

ной политики по защите населения и окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 4. С. 11–15.

3. Ашихмина Т.Я. Научно-методологические основы комплексного мониторинга окружающей среды в районе объектов хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая прикладная экология. 2007. № 2. С. 23.

4. Чупис В.Н. Система экологического мониторинга

объектов уничтожения химического оружия. Опыт эксплуатации и основные направления развития // Теоретическая прикладная экология. 2010. № 1. С. 27.

5. Ашихмина Т.Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 514 с.

5. Проект ТЭО. Раздел 17 «Промышленно – экологический мониторинг источников загрязнения окружающей среды» 2004 г. С. 81–183.

УДК: 631.4: 502.65

Совершенствование методов контроля продуктов техногенеза при мониторинге объектов уничтожения химического оружия

© 2012. В. Г. Петров, д.х.н., зав. лабораторией, М. А. Шумилова, к.х.н., с.н.с.,
О. С. Набокова, аспирант, М. Г. Лебедева, аспирант,
Институт механики Уральского отделения РАН,
e-mail: petrov@udman.ru

Особенности форм соединений мышьяка и тяжёлых металлов в природных объектах приводят к отличию их физико-химических свойств, обусловленных действием естественных факторов, что влечёт за собой разницу в поведении поллютантов в окружающей среде. Найденная закономерность требует совершенствования подхода к организации мониторинга объектов уничтожения химического оружия для получения более объективной оценки их воздействия на окружающую среду.

Different forms of arsenic and heavy metals compounds in natural objects cause difference in their physical and chemical properties due to natural causes. This entails difference in pollutants' behavior in the environment. The obtained data shows the need to improve the organization of CWD plants monitoring for a more objective assessment of their impact on the environment.

Ключевые слова: объект по уничтожению химического оружия, мониторинг, мышьяк, тяжёлые металлы, степень выделения, период полувыведения

Keywords: chemical weapons destruction facility, monitoring, arsenic, heavy metals, the degree of separation, elimination half-life

Выполнение Международной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении, инциденты на опасных промышленных объектах – с одной стороны, а также развитие аналитической техники и информационных технологий – с другой обуславливают необходимость модернизации подхода к мониторингу техногенных загрязнений для получения более объективной картины их воздействия.

Существующие методы мониторинга потенциально опасных промышленных объектов, как правило, не учитывают специфику

поведения поллютантов в окружающей среде, которая вызвана ионными обменными реакциями в почвах и донных отложениях, диффузионными процессами миграции загрязнителей в почвах под действием атмосферных осадков, динамикой соотношений между подвижными и неподвижными формами загрязнителей. Учёт этих особенностей позволяет разработать новые принципы организации мониторинга загрязняющих веществ промышленных предприятий, обладающих повышенной опасностью, в частности, таких как объекты по уничтожению химического оружия, атомные станции и др.

В качестве примера можно привести результаты исследования поведения мышьяка и тяжёлых металлов (ТМ) в различных природных средах при мониторинге объекта по уничтожению люизита в Камбарке. В рамках реализации Международной Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении к 2009 г. в г. Камбарке Удмуртской Республики было уничтожено более 6 тыс. т мышьяксодержащего отравляющего вещества – люизита. В результате использования реagentного метода его обезвреживания с последующим упариванием было получено более 10 тыс. т сухих мышьяксодержащих солей, содержащих арсенит и хлорид натрия. Результаты мониторинга в момент уничтожения люизита показывают, что загрязнения мышьяком стремятся к делокализации, в то время как загрязнения другими металлами, такими как хром, медь, кадмий, находятся в локализованном состоянии [1]. На наш взгляд, это связано с тем, что техногенные формы этих металлов проявляют разные свойства в окружающей среде, т. к. в результате уничтожения люизита мышьяк находится в форме арсенита натрия [2],

в то время как металлы, в частности, в выбросах металлургических заводов – в форме оксидов.

