

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК**

**ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды  
им.А.Н.Сысина**



**«Утверждаю»**

**И.о. директора Института  
д.м.н., профессор РАМН**

**Ю.В.Шишкин**

**2008г.**

**ОТЧЕТ №15/169-07**

**по теме «Определение класса опасности стеклобоя ртутьсодержащих  
ламп после обработки раствором препарата «Э-2000» и выдача  
рекомендаций»**

**Руководитель работы:  
к.м.н.**

**И.А.Крятов**

**Ответственные исполнители:  
Руководитель лаборатории гигиены  
почвы, к.м.н.**

**И.А.Крятов**

**Ведущий научный сотрудник,  
к.м.н.**

**Н.И.Тонкопий**

**Москва - 2008**

## **Введение**

### **Методические подходы к оценке и изучению влияния реагентов на окружающую среду**

Ключевым вопросом в решении проблемы обезвреживания, утилизации и захоронения промышленных отходов (ПО) и оценке их влияния на среду является определение класса их опасности. Трудность осуществления этого процесса является многокомпонентность их состава, способность взаимодействия с окружающей средой и особенность путей воздействия токсикантов на человека.

Основным показателем существующих классификаций токсичных отходов является отсутствие в них предельных значений опасной тенденции, а также то, что они не устанавливают различие между масштабами потенциальной опасности отходов.

Согласно известным литературным данным последних лет, принципиальные положения оценки опасности токсикантов, используемые в различных странах весьма близки: это системный подход, включающий параметры, характеризующие возможное воздействие отхода на окружающую среду и человека, физико-химические свойства отхода и использование для общей оценки полученных результатов балльной системы.

Оценка опасности токсикантов проводится не по веществам, а реагентам и отходам в целом. Проводятся химические, экотоксикологические и токсикологические исследования.

В качестве критериев экотоксикологического действия используются дафнии, рыбы, водоросли, тест на проращивание, рекомендуются также азотобактерии, микроэкосистема почвы.

Токсикологические исследования включают: острую токсичность на мышах ( $LD_{50}$ ), исследования на культуре ткани и оценки отдельных последствий по тесту Эймса. При определении индекса опасности

определяющее значение имели результаты токсикологических исследований.

Основной научной концепцией, при оценке и изучении возможного вредного влияния токсиканта (отхода) на окружающую среду и здоровье человека, является оценка их опасности складываемых на почву и степень влияния на грунтовые (поверхностные воды), атмосферный воздух, флору и фауну.

Исходя из этого, методологическая схема по изучению оценки опасности любого токсиканта включает комплекс исследований, с определением критериальных показателей, позволяющие оценить уровни вредного воздействия отхода, с учетом возможных путей воздействия.

Приказ №511 от 15.06.2001г. Министерства природных ресурсов "Об утверждении критериев отнесения опасности отходов к классу опасности для окружающей среды", только еще раз подтвердил основной принцип расчетного метода оценки класса опасности различных отходов.

Биотестирование, как тест, является важнейшим критерием оценки опасности отхода.

В основе методических подходов эколого-гигиенического регламентирования химических веществ в почве является определение - критериев их безопасности для окружающей среды и здоровья населения.

Главным в теории и практики оценки вредного влияния на окружающую среду и здоровье человека, а также гигиенического нормирования веществ (любых), положен критерий, допускающий возможность поступления и содержания веществ в почве воде, атмосферном воздухе в количествах безопасных для здоровья людей и окружающей среды.

Эта безопасная величина гарантируется ПДК содержащегося химического веществ в почве и других средах или величина разведения экстракта почвы, содержащая химический ингредиент).

Под ПДК в почве необходимо понимать максимальное его количество (в мг/м пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного, прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды (вода, воздух, пищевые продукты, сырье), на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

Согласно второму научному постулату, при оценке безопасности поступления химических веществ в окружающую среду (почву), необходимо исходить из недопустимости превышения порога адаптационной возможности организма самых чувствительных групп населения и порога самоочищающей способности почвы при изолированном, комплексном, комбинированном или сочетании действия химических веществ на организм человека и окружающую среду (порог безопасного действия).

При оценке степени вредного влияния вещества на почву требуется также проведение исследований в экстремальных почвенно-климатических условиях, способствующих максимальной миграции изучаемого вещества (или их комплекса), в контактирующие с почвой среды (вода, воздух, растений), а также обеспечивающих наиболее интенсивное воздействие токсиканта на процессы самоочищения и почвенный микробиоциноз и т.д.

Экспериментальные исследования по оценке степени опасности стеклосодержащих люминесцентных ламп (*класс опасности*) проводились в соответствии с "Методическими рекомендациями по установлению ПДК химических веществ в почве" М. 1976г. МУ №2609-82; "Временным классификатором токсичных промышленных отходов" №4286-87 и "Методическими рекомендациями по определению класса токсичности промышленных отходов" М., 1987г.; Перечнем ПДК и ОДУ химических веществ в почве №6229-91; СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод"; ГОСТ 30774-2001 «Паспорт

опасности отхода»; СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы»; СП 2.1.7.1386 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

Были проведены комплексные исследования по изучению влияния вещества на окружающую среду по фито-аккумуляционному показателю вредности тесту на растения, токсикологическому показателю вредности (биотесты), процессы самоочищения (микрофлору почвы, процессы биоценоза), на культуре клеток млекопитающих (сперматозоиды быка).

