

Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»
государственное общеобразовательное учреждение Ярославской области «Лицей 86»

Изучение токсичности синтетических моющих
средств «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly»

Работу выполнила

Ершова Евгения Максимовна
Ученица 9 «Н» класса
ГООУ ЯО «Лицей №86»

Научный руководитель
Волкова Лариса Вячеславовна
Учитель биологии
ГООУ ЯО «Лицей №86»

Ярославль 2022

Содержание

1. Введение.....	3
2. Материалы и методы.....	5
3. Результаты и обсуждение.....	10
4. Выводы.....	18
5. Обзор литературы.....	19
6. Заключение.....	21
7. Список литературы.....	22

Введение

В современном мире актуальной проблемой является загрязнение окружающей среды химическими веществами. Химическое загрязнение – увеличение количества химических веществ определенной компоненты природной среды, а также привнесение в нее химических веществ в концентрациях, превышающих норму или не свойственных ей.

Химические загрязнения относятся к наиболее часто реализуемому виду загрязнений, производимых вследствие многообразной хозяйственной деятельности человека. Основными и наиболее опасными загрязняющими окружающую среду химическими веществами являются тяжёлые металлы (ртуть, свинец, кадмий и другие), пестициды, аэрозоли токсикантов (марганца и окиси хрома), нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, угарного газа, сажи и других.

Характер химических выбросов в окружающую систему предприятиями различен, и определяется спецификой их производственной деятельности: на всех этапах добычи, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов происходит загрязнение атмосферы сероводородом, фенолом, формальдегидом; через разливы и сточные воды происходит выброс в почву и водоёмы аммиачного азота, бензина, керосина, активного хлора, нитратов, этилена.

Продолжающееся увеличение количества и разнообразие новых промышленных предприятий, химических производств, различных транспортных средств, химизация сельского хозяйства приводят к нарастающему загрязнению окружающей среды всевозможными химическими веществами.

Но, несмотря на это, бытовая химия и химические вещества, содержащиеся в продуктах ежедневного использования, стали одним из главных источников загрязнения воздуха в городах. Эти вещества содержатся в продуктах на основе нефти, таких как чистящие жидкости и

краски. Попадая в окружающую среду, СМС (синтетические моющие средства) могут образовывать вредные для здоровья частицы.

Меня заинтересовала эта тема, и я решила проверить на токсичность некоторые моющие средства, которыми пользуюсь.

Цель исследования заключается в токсикологической оценке синтетических моющих средств «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly» методом биотестирования на цериодафниях *Ceriodaphnia affinis*.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить диапазон летальных концентраций и медианную летальную концентрацию СМС «Пемолюкс».
2. Определить диапазон летальных концентраций и медианную летальную концентрацию для СМС «Наст».
3. Определить диапазон летальных концентраций и медианную летальную концентрацию для СМС «Home Gnome Greenly»
4. Оценить токсичность синтетических моющих средств «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly»
5. Сравнить токсичность СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly»
6. Оценить стабильность токсичности СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика тест-объекта

В качестве тест-объекта используется вид *Ceriodaphnia affinis* - цериодафнии. Относится к низшим ракообразным, отряду ветвистоусых (Cladocera), семейству дафний (Daphniidae), роду цериодафний (Ceriodaphnia). Населяет неглубокие, преимущественно небольшие озера, пруды, садки, реки и разнообразные маленькие водоемы. Тело цериодафний овальное, заключено в хитиновую прозрачную раковинку, створки раковины на брюшной стороне не соединены, образуют щель. Тело нечетко сегментировано на головной, грудной и брюшной (абдоминальный) отделы. Впереди, под головным отделом, находятся две маленькие антенулы, вооруженные осязательными щетинками. По бокам головы расположены две задние сильно развитые антенны, служащие для скачкообразного передвижения в толще воды. В грудном отделе расположено пять пар грудных ножек, которые покрыты многочисленными щетинками, участвующими в процессе фильтрации воды, питания и дыхания. Сердце находится на спинной стороне грудного отдела.

Характеристика синтетических моющих средств.

В работе использовали три синтетических моющих средства, разные по составу.

