

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУД

В статье разработаны принципы радиационного мониторинга для предприятий по добыче и переработке урановых руд. Предложены регламенты радиационного мониторинга источника для урановых объектов. Для исследуемых шахт «Центральная» и «Ингульская» приведены результаты радиационного мониторинга выбросов.

У статті розроблені принципи радіаційного моніторингу для підприємств з видобування і переробки уранових руд. Запропоновано регламенти радіаційного моніторингу джерела для уранових об'єктів. Для досліджуваних шахт «Центральна» і «Інгульська» наведені результати радіаційного моніторингу викидів

The article elaborated the principles of radiation monitoring for mining and processing of uranium ores. Proposed regulations radiation monitoring source for uranium facilities. For investigated shafts "Central" and "Ingul" shows the results of radiation monitoring of emissions

**Вступление.** В настоящее время проблема облучения населения и профессиональных работников урановой промышленности источниками природного происхождения остается актуальной. Начало решения этой проблемы было положено в 70-годах прошлого столетия [1-2]. В серьезных масштабах ею начали заниматься в бывшем СССР после Чернобыльской аварии во второй половине 80-х годов прошлого столетия. Именно в это время появляются санитарные правила [3] и резко увеличивается количество радиационных обследований урановых горнодобывающих предприятий. После появления в Украине основных нормативных документов по радиационной безопасности [4-5] остро стал вопрос радиационного мониторинга в районах добычи и переработки урановых руд.

**Цель статьи** — формулирование основных принципов радиационного мониторинга окружающей среды в районе размещения урановых объектов.

**Основные принципы радиационного мониторинга.** Для предприятий по добыче и переработке урановых руд устанавливается два вида радиационного мониторинга:

- мониторинг источника;
- мониторинг окружающей среды.

Мониторинг источника на предприятиях по добыче и переработке урановых руд осуществляется в местах газоаэрозольных выбросов и местах производства жидких сбросов. Газоаэрозольные выбросы подразделяются на организованные и неорганизованные. К организованным газоаэрозольным выбросам на урановых объектах относятся:

- выбросы вентиляционных шахт;
- вентиляционные выбросы рудосортировочных и рудоперерабатывающих фабрик;
- вентиляционные выбросы гидрометаллургических заводов.

К неорганизованным газоаэрозольным выбросам на урановых объектах относятся:

- пыление и эманирование с рудных складов, штабелей кучного выщелачивания, отвалов пустых пород и забалансовых руд, открытого карьерного пространства;

- пыление и эманирование с поверхности хвостохранилища отходов переработки урановых руд.

К жидким сбросам на урановых объектах относятся:

- воды от осушения месторождения, разрабатываемого открытым или подземным способом;

- хвостовые растворы от переработки урановых руд;

- отработанные растворы на полигонах подземного выщелачивания;

- дренажные воды на хвостохранилищах отходов переработки урановых руд.

При подземной добыче урановых руд мониторинг источника включает контроль следующих мест сбросов и выбросов:

- место сброса шахтных вод в отстойники или в речную (озерную) сеть;

- место аэрозольного выброса из вентиляционной шахты;

- место аэрозольного выброса из системы вентиляции рудообогащительной фабрики;

- склад урановой руды;

- отвалы пустых пород и забалансовых руд;

- штабеля кучного выщелачивания урановых руд.

Рекомендованные регламенты выполнения мониторинга источника при подземной добыче урановых руд приведены в табл. 1.

Результаты мониторинга используются в отчетах соответствия фактических данных критериям, заложенным в проектах ПДС и ПДВ уранового рудника.

При открытой добыче урановых руд производится мониторинг источника, включающий контроль мест сбросов и выбросов, и вместо контроля места аэрозольного выброса из вентиляционной шахты производится измерение контролируемых параметров в карьерной выемке. Карьерная выемка рассматривается как неорганизованный источник загрязнения окружающей среды природными радионуклидами вследствие пыления и эманирования.