Существенным значением, при оценке степени опасности (токсичности) отхода, по влиянию на почву - является степень превышения содержания химических элементов над ПДК. Чем выше превышение, тем более опасным является отход.

Критериями приоритетности, при оценке степени загрязнения почвы и опасности для человека и окружающей среды, являются такие параметры: токсичность веществ, масштабы выбросов, площади загрязнения почв, класс опасности вещества, соотношения (превышения) между выбросами и естественным фоном (запасами) металлов в почве, способность их миграции в растения, воду, атмосферу и т.д. и, несомненно, должны учитываться уровни ПДК, физические, и химические свойства почвы.

В настоящее время, при оценке санитарно-гигиенического состояния почвы, основное внимание, в системе контроля загрязнения почв, отводятся валовому содержанию металлов в почве. Однако более важно, при оценке степени опасности (токсичности) загрязнения для среды и человека, знать - в какой химической форме металлы присутствуют в почве.

Доказано, что наиболее опасными, являются подвижные формы химических веществ, которые и определяют степень токсичности и

опасности воздействия отходов на окружающую среду и человека – подвижные формы.

Основной акцент, при оценке степени опасности любого токсиканта (отхода) и контроля загрязнения окружающей среды, является оценка влияния загрязнителей на биоту (биоценоз) почвы, транслокацию веществ в системе почва-растения, накопление их в растениях (продуктах питания) и влияние последних на человека по пищевым цепям (почва-растения-человек, почва-корма-с/х животные-человек).

Однозначно, что степень опасности токсиканта, класс опасности, обосновывается и определяется на основании результатов санитарно-гигиенических исследований.

О прямой опасности отхода свидетельствуют данные, полученные по сумме результатов биологического эффекта. Содержание токсикантов в почве говорит о потенциальной опасности отхода, но он не может — служить прямым показателем опасности отхода, т.к. отсутствуют данные о химических формах состоянии веществ, их взаимодействиях и соотношений в отходе.

Для ориентировки, для оценки степени опасности отхода, сравнивают уровни содержания металлов в отходе с их ПДК в почве. Однако это не может являться единственным и основным критерием оценки степени опасности отхода в целом.

Экспериментальные гигиенические исследования по установлению класса опасности отходов (стеклобой) люминесцентных ламп, обработанные демеркуризационным раствором «Э-2000», проводились на двух образцах отходов №3 и №4.

Образец стеклобоя №3 образовался в процессе применения холодных раствором «Э-2000», образец №4 – после обработки горячими растворами «Э-2000».

Всего было представлено НПП «Экотром-Технология» 4 кг отхода, с приложением акта отбора проб.

## **Краткое описание новой технологии демеркуризации люминесцентных ламп, предложенной НПП «Экотром-Технология»**

В последние годы за счет расширения продажи импортных люминесцентных ламп и перехода на западные технологии отечественных производителей ламп резко снижается содержание в них ртути. Если в 1990 году содержание ртути в средней люминесцентной лампе превышало 40 мг, в 2000 году 20 мг, то в настоящее время его содержание, с учетом того, что на переработку поступают и лампы 2000 года выпуска, составляет 10 - 12 мг и приближается у лучших производителей к 5 мг.

Соответственно и содержание ртути в люминофоре в указанный период снижалось с 4 г/кг до 0,9 г/кг и в настоящее время и стремиться к 0,35 - 0,4 г/кг, что делает извлечение из него ртути не оправданно трудным и нерентабельным занятием.

В тоже время не нашел применение из-за наличия в нем органических материалов и примесей металлов очищенный от ртути и измельченный стеклобой.

У всех переработчиков ламп он в лучшем случае удаляется на полигоны, как отходы V класса опасности.

Все без исключения технологии и западные и отечественные предполагают на первом этапе обезвреживания разрушение ламп, разделение их на компоненты и концентрацию ртути в люминофоре с последующей его переработкой.

Однако разрушенная люминесцентная лампа - это отходы I класса опасности. И элементарный набор оборудования для защиты окружающей среды от загрязнения включает как минимум газоочистные аппараты предварительной и тонкой очистки газов от взвешенных частиц, адсорбер, тягодутьевое устройство; дополнительно очищается воздух производственного помещения, проводится мокрая

уборка оборудования и помещения с использованием химических демеркуризаторов, осуществляются специальные меры защиты стен, полов и других элементов здания от проникновения и накопления на них ртути.

Дополнительно к люминофору получаем отходы сорбентов и других участвующих в производственном процессе материалов.

Основная опасность при разрушении лампы, даже весьма осторожном, поступление паров ртути в окружающую среду и распространение люминофора - порошка с крупностью частиц 2-7 мкм.

Поэтому лампу разрушают или под слоем жидкости, или под высоким разряжением в герметичных устройствах.

Технология разработанная НПП «Экотром-Технология» предназначена для нейтрализации ртути, содержащейся в люминесцентной лампе, путем обработки слоя люминофора и всего внутреннего объема лампы раствором химического демеркуризатора «Э-2000» представляющего собой 20% раствор полисульфида кальция с различными добавками.

