

Министерство общего и профессионального образования
Свердловской области
Управление образования города Нижний Тагил
Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования
«Городская станция юных натуралистов»
Детское объединение «Юные исследователи природы»

Токсичность поверхностно-активных веществ

Выполнила: Пичугина Наталия
Дмитриевна,
учащийся 6 класса МБОУ СОШ
№75/42,
обучающаяся д/о «Юные
исследователи природы»

Руководитель: Зиннатова Эльвира
Рашидовна, к.б.н., педагог д/о
«Юные исследователи природы»

г. Нижний Тагил, 2020

Содержание

Введение	3
Глава 1. Общая характеристика поверхностно-активных веществ....	4
Глава 2. Общая характеристика одноклеточной зеленой водоросли <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer, мелкого ракообразного <i>Daphnia magna</i> и высшего растения <i>Lemna minor</i>	6
2.1. Биология <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer	6
2.2. Использование <i>Chlorella vulgaris</i> как индикатор	6
2.3. Биология мелкого ракообразного <i>Daphnia magna</i>	7
2.4. Использование <i>Daphnia magna</i> как индикатор.....	8
2.5. Использование ряски малой в качестве индикатора.....	9
Глава 3. Оценка токсичности воды, загрязненной поверхностно-активными веществами	10
3.1. Материал и оборудование	10
3.2. Биоиндикация токсичности воды с помощью дафний.....	10
3.3. Биоиндикация токсичности воды по численности хлореллы.....	10
3.4. Биоиндикация токсичности воды с использованием ряски малой.....	11
3.5. Результаты исследования	11
Выводы.....	15
Список литературы.....	16

Введение

Специфической чертой последнего десятилетия в России следует считать нарастание загрязнения воды поверхностно-активными веществами (ПАВ), включая стиральные порошки, шампуни и другие детергенты.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – вещества, молекулы которых содержат одну или несколько гидрофильных групп и один или несколько гидрофобных радикалов, такая структура позволяет этим соединениям концентрироваться на межфазных поверхностях раздела (Абрамзон и др., 1979). У живых организмов этой поверхностью раздела фаз является клеточная мембрана. Под воздействием ПАВ происходит повышение проницаемости мембраны либо ее разрушение (Леонтьева, 1997).

Значительную часть антропогенной нагрузки, приходящейся на поверхностные водные объекты, составляют сточные воды, содержащие синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), которые входят в состав хозяйственно-бытовых и большинства промышленных сточных вод. Попадая в водоемы, ПАВ активно участвуют в процессах перераспределения и трансформации других загрязняющих веществ, активизируя их токсическое действие. Предельно допустимая концентрация ПАВ в воде водоемов составляет 0,5 мг/л (Абрамзон и др., 1979).

Для оценки токсичности ПАВ используют ряд биотестов, к которым относятся беспозвоночные животные (дафнии, инфузории, черви), низшие и высшие растения (хлорелла, ряска).

В качестве **объектов** оценки токсичности водных образцов, содержащих ПАВ различной концентрации я выбрала одноклеточную зеленую водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer, мелких ракообразных дафний (лат. *Daphnia*) и высшее растение ряску малую (лат. *Lemna minor* L.).

Предметом моего исследования – численность клеток *Chlorella vulgaris* Beijer, процент гибели *Daphnia magna* и *Lemna minor* L.

Исходя из выше сказанного **целью моей работы** – исследовать возможность применения зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer, мелких ракообразных *Daphnia magna* и высшего растения ряски малой для оценки токсичности воды, загрязненной поверхностно-активными веществами.

В ходе работы решались следующие **задачи**:

1. Анализ литературных данных по теме исследования.
2. Оценить токсичность воды, загрязненной поверхностно-активными веществами по проценту гибели дафний.
3. Оценить численность водоросли хлореллы, культивируемой в воде, загрязненной поверхностно-активными веществами.
4. Изучить влияние поверхностно-активных веществ на растения ряски малой.
5. Определить эффективность индикаторных свойств *Chlorella vulgaris* Beijer, дафний и ряски малой.

Глава 1. Общая характеристика поверхностно-активных веществ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – органические соединения, имеющие амфифильное строение, то есть их молекулы имеют в своём составе полярную часть (гидрофильный компонент) и неполярную (углеводородную) часть (гидрофобный компонент). Имея в одной молекуле гидрофобную и гидрофильную группы, они могут адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать поверхностное натяжение (Леонтьева, 1997).