Периодичность мониторинга карьерной выемки - один раз в квартал и включает определение следующих контролируемых параметров в карьерной атмосфере -  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220,  $^{222}\text{Rn}$  и плотность потока радона -222 с карьерной поверхности.

Мониторинг источника при подземном выщелачивании урановых руд включает контроль следующих мест:

- место сброса технологических вод в отстойники или в речную (озерную) сеть;

- место контроля подземных вод продуктивного горизонта, подстилающего водоносного горизонта;

- место аэрозольного выброса из системы вентиляции установки первичной переработки продуктивных растворов;

– почва в районе расположения скважин подземного выщелачивания.

Таблица 1 Регламенты выполнения мониторинга источника при подземной добыче урановых руд

№	Места выполнения измерений	Контролируемая среда и периодичность	Контролируемые параметры	Примечание
1	Место сброса шахтных вод в отстойники или в речную (озерную) сеть	Вода Один раз в месяц	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ - активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	По результатам двух-трех летних работ может быть принято решение об уменьшении объема мониторинга
		Донные отложения Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	
2	Место аэрозольного выброса из вентиляционной шахты	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$	--<
3	Место аэрозольного выброса из системы вентиляции рудообогатительной фабрики	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$	--<
4	Склад урановой руды	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$ , плотность потока радона -222	--<
		Почва Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	
5	Отвалы пустых пород и забалансовых руд	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$ , плотность потока радона -222	--<
		Почва Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	
6	Штабеля кучного выщелачивания урановых руд	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона -222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$ , плотность потока радона -222	--<
		Почва Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	

Рекомендованные регламенты выполнения мониторинга источника при подземной добыче урановых руд приведены в табл. 2.

При переработке урановых руд мониторинг источника включает контроль следующих мест сбросов и выбросов:

- место сброса хвостов в хвостохранилище;
- место сброса дренажных вод из хвостохранилища в речную (озерную) сеть;
- места контроля подземных вод водоносных горизонтов в районе хвостохранилища;
- место аэрозольного выброса из системы вентиляции гидрометаллургического завода;
- хвостохранилище отходов переработки урановых руд.

**Регламенты выполнения мониторинга источника  
при подземном выщелачивании урановых руд**

№	Места выполнения измерений	Контролируемая среда и периодичность	Контролируемые параметры	Примечание
1	Место сброса технологических вод в отстойники или в речную (озерную) сеть	Вода. Один раз в месяц	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ -активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , тяжелые и редкие металлы и вредные химические вещества.	По результатам двух-трех летних работ может быть принято решение об уменьшении объема мониторинга
2	Место контроля подземных вод продуктивного горизонта, подстилающего водоносного горизонта	Подземные воды Один раз в месяц	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ -активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , тяжелые и редкие металлы и вредные химические вещества.	--
3	Место аэрозольного выброса из установки первичной переработки продуктивных растворов	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ .	--
4	Место в районе расположения скважин подземного выщелачивания.	Почва Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , тяжелые и редкие металлы и вредные химические вещества.	--

Рекомендованные регламенты выполнения мониторинга источника при переработке урановых руд приведены в табл.3.

Радиационный мониторинг источника необходим для контроля доз облучения населением в соответствии с установленной квотой предела дозы облучения лиц категории В.[1]. Смысл квоты предела дозы- это эффективная доза облучения критической группы населения на границе санитарно — защитной зоны не должна превышать значения суммарной величины квоты за счет воздушного и водного путей облучения. В табл. 4 приведены квоты предела дозы для урановых объектов.

На основании квоты предела дозы для каждого предприятия по добыче и переработке урановых руд устанавливаются допустимые сбросы (ДС) и допустимые выбросы (ДВ).

Для проверки выполнения этих условий проводится в зоне наблюдения предприятия по добыче и переработке урановых руд мониторинг окружающей среды.