Раствор демеркуризатора заполняет внутренний объем лампы через отверстие диаметром  $3 \div 5$  мм пробиваемое в торце лампы (через цоколь) электрическим или пневматическим устройством типа степплер или нейлер. Конец лампы в момент пробивания отверстия и заполнения раствором за счет собственного вакуума лампы находится в резиновой манжете соединенной трубкой с баком раствора.

В результате контакта раствора, который для увеличения эффективности процесса может быть нагрет до  $35 \div 40^{\circ}\text{C}$ , с тонким слоем люминофора и последующего естественного опорожнения лампы через проделанное отверстие, происходит преобразование ртути сорбированной на люминофоре и сконденсированной парообразной ртути в практически нерастворимое соединение - сульфид ртути. Отверждение слоя люминофора обработанного раствором осуществляется



в течение 0,5÷2 часов, после чего лампа может безопасно разбираться на компоненты, а стеклянная трубка с затвердевшим слоем минерализованного люминофора удаляться на полигон или утилизироваться.

Для обезвреживания боя люминесцентных ламп, он погружается на 1-2 минуты в 20% раствор препарата «Э-2000», затем изымается и после естественного стока остатков раствора минерализуется и обезвреживается с превращением ртути в нерастворимое соединение – сульфид ртути.

Бой горелок ламп уличного освещения и бактерицидных погружается в 40% раствор полисульфида кальция на 60 мин при постоянном перемешивании.

Процесс затвердевания люминофора длится 0,5-2 часов в зависимости от температуры в помещении.

При естественном опорожнении лампы незначительная часть люминофора удаляется вместе с раствором. По мере накопления в растворе демеркуризатора осадка последний удаляется и отверждается добавлением СаО.

При разгерметизации лампы в ее внутреннем объеме содержание паров ртути - 15-20 мг/м<sup>3</sup>, после обработки внутреннего объема препаратом «Э-2000» - 0,0005- 0,001 мг/м<sup>3</sup>, т.е. содержание паров ртути снижается в 20000 раз, при этом основным поставщиком ртути остаются внутренние металлические материалы лампы - вольфрамовая спираль и проволочки.

В дальнейшем лампа разбирается с целью утилизации цветных металлов и впервые предоставляется возможность утилизировать вольфрам.

При среднем содержании ртути в лампах - 10 мг/лампа или 35 мг/кг возможна утилизация боя нейтрализованных ламп в качестве 5 - 10 % добавки в бетонные изделия для гражданского строительства.

Переработка ламп описанным способом не требует специально подготовленных помещений, наличия пятикратного воздухообмена, сложных систем очистки, никаких дополнительных отходов не образуется. Даже случайное разрушение лампы в процессе ее заполнения демеркуризатором приводит лишь к разрушению колбы, но в процессе разрушения она все равно смачивается раствором, поступающим в смеси с воздухом аналогично пульверизатору.

Кроме описанного, таким же способом можно обезвреживать уже имеющиеся люминофор, бой ртутьсодержащих ламп и горелок, а так же бой ртутьсодержащих ламп и горелок, разрушаемых под слоем демеркуризатора Э-2000 или разрушаемых в герметичных обеспеченных химической очисткой устройствах и заливаемых демеркуризатором с последующим сливом излишков раствора. В массу люминофор + раствор демеркуризатора + портландцемент или негашеная известь можно добавить отработанный сорбент с последующим отверждением и минерализацией компаунда.

Смотрите так же отчет нашего института №15/70-04 НИР «Экспериментальное санитарно-гигиеническое обоснование класса опасности отходов переработки ртутьсодержащих ламп» и отчет по НИР от 15.06.2000г. «Санитарно-гигиеническая оценка технологии получения цементно-люминофорных блоков (смеси) и их потенциальная опасность для окружающей среды и человека при транспортировке», выполненный до появления запатентованного демеркуризатора Э-2000.

### **Результаты собственных исследований**

#### **Изучение воздействия экстрактов из отхода переработки люминесцентных ламп на гидробионты.**

Для эколого-гигиенической оценки отходов различной природы применяются интегральные методы с использованием биологических объектов в качестве биосенсоров. Данные методы являются достаточно

универсальными и экспрессными. Поскольку, большинство отходов, так или иначе, контактируют с водоисточниками (как поверхностными, так и подземными) обязательным является оценка токсического воздействия отходов на водные организмы (гидробионты).

Тестированию подвергались водные вытяжки из образцов отходов переработки люминесцентных ламп, полученных в результате двух способов обработки (образец №3 и образец №4). Вытяжки из образцов готовились из расчета отход/вода как 1/10. Исходя из вида гидробионта, вытяжки производились как дистиллированной, так и отстоянной водопроводной водой.

В работе использовалась система тест-организмов — представителей различных систематических групп: инфузорий, дафний. Перед тестированием была измерена рН всех растворов, приготовленных из исходного, данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Величины рН водных растворов отходов №3 и №4.**

	<b>Образец №3</b>	<b>Образец №4</b>
<b>Исх.</b>	<b>7,35</b>	<b>7,28</b>
<b>R =10</b>	<b>7,41</b>	<b>7,16</b>
<b>R =100</b>	<b>7,45</b>	<b>7,21</b>
<b>R=1000</b>	<b>7,26</b>	<b>7,15</b>

#### **Тестирование с помощью инфузорий**

Тестирование с помощью инфузорий проводилось на представителе простейших – инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Данный тест организм является также как и дафнии общепризнанным тест-объектом. В исследованиях были использованы две тест-функции организма: хемотаксическая (поведенческая) и генеративная (ростовая), которые позволяют оценивать воздействие различного характера исследуемого реагента на инфузорий.