Основываясь на их химической структуре, можно выделить четырех основных класса ПАВ:

- Анионоактивные, диссоциирующие в водном растворе с образованием отрицательно заряженных органических ионов, например, соли карбоновых кислот;
- Катионоактивные, которые диссоциируют с образованием поверхностно-активного катиона, к этому типу ПАВ можно отнести азотосодержащие вещества;
- Неионогенные, т.е. соединения, которые не диссоциируются на ионы, такие как алкилглюкозиды;
- Амфолитные (амфотерные), т.е. вещества, содержащие в молекуле гидрофильный радикал, который в зависимости от значения рН способен быть акцептором или донором протона (алкиламинокарбоновые кислоты) (Задорожная, 2016).

Поверхностно-активные вещества в настоящее время относятся к одним из наиболее распространенных загрязнителей водной среды. Они поступают в водоемы при использовании синтетических моющих средств в быту, с промышленными (текстильная, нефтяная химическая промышленность) стоками, со стоком с сельскохозяйственных территорий, так как поверхностно-активные вещества часто входят в состав гербицидов, инсектицидов, где играют роль эмульгаторов. Токсичность ПАВ, как и ранее описанных токсикантов, объясняется тем фактом, что эти вещества практически не разлагаются и имеют свойство накапливаться в живых организмах, тем самым нанося большой вред (Задорожная, 2016).

Производство и широкое применение синтетических ПАВ, особенно в составе моющих средств, обусловило поступление их со сточными водами во многие водоемы, в том числе и в источники хозяйственно – питьевого водоснабжения.

Широкое использование ПАВ отрицательно сказывается на окружающей среде, и прежде всего, на водоемах. Поверхностно – активные вещества способствуют снижению продуктивности водоемов и нередко – полному уничтожению рыбы.

Растворами ПАВ пропитывают грунтовой материал и семена растений (поскольку ПАВ обладают инсектицидными и гербицидными свойствами).

Их используют в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. При производстве лекарственных препаратов и аэрозолей

В медицине и фармацевтической промышленности ПАВ используют как эмульгаторы и стабилизаторы.

Они используются как дезинфицирующие вещества при обработке рук хирургов, воздуха операционных и других помещений лечебно – профилактических учреждений.

Широкое применение ПАВ приводит к тому, что загрязнение воды этими веществами сейчас можно сравнить только с загрязнением нефтью Мирового океана.

Попадая в почву, поверхностно – активные вещества могут проникать как в поверхностные, так и в подземные воды.

Вместе с водой ПАВ попадают в организм наземных и водных представителей растительного и животного мира.

ПАВ способствуют более интенсивному поглощению водными обитателями других химических загрязнителей, в том числе тяжелых металлов, минеральных удобрений, пестицидов.

Поверхностно – активные вещества оказывают отрицательное влияние на процессы очистки сточных вод.

На сегодняшний день проблема предотвращения поступления ПАВ в окружающую среду носит глобальный характер (Очерки по микробиологии..., 2019).

Зарубежные компании, производящие бытовые ПАВ, по существу экспортируют загрязнение в Россию, причем предельно допустимые концентрации, которыми руководствуются при сливании отходов в водоемы, вероятно, являются завышенными. Но даже эти ПДК были превышены, по официальным данным на 2004 г., в Азовском море в 1,6 раза (взморье реки Кубань) и 2,2 раза (взморье реки Проток), в Японском море в 1,9 раза (бухта Золотой Рог, Амурский залив) и ряде других водоемов России (Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды», 2000). Более того, при концентрациях ниже предельно допустимой концентрации (ПДК) на несколько порядков эти ПАВ, хотя и не убивают водные организмы, но заметно меняют их поведение. Низкие концентрации ПАВ заставляют пресноводных пиявок открепляться со своих прежних мест посадки, и их уносит течение. Таким образом, речные экосистемы утрачивают пиявок как важный компонент пищевых цепей. Этот пример наглядно показывает, какой ущерб экосистеме и биоразнообразию могут нанести даже сублетальные (не смертельные для биоса) концентрации ПАВ.

Для борьбы с загрязнением водоемов ПАВ Водный кодекс России определяет нормативы ПДК этих веществ (Поверхностно-активные вещества..., 2019).