В состав чистящего средства «Пемолукс» входит: <5% амфотерные ПАВ (поверхностно-активное вещество),отдушка; природный молотый мрамор, сода, сульфат натрия, краситель, антибактериальный компонент.

В состав средства от накипи «Наст» входит: < 5,0% анионные ПАВ (поверхностно-активное вещество), фосфонаты; 15,0% - 30,0% фосфаты, цитраты.

В состав стирального биопорошка «Home Gnome Greenly» входит: 15-30% карбоната натрия/гидрокарбоната, 5-15% отбеливателя на основе

кислорода, менее 5% жирных ксилированных спиртов, активатор отбеливания.

Методы исследования

Метод биотестирования.

Для оценки токсичности СМС использован дафниевый тест. Дафниевый метод биотестирования основан на определении изменений выживаемости при воздействии токсических веществ, содержащихся в тестируемой воде или растворе токсиканта по сравнению с контролем.

Выделяют кратковременное и длительное биотестирование. Кратковременное биотестирование на цериодафниях проводят в течение 48 часов. Проведение острых токсикологических экспериментов позволяет определить острое токсическое действие раствора вещества на цериодафний по показателю выживаемости. Критерием токсичности является гибель 50% и более рачков за 48 часов в тестируемом растворе вещества по сравнению с контролем.

Исследование проводилось в лаборатории Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова на кафедре физиологии человека и животных.

Острые опыты проводятся в краткосрочном эксперименте для предварительной оценки степени токсичности и выявления острой токсичной концентрации вещества.

Острое токсическое действие исследуемого раствора на цериодафний определяется по их летальности (смертности) за определённый период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более цериодафний за 48 часов в исследуемом растворе при условии, что в контроле гибель не превышает 10%. В экспериментах по определению острого токсического действия устанавливают:

- летальную концентрацию исследуемого вещества, вызывающую гибель 100% тест-организмов (LC_{100});

— среднюю (медиальную) летальную концентрацию исследуемого вещества, вызывающую гибель 50% и более тест-организмов (LC_{50});

— безвредную (не вызывающую эффекта острой токсичности) концентрацию вещества, вызывающую гибель не более 10% тест-организмов (LC_0).

Для постановки острого опыта на цериодафниях готовится ряд разведений исследуемого вещества, состоящий из нескольких концентраций. Опыты ставятся в 3 параллельных сериях. В 10 пузырьков объёмом 15 мл вносится исследуемый раствор, в каждую из концентраций помещается по 1 односуточной цериодафнии. Цериодафнии отлавливаются пипеткой.

Вначале сажают цериодафний в контрольную, а затем в тестируемую воду. При тестировании серии разбавлений посадку ведут от большего разбавления к меньшему. Модельные (рабочие) растворы токсиканта готовятся на отстоянной – культивационной (биологизированной) воде (или воде из условно чистого водоема) путем разбавления основного (маточного) раствора в 2^n раз, где $n = 0, 1, 2, 3...$ (например: в 0, 2, 4, 8, 16 и т.д. раз), либо в 10^n , где $n = 0, 1, 2, 3...$ (например: в 0, 10, 100, 1000 и т.д. раз), либо составляется ряд концентраций в геометрической прогрессии, с коэффициентом 0,1. Аналогичным способом ставится контроль.

В качестве растворителя или разбавителя для приготовления концентрированных растворов используется дистиллированная вода. Модельные (рабочие) растворы токсиканта готовятся на отстоянной – аэрированной культивационной воде. Все ёмкости с цериодафниями помещаются в шкаф-люминостат с искусственным освещением и температурой не ниже 20°C.

Учёт выживаемости дафний проводится через 48 часов после внесения цериодафний в ёмкости с раствором. Цериодафнии считаются выжившими, если они свободно передвигаются в растворах или поднимаются со дна в течении 15 секунд после встряхивания.

Результаты исследований вносятся в таблицу, предварительно обработанные по формуле (1):

$$A = \frac{X_k - X_t}{X_k} * 100\% \quad (1), \text{ где}$$

X – количество выживших особей в одной повторности: контрольного раствора – X_k ; тестируемого раствора – X_t .

Для получения точного значения концентрации, вызывающей гибель 50% цериодафний за 48 часов экспозиции, используется графический метод определения LC_{50} с применением пробит-анализа.