### **Тест на хемотаксическую реакцию инфузорий по отношению к экстрактам из образцов №3 и №4.**

Тест-объектом являлись представители простейших организмов — инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Поведенческая реакция организмов под влиянием химического токсиканта (хемотаксическая функция), зависит как от природы вещества, так и от его концентрации. Поскольку поведенческая реакция является ответом практически в первые же минуты контакта с объектом, то она может быть использована как экспресс-анализ. Восприятие химических веществ происходит у инфузорий на рецепторном уровне, чем и объясняется высокая чувствительность и быстрота ответа на воздействие химиката. Для исследования были взяты исходные экстракты изучаемых образцов и их разведения  $R=10, 100$ .

В кювету помещали культуру инфузорий объемом 2 мл и осторожно наслаивали на нее исследуемую пробу. При отсутствии токсического эффекта через некоторое время инфузории распределялись по всему объему кюветы (контроль — культура с наслоенным дистиллятом). Если же тестируемая проба неблагоприятна для тетрахимен, то их концентрация в верхнем слое будет меньше, чем в контроле пропорционально степени негативного воздействия. Концентрация инфузорий фиксировалась по изменению оптической плотности на приборе «Биотестер-2». Результаты приведены в таблице 2.

Данные, приведенные в таблице, говорят о наличии токсического воздействия исходных экстрактов образцов №3 и №4. Дальнейшие разведения приводят к исчезновению токсического, поскольку  $J_t$  во всех разведениях составляла величину меньшую 20%, что является нормой.

Таблица 2

**Хемотаксическая реакция инфузорий при воздействии на них образцов №3 и №4**

Экспозиция 1 час	Контроль	Образец №3			Образец №4		
		Исх	R=10	R=100	Исх	R=10	R=100
Показания прибора (усредненные из 3-х повторностей)	139	35	120	137	29	115	131
Токсичность (Jт, %)	0	75	14	2	80	18	6
Норма	<20						

**Тест на изменение генеративной функции инфузорий.**

Генеративная или ростовая функция инфузорий является более важным показателем их жизнеспособности и заключается в наблюдении за размножением тетрахимен как в исследуемых вытяжках, так и в контроле (дехлорированная водопроводная вода). Были исследованы исходные экстракты образцов и разведения R= 10, 100, 1000. В пробы вытяжек объемом 5 мл помещали по 0,05мл культуры тетрахимен с исходной концентрацией 100-200кл/мл. Повторность опыта трехкратная; время экспозиции 6 и 48 часов. В течение первых 6 часов наблюдают, в основном, за выживаемостью инфузорий (острый опыт), в течении остального времени за приростом количества инфузорий. Результаты представлены в таблице 3.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии токсического влияния всех изученных растворов образцов №3 и №4 на генеративную функцию инфузорий.

Таблица 3

**Динамика прироста инфузорий под действием экстрактов  
отходов №3 и №4**

Образец	Разведения экстракта R	Усредненное количество живых инфузорий в 0,01 мл					Прирост за 48 час	Ктн % за 48 час.
		15 мин	1 час	6 час	24 час	48 час		
Контроль		4	4	6	19	43	39	100
Образец №3	Исх.	5	5	8	20	34	29	74
	10	3	4	7	16	32	29	74
	100	3	3	4	18	48	45	115
	1000	5	5	6	19	43	38	97
Образец №4	Исх.	4	3	6	19	43	39	100
	10	2	2	5	21	44	42	111
	100	3	3	6	23	46	43	115
	1000	4	4	7	17	39	35	89
Норма								50-100

**Тест на выживаемость дафний.**

Ветвистоусые рачки *Daphia magna* Straus (представители низших ракообразных) являются обязательным тест-объектом во всех тест-системах для экотоксикологической оценки водоемов, поскольку составляют основную часть их зоопланктона. Были исследованы исходные экстракты образцов №3 и №4 и их разведения R= 10, 100, 1000.

В 100 мл исследуемой жидкости помещали по 10 особей молоди дафний и выдерживали их при 12-часовом освещении при комнатной температуре 96 часов. Критерием токсичности являлась выживаемость дафний в течение первого часа, 24, 48, 72, 96 часов. Контролем и разбавителем служила дехлорированная водопроводная вода. Результаты представлены в таблице 5.

Анализ тестирования с помощью дафний позволяет говорить об отсутствии токсического влияния со стороны исходного экстракта №4 и его разведений, тогда как, исходный экстракт образца №3 и его разведение R=10 оказывали токсическое воздействие на выживаемость тест – объекта (таблица 4).