Мониторингом окружающей среды на урановых объектах называют систему регулярных длительных наблюдений в пространстве и времени, проводимых по определенной программе, позволяющую получать информацию о состоянии окружающей среды. Основной целью мониторинга является выявление и прогноз антропогенных изменений природной среды и получение исходных данных для расчета дозовых нагрузок на население. В соответствии с этим, результатами мониторинга чаще всего являются числовые значения наблюдаемой величины, определенные с некоторой погрешностью. Сравнение результатов

радиационных измерений, полученных при мониторинге, проводят как с результатами определения фоновых значений тех же параметров, так и с результатами предыдущих наблюдений.

Таблица 3

Регламенты выполнения мониторинга источника при переработке урановых руд

№	Места выполнения измерений	Контролируемая среда и периодичность	Контролируемые параметры	Примечание
1	Место сброса хвостов в хвостохранилище	Вода Один раз в месяц	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ -активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	По результатам двух-трех лет работы может быть принято решение об уменьшении объема мониторинга
2	Место сброса дренажных вод из хвостохранилища в речную (озерную) сеть	Вода Один раз в квартал	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ -активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	--
3	Контроль подземных вод водоносных горизонтов в районе хвостохранилища	Подземные воды Один раз в квартал	Суммарная $\alpha$ и $\beta$ -активность, $^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	
4	Хвостохранилище отходов переработки урановых руд	Воздух Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$ , ЭРОА радона - 222 и радона-220, $^{222}\text{Rn}$ , плотность потока радона - 222	
		Почва Один раз в год	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{230}\text{Th}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{210}\text{Pb}$ , $^{226}\text{Ra}$	
5	Место аэрозольного выброса из системы вентиляции гидрометаллургического завода	Один раз в квартал	$^{234}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ .	--

Таблица 4

Квоты предела дозы, используемые для установления ДС и ДВ для предприятий по добыче и переработке урановых руд

Радиационно-ядерный объект	Выбросы: Квота $DL_E$ за счет всех путей формирования дозы		Сбросы: Квота $DL_E$ за счет критического вида водопользования		Суммарная квота $DL_E$ за счет воздушного и водного путей формирования дозы	
	%	мкЗв	%	мкЗв	%	мкЗв
Урановые шахты, гидрометаллургические заводы по переработке урановых руд	12	120	5	50	20	200

Необходимость мониторинга окружающей среды на урановых объектах обусловлена рядом причин. К основным из них можно отнести следующие:

1. Наличие мониторинга окружающей среды на урановых объектах позволяет установить неблагоприятные тенденции в изменении качества

окружающей среды, построить прогноз развития данных изменений и, в случае необходимости, выработать соответствующие управленческие решения, направленные на снижение воздействия на окружающую среду. При сопоставлении показателей качества окружающей среды только с величинами принятых нормативов можно упустить из виду ситуацию, когда длительное воздействие радиоактивных веществ на объекты окружающей среды в концентрациях, не превышающих нормативных значений, приведет к тому, что спустя какое-то время состояние окружающей среды перестанет быть безопасным для человека.

2. Использование мониторинга позволяет получать более полную информацию о вследствие этого, более полно оценивать влияние собственной производственной деятельности на природную среду, сопоставляя результаты радиационных измерений, получаемых при мониторинге, с величинами значений тех же параметров, характерных для объектов окружающей среды, не испытывающих антропогенного воздействия, и (или) со значениями параметров, обусловленными глобальным загрязнением окружающей среды. Это обстоятельство является весьма важным для предотвращения возникновения радиофобии у населения, проживающего на территории зоны наблюдения данного радиационного объекта. Кроме того, наличие этой информации делает данную организацию более защищенной от необоснованных обвинений в чрезмерном воздействии на окружающую среду.

3. При отсутствии нормативов качества для урановых объектов мониторинг является практически единственным инструментом для оценки их загрязнения, поскольку единственный критерий качества для таких объектов — фоновые значения определяемых параметров.

4. В случае принятия более жестких нормативов качества окружающей среды информация, полученная при мониторинге, позволит провести ретроспективный анализ воздействия производственной деятельности уранового объекта на население, проживающее в его зоне наблюдения.