По литературным данным токсические вещества для водных организмов подразделяют по степени острой токсичности на следующие группы:

- особотоксичные LC_{50} до 0,5 мг/л;
- высокотоксичные LC_{50} от 0,5 до 5,0 мг/л;
- среднетоксичные LC_{50} от 5,0 до 50,0 мг/л;
- малотоксичные LC_{50} от 50,0 до 500,0 мг/л;
- очень слаботоксичные LC_{50} более 500,0 мг/л.

Для постановки серии экспериментов для изучения изменения токсичности СМС и АПАВ ДСН в хроническом эксперименте по показателю выживаемости цериодафний подвергается одна концентрация вещества - ЛК за 24 ч, которая устанавливается для организма в соответствии с общими требованиями для опытов на острую токсичность вещества.

Раствор вещества данной концентрации ($ЛК_{50}$) за 24 ч вносили в восемь емкостей, при этом каждая емкость соответствует постановке эксперимента в определенный день исследований.

На исходные (0) сутки, далее на 3, на 5, на 7, на 10, на 15, на 20 и на 30 сутки от начала эксперимента в соответствующие емкости вносили по

одинаковому количеству тест-объектов (по 10 экземпляров). Перед каждым внесением тест-объектов в емкость с раствором, емкость тщательно перемешивают. Через 24 ч после внесения организмов в емкость, учитывали число погибших и удаляли их из емкости. Опыты проводили в 2-кратной повторности. Каждому варианту опыта соответствовал двойной контроль. Первый контроль – параллельно постановке растворов с токсикантом выставляли колбы с отстоянной аэрированной водой на тот же период экспозиции, что и опытный вариант. Второй контроль – колбы с отстоянной аэрированной водой на 24 часа, согласно графику проверки токсичности в опытных вариантах. Таким образом проверялась возможность гибели рачков из-за снижения содержания кислорода в контрольной воде.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Пемолюкс» на цериодафниях

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Пемолюкс» (Таблица 1).

Таблица 1

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций СМС «Пемолюкс» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация, мг/л	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	46	4.9
250	2.4	6	3.45
100	2	0	-
10	1	0	-

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 46% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности составил 6%. При концентрации 100 мг/л и ниже выживаемость цериодафний составила 100%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре.

Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС в растворе (Рис.1).

