

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА – ШЛАМОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Камлюк С.Н., Борис О.А., Власенко Е.К., Петрова С.Ю., Гомолко Т.Н.
*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр
гигиены»
Беларусь, Минск*

В статье изложены результаты испытаний отходов производства – шламов гальванических по показателям «токсичность» и «экологическая токсичность». Описаны экспериментальные методы, использованные для определения степени и класса опасности гальванических шламов. Приведено научное обоснование рациональных условий постановки эксперимента, критериев достоверности тестов, применяемых для определения степени и класса опасности отходов производства различных наименований.

Ключевые слова: отходы производства; гальванические шламы; токсичность; экологическая токсичность; класс опасности

THE DETERMINATION OF THE DEGREE AND HAZARD CLASS OF INDUSTRIAL WASTE – GALVANIC SLUDGE USING EXPERIMENTAL METHOD

Kamliuk S.N., Boris O.A., Vlasenko E.K., Petrova S.Y., Gomolko T.N.
*Republican Unitary Enterprise “Scientific practical centre of hygiene”
Belarus, Minsk*

The article presents the results of tests of industrial waste – galvanic sludge in terms of "toxicity" and "ecotoxicity." Experimental methods used to determine the degree and hazard class of galvanic sludge are described. The scientific substantiation of the rational conditions of the experiment, the criteria of reliability of tests used to determine the degree and hazard class of various types of industrial waste are given.

Key words: industrial waste; galvanic sludge; toxicity; ecotoxicity; hazard class

На сегодняшний день проблема масштабного захоронения отходов производства продолжает оставаться весьма актуальной, особенно это касается ситуации с отходами, содержащими значительное количество токсичных компонентов. Известно, что в почвенном покрове мест складирования отходов потребления (твердых бытовых), а также отходов производства (производственных отходов) накапливаются такие микроэлементы, как серебро,

вольфрам, молибден, никель, медь, цинк, кадмий, свинец [1]. В Республике Беларусь обращение с отходами производства регулируется рядом технических нормативных правовых актов, одним из основополагающих требований которых является определение степени и класса опасности, которое для ряда наименований отходов проводится по двум показателям: «токсичность» и «экотоксичность» [2]. В данной работе представлены результаты испытаний по определению степени и класса опасности образца отходов: смеси гальванических шламов, код 5112300 (согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь).

Методы исследований. Испытания образца отходов производства (смесь гальванических шламов) по показателю «токсичность» проводили методом «фиксированной дозы» в остром токсикологическом эксперименте при внутрижелудочном введении. В эксперименте использовали белых рандомбредных крыс – самок массой 180-220 г, по 5 животных в группе. В ходе эксперимента трем группам по 5 животных в каждой внутрижелудочно однократно с помощью иглы-зонда вводили фиксированные объемы 3 мл/200 г массы тела крысы образца отходов (без разведения и его разведений в соотношении 1:10, 1:100 с дистиллированной водой). Наблюдение за состоянием животных проводили в течение 14 дней [2].

По показателю «экотоксичность» испытания образца отходов проводили с применением таких тест-систем, как брюхоногий моллюск *Lymnaea stagnalis*, простейшие *Tetrahymena pyriformis*, проростки семян огурцов, овса, редиса (фитотест).

При исследованиях в тест-системе *Lymnaea stagnalis* использовали 12 синхронизированных кладок в стадии гастролы. Каждую кладку делили на 5 приблизительно равных частей, которые расформировывали на одну контрольную и 4 опытных групп (которые подвергались воздействию водных растворов отходов в концентрациях 5, 10, 25, 50 мг/мл) и помещали в чашки Петри. По окончании экспозиции рассчитывали процент выклюнувшихся особей относительно изначального количества зародышевых капсул для каждой повторности – это % успешного выклева. Рассчитывали зависимость величины угнетения выклева (%) от концентрации отходов в мг/мл. Линейная (полулогарифмическая) зависимость выражается уравнением прямой общего вида: $y = mx + b$. Регрессионный анализ экспериментальных данных проводится при условии наличия эффекта с частичной гибелью эмбрионов на 3-х и более концентрациях.