5. Затраты на осуществление мониторинга окружающей среды на урановых объектах, как правило, составляют небольшую долю общих затрат предприятия на радиационный контроль, а информация, получаемая при мониторинге, в большинстве случаев, оказывается для предприятия весьма полезной.

**Результаты практических исследований.** Выполнение работ по мониторингу воздушной среды в районах уранодобывающих предприятий были начаты в 2008 году на Ингульской шахте, которая занята добычей урановых руд в районе г. Кировоград. Ингульская шахта состоит из двух территориально разнесенных шахт: шахты "Ингульская" и шахты "Центральная"

При выполнении данных работ предусматривается измерение содержания изотопов уранового ряда: урана-234, урана-238, полония-210, свинца-210, радия-226, тория-230 и эквивалентной равновесной объемной активности радона-222 и радона-220 (торона) в атмосферном воздухе на территории СЗЗ (мониторинг источника) и ЗН Ингульской шахты (мониторинг окружающей среды).

В зоне наблюдения промплощадок шахты "Ингульская" (рис.1) определены следующие критические группы населения г. Кировограда и прилегающих населённых пунктов, в местах проживания которых будут выполняться измерения качества воздуха:

с. Первозвановка:

- ул. Ингульская, 42,
- ул. Школьная, 42, Первозвановская средняя школа;

п. Завадовка:

- ул. Мотокроссная, 39,
- ул. 50 лет Советской Армии, 9, школа №12;

с. Неопалимовка:

- ул. Чапаева, 63;

п. Солнечный:

- д. с. "Колосок".

В зоне наблюдения промплощадки шх. "Центральная" определены такие критические группы населения г. Кировограда:

р-он Большая Балка:

- ул. Восточная, пер. Ананьевский, ул. Светлая;

р-он Катрановка:

- ул. Черниговская, 1а.

Для корректного анализа полученных результатов исследований определены пункты измерения фоновых значений ПРН и ЭРОА радона-222 и радона-220 в атмосферном воздухе, месторасположение их выбрано в поле в районе 15км трассы Кировоград – Кривой Рог и 13км трассы Кировоград – Александрия (через Новую Прагу).

При мониторинге источника измерения проводились в вентиляционных каналах шахт "Ингульская" и "Центральная". Результаты измерений объемной активности  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  в выбросах шахты "Ингульская" представлены на рис.2

На рис. 3-4 представлены результаты радиационного мониторинга природных радионуклидов в местах наблюдения в ЗН шахт "Ингульская" и "Центральная".



Рис. 1. Схема мест расположения точек радиационного мониторинга в СЗЗ и зоне наблюдения шахты "Ингульская"