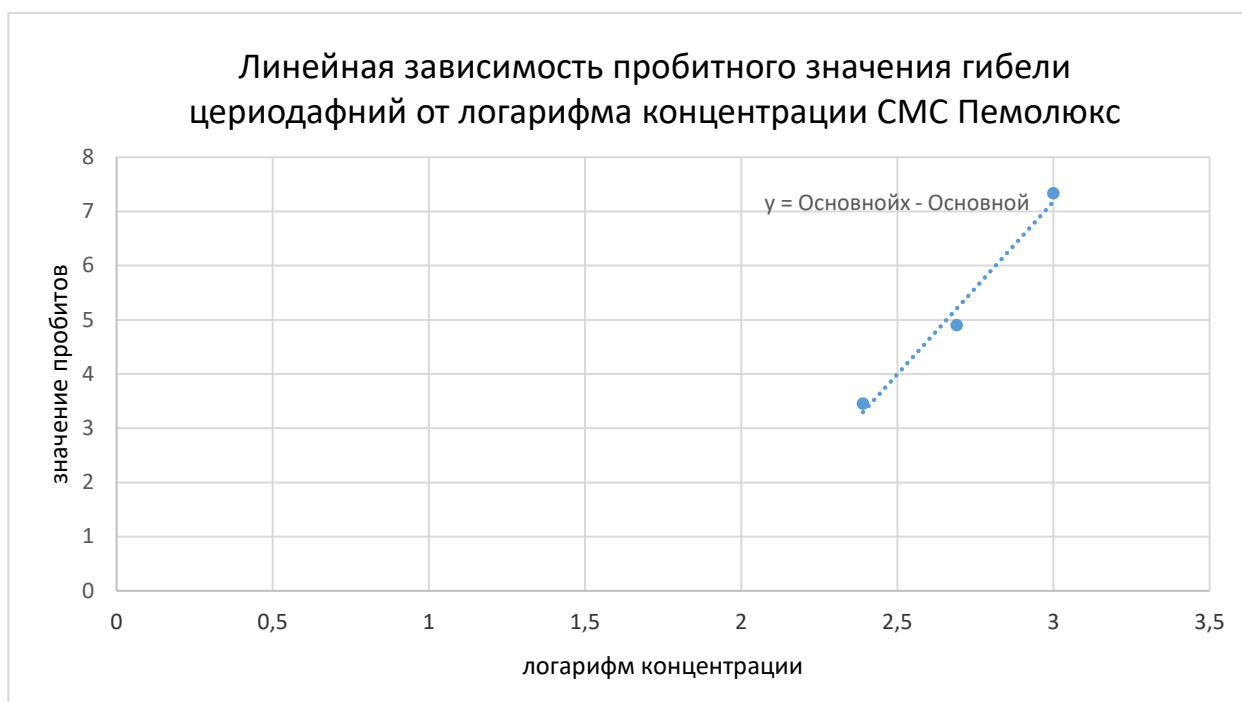


Рис. 1. Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Пемолюкс» в растворе

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 2,65, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 454,7 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «Пемолюкс».

2. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Наст» на цериодафниях

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Наст» (Таблица 2).

Таблица 2

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций СМС «Наст» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	100	7.33

250	2.4	100	7.33
100	2	66	5.4
10	1	6	3.45

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 100% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности также составил 100%. При концентрации 100 мг/л летальность составила 66%, а в концентрации 10 мг/л – 6%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре.

Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС в растворе (Рис.2).

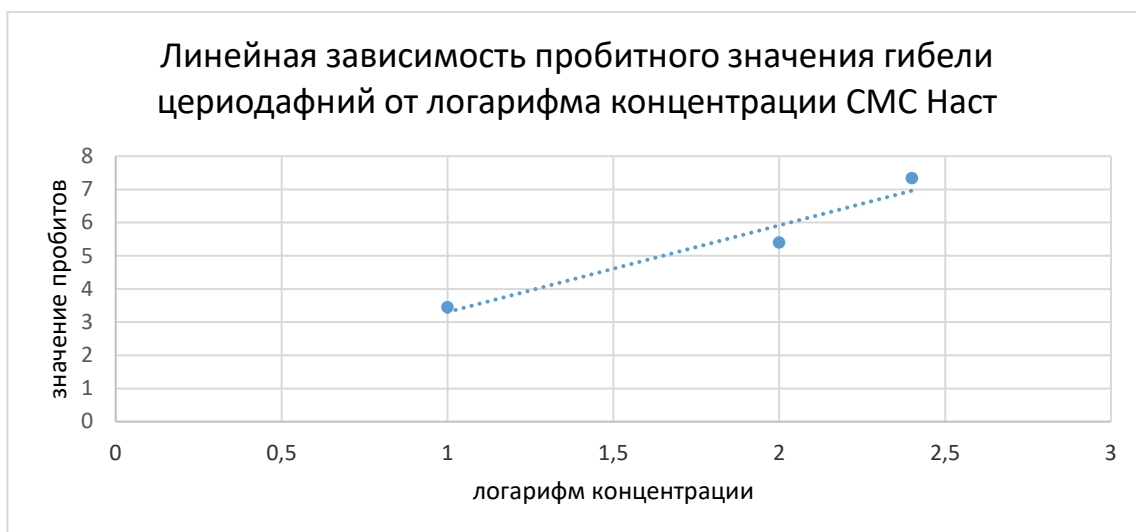


Рис. 2. Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Наст» в растворе

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 1,69, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 44,6 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «Наст».

3. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Home Gnome Greenly» на цериодафниях

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Home Gnome Greenly» (Таблица 3)

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций «Home Gnome Greenly» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	100	7.33
250	2.4	100	7.33
100	2	73	5.61
10	1	33	4.56

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 100% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности также составил 100%. При концентрации 100 мг/л летальность составила 73%, а в концентрации 10 мг/л – 33%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре. Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС в растворе (Рис.3).