Глава 2. Общая характеристика одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer, мелкого ракообразного *Daphnia magna* и высшего растения *Lemna minor*.

Одноклеточные водоросли и мелкие ракообразные – одни из наиболее распространенных организмов водной среды. Данные организмы используются для биотестирования широкого класса веществ (тяжелые металлы, хлор и фосфорорганические соединения, ПАВ, детергенты), сточных вод различных отраслей народного хозяйства, загрязненных природных вод и грунтов.

2.1. Биология *Chlorella vulgaris* Beijer

Хлорелла была описана в 1890 г. датским учёным М.У. Бейеринком. Хлорелла встречается повсеместно: в составе фитопланктона рек, озер, прудов, в почве. Клетки у хлореллы шаровидны или эллиптически, диаметром 2–10 мкм, с тонкой оболочкой без слизи, одним или двумя ядрами и одним чашеобразным хлоропластом, содержащим пигменты хлорофилл и каротин, клетки без жгутиков (Биологический мониторинг..., 2011).

Водоросль можно рассмотреть под микроскопом, поскольку ее размеры очень малы. По этой причине в 1 кубическом метре воды может поместиться до миллиона данных одноклеточных.

Размножается только бесполом путем.

Хлорелла – типичный фотоавтотроф, развивающийся только при естественном или искусственном освещении на жидкой минеральной питательной среде, содержащей азот, фосфор, серу, железо, магний и другие макро- и микроэлементы, при постоянной подаче углекислого газа и отводе образующегося кислорода.

Для выращивания хлореллы можно использовать прудовую воду, воду ручьев и колодцев. Наиболее пригодной является колодезная вода, так как в ней содержится достаточно растворимых микроэлементов и очень мало микроорганизмов. Водопроводную воду использовать нежелательно, так как в ней много хлора.

Хлореллу можно выращивать как на минеральных средах, так и на средах естественных органических удобрений, можно использовать отходы животноводческих и птицеводческих комплексов, а также бытовые и промышленные сточные воды.

Для культивирования водорослей существует много питательных сред, основными элементами которых являются N, P, S, Mg, Fe. Независимо от применяемой среды особое внимание при выращивании водорослей должно быть обращено на азотное и фосфорное питание (Технология культивирования, 2019).

2.2. Использование *Chlorella vulgaris* как индикатор

Chlorella vulgaris – одноклеточная зеленая водоросль, постоянно присутствующая в природных биоценозах. Размер клеток 0,05 мм, поверхность гладкая, содержит пигменты хлорофилл и каротин,

размножается автоспорами. *Chlorella vulgaris* – активный продуцент биомассы, период генерации 19,5 ч, легко культивируется в лабораторных условиях, устойчива к микробному загрязнению, чувствительна к действию различных токсикантов. Кроме того, характеризуется устойчивостью морфологических признаков, что облегчает учет дегенерированных форм, возникающих под влиянием токсикантов. Метод биотестирования по выживаемости *Chlorella vulgaris* в загрязненном водоеме включен в Международные стандарты ИСО 14000 (Мелехова и др., 2007).

2.3. Биология мелкого ракообразного *Daphnia magna*

Дафнии – сравнительно мелкие организмы (размеры тела взрослых особей от 0,6 до 6 мм), хорошо, однако, различимые невооруженным глазом, в особенности более крупные виды, которые могут достигать размера мелкой горошины. У таких форм можно даже без помощи лупы видеть многие детали строения.

Тело у дафний (у большинства видов) заключено в прозрачную двустворчатую хитиновую раковину, обе половинки которой скреплены на спинной стороне и полураскрыты на брюшной. Голова остается свободной. От головы отходят ветвистые гребные усики, или антенны; отсюда и название «ветвистоусые». На брюшной стороне, под защитой раковинки, находится несколько пар (от 4 до 6) коротких расширенных грудных ножек. На голове хорошо заметен большой глаз черного цвета. Из внутренних органов невооруженным глазом довольно хорошо заметен пищеварительный канал, изогнутый в виде крючка. Покровы состоят из головного щита и двустворчатого карапакса (рис.1) (Боголюбов, Кравченко, 2018).



Рисунок 1. Внешний вид дафнии

Питаясь, дафния все время прыгает, оставаясь почти на одном месте.