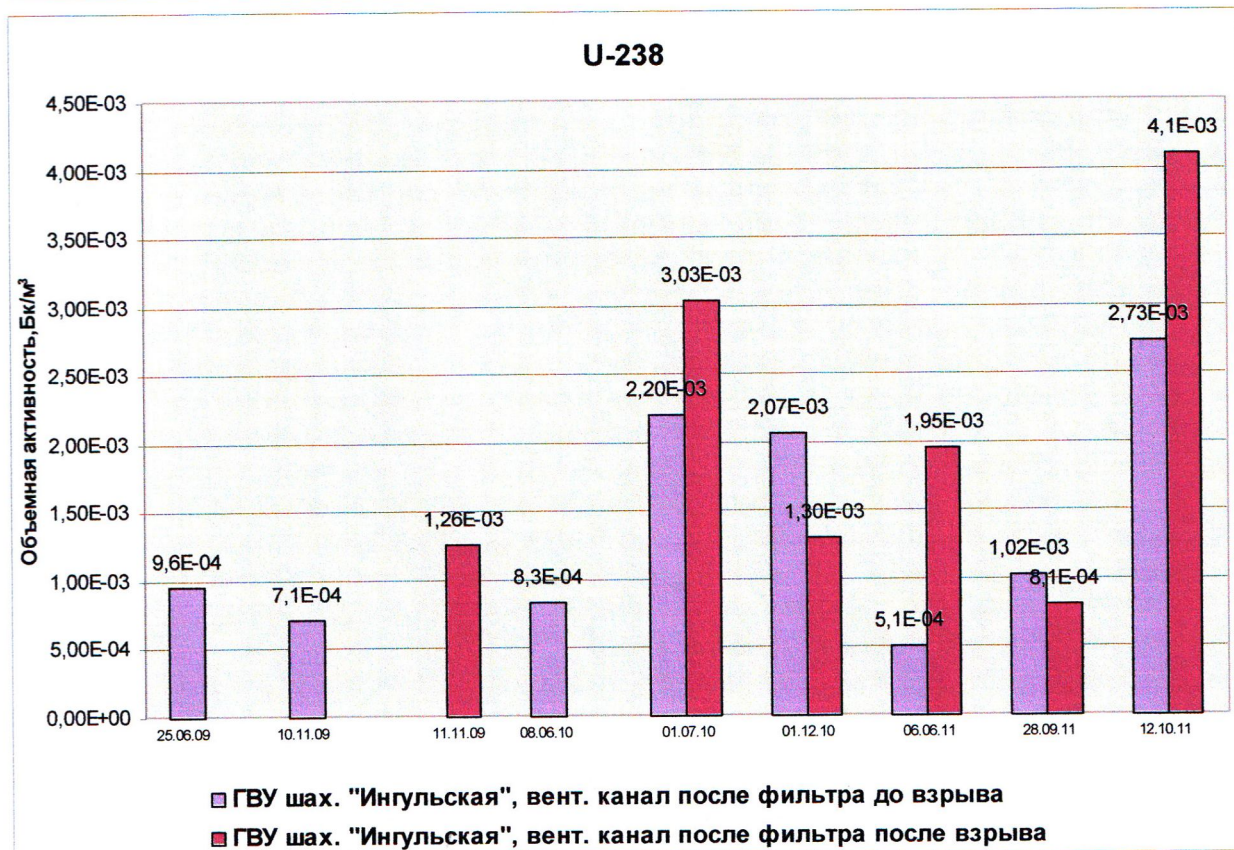