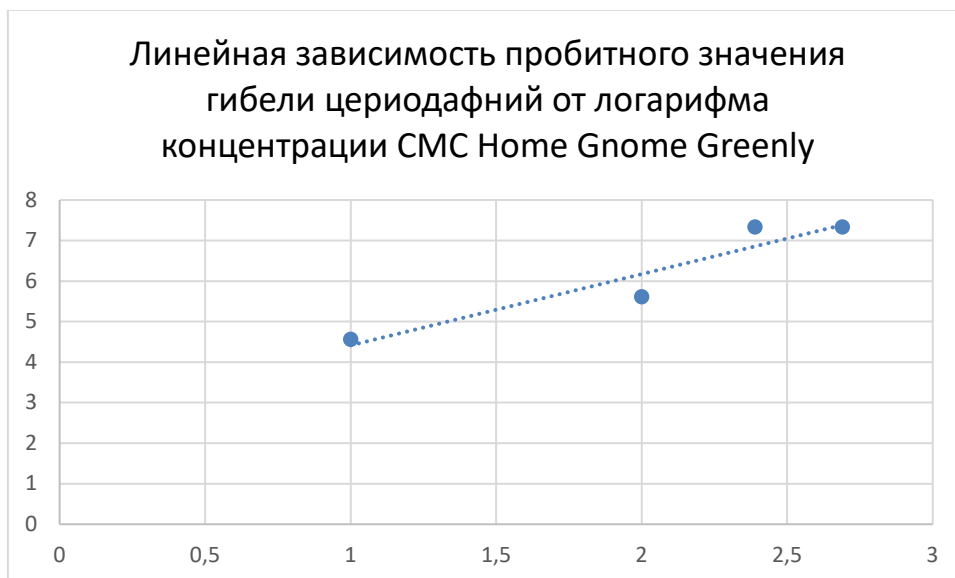


Рис.3. Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Home Gnome Greenly» в растворе

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 1,33, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 21,38 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «*Home Gnome Greenly*».

4. Оценка токсичности синтетического моющего средства для изучаемых тест-объектов.

По данным литературы токсические вещества для водных организмов подразделяют по степени острой токсичности на следующие группы:

- особотоксичные LC_{50} до 0,5 мг/л;
- высокотоксичные LC_{50} от 0,5 до 5,0 мг/л;
- среднетоксичные LC_{50} от 5,0 до 50,0 мг/л
- малотоксичные LC_{50} от 50,0 до 500,0 мг/л
- очень слаботоксичные LC_{50} более 500,0 мг/л

Таким образом, по результатам острого токсикологического опыта можно сказать, что СМС «Пемолюкс» для *Ceriodaphnia affinis* является **малотоксичным** (LC₅₀ от 50,0 мг/л до 500 мг/л).

Синтетическое моющее средство «Наст» по результатам острого токсикологического эксперимента является **среднетоксичным** (LC₅₀ от 5,0 мг/л до 50,0 мг/л).

Биопорошок «Home Gnome Greenly» по результатам острого токсикологического эксперимента также является **среднетоксичным** (LC₅₀ от 5,0 мг/л до 50,0 мг/л).

5. Сравнение токсичности СМС «Пемолюкс», «Пемолюкс» и «Home Gnome Greenly»

В ходе исследования были получены медианные летальные концентрации СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly» для цериодафний (Таблица 4).

Таблица 4

Синтетическое моющее средство	Медианная летальная концентрация (LC50), мг/л
Пемолюкс	454,7 мг/л
Наст	44,6 мг/л
Home Gnome Greenly	21,38 мг/л

Таким образом, по результатам острого токсикологического эксперимента и значению медианной летальной концентрации можно сделать вывод, что наибольшей токсичностью для гидробионтов обладает СМС «Home Gnome Greenly», а наименьшей СМС «Пемолюкс».

6. Оценка стабильности токсичности СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний.

Поскольку из всех рассмотренных синтетических моющих средств, наиболее токсичным по результатам исследования является СМС «Home Gnome Greenly», дополнительно была проведена оценка стабильности токсичности данного СМС, для оценки его поведения в окружающей среде в случае попадания в водный объект.

Таблица 5

Гибель тест-организмов (%) в растворе СМС «Home Gnome Greenly» по суткам экспозиции (среднее 2-х повторностей)

Сутки	3	5	9	11	16	18	23	25	30
Летальность цериодафний, %	30	50	7	23	33	23	53	40	50

На основании представленных данных построили точечную диаграмму изменения гибели тест-организмов за 30 суток в растворе СМС «Home Gnome Greenly» с ЛК₅₀ за 24 ч, равной 21,38 мг/л (Рис. 4).