В лаборатории природоохранных и ресурсосберегающих технологий на экспериментальном стенде были проведены исследования по изучению подвижности в почве загрязнений арсенита натрия и оксидов тяжёлых металлов. Стенд представляет конструкцию из нескольких колонок и дозирующего устройства. В колонки помещаются образцы почвы и проводится их загрязнение в количестве 10 (образец «1») и 100 (образец «2») ПДК по металлу, затем из дозирующего устройства через загрязненный образец пропускается дистиллированная вода. В нижней части колонки устанавливается фильтрующее устройство и отбираются фракции воды, прошедшие через загрязненный образец. Таким образом, на стенде моделируется воздействие атмосферных осадков в виде дождя и условия фильтрации в верхней части почвы, при этом определяется скорость прохождения и объём пропущенной воды через загрязнённый образец. В отобранных водных фракциях содержание мышьяка и ТМ определяли с помощью

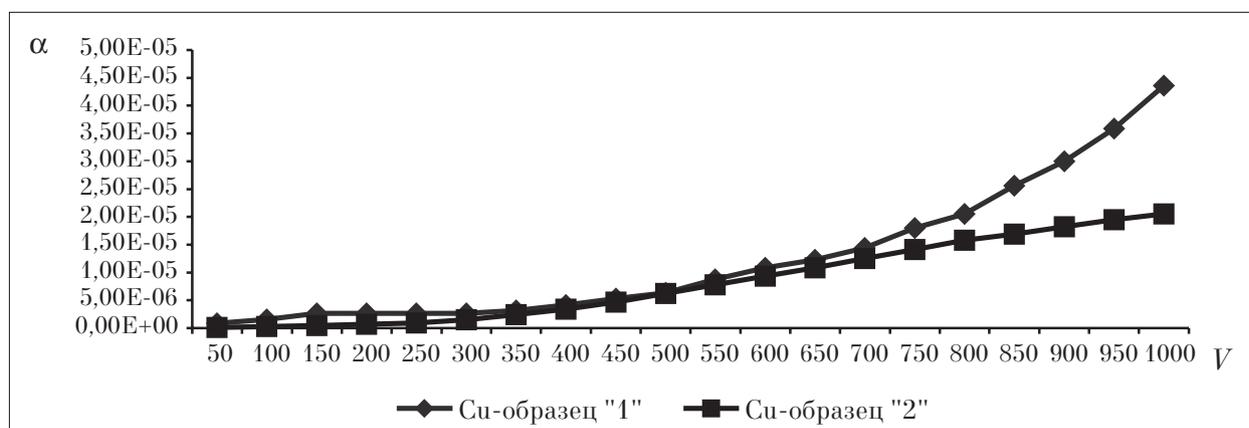


Рис. 1. Зависимость степени выделения меди – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объема воды – V (мл)

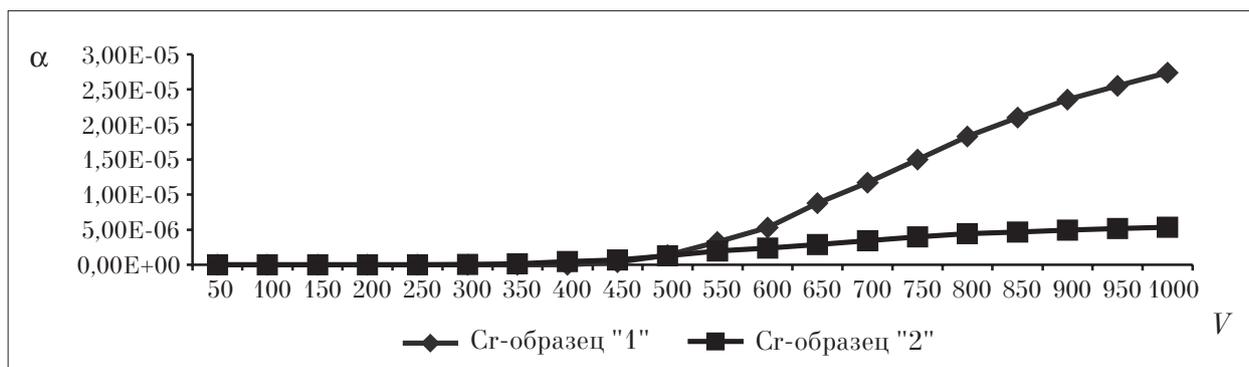


Рис. 2. Зависимость степени выделения хрома (3+) – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объема воды – V (мл)

