в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации для вод, используемых в питьевых и хозяйственных целях. Радиоактивные изотопы, попадая в воду даже в незначительных концентрациях, способны кумулироваться в водорослях, планктоне, рыбах и, таким образом, представляют собой потенциальный источник опасности для человека и окружающей среды. Ранее нами было показано, что дозовая нагрузка на грудных детей, регламентированная НРБ – 99, равная 0,2 мЗв/год, превышается почти 2,5 раз.[6]

Рис. 1. Суммарная удельная активность α - и β излучающих радионуклидов в воде р.СырдарьиТаблица 2. Объемная активность радионуклидов в воде р.Сырдарья, $\text{Бк}/\text{дм}^3$

№	Место отбора проб	Время отбора, год	Содержание радионуклидов, $\text{Бк}/\text{дм}^3$										
			Ra-226	Th-234	U-235	Th-227	Ra-223	Th-228	Ra-228	K-40	Pb-210	Th-230	Cs-137
1	с. Байгекум	2008, осень	<0,06	0,17	<0,017	-	-	<0,030	<0,12	<6	<0,27	<2,2	<0,45
2	с. Шиели	2008, осень	<0,05	0,16	0,016	-	-	<0,029	<0,11	<6	<0,26	<2,1	<0,40
3	с. Байгекум	2009, зима	0,039	0,25	0,0184	-	-	0,033	<0,06	<6	<0,14	<1,2	<0,45
4	с. Шиели	2009, зима	0,050	0,23	0,019	-	-	0,021	<0,11	<6	<0,25	<2,1	<0,45
5	с. Байгекум	2009, весна	0,638	0,27	<0,026	<0,12	<0,11	0,033	<0,12	<6	<0,29	<2,5	<0,40
6	с. Шиели	2009, весна	0,045	0,26	0,015	<0,11	<0,10	0,033	<0,11	<6	<0,23	<2,2	<0,40
7	с. Томенарык	2009, весна	<0,05	0,17	0,015	<0,11	<0,10	0,031	<0,11	<6	<0,26	<2,1	<0,40

Добыча урана сопровождается заметным разрушающим воздействием на окружающую среду, о чем свидетельствуют результаты исследований. Из данных табл. 2 следует, что вода реки Сырдарьи претерпевают существенное изменение в радиологическом составе. Это относится, в частности, к таким радионуклидам, как Th-234, Ra-226, K-40 и урану. Повышенная суммарная удельная β -активность вод связана с Th-234, потому что в воде присутствует уран. Значительная часть изотопов Ra-226, Pb-210, Th-234 являются продуктами распада материнских изотопов U-238. Основной вклад в радиоактивность вод вносят продукты распада трех основных материнских радиоактивных элементов - U-238, U-235, Th-232. Они дают начало цепочкам радиоактивных изотопов – радия, радона, полония, свинца, талия, висмута и заканчиваются стабильными изотопами свинца - Pb²⁰⁶, Pb²⁰⁷, Pb²⁰⁸ соответственно. Ряд U-238 состоит из 20 последовательных радионуклидов, U-235 – из 17

и Th-232 – из 12. В каждом ряду присутствует инертный газ радон. Pb-210 является продуктом распада радона. Кроме указанных выше трех рядов распада естественных радиоактивных элементов, в природе изначально существуют и отдельные радиоактивные элементы. Среди них наиболее важен K-40, вклад которого в радиоактивность земной коры сопоставим с вкладом урана и тория. Спонтанное деление Th²³² и U²³⁵ также не вносит ощутимого вклада в образование природных продуктов деления.

Таким образом, изотопы Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-234 являются промежуточными продуктами распада радиоактивных семейств - U-235, Th-232 и Th-238 соответственно.

В уранодобывающей месторождении, несмотря на принятие комплекса мер по предотвращению пылеобразования, в процессе транспортировки, перегрузки товарных и забалансовых руд, а также пустых пород и их хранения происходит разнос пыли, содержащей радиоактивные веще-

ства, на близлежащую поверхность, вызывая загрязнение почвенного покрова.

Важную роль в перераспределении радиоактивных веществ, попавших на поверхность земли, играют топографические и климатические условия. Радиоактивные вещества вместе с частицами почвы могут сноситься потоками атмосферных осадков. Радиоактивные вещества накапливаются на пониженных участках рельефа и попадают в воду.