Таблица 4

**Гибель дафний (%) в разведениях образцов №3 и №4**

Проба	Разведение R	1 час		24 часа		48 часов		72 часа		96 часов	
		Кол-во смертей	% смертности	Кол-во смертей	% смертности	Кол-во смертей	% смертности	Кол-во смертей	% смертности	Кол-во смертей	% смертности
Образец №3	Исх	0/10	0	0/10	0	5/10	50	8/10	80	10/10	100
	10	0/10	0	0/10	0	0/10	0	5/10	50	10/10	100
	100	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
	1000	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
Образец №4	Исх	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
	10	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
	100	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
	1000	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0
Контроль		0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0	0/10	0

По результатам биотестирования была составлена сводная таблица 5, отражающая наличие воздействия экстрактов отходов №3 и №4 на различные биотесты.

Выбранная система тест-организмов различного трофического уровня (инфузории и дафнии), позволила охарактеризовать предполагаемую токсичность изученных образцов.

**Реакция биотестов на воздействие различных разведений образцов №3 и №4**

<i>Разведения R</i>	<i>Инфузории</i>		<i>Выживаемость дафний</i>
	<i>Хемотаксическая функция</i>	<i>Генеративная функция</i>	
Образец №3 исх.			
R=10			
R=100			
R=1000			
Образец №4 исх.			
R=10			
R=100			
R=1000			

— наличие токсического эффекта.

— отсутствие тест-реакции

- Для оценки токсичности водного экстракта из образцов отходов №3 и №4 было выбрано три тест – функции (выживаемость дафний, хемотаксис и генеративная функция инфузорий).
- Выявлено токсическое воздействие исходного образца №3 R=10 на выживаемость дафний, а также исходного образца №3 и №4 на хемотаксическую функцию.
- Экстракт из образца отхода №3 можно считать нетоксичным при разведении его в 100 раз, а образца №4 в 10 раз.

Таким образом, анализируя все полученные результаты и в соответствии с приложением 7 Санитарных правил СП 2.1.7.1386-03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления», Минздрав, РФ, Москва, 2003. данный образец может быть отнесен к IV классу опасности.



# Определение класса фитотоксичности ртутьсодержащих отходов

## Объекты и методика исследования

Объекты исследования: водные экстракты образцов: №3 – №4.

Оценка фитотоксического действия образцов проводилась экспресс-методом на проращивание семян в соответствии с нормативно-методическими документами

- Санитарные правила «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления» СП 2.1.7.1386-03 Москва, 2003.
- Методические рекомендации «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности». М., 2007.

В качестве биологической модели использовались семена овса, для которых экспериментально обоснована значимость, как биоиндикатора токсичности и опасности различных химических загрязнений почвы (отдельные вещества, отходы производства и потребления, антигололедные и другие реагенты).

За тест-функцию принималась длина корней проростков ( $L_{\text{ср.}}$ ) семян, фиксируемая в контрольных и опытных пробах после 7-ми суточной экспозиции. Критерием токсического действия являлась величина эффекта торможения ( $E_T$ ) роста корней растений – статистически достоверное снижение средней длины корней проростков ( $p \leq 0,05$ ), составляющее не менее 20% от контрольного значения  $L_{\text{ср.}}$ .

Тестированию подвергались нативные экстракты образцов и их разведения (R). Значения R при воздействии образцов соответствовали: 1 (нативный экстракт); 10; 100 и 1000.

Контрольные семена, проращивались на дистиллированной воде (Контроль – ДВ).

Класс опасности отходов по фитотоксическому действию устанавливался в соответствии с критериями ER<sub>50</sub>

Статистическая обработка результатов проводилась с применением компьютерной программы, W.1998 «Microsoft Excel».

### Экспериментальные исследования

Результаты фитотестирования контрольных и опытных проб представлены в таблице 6.

Из полученных данных следует, что образцы №№ 3, 4 в тысячекратном разведении не являются биологически активными, поскольку расхождение между L<sub>ср.</sub> в контроле – ДВ и в этих группах составило 8-13%, что не является статистически достоверными отклонениями от нормы.

Фитоэффекты различной степени выраженности зафиксированы также под влиянием водных экстрактов всех изученных образцов в интервале значений R = 1–100.

Таблица 6

#### Влияние водных экстрактов образцов на семена овса.

Разведение (R)	L <sub>ср.</sub> , мм	L <sub>ср.</sub> , % к контр	Фитоэффект, %
Контроль – ДВ	76,2	100	0
<b>Образец №3</b>			
1000	70,2	92,13	↓7,87
100	48,8	64,04	↓35,96
10	40,0	52,49	↓47,51
1	20,0	26,25	↓73,75
<b>Образец №4</b>			
1000	68,6	90,03	↓9,97
100	52,6	69,03	↓30,97
10	40,2	52,76	↓47,24
1	29,8	39,11	↓60,99

Фитотоксическая активность водных экстрактов образцов №3 и №4 оказалась несколько ниже, чем у предыдущих. Так, ингибирующее

действие их нативных экстрактов характеризовалось фитозффектами 74% (образец №3). Биологическая эффективность разведений 10 и 100 у обоих образцов была практически равнозначной, что подтверждают установленные при их тестировании фитозффекты – около 50% (R=10) и 31, 36% (R=100).

### Анализ полученных данных

Общая характеристика биологического действия образцов представлена в таблице 7.