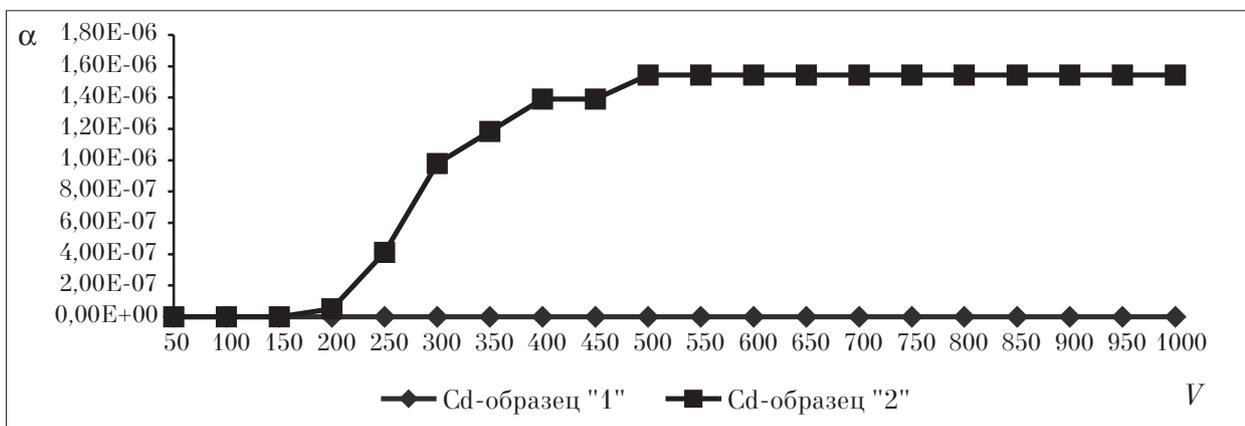


Рис. 3. Зависимость степени выделения кадмия – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объёма воды – V (мл)

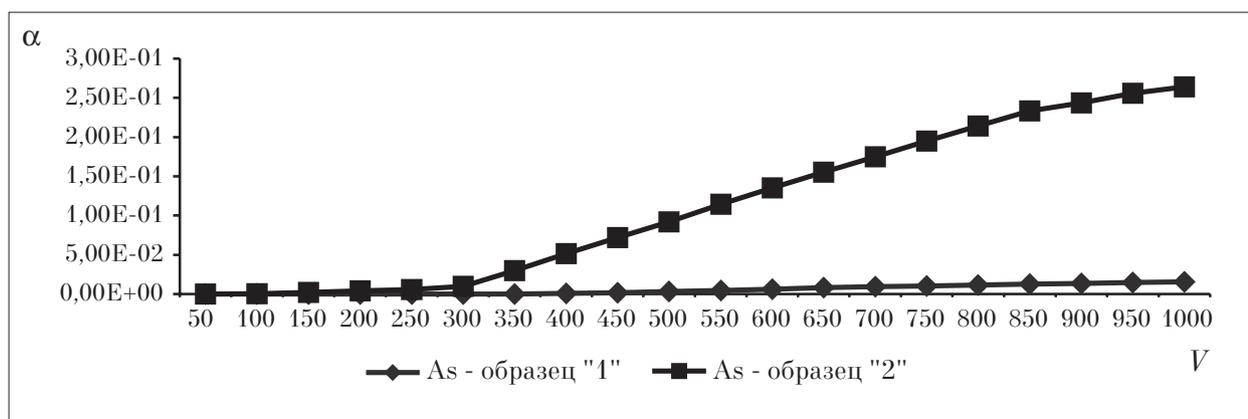


Рис. 4. Зависимость степени выделения мышьяка – α из образцов почвы «1» и «2» от пропущенного объёма воды – V (мл)

атомно-абсорбционного спектрофотометра «Shimadzu»- AA7000, рассчитывали степень выделения загрязнителя из почвы, кинетические параметры процесса и период полувыведения. На рисунках 1–4 представлены зависимости степени выделения загрязнителя α (доля от исходного содержания) из почвенного образца (речной песок) от объема пропущенной воды.

