

## Оценка токсичности битумно-солевых масс, полученных при уничтожении зарина на объекте «Щучье» Курганской области

© 2015. О. М. Плотникова<sup>1,2</sup>, д.б.н., г.н.с., профессор, Б. И. Кудрин<sup>1</sup>, к.м.н., с.н.с.,  
С. Ю. Максимовских<sup>1</sup>, к.с.-х.н., с.н.с.,

<sup>1</sup>Региональный центр по обеспечению государственного экологического контроля и мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия по Курганской области,

<sup>2</sup>Курганский государственный университет,  
e-mail: plotnikom@yandex.ru, kurgan-rc@yandex.ru

Исследована токсичность водных экстрактов битумно-солевых масс (БСМ), полученных при разных сроках экспозиции. Согласно паспорту отхода БСМ после уничтожения зарина гидролизом моноэтаноламина на объекте в г. Щучье (Курганская область) считаются умеренно опасными. Исследования проведены на 112 белых нелинейных лабораторных мышах. После интрагастрального ввода мышам водных экстрактов БСМ, полученных при экстракции в течение 20-30 суток, летальность достигала 70%. Таким образом, показано, что водорастворимые компоненты БСМ обладают значительной острой токсичностью для млекопитающих.

The toxicity of aqueous extracts bitumen salt mass (BSM), obtained at different periods of exposure was studied. According to the passport of waste BSM after the destruction of sarin hydrolysis monoethanolamine at the facility in Shchuchye (Kurgan region) are considered to be moderately hazardous. The research was conducted on 112 nonlinear white laboratory mice. After intragastric input to mice water extracts of the BSM obtained by extraction in a period of 20-30 days, the mortality reached 70%. Thus, it is shown that the water-soluble components have significant BSM acute toxicity to mammals.

Ключевые слова: уничтожение зарина, битумно-солевые массы, токсичность, лабораторные мыши.

Keywords: destruction of sarin, bitumen salt mass, toxicity, laboratory mice.

В рамках Федеральной программы уничтожения химического оружия на объекте в г. Щучье Курганской области реализована двухстадийная технология уничтожения фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) – зарина, зомана и ви-икс [1]. Конечными продуктами уничтожения ФОВ являются битумно-солевые массы (БСМ), которые хранятся на площадке размещения отходов и считаются умеренно опасными отходами (III класс опасности). С учетом чувствительности современных аналитических методов в них не обнаруживаются превышающие нормативы количества зарина, зомана или вещества типа Vx [2, 3].

Основными продуктами детоксикации зарина, согласно паспорту отхода битумно-солевой массы, являются кальциевые соли метилфосфоновой кислоты и её кислого эфира, диизопропиловый эфир метилфосфоновой кислоты, аминоэтилизопропилметилфосфонат, фторид кальция, зарин в количестве

менее  $1 \times 10^{-8}\%$  и битум (до 97,5%). Сведения о токсичности основных продуктов распада ФОВ представлены в обзоре [4].

В качестве основных продуктов миграции из битумно-солевых масс при уничтожении зарина, фигурируют моноэтаноламин и изопропиловые эфиры метилфосфоновой кислоты [5]. В литературе весьма скудно представлены сведения о процессах вымывания из БСМ нелетучих водорастворимых компонентов и степени их острой токсичности [6]. Между тем, выделяющиеся из БСМ продукты, в случае вымывания их грунтовыми водами из мест захоронения БСМ, могут интегрально оказаться токсичными с сенсibiliзирующим, гонадотропным, тератогенным и мутагенным действием на организм теплокровных животных.

Целью нашего исследования было изучение степени острой токсичности водорастворимых компонентов битумно-соляной смеси при уничтожении зарина на организм млекопитающих.

## Материалы и методы

Исследованию подверглись БСМ, полученные при уничтожении зарина методом гидролиза моноэтаноламином на объекте уничтожения химического оружия в г. Щучье Курганской области. Для приготовления водного экстракта использовались навески БСМ в виде кусочков размером около 0,5 см, которые заливали дистиллированной водой в весовом соотношении 1:1. Навески БСМ с водой непрерывно взбалтывали в течение суток. В дальнейшем смесь продолжала настаиваться без взбалтывания до 31 суток. Водный экстракт БСМ обладал выраженной щелочной реакцией (рН 10,0) и в экспериментах использовался нами как в нативном виде (1:1, рН10,0), так и после предварительной нейтрализации концентрированной соляной кислотой.