Сквозь прозрачные створки раковины можно видеть беспрерывно работающие грудные ноги, они гонят воду под панцирь. Вода омывает находящиеся в основании ноги жабры, а имеющиеся в воде микроорганизмы идут на питание дафнии.

Летом обычно все обитающие в водоеме дафнии – самки. На спинной стороне у них под раковинной можно рассмотреть выводковую камеру с

яйцами. Самцы у дафний появляются из оплодотворенных яиц лишь тогда, когда вода похолодает (Дафнии: характеристика и..., 2019).

2.4. Использование *Daphnia magna* как индикатор

Впервые *Daphnia magna* как индикатор токсичности воды была предложена в 1929 г. Чувствительность дафний к ядовитым веществам зависит от их возраста, вследствие этого возраст дафний должен отмечаться в описании эксперимента. Биоиндикация с использованием ветвистоусых рачков рода *Daphnia* очень удобна, так как дафнии широко распространены в природе, легко культивируются, обладают высокой чувствительностью к токсикантам различной природы. Оценка токсичности проводится по разнообразным тест-функциям: выживаемости, плодовитости, двигательной активности, поведенческим реакциям, а также по качеству потомства и гибели. Поведенческие реакции можно разделить на функциональные и органические. У дафний наиболее показательной поведенческой реакцией является их двигательная активность. Рачки находятся в постоянном движении, чтобы поддерживать оптимальное положение тела в водной толще, осуществлять функцию дыхания, питания и размножения. На воздействие токсических веществ дафнии реагируют резким повышением двигательной реакции, хаотическим передвижением в пространстве, быстрым вращением на одном месте, либо замедлением гребных движений, что приводит в конечном итоге к обездвиживанию. Более длительная биоиндикация позволяет определить хроническое токсическое действие воды на дафний по снижению выживаемости и плодовитости (табл. 1).

Таблица 1.

Биоиндикация с использованием дафний

Зона загрязнения	Индикационные изменения у дафний
1я – сильное загрязнение (приближенная к источнику загрязнения)	Частичная гибель особей, особи держатся в природном слое, часть теряет активность, наблюдаются случаи «вертячки». Отмечается осадок на антеннах, забитые фильтрационные аппараты. Гибнущие особи имеют розовую диффузную окраску
2я – среднее загрязнение	Повышение активности сменяется угнетением, дафнии периодически залегают на дно, особи имеют пустой кишечник, мутно-желтую окраску, сердцебиения ослаблены, отсутствуют жировые капли
3я – слабое загрязнение (удаленная от источника)	Наличие повышенной активности у отдельных особей, у остальных периоды активности сменяются нормальным состоянием; кишечник слабо наполнен

Критерием токсичности является гибель 20% и более дафний или достоверное снижение их плодовитости в тестируемой воде по сравнению с контролем за период до 7 суток (Бубнов, 2007).

2.5. Использование ряски малой в качестве индикатора

Рясковые (Lemnaceae) – самые маленькие водные растения с простым строением. Виды семейства рясковых распространены по всей Земле, за исключением жарких сухих пустынь и холодных полярных областей. Простота строения и большая скорость размножения сделали виды семейства рясковых удобным модельным объектом для экологических исследований. Вегетативное тело – листец, состоит в основном из губчатого мезофилла с большими воздушными мешками, что делает эти растения плавучими на поверхности воды. Корней мало, у ряда видов один. Роды рясковых различаются формой листецов (почковидная, округлая, эллиптическая, ланцетная, линейная, шаровидная и овальная), числом корней, архитектоникой клонов. Вегетативное тело рясковых – это одно отдельное растение, от которого вегетативно формируются дочерние листецы. У разных видов рясковых дочерние листецы формируются по-разному: у ряски малой из двух боковых кармашков, виды вольфии снабжены одним базальным кармашком из которого образуется дочерний листец.

Рясковые могут выступать как индикаторы загрязнения почвы и воды путем приостановки роста, гибели или появления специфических ответных реакций. Еще в 1976 г. William Hillman предложил использовать растения семейства рясковых как модельный объект в экологических исследованиях. Замечательная способность рясковых приспосабливаться к изменению климата без изменения своей структуры позволила им существовать как в водоемах тундры, так и тропических лесах Амазонки (Цаценко, Пасхалиди, 2018).