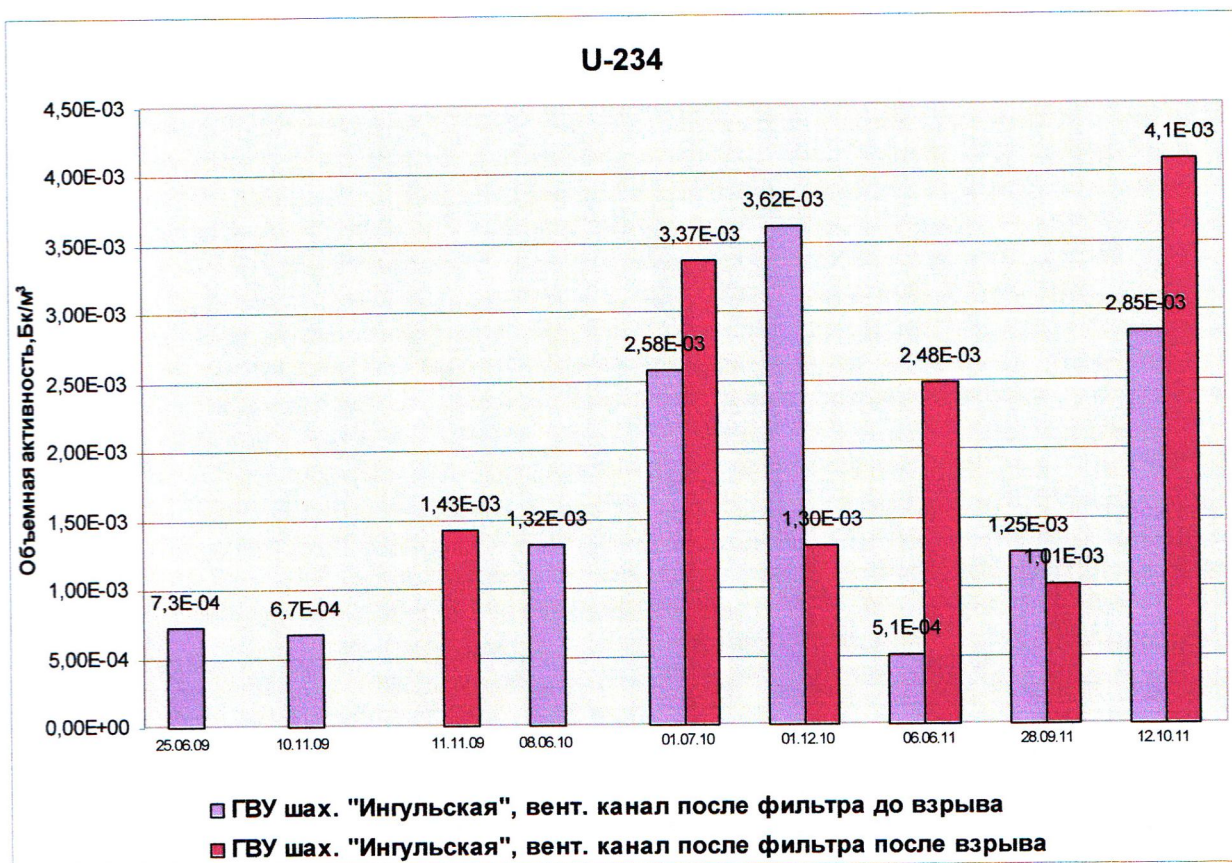