Исследования проведены на 112 белых нелинейных лабораторных мышах обоего пола, массой 25-35 г. Все животные соответствовали категории конвенционально улучшенных, клинически здоровых. Экстракт БСМ вводили животным интрагастрально в объеме 1,0 мл. В течение трёх суток за ними велось наблюдение. Вскрытие и исследование состояния внутренних органов проводили у всех погибших мышей. Выживших животных забивали через трое суток. Контролем служили 2 группы мышей обоего пола по 10 особей в каждой, которым в желудок вводили водный экстракт битума марки 6НД-60-90 в пропорции 1:1 (продолжительность настаивания битума в дистиллированной воде составила 31 сутки). Во всех экспериментальных группах регистрировали показатели смертности.

## Результаты исследования

На первом этапе эксперимента на двух группах мышей мы сравнили действие суточного неразбавленного экстракта в двух вариантах: без нейтрализации (нативного) и с нейтрализацией его щелочности соляной кислотой. Первой группе из 6 мышей-самцов вводили нативный экстракт БСМ (рН 10), а второй группе из 12 мышей-самцов – нейтрализованный экстракт БСМ (рН 7). В первой группе животных за первые сутки после инъекции погибло трое (50 %) из 6 мышей, во второй – трое (25 %) из 12.

Удвоение уровня смертности мышей при внутрижелудочном введении нативного экстракта БСМ свидетельствует об усилении повреждающего воздействия высокой щелоч-

ности экстракта на органы пищеварения млекопитающих. На вскрытии мышей, погибших после интрагастральной инъекции нативного экстракта БСМ, у всех животных обнаружены массивные кровоизлияния и эрозии на слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки. У выживших животных из этой группы, после их умерщвления через трое суток, были найдены только явления гиперемии слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки. Во второй группе мышей, которым вводился в желудок нейтрализованный экстракт БСМ, ни у погибших, ни у умерщвлённых после трёхсуточной экспозиции животных кровоизлияний и эрозий слизистой желудка и двенадцатиперстной кишки не обнаружено.

Повреждающее воздействие высокой щелочности экстракта БСМ на желудочно-кишечный тракт приводит к гибели до половины животных уже в течение первых суток с начала эксперимента. Это маскирует проявления развивающегося в течение первых двух-трёх суток токсического эффекта от интрагастрального введения продуктов утилизации зарина, содержащихся в экстракте БСМ. С учётом данного обстоятельства, во всех дальнейших экспериментах нами использовался только нейтрализованный экстракт БСМ.

На втором этапе эксперимента была изучена токсичность водного экстракта БСМ в зависимости от длительности его экстрагирования.

Возможность проникновения воды в массу БСМ и, как следствие, возможность медленного вымывания водорастворимых компонентов из БСМ может быть обусловлена наличием трещин и капилляров в массиве битума, поэтому БСМ перед началом водной экстракции максимально измельчали.

С целью сравнительного исследования токсичности водных экстрактов БСМ с разной длительностью экстрагирования, нами проведены эксперименты на 4 группах мышей-самцов и 4 группах мышей-самок.

Животным обоего пола вводили по 1,0 мл неразведённого нейтрализованного экстракта БСМ (1:1, рН 7,0), который настаивался в течение 1, 11, 21 и 31 суток. Смертность от введения экстракта БСМ у мышей обоего пола возрастала по мере увеличения сроков экстракции БСМ (табл. 1), минимальной токсичностью обладал экстракт при экстрагировании в течение одних суток. Введение водного экстракта битума, полученного при настаивании в течение 31 суток, не приводило к гибели животных.