Расчёт периода полувыведения загрязнителя определяли по формуле:

$$\int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{(1-\alpha)^n} = \kappa_n T_{r,\alpha} S \sum_{i=0}^m \frac{H_{r,i}}{\omega_i},$$

где T_r – время, необходимое для выделения вещества из загрязненной почвы до степени α, в годах; S – площадь почвенного покрова, на который было оказано техногенное воздействие; $H_{r,i}$ – годовая высота отдельного вида атмосферных осадков в виде дождя (слабый дождь, дождь, сильный дождь), в мм; ω_i – скорость прохождения воды через загрязнённую почву, мл/с, m – количество осадков

в виде дождя, n – порядок процесса, рассчитанный согласно методике [3].

В таблице представлены параметры подвижности различных поллютантов из почвенного покрова, рассчитанные по данным лабораторного эксперимента.

Как следует из таблицы, величины периодов полувыведения для различных загрязнённых образцов почвы существенно отличаются для арсенита натрия и оксидов ТМ, поэтому, по нашему мнению, мониторинг по этим загрязнителям также должен различаться.

В настоящий момент в лаборатории разрабатывается метод контроля загрязнителей в окружающей среде с использованием специальных устройств, фиксирующих загрязнение и минимизирующих влияние некоторых природных факторов на определение содержания поллютантов в почвах, что позволяет создать более верную картину промышленного воздействия. Такой подход предлагается нами осуществить при контроле фосфорсодержащих и мышьяксодержащих техногенных выбросов для объектов по уничтожению фосфорсодер-

Таблица

Константы скорости выделения оксидов ТМ и железа и период полувыведения загрязнителей из почвы (речной песок)

Загрязнитель, порядок процесса	Константа скорости		Период полувыведения, лет (= 0,5)
	Образец почвы	k, c^{-1}	
CuO n~ 1	«1»	$1,238 \cdot 10^{-9}$	32
	«2»	$5,836 \cdot 10^{-10}$	69
Cr ₂ O ₃ n~ 1	«1»	$7,791 \cdot 10^{-10}$	51
	«2»	$1,558 \cdot 10^{-10}$	257
CdO n~ 1	«1»	–	–
	«2»	$4,533 \cdot 10^{-11}$	885
NaAsO ₂ n~ 2	«1»	$4,449 \cdot 10^{-7}$	1,19
	«2»	$1,017 \cdot 10^{-5}$	0,05

жащих ОБ в пос. Кизнер и для других опасных промышленных объектов [4]. Предлагаемое устройство накапливает загрязнения в течение длительного времени, а также позволяет установить соотношение между подвижными и неподвижными формами загрязнителей. При таком подходе осуществляется системный анализ воздействия производства на окружающую среду, в то время как существующие методы носят в основном вероятностный характер.

Выводы

Установлены существенные отличия в характере поведения загрязнителей в окружающей среде, что обусловлено различием их химических и физико-химических свойств в условиях действия природных факторов. Процесс мониторинга опасных промышленных объектов, например, таких как объекты по уничтожению химического оружия, требует применения новых подходов к организации контроля за техногенными выбросами для бо-

лее объективной оценки степени воздействия производств на окружающую среду.

Литература

1. Шумилова М.А., Набокова О.С., Петров В.Г. Особенности поведения техногенного мышьяка в природных объектах // Химическая физика и мезоскопия. 2011. Т. 13. № 2. С. 262–269.
2. Петров В.Г., Липанов А.М., Трубачев А.В., Чечина А.А. Обезвреживание опасных веществ на перепрофилированном объекте по уничтожению люизита // Химическая физика и мезоскопия. 2009. Т. 11. № 1. С. 54–58.
3. Петров В.Г., Шумилова М.А. Способ изучения в лабораторных условиях подвижности техногенных загрязнений в почве // Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14. № 2. С. 257–260.
4. Petrov V.G., Shumilova M.A., Trubachev A.V., Nabokova O.S., Kharaldina Y.A. New approaches to the organization of the control of pollution on object on destruction of the chemical weapon and other dangerous industrial enterprises // Book of abstracts of CBMTS-IX Int. Symposium. 2012, Spiez, Switzerland. 2012. P. 49.