

*Областное государственное автономное общеобразовательное  
учреждение  
«Центр образования «Ступени»*

*Экологический проект*



*Влияние синтетических  
моющих веществ  
на экосистемы водоемов*



*Выполнила: Худорожкова Инна,  
обучающаяся 11 класса  
Руководитель проекта:  
Номоконова А.А.,  
учитель географии и биологии*

*г. Биробиджан,  
2013 год*

По образному выражению Леонардо да Винчи, вода является «кровью Земли» Она важнейший компонент жизнеобеспечения человека, непременное условие существования всего живого.

Водные экосистемы чутко реагируют на изменения в природных процессах под влиянием естественной цикличности и антропогенной деятельности. Целью представляемой работы является изучение особенностей влияния на экосистему синтетических моющих средств (СМС), содержащих поверхностно-активные вещества(ПАВ).

Качество воды в водоёме – фактор, определяющий устойчивость экосистемы. В последние годы рекреационная нагрузка на ландшафты ЕАО значительно увеличилась. Нередко можно видеть, как отдыхающие оказывают значительное негативное воздействие на экосистему водоёма просто по незнанию, не замечая этого. Например, среди местного населения появилась опасная тенденция чистки и мытья ковровых изделий, автомобилей непосредственно на берегу рек ЕАО. Проблему можно частично разрешить, повышая экологическую грамотность населения, привлекая внимание к этому вопросу, объясняя последствия воздействий такого рода на доступном языке. Поэтому одной из целей работы является составление на основе полученных данных конкретные и доступные для понимания рекомендации по экологически грамотному отношению к природному богатству водоёма.

## **1. Вода как средство обитания**

Водная среда характеризуется большим своеобразием физико-химических свойств, важных для жизни организмов: прозрачностью, высокой удельной теплоёмкостью и теплопроводностью, высокой плотностью и вязкостью, подвижностью, вертикальной циркуляцией, сглаженным колебанием температуры. В естественных водах всегда содержатся различные соли, весьма важные для живых организмов: карбонаты, сульфиды, хлориды. Благодаря своей выталкивающей силе, вода одинаково легко поддерживает как тонкие структуры, так и массивные организмы. Вместе с тем водной среде присуща слабая аэрация и меньшее, нежели в среде наземно – воздушной, количество света.

Какое из свойств воды можно назвать самым важным? В природе нет ничего самого важного, равно как нет и второстепенного. Из всех удивительных свойств воды чуть ли не самое интересное ее способность образовывать чрезвычайно прочную поверхностную пленку, возникающую благодаря очень сильному взаимному притяжению молекул самых верхних слоев. В глубине слоя воды каждая ее молекула окружена другими такими же молекулами равномерно и испытывает одинаковые силы притяжения во всех направлениях. Молекулы же воды, находящиеся на поверхности, снизу притягивают такие же, как и она, молекулы жидкости, а сверху над ней лишь изредка проносятся молекулы газов, входящих в состав воздуха. Равнодействующая сила на такую молекулу стремится втянуть ее с поверхности в объем жидкости – сумма сил притяжения, действующая «вниз» оказывается больше сил, действующих «вверх». Поэтому плотность воды на поверхности оказывается несколько выше, чем в основном слое. В результате

возникает сила поверхностного натяжения, которая у воды самая высокая из всех жидкостей, кроме ртути (но это все-таки металл), и составляет 72 мН/м.

«Столпотворение» стремящихся вниз молекул приводит к возникновению своего рода эластичной мембраны, способной поддерживать объекты, плотность которых больше плотности воды, если, конечно, эти объекты не смачиваются, т.е. сами не притягивают к себе молекулы воды, нарушая структуру поверхностной пленки. Если осторожно положить на поверхность воды стальную иголку или лезвие безопасной бритвы так, чтобы неловким движением не разорвать пленку, эти предметы не утонут.

Важным для жизни обитателей водоемов фактором является кислотность воды, характеризующаяся водородным показателем – рН. Во всяком пресноводном водоеме вода, по определению, должна быть ни кислого, ни щелочного привкуса. Но чаще всего вода имеет слегка щелочную реакцию (рН до 8,0), потому что всегда содержит катионы: они вымываются из почвы и подстилающих пород, а также образуются (как, например, катион аммония) при разложении органических остатков. К такому составу воды и приспособились обитатели рек, озер и прудов. Слабощелочную реакцию вода сохраняет благодаря естественным буферным свойствам – способности нейтрализовать поступающие в нее вещества с различными показателями кислотности. Однако возможности буферных систем у водоемов различны и определяются свойствами подстилающих пород, мощностью почвенного слоя и составом почвы вокруг водоема.