Глава 3. Оценка токсичности воды, загрязненной поверхностно-активными веществами

3.1. Материал и оборудование

Стаканчики на 100 мл, пипетки, камера Горяева, микроскоп Микромед-3, цифровая камера Levenhuk D2L (0,3 Мпикс), синтетический порошок для стирки «Миф» (содержание: 5-15 % анионные ПАВ; 5% неионогенные ПАВ, фосфаты), синтетический порошок для стирки детского белья «Аистенок» (содержание: 5-15 % анионные ПАВ; 5% неионогенные ПАВ, без фосфатов), синтетический порошок для стирки «Faberlic» (5-15% неионогенные ПАВ на основе масла из семян масличной пальмы, не содержит фосфатов), суспензия хлореллы, культура дафний.

Исследование проводилось в лабораторных условиях. Исходя из того, что предельно допустимая концентрация ПАВ в воде водоемов составляет 0,5 мг/л, был произведен перерасчет на граммы и приготовлено разведение с концентрацией порошка 0,0005 г/л (что соответствует ПДК), 0,001 г/л, 1 г/л, 2 г/л. Порошок разводили в дистиллированной воде, которая также использовалась в качестве контроля, без добавления порошка.

3.2. Биоиндикация токсичности воды с помощью дафний

В химический стаканчик наливали по 100 мл воды с изучаемыми концентрациями порошков. В каждый стакан помещали по 10 особей дафний. В каждом варианте опыта по две повторности.

Наблюдали за ходом эксперимента через 24 и 48 часов. Дафний во время эксперимента не кормили. По окончании эксперимента проводили учет выживших дафний. Выжившими считаются дафнии, если они свободно передвигаются в толще воды или всплывают со дна сосуда не позднее 15 с. после его легкого покачивания.

Проведение подсчета. На основании полученных результатов в 3-х повторностях рассчитывали среднее арифметическое количество выживших дафний в контроле и опыте. Для расчета тест-параметра – процента гибели дафний в опыте по отношению к контролю – используют формулу:

$$100 * (X_1 - X_2) / X_1,$$

где X_1 и X_2 – среднее арифметическое количество (экз.) выживших дафний в контроле и опыте.

Проба воды оценивается как обладающая острой токсичностью, если за 24 ч биотестирования в ней гибнет 50% и более дафний по сравнению с контролем (Экологический мониторинг, 2008).

3.3. Биоиндикация токсичности воды по численности хлореллы

В каждую банку с разведенным порошком и контроль добавляли по 3 мл. суспензии хлореллы. Для определения количества клеток хлореллы в 1 мл жидкости производят их подсчет под микроскопом в счетной камере Горяева. Подсчет клеток производился через двое суток после закладки опыта

Подсчет клеток хлореллы проводился по стандартной для световой микроскопии методике (Методика подсчета..., 2019), с помощью камеры Горяева на микроскопе.

Число клеток в 1 мл исследуемой воды определяли по формуле:

$$n = \text{Нб.кв.} \cdot 2,5 \cdot 10^5,$$

где n – количество клеток в мл;

Нб.кв. – количество клеток в большом квадрате камеры Горяева.

3.4. Биоиндикация токсичности воды с использованием ряски малой

В каждую банку с разведенным порошком и контроль добавляли по 30 растений ряски малой. Оценка влияния поверхностно-активных веществ производилась через двое суток после закладки опыта. У растений ряски малой оценивались такие морфологические показатели как, окраска листьев, рассоединение листочков и отпадение корней.

3.5. Результаты исследования

Биотестирование воды установило гибель 20 % дафний и потерю активности у оставшейся части особей в течение суток в воде, содержащих ПАВ синтетического порошка «Миф» и гибель 25 % дафний в воде с растворенным порошком «Аистенок» в концентрации 0,001 г/л. В воде с концентрацией синтетических порошков «Миф» и «Аистенок» 1 г/л и 2 г/л гибель дафний составила 100 % в первые сутки. У некоторых особей наблюдался осадок белого цвета на антеннах. В течение 48 часов гибель дафний в контроле и в опытном варианте с допустимой концентрацией не установлена (табл. 2).

Биотестирование воды, содержащей ПАВ синтетического порошка «Faberlic» в концентрации 1 г/л и 2 г/л гибель дафний составила 100 % в первые сутки. В течение 48 часов гибель дафний в воде с концентрацией порошка 0,0005 мг/л и 0,001 мг/л не установлена (табл. 2).