Апроксимация данных логарифмической функцией [7] представлена на рисунке. Как у

Таблица 1

Смертность мышей при внутрижелудочном введении водных экстрактов БСМ с разной длительностью экстрагирования (опыт) и водных экстрактов битума (контроль)

Срок экстракции, сутки	Самки			Самцы			Суммарно		
	число мышей (n)	летальность		число мышей (n)	летальность		число мышей (n)	летальность	
		n	%		n	%		n	%
Битумно-солевые массы (БСМ), опытные группы									
1	8	2	25	12	3	25	20	5	25
11	11	5	45	10	6	60	21	11	52
21	12	8	67	10	7	70	22	15	68
31	12	8	67	11	8	73	23	16	70
Битум, контроль									
31	10	0	0	10	0	0	20	0	0

самок, так и у самцов экспериментальные точки удовлетворительно описывались логарифмической зависимостью (высокие коэффициенты корреляции), при этом коэффициенты аппроксимирующих уравнений были близки друг к другу. Это позволило объединить экспериментальные данные групп самцов и самок по срокам экстракции, тем самым увеличив выборку и уменьшив влияние на аппроксимацию случайных факторов.

Аппроксимация обобщённых данных сопровождалась ростом показателя корреляции, а коэффициенты аппроксимирующего уравнения приняли промежуточные значения.

### Заключение

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о том, что процесс естественного вымывания водорастворимых компонентов из битумно-солевых масс в водную среду осуществлялся достаточно активно и не требовал каких-либо специальных условий. Несмотря на то, что процесс вымывания протекает медленно и нелинейно, со временем в водной среде накапливается достаточно высокая концентрация экстрагируемых веществ. Водорастворимые компоненты БСМ обладают значительной

острой токсичностью для млекопитающих. Возможность вымывания водой из БСМ остаточных количеств отравляющих веществ и других токсичных продуктов указывает на необходимость контроля надлежащего хранения БСМ при уничтожении ФОВ и отвергает возможность использования их в качестве материала для хозяйственной деятельности человека.

### Литература

1. Белецкая И. Уничтожение химического оружия в России: политические, правовые и технические аспекты. М. 1999. 156 с.
2. Петрунин В.А., Шелученко В.В., Демидюк В.В. Проблемы уничтожения химического оружия // Материалы I Межрегиональной конференции. Киров. 2000. С. 110.
3. Савельева Е.И., Зенкевич И.Г., Кузнецова Т.А., Радилов А.С., Пшеничная Г.В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии // Рос. хим. ж. 2002. Т. 46. № 6. С. 82–91.
4. Munro N.B., Talmage S.S., Griffin G.D., Waters L., Watson A.P., King J.F., Hauschild V. The sources, fate and toxicity of chemical warfare agent degradation products // Environ. Health Perspect. 1999. V. 107. № 12. P. 933–974.
5. Малочкина Е.И., Зотова Т.А., Торубаров А.И., Жаков В.А., Сокальский М.А., Шелученко В.В., Петрунин В.А. Химико-аналитические исследования и токсикологическая оценка продуктов деструкции фосфорорганических отравляющих веществ, вымываемых из битумно-солевых масс // Токсикологический вестник. 2006. № 5. С. 22–27.
6. Малочкина Е.И., Ходаковская О.А., Горбунова З.И., Зотова Т.А., Шелученко В.В. Изучение хронического воздействия продуктов выщелачивания из битумно-солевых масс, полученных при уничтожении зарина, зомана и российского VX // Медицина труда и промышленная экология. 2006. С. 6.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. школа, 1973. 343 с.

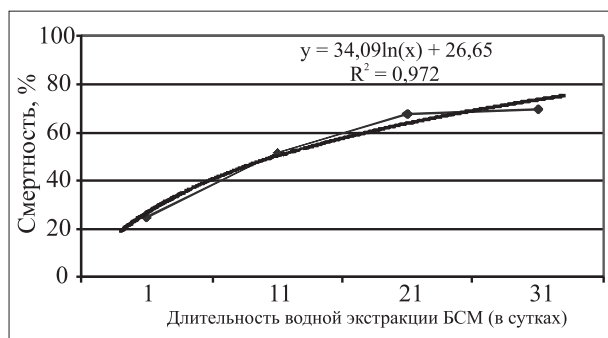


Рис. Смертность мышей обоего пола при внутрижелудочном введении водных экстрактов БСМ с разной длительностью экстрагирования.