Рис. 4. Динамика гибели тест-организмов за 30 суток в растворе СМС «Home Gnome Greenly» с ЛК₅₀ за 24 ч.

Выявлено динамичное изменение токсичности СМС. На 3 сутки эксперимента токсичность раствора снизилась до 30% от первоначальных 50%. К 7 суткам летальность упала до 7%, но потом на протяжении следующих суток до 30 дня экспозиции токсичность постепенно повышалась по показателю летальности цериодафний, достигнув 50% на 30 сутки.

Таким образом, полученные результаты по LC50 и стабильности токсичности показывают, что СМС «Home Gnome Greenly» нельзя отнести к экологичной продукции, т.к. он обладает относительно высокой токсичностью и ее стабильностью.

ВЫВОДЫ

1. Медианная летальная концентрация СМС "Пемолюкс" для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 454,7 мг/л.
2. Медианная летальная концентрация СМС "Наст" для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 44,6 мг/л.
3. Медианная летальная концентрация МС " Home Gnome Greenly " для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 21,38 мг/л.
3. По результатам острого токсикологического эксперимента СМС «Пемолюкс» является **малотоксичным** веществом, СМС «Наст» и МС «Home Gnome Greenly» относятся к **среднетоксичным** для цериодафний.
4. По показателю летальности цериодафний МС «Home Gnome Greenly» является наиболее токсичным веществом, по сравнению с СМС «Наст» и СМС «Пемос».
5. МС «Home Gnome Greenly» обладает относительно высокой токсичностью и ее стабильностью.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Синтетические моющие средства (СМС) подразделяются на несколько видов:

1. Для стирки изделий из хлопчатобумажных и льняных тканей;
2. Для стирки изделий из шелка, шерсти, искусственных и синтетических тканей;
3. Универсальные
4. Для замачивания белья и других бытовых нужд
5. Специального назначения

По составу СМС бывают без перекисных соединений и биодобавок, например полимерных, и с ними в составе.

Не все моющие средства являются настолько безопасными, как об этом говорится в рекламе. Надписи на упаковках некоторой продукции говорят о том, что производители признают отрицательное влияние содержащихся в средствах веществ на организм человека. Синтетические моющие средства могут попасть в организм человека с водой при купании или во время приема пищи из плохо промытой от детергентов посуды. Самыми опасными для человека химическими веществами являются ПАВ, хлор, формальдегиды, нитробензол, фенолы и крезолы. Они приводят к пропаданию защитной оболочки кожи, разрушению структуры волос, раздражению дыхательных путей и глаз, угнетению нервной системы.

Также сточные воды, содержащие остатки СМС, могут оказывать влияние на развитие организмов. СМС, попадая в окружающую среду, изменяют её кислотно-щелочной баланс, тогда как организмы приспособлены к определённому значению pH.

Рассмотрим действие СМС на примере водоёма. Когда значение pH падает до 4.5 - 5.0 может погибнуть большое количество водных организмов, являющихся основой пищевой цепи. При увеличении pH более 9.0 вода тоже становится непригодной для жизни большей части организмов.

Уменьшение величины pH может привести к переходу в воду ионов металлов, которые содержатся в донных отложениях обычно осаждаются на дно с частицами взвеси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Не все СМС имеют сильную токсичность и приносят вред окружающей среде. Токсичность синтетических моющих средств зависит от их состава и стабильности токсических свойств, входящих в них соединений.

Желательно использовать вещества, обладающие меньшей токсичностью и персистентностью, которые не наносят вред окружающей среде. Для минимизации оказываемого вреда, лучше использовать вещества в небольшой концентрации.

Список литературы

1. Бытовая химия // www.bbc.com/russian/features-43091648
2. Химическое загрязнение окружающей среды: источники, виды, пути решения // greenologia.ru/eko-problemy/zagryaznenie-2.html
3. Рябухина, Е.В., Зарубин, С.Л. Биологические методы определения токсичности водной среды: Методические указания "Биотестирование". – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 64 с.