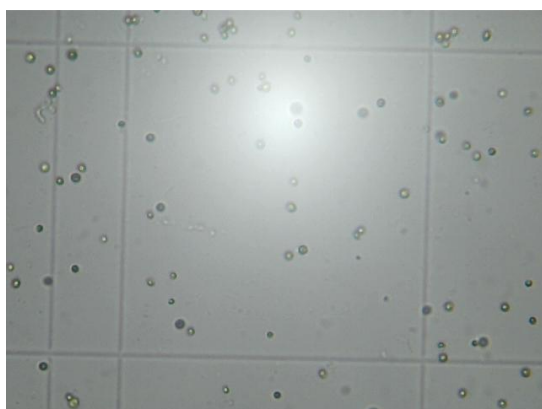
Таблица 2.

Процент гибели дафний

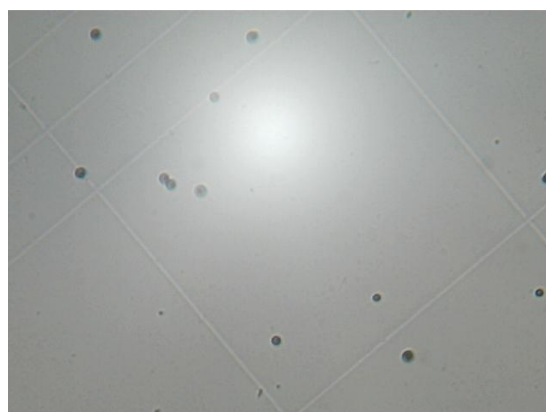
Вариант	Экспозиция	
	24 часа	48 часов
Синтетический порошок «Миф»		
0,0005 г/л	0	0
0,001 г/л	20 %	0
1 г/л	100 %	-
2 г/л	100 %	-
Синтетический порошок «Аистенок»		
0,0005 г/л	0	0
0,001 г/л	25 %	0
1 г/л	100 %	-

2 г/л	100 %	-
Синтетический порошок «Faberlic»		
0,0005 г/л	0	0
0,001 г/л	0	0
1 г/л	100 %	-
2 г/л	100 %	-

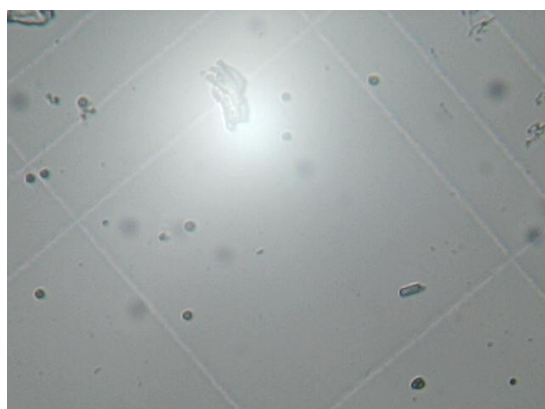
Для достоверности подсчета клеток было проанализировано 45 полей зрения. При помощи цифровой видеокамеры нами были получены фотографии клеток хлореллы в камере Горяева, в качестве примера часть из них представлена на рисунке 2



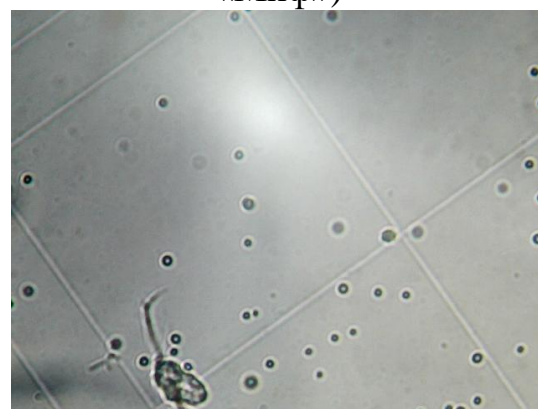
Контроль



0,0005 г/л (синтетический порошок «Миф»)



0,0005 г/л (синтетический порошок «Аистенок»)



0,0005 г/л (синтетический порошок «Faberlic»)

Рисунок 2. Клетки хлореллы в больших квадратах камеры Горяева.