Испытания образца отходов на тест-объекте *Tetrahymena pyriformis* проводили в остром, подостром и хроническом экспериментах.

При проведении острого и подострого экспериментов из водного раствора отходов с исходной концентрацией 1 мг/мл готовили серию разведений: 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 и 1 мг/мл. При проведении острого эксперимента пробы инкубировали при 250С в течение 3 часов; при

проведении подострого эксперимента – в течение 24 часов. На основании расчета % летальности установлены основные параметры токсичности: LD_{16} – доза, вызывающая гибель 16% особей; LD_{50} – доза, вызывающая гибель 50% особей; LD_{84} – доза, вызывающая гибель 84% особей; $K_{\text{кумуляции}}$ – коэффициент кумуляции как частное между средней смертельной дозой, полученной в подостром эксперименте и средней смертельной дозой, полученной в остром эксперименте.

В хроническом эксперименте образец исследовался в диапазоне концентраций, охватывающих токсичные (LD_{50}), пороговые и малые дозы: 0,5, 0,1, $0,1^{-1}$, $0,1^{-2}$, $0,1^{-3}$, $0,1^{-4}$, $0,1^{-5}$, $0,1^{-6}$ мг/мл. По результатам подсчета определены такие показатели, как ED_{50} – доза, вызывающая угнетение генеративной функции на 50% через 24 и 72 часа инкубации; скорость роста, время генерации, число поколений, численность популяции. По результатам оценки образца в хроническом эксперименте определена МНД (максимальная недействующая доза), показатель $LD_{50}/\text{МНД}$.

Для исследований образца отходов в фитотесте проводили экстракцию с последующей фильтрацией. Использовали семена огурцов сорта «Засолячны», редиса сорта «Чырвоны велікан», овса сорта «Стрелец П44747». Семена высевали по 25 штук в чашки Петри в 3-х повторностях. Подготовленные чашки помещали в термостаты и экспонировали в течение 7 суток. Через 7 суток измеряли длину корешков проростков по корню максимальной длины. Определяли среднее значение ($L_{\text{ср.}}$) длины корней из трех повторностей на каждой культуре семян в опыте и контроле. Сравнивали $L_{\text{ср. опыта}}$ и $L_{\text{ср. контроля}}$ между собой и определяли эффект торможения E_T %. При необходимости готовили дополнительные разведения: R 50, R 100 (в 50 и 100 раз, соответственно).

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что внутрижелудочное введение методом фиксированной дозы образца отходов в нативном виде белым крысам вызвало гибель всех 5-ти животных в течение 4-х часов. Введение разведения 1:10 вызвало гибель всех 5-ти животных в течение первых суток. Введение разведения 1:100 не вызвало гибели животных и токсических эффектов: отсутствовали признаки интоксикации, не регистрировались изменения в поведении, состоянии, внешнем виде, аппетите, степени проявления реакций на внешние раздражители в течение всего периода наблюдения. Таким образом, исследованный образец отходов относится к 3 классу опасности (умеренно опасные отходы) [2].

Результаты исследований отходов в тест-системе *Lymnaea stagnalis* свидетельствуют о наличии дозозависимого эффекта угнетения выклева при действии растворов образца отходов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты изучения эмбриотоксического действия образца отходов на кладках *Lymnaea stagnalis*

Концентрация,	Успешный	CV, % коэффициент	Угнетение
---------------	----------	-------------------	-----------

мг/мл	выклев, %	вариации	выклева, %
Контроль	92,69	1,01	-
5,0	73,31	2,10	20,91
10,0	52,35	6,80	43,51
25,0	31,32	2,51	66,31
50,0	15,69	16,45	83,07

На основании полученных результатов были рассчитаны значения показателей для ранжирования исследованного образца отходов по классам опасности (табл. 2).