Рис.2. Результаты радиационного мониторинга объемной активности U-234 и U-238 в выбросах шахты «Ингульская»

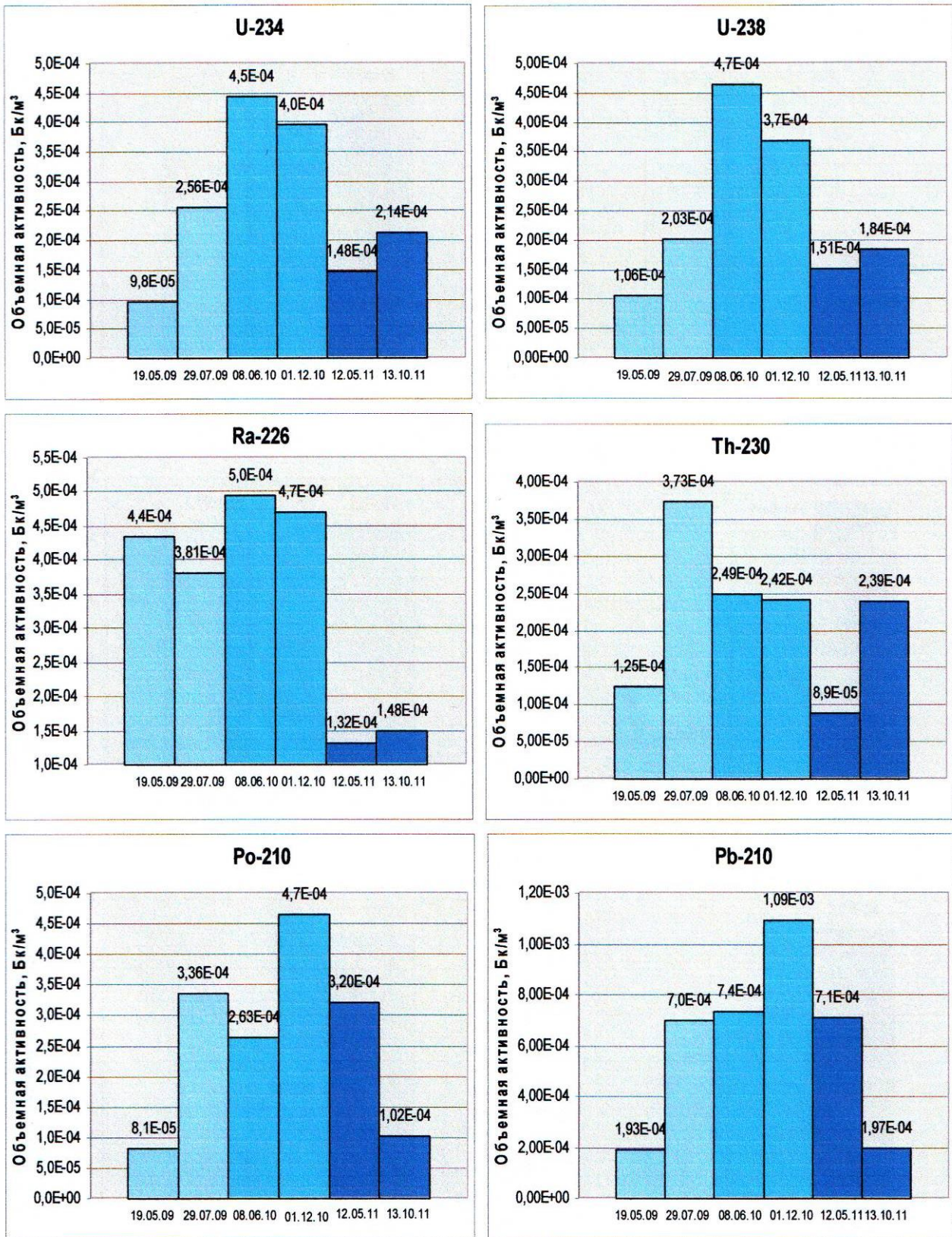


Рис. 3. Результаты радиационного мониторинга атмосферного воздуха в ЗН шахты «Ингульская», д/с «Колосок», г. Кировоград, пос. Солнечный