После всех расчетов было выявлено, что допустимая концентрация порошков «Миф» и «Аистенок» в воде вызвала уменьшение количества клеток хлореллы в 1,5 раза по сравнению с контролем, концентрация 0,001 мг/л порошка вызвала уменьшение количества клеток хлореллы в четыре

раза по сравнению с контролем, в воде с концентрацией порошка 1 мг/л и 2 мг/л – хлорелла не обнаружена (рис. 3).

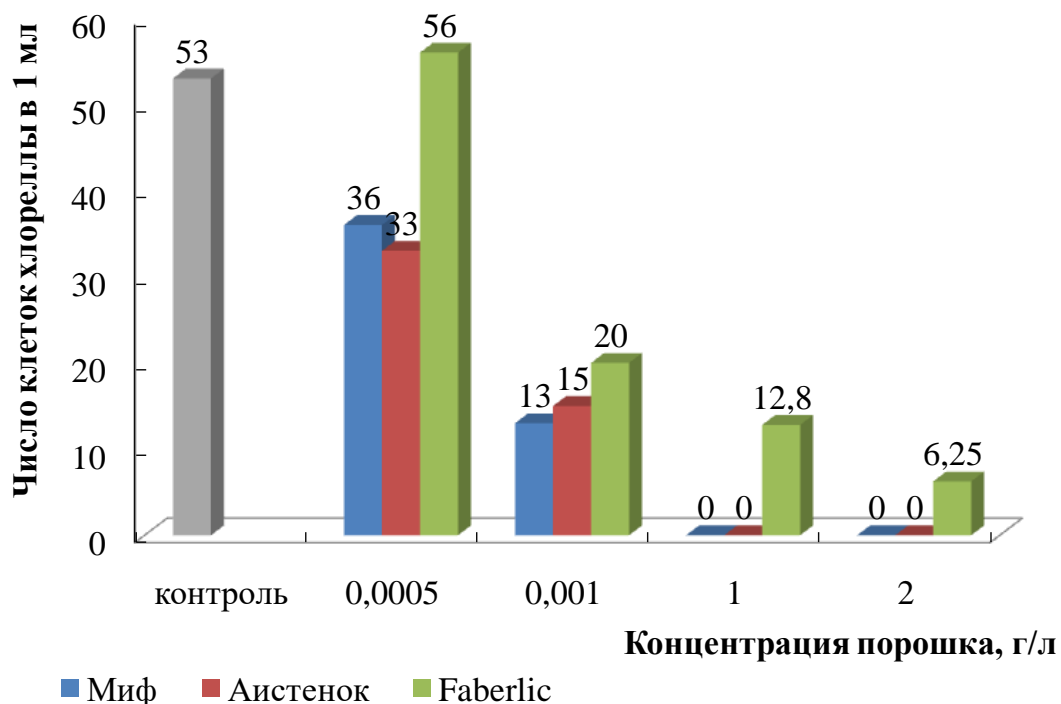


Рисунок 3. Количество клеток хлореллы в 1 мл.

Допустимая концентрация порошка «Faberlic» вызвала незначительное увеличение количества клеток хлореллы по сравнению с контролем, концентрация 0,001 мг/л порошка вызвала уменьшение количества клеток хлореллы в 2,5 раза по сравнению с контролем, но при этом количество клеток хлореллы в данной концентрации было выше, чем в воде с такой же концентрацией порошков «Миф» и «Аистенок». В воде с концентрацией порошка 1 г/л и 2 г/л количество клеток хлореллы 13 в 1 мл. и 6,5 в мл. соответственно (рис. 3).

По результатам нашего эксперимента видно, что повышенное содержание ПАВ и фосфатов в среде тормозит рост и развитие клеток хлореллы. Отсутствие анионных ПАВ и фосфатов в синтетическом порошке «Faberlic» не оказывает такого сильного губительного действия на клетки хлореллы по сравнению с синтетическими порошками «Миф» и «Аистенок».

При концентрации 1 г/л и 2 г/л всех исследуемых порошков от 90 до 100 % растений ряски малой потеряли ярко-зеленую окраску. Рассоединение листочков у растений наблюдалось, начиная с концентрации 0,001 г/л, в растворах порошков «Миф» и «Аистенок». Синтетический порошок «Faberlic» вызвал рассоединение листьев у ряски малой в варианте с концентрацией 1 г/л (табл. 3).

Таблица 3.