## 2. Обитатели водной среды и воздействующие на них факторы.

Разнообразие организмов, освоивших области водной среды жизни – гидробионтов, очень велико. Среди жизненных форм гидробионтов выделяют *бентос* – донные организмы; *планктон* – организмы, плавающие в толще воды, чаще переносимые течением, реже передвигающиеся сами; *перифитон* – организмы, прикрепленные к растениям и погруженным в воду предметам; *нектон* – активно плавающие организмы и, наконец, *нейстон* – организмы, плавающие на поверхности воды или сразу же под поверхностной пленкой, до 5 см в глубину.

Удивительные свойства водяной пленки использует целый ряд живых организмов, ведь жизнь на границе двух сообществ, как известно, отличается заметным преимуществом. Поверхность любого водоема – уникальная экологическая ниша, где встречаются две совершенно разные среды обитания – воздушная и водная. *Нейстонные* организмы разделяют на тех, кто обитает на поверхности водяной пленки – *эпинейстон* (в пресных водоемах это клопы – водомерки и гладыши, жучки-вертячки), и тех, которые держатся под ней, *-гипонейстон*. Интересно, что некоторые представители гипонейстона используют нижнюю поверхность пленки воды в качестве опоры – это личинки комаров, некоторые водяные жуки и улитки.

Самые известные обитатели поверхности водоемов, конечно, клопы-водомерки. Они живут только на водяной пленке, никогда не погружаясь, скользят по поверхности воды, касаясь ее только самыми кончиками лапок, покрытых

жесткими щеточками несмачиваемых волосков. Тело водомерки покрыто специальным чешуйчатым покровом, также защищающим от смачивания. Однако при намокании, например, во время дождя, насекомое может утонуть. Водяная пленка для водомерок еще и источник информации. Основываясь на характере колебаний водяной пленки, воспринимаемых эластичными мембранами, расположенными между сегментами лапок, насекомое узнает, с какой стороны грозит опасность или где находится потенциальная жертва. Водомерки могут и сами вызывать такие колебания, подавая те или иные сигналы сородичам. Такая коммуникация используется для взаимодействия между противоположными полами и является необходимым условием воспроизведения особей данного вида.

Ориентируясь на колебания, передающиеся по поверхности воды и воспринимаемые чувствительными кончиками лапок, находит свою жертву и хищник клоп-гладыш. В отличие от водомерок, гладыши держатся на поверхностной пленке не сверху, а снизу, т.е. относятся к гипонейстону. Вертячки считаются самыми лучшими пловцами среди водяных жуков. Основным органом, позволяющим вертячке получать информацию об окружающих событиях, являются три пары антенн-усиков, направленных горизонтально вперед и примыкающих к поверхностной пленке воды. Эти антенны воспринимают все сигналы, приходящие по воде, а жуки реагируют на них настолько быстро, что даже в полной темноте способны скорректировать курс и обойти препятствие, возникшее в 1-1,5 см.

По поверхности воды, подвешиваясь снизу к пленке поверхностного натяжения, могут странствовать моллюски – катушки и прудовики. При этом они не только держатся за поверхностную пленку, но могут ползать по ней ничуть не хуже, чем по поверхности любого твердого предмета.

Для обитателей более глубоких слоев воды сила поверхностного натяжения не столь значима. Более важные факторы для них – кислотность (при ее повышении для всех водных обитателей наступают тяжелые времена), содержание кислорода в воде, ее химический состав, прозрачность. Например, для личинок поденок особо важно содержание кислорода, а кислотность воды значима для икры земноводных, улиток, рыб и планктона.

### **3. СМС – загрязняющие вещества водоемов.**

Наиболее распространенными химическими загрязнителями водоемов являются детергенты (от англ. *deterge* – очищать) – поверхностно-активные синтетические вещества (СПАВ или ПАВ), употребляемые в промышленности и в быту как моющие средства.