Разработки урановых рудников, в верховьях реки Сырдарьи стали причиной техногенного радиационного загрязнения водного бассейна по всей протяженности.

Переход радионуклидов из вмещающих пород в воду является результатом таких процессов как растворение неустойчивых минералов и выщелачивания, 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, так как при выщелачивании не связан с кристаллической решеткой минеральных форм и с другой стороны, не успевает диффундировать из раствора в кристаллическую структуру вмещающих пород.

В заключение выделим ряд проблем радиоактивного загрязнения реки Сырдарьи, требующих своего разрешения:

1) отсутствие систематизации огромного массива данных по мощности экспозиционной дозы, активности пород, природных вод и почвенного покрова. Проведение такой систематизации позволит выявить радиологическое загрязнение этого региона и разработать рекомендации по ее уменьшению;

2) наличие объектов урановой добычи урана требует высокого уровня и технологий, чтобы полностью исключить ее воздействие на окружающую среду;

3) тщательное исследование воды реки Сырдарьи позволяет уточнить радиационную обстановку и разработать конкретные мероприятия по снижению уровня дозовой нагрузки на население этого региона ее аномальных значений.

В связи с этим предлагаем ряд мероприятий, выполнение которых могли бы способствовать улучшению санитарно-гигиенической обстановки изучаемого региона:

1) обеспечить глубокую очистку СВ, сбрасываемых в реку Сырдарья уранодобывающей, металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и легкой промышленностей, расположенных в Южно-Казахстанской и Кызылординской областях;

2) необходимо увеличить радиус санитарно-защитных зон вокруг уранодобывающих предприятий южного региона Казахстана;

3) с целью профилактики возникновения различных очагов заболеваний проводить совместно с санэпидслужбами областей разъяснительную работу с местным населением, проживающим вдоль реки Сырдарья, а также используя услуги средств массовой информации (печать, телевидение, радио) оповещать население об опасности для здоровья при использовании загрязненной радиоактивными веществами воды реки Сырдарьи для питьевых и рыбохозяйственных целей;

4) Разработать конкретные мероприятия по снижению уровня дозовой нагрузки радионуклидов на население этого региона, что потребует наряду с очисткой воды перехода на обратное водоснабжение, усовершенствования технологических процессов разработок руд, уничтожения особо вредных и концентрированных стоков. Высокая поверхностная концентрация отвалов урановых разработок вызывают реальную угрозу здоровью, окружающему населению и требуют рекультивации;

5) Изучение показателей общественного здоровья населения Южно-Казахстанской и Кызылординской областей позволит разработать нормативные документы по оценке состояния здоровья населения, проживающего в зоне «Сырдарьинской» ураново-рудной провинции, пространственно охватывающих села Томенарык и Байтекум для экспертной оценки. Реализовать экономичный механизм природопользования для обеспечения компенсации ущерба, наносимого окружающей среде и здоровью населения деятельностию предприятий урановых разработок.

Вышеприведенные действия должны предусматривать проведение как долговременных мероприятий,нейтрализующих фундаментальные причины возникновения и развития экологического кризиса, так и неотложных мер, компенсирующих неблагоприятные последствия дестабилизации обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добыча урана методом подземного выплавления. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.
2. Методические рекомендации по отбору, обработке и хранению проб подземных вод. МинГео СССР, ВСЕГИНГЕО. – Москва, 1990. – 21 с.
3. Методика измерения суммарной альфа- и бета- активности водных проб альфа-бета радиометром УМФ-2000 (рер.№ КZ. 07.00.00441 -2005).
4. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре. – Москва: ВНИИФТРИ МИ 2143-91, 1991. – 17с.

5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – Алматы: 2000. – 80с.

6. Жанбеков Х.Н., Мұқатаева Ж.С., Байсеитова Ж.Н. Экологические проблемы в низовьях реки Сырдарии, ДАН НАН РК, №3 2007, с.111-115

Резюме

Бұл мақала химиялық экологияның ең маңызды бағыттарының бірін зерттеуге арналған. Радиоаналитикалық зерттеулер нәтижесінде радионуклидердің әрбір жыл мезгіліндегі деңгейі, оның таралу дөрежесі анықталған.

Summary

This article is about the most important direction of chemical ecology – radioanalytic investigation and it's determination of radionucleadis level for seasonal version and the studying of migration level of radionucleadis.

УДК 504.453.054(282.255.2)

КазНПУ им. Абая

Поступила 23.09.09 г.