Морфологические изменения ряски малой при различной концентрации синтетических порошков

Вариант	Экспозиция, 48 часов	
	Потеря окраски, %	Рассоединение листьев
Синтетический порошок «Миф»		
0,0005 г/л	23	-
0,001 г/л	30	присутствует
1 г/л	93	присутствует
2 г/л	100	присутствует
Синтетический порошок «Аистенок»		
0,0005 г/л	33	-
0,001 г/л	46	присутствует
1 г/л	95	присутствует
2 г/л	100	присутствует
Синтетический порошок «Faberlic»		
0,0005 г/л	13	-
0,001 г/л	30	-
1 г/л	86	присутствует
2 г/л	96	присутствует

Наблюдаемые реакции говорят о потере всех жизненно-важных функций в растении, в том числе прекращение процесса фотосинтеза.

При максимальной концентрации всех синтетических порошков наблюдали отпадение корней.

В контрольном варианте через двое суток эксперимента растения выглядели здоровыми, ярко-зеленого цвета. Погибших растений не наблюдалось.

Проделанная работа позволила сделать нам следующие **выводы**:

1. Анализ литературных источников показал негативное воздействие ПАВ на окружающую среду. Для оценки токсичности ПАВ используют ряд биотестов, к которым относятся одноклеточная водоросль хлорелла, ряска и ракообразные.

2. Биотестирование с использованием дафний установило острую токсичность воды, содержащей концентрацию порошков 1 г/л и 2 г/л.

3. Увеличение концентрации всех синтетических порошков вызвало уменьшение количества клеток хлореллы в 1 мл исследуемой воды, но порошок «Faberlic» в меньшей степени.

4. Увеличение концентрации ПАВ в растворе приводит к потере всех жизненно-важных функций ряски малой. Однако даже при минимальной концентрации наблюдается повреждение листьев, что говорит об опасности данного раствора.

5. Количество клеток хлореллы, процент гибели дафний и изменение морфологических характеристик ряски малой из разных опытных вариантов говорит о возможности использования данных объектов в качестве индикатора при экологическом мониторинге воды. Дафнии оказались наиболее чувствительными организмами.

Список литературы.

1. Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаева Г.М. Поверхностно-активные вещества // Справочник. – Ленинград, Химия, 1979. 376 с.
2. Биологический мониторинг природно-техногенных систем / Под общ. ред. Т.Я. Ашихминой, Н.М. Алалыкиной. – Сыктывкар, 2011. 388 с.
3. Боголюбов А.С., Кравченко М.В. Компьютерный определитель пресноводных беспозвоночных России. М: «Экосистема», 2018 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://ecosystema.ru/08nature/w-invert/085.htm>. Дата обращения: 19.10.2019
4. Бубнов А.Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие / А.Г. Бубнов [и др.]; под общ. ред. В.И. Гриневича, ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2007. 112 с.
5. Дафнии (характеристика и строение) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://doklad-referat.ru>. Дата обращения: 19.10.2019.
6. Задорожная О.А. Потенциометрические мультисенсорные системы для определения токсичности водных сред в шкалах биотестирования // Диссертация на соис. уч. степени канд. хим. наук. Санкт-Петербург, 2016. 118 с.
7. Леонтьева, О.А. Земноводные как биоиндикаторы антропогенных изменений среды / О.А. Леонтьева, Д.В. Семенов // Успехи соврем. биологии, 1997. Т.117, вып. 6. С. 726–737.
8. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений, 2007.
9. Методика подсчета общего количества микроорганизмов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.atmractica.ru/promishlennost/metodikapodschetaobshchegokolichestvamikroorganizmov.html>. Дата обращения: 22.09.2019.
10. Очерки по микробиологии. Микроорганизмы: жизнедеятельность, распространение и взаимодействие [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mikrobio.balakliets.kharkov.ua/index.html>. Дата обращения 15.10.2019.
11. Поверхностно-активные вещества как загрязнители окружающей среды [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mirznanii.com/a/328396/poverkhnostno-aktivnye-veshchestva-kak-zagryazniteli-okruzhayushchey-sredy>. Дата обращения 15.10.2019.
12. Технология культивирования хлореллы [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://arktifikish.com/index.php/vyrashchivanie-ryby/korma/766-korm01>, дата обращения 17.09.2019.
13. Цаценко Л.В., Пасхалиди В.Г. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды // Научно-технический

бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. Вып. 4 (176), 2018. С.146–150.