Таблица 7

Характеристика фитотоксического действия отходов на семена

Разведение (R)	Тест-реакция семян
<b>Образец №3</b>	
1000	Отсутствие
100	Эффект торможения
10	
1	
<b>Образец №4</b>	
1000	Отсутствие
100	Эффект торможения
10	
1	

Анализ результатов проведенных исследований позволяет констатировать, что действие на семена изученных образцов №3, № 4 в разведении 1000 характеризуется отсутствием биологической активности.

Диапазон значений R от 1 до 100 является биологически эффективным, что характерно для изученных образцов.

В качестве общей закономерности, характерной для действия образцов, необходимо выделить однонаправленные изменения функционального состояния семян, а именно, стабильное снижение интенсивности роста корней их проростков и увеличение фитозффекта в диапазоне эффективных значений R – от 100 до 1.

Взаимосвязь между разведением экстракта и зарегистрированными в эксперименте фитотоксическими эффектами эмпирически выразилась в виде уравнений линейной регрессии, по которым для каждого образца были рассчитаны параметры фитотоксичности.

Образцы №3 и №4 в соответствии с критериями  $ER_{50}$  могут быть оценены как умеренно опасный (3 класс) и мало опасный (3 класс). Следует отметить практически одинаковый уровень пороговых разведений данных образцов ( $LimR=310$  и  $330$ ), превышение которых позволит нивелировать негативное влияние на семена, несмотря на их различную фитотоксическую активность.

Таблица 8

**Токсикометрическая характеристика образцов по фитотоксическому эффекту**

Образцы	Уравнения регрессии	LimR	$ER_{50}$	Класс опасности
№3	$lgR = -0,05E_T + 3,43$ $r = 0,98$	310	13	3
№4	$lgR = -0,06E_T + 3,68$ $r = 0,98$	330	6	4

$R$  – разведение,  $E_T$  – величина фитотоксического эффекта;  $r$  – коэффициент корреляции

Таким образом, результаты экспериментальных исследований по изучению фитотоксического действия образцов отходов в биотесте на проращивание семян приводят к следующим выводам:

- Изученные образцы биологически активны, что выражается в угнетении роста корней проростков овса под их влиянием, включая разведения 100.
- Степень опасности изученных образцов по фитотоксическому действию соответствует 3 классу (образец №3) и 4 классу (образец №4).
- При разведениях превышающих  $LimR$  опасность проявления фитотоксического действия, буровых шламов маловероятна.

## **Изучение влияния отхода переработки люминесцентных ламп на почвенные микроорганизмы**

Исследовали водный экстракт-отхода переработки люминесцентных ламп, приготовленный из расчета отход: вода как 1:10.

Для опыта была использована экологически чистая дерново-подзолистая почва, отобранная в районе пос. Красная Пахра Московской области, горизонт  $A_0$  (0-5 см).

### **Постановка эксперимента.**

Исследования проводились в соответствии с методическими рекомендациями по установлению ПДК химических веществ в почве. Изучали действие водного экстракта отхода переработки люминесцентных ламп на микрофлору почвы.

Для изучения влияния вещества на микроскопические грибы и сапротрофные бактерии проводили следующий опыт: почву в количестве 30г помещали в чашку Петри. Вносили в почву водный экстракт отхода переработки люминесцентных ламп в количестве 20 мл на 100г почвы (5 мл на 30 г почвы). Устанавливали конечную влажность 60%. Контроль (почву без внесения препарата), так же помещали в чашку Петри и устанавливали влажность 60%.

Почву с внесенным веществом инкубировали 7 суток. На 1-ые, 3-и, и 7-ые сутки проводили посеvy микроскопических грибов и сапротрофных бактерий в трехкратной повторности на среду Чапека и среду МПА. Для исключения роста бактерий в грибную среду Чапека добавляли антибиотик стрептомицин, а в бактериальную среду МПА для предотвращения роста грибов добавляли нистатин. Учитывали общую численность (КОЕ) грибов и бактерий на 1 грамм почвы, а также процент гибели организмов в процессе инкубации. Результаты исследований приведены в таблицах.

Таблица 9

Динамика численности грибов (КОЕ/г почвы) под влиянием различных разведений водного экстракта отхода переработки люминесцентных ламп

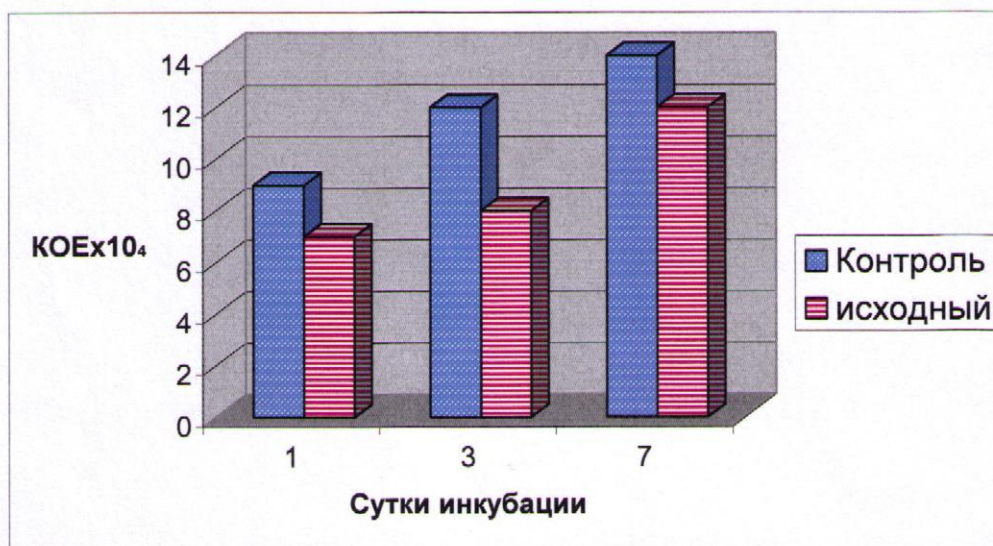
Сравнительная характеристика на 1-ые, 3-и, и 7-ые сутки.