Важное свойство ПАВ – поверхностная активность, т.е. способность молекул абсорбироваться на границе раздела фаз и понижать поверхностное натяжение жидкости, чтобы смочить загрязненную поверхность. Моющий раствор должен обладать достаточно низким поверхностным натяжением по сравнению с чистой водой. Ученые давно заметили, что чем чище вода, тем больше усилий, чтобы разорвать ее поверхностную пленку. Молекулы растворенных веществ, вклиниваясь между молекулами воды, делают поверхностную пленку менее

прочной. Особенностью молекул ПАВ является наличие полярной карбоксильной группы (-COONa) с гидрофильными свойствами и длинной неполярной углеводородной цепи с гидрофобными свойствами. Гидрофильная часть способствует растворению вещества в воде, гидрофобная – его выталкиванию. В результате вся поверхность воды покрывается своеобразным «частоколом» из молекул ПАВ, образующих слой толщиной около 0,1 мм. Такая водная поверхность обладает увеличенной смачивающей способностью.

Резко – более чем в два раза – понижает поверхностное натяжение мыло. Это значит, что мыльная вода может проникнуть в самые отдаленные уголки, в самые мельчайшие поры. В растворе мыла находятся как свободные молекулы ПАВ, так и коллоидные частицы – мицеллы, обеспечивающие солюбилизацию – растворение нерастворимых в обычных условиях веществ путем включения их внутрь мицелл. Молекулы ПАВ, проникая между частицами загрязняющего вещества и волокнами, приводит к возникновению расклинивающего давления, в результате чего загрязняющее вещество отрывается от поверхности. Моющее действие ПАВ обусловлено еще и тем, что детергенты образуют высокоустойчивые пены, гидрофобные пузырьки которых флотируют частицы загрязнений. Поступая со сточными водами в реки и водоемы, эти вещества образуют на поверхности воды «горы» устойчивой пены. В этом случае страдают все организмы, находящиеся в этих водоемах.

Для достижения хорошего эффекта стирки вовсе не обязательны большие количества моющего вещества ПАВ. Более того, значительные количества моющего вещества при стирке могут оказаться вредными. Это объясняется тем, что детергенты состоят из отдельных молекул только в очень разбавленных растворах. Увеличение концентрации таких растворов до 2 – 3 % приводит к тому, что молекулы ПАВ начинают объединяться, образуя мицеллы. Сначала они имеют шарообразную форму, затем преобразуются в вытянутые пластинчатые мицеллы. При концентрации 7 – 8 % появляются сплошные мицеллярные слои, раствор детергента сильно загустевает, теряет свою текучесть и моющую активность. Это означает, что распространенное в быту мнение, что для лучшей стирки нужно брать побольше порошка, неправильно и даже вредно. При стирке необходимо придерживаться указаний, данных на этикетке моющего препарата.

Синтетические моющие средства (СМС) – это композиции, в состав которых, кроме ПАВ, входят различные добавки, органические и неорганические. Как бы ни различались названия шампуней, стиральных порошков и т.п., основными составляющими всех СМС будут одни и те же компоненты, разница – только в дозировке. Из всех компонентов, входящих в состав СМС, наиболее загрязняют окружающую среду полифосфаты, предназначенные для связывания ионов, обуславливающих жесткость воды. Продукты гидролиза полифосфатов – монофосфаты – накапливаются в сточных водах. Непосредственной угрозы для человека они не представляют, но считаются опасными для водных экосистем, так как вызывают эвтрофикацию водоемов. Эвтрофирование вод – это повышение их биологической продуктивности в результате накопления биогенных элементов. Эвтрофикация приводит к массовому развитию микроскопических водорослей и

других микроорганизмов, а также бактерий, разлагающих отмершее органическое вещество. При этом расходуется значительное количество кислорода, а в воду выделяются токсичные продукты распада, что приводит к ухудшению условий обитания гидробионтов.

СМС еще и сильные дезоксигенаторы, т.е. вещества, которые активно разрушают растворенный в воде кислород. Поэтому они опасны для всего живого в воде даже в очень малых концентрациях. Например, содержание в 1 л. воды 1 мг. моющего вещества токсично для рыб.

Большинство ПАВ, которые используются в настоящее время, способны к биологическому разложению. Например, быстро и эффективно разлагаются алкилсульфаты и мыла, полученные из жиров, т.к. они содержат неразветвленные углеводородные цепи, которые по «зубам» многим бактериям. А вот алкиларилсульфонаты, которые входят практически во все СМС, разлагаются хуже, их разветвленные цепи, имеющие изостроение, бактерии «переварить» не могут.