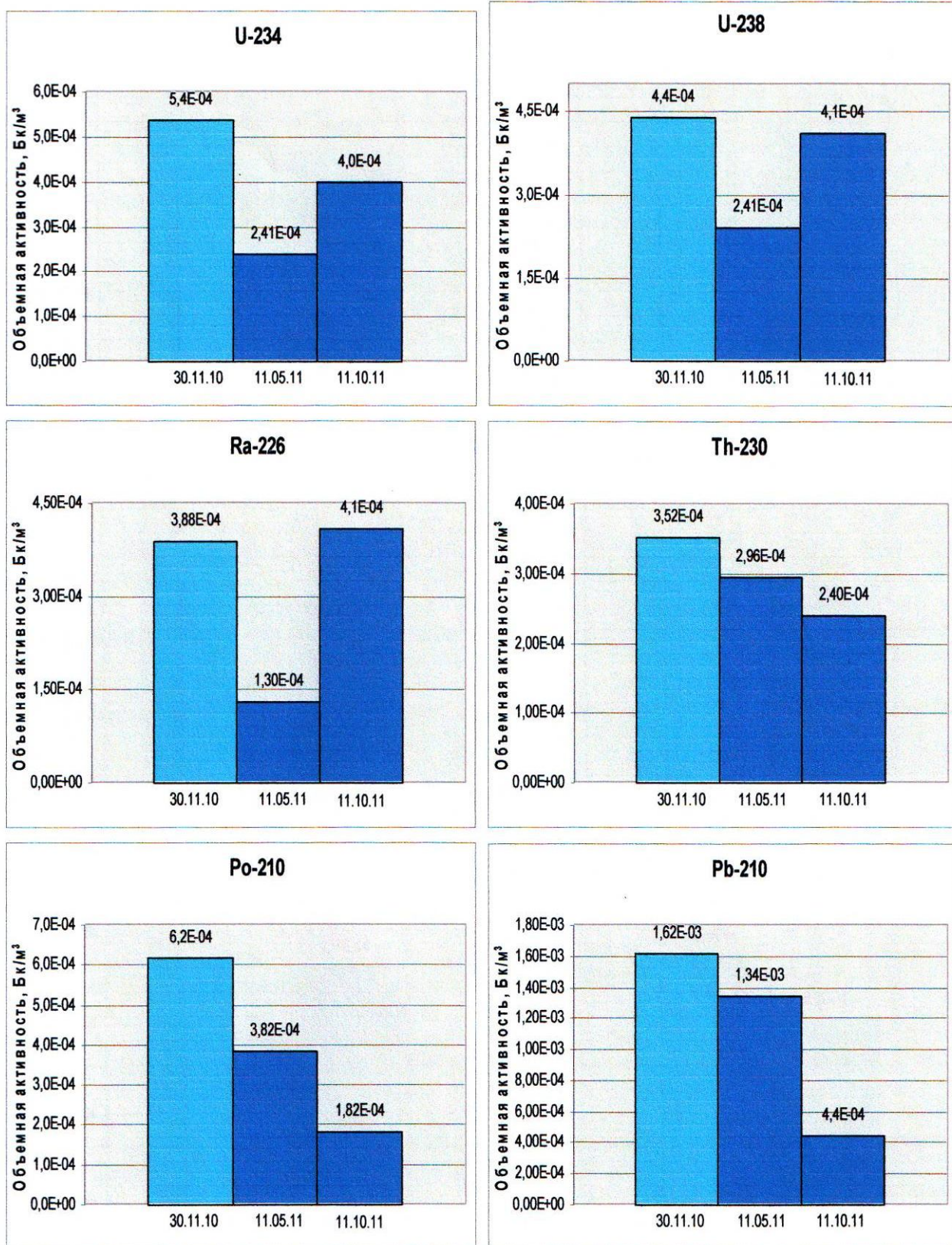


Рис. 4. Результаты радиационного мониторинга атмосферного воздуха в ЗН ГВУ шахты «Центральная», г. Кировоград, р-н Большая балка, пер. Ананьевский

По результатам проведенных измерений проведены расчеты доз облучения населения по воздушному пути формирования дозы. Они изменяются для разных возрастных групп населения от 20,8 до 22,2 мкЗв для шахты "Центральная" и от 48,2 до 51,8 мкЗв для шахты "Ингульская". Эти эффективные дозы облучения населения не превышают установленных квот по воздушному пути облучения в соответствии с НРБУ-97 и равных 120 мкЗв/год.

### **Выводы**

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработанные принципы радиационного мониторинга для предприятий по добыче и переработке урановых руд позволяют обеспечить радиационную безопасность населения в районе предприятий и сохранить окружающую среду при нормальной работе уранового объекта.

2. Предложены регламенты радиационного мониторинга, которые обеспечивают достаточную информативность и надежность полученной информации.

3. Выполненные работы по радиационному мониторингу выбросов из ГВУ исследуемых шахт "Центральная" и "Ингульская" показали, что имеется значительная изменчивость содержания природных радионуклидов в выбросах при различных режимах работы шахт.

4. За время исследований не отмечено превышения допустимых концентраций исследуемых природных радионуклидов ряда урана в атмосфере зоны наблюдения шахты "Ингульская".

5. В процессе проведения мониторинговых наблюдений в течение нескольких лет можно будет установить реальные параметры колебания активностей исследуемых природных радионуклидов в атмосфере зоны наблюдения как в зависимости от природных, так и от техногенных условий.

### **Список литературы**

1. Методические указания по объему и периодичности радиационного контроля окружающей среды на предприятиях по добыче и переработке руд. №558/6 от 03.08.78, М., 1978
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. - М.: Министерство здравоохранения СССР, 1980.
3. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд (СП ЛКП-91). - М.: МЗ СССР, 1991. - 76 с.
4. Министерство здравоохранения Украины. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97). Киев, 1998, 134 с.
5. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины. Государственные санитарные правила 6,177-2005-09-02. Киев, 2005.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовским О.В.  
Надійшла до редакції 29.10.2012*