Показатели	Срок инкубации (сутки)	Контроль	Образец №3	Образец №4
Кол-во грибов в пробе	1	$9 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$
	3	$12 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$14 \cdot 10^4$
	7	$14 \cdot 10^4$	$12 \cdot 10^4$	$16 \cdot 10^4$
Кол-во грибов в % к контр.	1	100	78	156
	3	100	67	117
	7	100	86	114
Эффект воздействия, (%)	1	0	-22	56
	3	0	-33	17
	7	0	-14	14

Рис 1

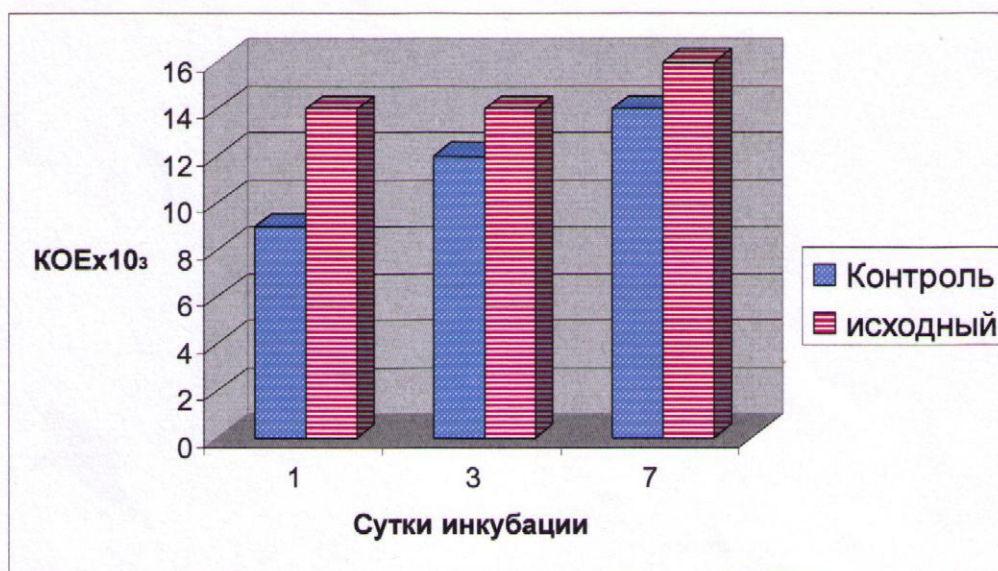
Динамика численности грибов (КОЕ/г почвы) под влиянием различных разведений водного экстракта образца №3

Сравнительная характеристика на 1-ые, 3-и, и 7-ые сутки



**Динамика численности грибов (КОЕ/г почвы) под влиянием различных разведений водного экстракта образца №4**

**Сравнительная характеристика на 1-ые, 3-и, и 7-ые сутки**



В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что исходный водный экстракт образца №3 не оказывал значимого отрицательного воздействия на рост почвенных микромицетов в течение всех сроков инкубации, поскольку эффект воздействия его составлял величины меньше 50% (табл.9, рис.1), а исходный водный экстракт образца №4 вызывал некоторую стимуляцию роста почвенных микроскопических грибов (табл.9, рис.2).

Результаты эксперимента по воздействию экстрактов образцов №3 и №4 на сапротрофные почвенные бактерии приведены в таблице 10.

**Динамика изменения численности сапротрофных бактерий  
(КОЕ/г почвы) под влиянием экстракта №3**

Срок инкубации (сутки)	Внесённые концентрации			
	контроль		Экстракт №3	
	КОЕх10 <sup>3</sup>	% от контроля	КОЕх10 <sup>3</sup>	% от контроля
1	35	100	27	77
3	48	100	39	81
7	60	100	45	75
	Эффект воздействия, %			
1	0		-23	
3	0		-19	
7	0		-25	

**Динамика изменения численности сапротрофных бактерий  
(КОЕ/г почвы) под влиянием экстракта №4**

Срок инкубации (сутки)	Внесённые концентрации			
	контроль		Экстракт №4	
	КОЕх10 <sup>3</sup>	% от контроля	КОЕх10 <sup>3</sup>	% от контроля
1	35	100	21	60
3	48	100	25	52
7	60	100	30	50
	Эффект воздействия, %			
1	0		-40	
3	0		-48	
7	0		-50	

Полученные результаты позволяют говорить об отсутствии значимого влияния образцов №3 и №4 на почвенные бактерии, поскольку эффект воздействия (% отличия от контроля) составлял величину меньше или пограничную 50% на протяжении всего срока эксперимента, что (согласно положений Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве), является недостоверным, а действие препарата оценивается как нетоксичное.