Таблица 2. Параметры эмбриотоксичности образца отходов № 2 на кладках *Lymnaea stagnalis*

Показатель	Результат	Класс опасности
EC ₅₀ , мг/мл	17,39±0,08	3 класс
Пороговая концентрация (EC ₁₅), мг/мл	2,18	4 класс
Зона острого действия (EC ₅₀ / EC ₁₅)	7,97	4 класс

На основании полученных данных можно заключить, что испытанный образец гальванических шламов оказывает эмбриотоксическое действие на кладки *Lymnaea stagnalis*, и относится к 3-му классу опасности опасных отходов (умеренно опасные).

Результаты оценки токсичности в хроническом эксперименте образца гальванических шламов в тест-модели *Tetrahymena pyriformis* представлены в таблице 3.

Таблица 3. Токсичность образца отходов в хроническом эксперименте на *Tetrahymena pyriformis*

Показатель токсичности	Результат	Класс токсичности
ED ₅₀ мг/мл, лог. фаза	2,88±0,00	-
ED ₅₀ мг/мл, стац. фаза	2,12±0,00	3 класс
Ккум _{chronica}	0,74	4 класс
МНД, мг/мл	10 ⁻¹	3 класс
ЛД ₅₀ /МНД	13,1	4 класс

По итогам изучения в хроническом эксперименте представленный образец отхода относится к 3 классу токсичности (умеренно токсичное вещество) [2]. Результаты проведенных токсиколого-гигиенических испытаний смеси гальванических шламов с применением тест-объекта *Tetrahymena pyriformis* позволяют заключить, что исследованные отходы относятся к 3-му классу опасности опасных отходов (умеренно опасные).

По итогам проведения предварительного этапа оценки токсичности гальванических шламов в фитотесте были отмечены эффекты торможения развития корешков проростков: огурца ET = 18,92 %, овса ET = 16,08 %, которые не достигают порога фитотоксичности, равного 20 %. Вместе с тем,

был установлен эффект торможения развития корешков проростков редиса $E = 54,42 \%$, что свидетельствует о наличии фитотоксического действия отходов.

Результаты испытаний образца отходов на фитотоксичность по итогам основного этапа проведения фитотеста на семенах редиса (как на наиболее чувствительном объекте по итогам предварительного этапа) представлены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты оценки фитотоксичности отходов

Кратность разведения	Средняя длина корней проростков (L_{cp}), мм	Тест-реакция	Эффект торможения E_T , %
<i>Контроль</i>			
-	7,60	норма	-
<i>Образец отходов (гальванических шламов)</i>			
10	6,13	торможение	19,34 %
50	7,10	торможение	6,58 %
100	7,46	торможение	1,84 %

На основании полученных данных было рассчитано среднеэффективное разведение (ER_{50}) (табл. 5) [2].

Таблица 5. Результаты исследования фитотоксичности образца отходов

Показатель фитотоксичности	Результат	Класс опасности
среднеэффективное разведение (ER_{50})	0,24	4-й класс

Таким образом, по итогам фитотеста исследованный образец отходов относится к 4-му классу опасности отходов (малоопасным отходам).

Поскольку отнесение испытанного образца отходов к определенному классу опасности осуществляется по лимитирующему показателю (наиболее строгому показателю или значению, полученному в одной из ряда примененных тест-систем), то испытанный нами образец отходов производства по показателю «экотоксичность» относится к 3-му классу опасности опасных отходов (к умеренно опасным отходам), по показателю «токсичность» – к 4-му классу опасности отходов (малоопасным отходам).

Таким образом, согласно результатам исследований, испытанный образец отходов производства по показателю «экотоксичность» относится к 3-му классу опасности опасных отходов (к умеренно опасным отходам), по показателю «токсичность» – относится к 3-му классу опасности опасных отходов (к умеренно опасным отходам).

Список литературы

1. Gillis, P.L. The impact of municipal wastewater effluent on field-deployed freshwater mussels in the Grand River (Ontario, Canada) / P.L. Gillis [et al.] // Environ Toxicol Chem. – 2014. – Vol. 33, № 1. – P. 134-143.

2. Инструкция по применению «Метод экспериментального определения токсичности отходов производства», утвержд. Мин-вом здравоохран. Республики Беларусь 7 апреля 2016г., рег. № 044-1215.

Репозиторий БГМУ