**Выводы.**

- Внесение образцов №3 и №4 отхода переработки люминесцентных ламп в почву в виде водного экстракта не оказывает отрицательного



действия на рост и развитие почвенных микроскопических грибов и почвенных сапротрофных бактерий.

- Таким образом, разовое внесение образцов №3 и №4 в почву в виде водного экстракта не будет оказывать негативного влияния на основные группы почвенного микробиоценоза, и, в соответствии с приложением 7 Санитарных правил СП 2.1.7.1386-03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления», Минздрав, РФ, Москва, 2003, данные образцы могут быть отнесены к IV классу опасности.

## **Определение класса токсичности ртути содержащих отходов на культуре клеток млекопитающих**

### **Объекты и методика исследования**

Объекты исследования: водные экстракты образцов:

- образец №3 – стеклорой люминесцентных ламп (холодное);
- образец №4 - стеклорой люминесцентных ламп (горячее).

Оценка токсичности отхода на культуре клеток млекопитающих проводилась в соответствии с нормативно-методическими документами:

1. Биотестирование продукции из полимерных и других материалов МУ 1.1.037-95. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
2. Методические рекомендации «Экспресс-оценка токсичности отходов производства и потребления на культуре клеток млекопитающих». М., 2007.

В качестве тест-объекта использована кратковременная суспензионная культура сперматозоидов быка (КСБ). За тест-функцию принята величина средневзвешенного времени подвижности суспензии сперматозоидов. Подвижность измерялась с помощью анализатора, принцип работы которого основан на автоматическом компьютерном анализе микроскопических видеоизображений суспензии сперматозоидов. Показатель цитотоксичности – индекс токсичности ( $I_t$ ), равный

процентному отношению средневзвешенного времени подвижности суспензии клеток в исследуемой среде к средневзвешенному времени подвижности ее в контроле.

За критерий вредного действия принята величина  $I_t \leq 80\%$  (при норме – 100%). Это значение индекса соответствует порогу токсического действия токсиканта на клеточную культуру ( $IR_8$ ). Критерием токсикологической опасности являлся показатель  $IR_{50}$  – разведение экстракта, при котором индекс токсичности равен 50%.

Тестирование проводилось *in vitro* в условиях непосредственного контакта культуры с водными экстрактами отходов, и их разведениями, величины которых (R) определялись степенью токсичности токсичностью исходного экстракта.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием компьютерной программы, W.1997 «Microsoft Excel» и включала регрессионный и корреляционный анализ.

#### **Экспериментальные исследования.**

Результаты изучения влияния образцов на культуру сперматозоидов быка представлены в таблице 11.

Таблица 11

#### **Влияние образцов на КСБ**

Разведения (R)	Индекс токсичности ( $I_t$ ) %	
	Образец №3	Образец №4
1	78	116
10	—	—
100	—	—
1000	—	—
2000	—	—
3000	—	—
4000	—	—
5000	—	—

6000	—	—
7000	—	—

При биотестировании образца №4 отрицательного воздействия на клеточную культуру не установлено. Величина индекса токсичности практически соответствовала норме.

Слабое цитотоксическое действие на КСБ оказал нативный экстракт образца №3, индекс токсичности которого, составил 78%, что почти не отличалось от порога цитотоксичности.

#### **Анализ полученных данных**

В экспериментах *in vitro* с использованием суспензионной культуры сперматозоидов быка установлено отсутствие токсического действия на клетку водного экстракта образца №4 и слабо токсическое действие экстракта образца №3.

Следует отметить, что по степени выраженности биоэффектов, возникавших под влиянием одинаковых значений R данные образцы можно считать эквивалентными

Образец №3, проявившего слабо токсическое действие на КСБ только в нативном виде, может быть квалифицирован как мало опасный (4 класс). Это относится и к отходу №4.

#### **Выводы:**

- В эксперименте *in vitro* не установлено влияние экстракта образца №3 и №4 на культуру сперматозоидов быка.
- Представленные отходы №3 и №4 следует отнести к IV классу опасности (мало опасные).

**Санитарно-гигиеническое заключение по результатам  
определения класса опасности ртутьсодержащих отходов (стеклобой,  
люминесцентных ламп), обработанные раствором демеркуризатора  
«Э-2000»**

Проведенные экспериментальные гигиенические исследования по установлению класса опасности отходов люминесцентных ламп (стеклобой), обработанные 20% раствором (холодным и горячим) демеркуризатором «Э-2000», показали, по всем испытанным показателям вредности отход (стеклобой), согласно требованиям СП 2.1.7.1386-03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления», Минздрав России, Москва, 2003г., следует отнести к 4 классу опасности (малоопасные).

Следует отметить, что обработка отходов горячим раствором «Э-2000», позволила достичь более выраженных положительных эффектов, по времени.

Предложенная технология, разработанная НПП «Экотром-Технология» может эффективно использоваться на территории Российской Федерации.

Руководитель лаборатории  
гигиены почвы, к.м.н.



И.А.Крятов