Загрязнение вод моющими средствами осложняется еще и тем, что даже их биологическое разрушение не является решением проблемы, так как сами продукты такого разрушения в некоторых случаях являются токсичными. Микроорганизмы, процеживая через себя воду и получая таким образом питательные вещества, получают вместе с тем и дозу загрязнителя. Загрязнение распространяется по пищевой цепи, концентрация такого вещества на единицу веса каждого последующего консумента возрастает.

Вода, содержащая даже следы СМС, имеет неприятный вкус, плохо очищается на обычных очистных сооружениях, уменьшая их эффективность.

В последнее время оказалось более перспективным изготавливать бытовые моющие препараты не в виде порошка, а в виде паст или гелей. Их изготовление дешевле, они не вызывают аллергии.

#### **4. Описание объекта и методики исследований**

Объектом исследований была взята р. Безымянка. Река Безымянка перегорожена дамбой перед впадением в реку Бира, максимальная глубина – 3м. Река питается талыми водами, выпадающими осадками и во время паводков получает дополнительное питание от р.Бира.

##### **Этапы работы и методы**

Методика исследований подбиралась мной и моим руководителем Номоконовой А.А.(учителем биологии и географии) таким образом, чтобы используемое оборудование было простым, а результаты работы – наглядными и интересными.

1. Ознакомление с экосистемой реки – применялась методика изучения природных экосистем.
2. Выбор образцов СМС для проведения исследований, использовались моющие средства, наиболее известные по рекламе.

### 3. Оценка свойств воды и действия на них СМС.

Определение кислотности воды проводили с помощью универсальной индикаторной бумаги. Способность моющих средств к пенообразованию оценивали визуально. Поверхностное натяжение воды оценивали с помощью опыта (см. раздел 5. Результаты работы)

### 4. Изучение влияния СМС на обитателей водоемов. Эту работу проводили на простейших: одноклеточные существа удобны для наблюдения под микроскопом и важны для экосистемы, так как являются начальным звеном пищевой цепи. (см. раздел 5. Результаты работы)

### 5. Результаты работы

#### *Состояние экосистемы реки Бира.*

Продуцентами в экосистеме р.Биры являются водоросли и водные цветковые растения прибрежной зоны – элодея и другие. На берегу – деревья: береза, ива и другие. Консументы первого порядка представлены большим числом видов, консументы второго порядка менее разнообразны. О деятельности редуцентов можно судить по качеству воды, которая большую часть года остается чистой и прозрачной.

В результате увеличения демографической нагрузки на ландшафт, из-за увеличивающегося количества отдыхающих в летнее время в настоящее время возрастает количество стоков, содержащих СМС. Пока эта составляющая антропогенного загрязнения не нанесла существенного ущерба экосистеме р. Бира, но сложившаяся ситуация требует вмешательства.

#### *Влияние СМС на свойства воды и ее обитателей*

Предварительно мы вырастили культуру простейших, для чего поместили в кристаллизатор несколько луковиц репчатого лука, налив немного воды на его дно. Через 6 -8 дней культура была готова для проведения опыта «Влияние СМС на микроорганизмы». На предметное стекло наносили 2 капли жидкости с простейшими и каплю чистой воды, в которую добавляли минимальное, взятое на кончике препаровальной иглы количество СМС. Затем каплю раствора СМС соединяли тонкой перемычкой (с помощью препаровальной иглы) с одной из капель с простейшими. После этого наблюдали за поведением простейших, отмечая характер изменений и время. Наблюдения показали, что под воздействием даже незначительного количества СМС жизнедеятельность микроорганизмов существенно меняется. Характер движения простейших становится иным: из поступательного оно превращается во вращательное (на одном месте). Через некоторое время простейшие погибают. (см. таблицу 1.)

**Таблица 1. Свойства СМС и их влияние на микроорганизмы**

Вид СМС	Кислотность(pH)	Пенообразование	Время гибели простейших (мин.)
Стиральный порошок «Ariel automat»	12,0	значительное	3
Стиральный порошок «Bingo automat!»	12,0	значительное	3
Шампунь «Sansilk»	6,0	значительное	2
Шампунь «Timotei»	5,5	значительное	2
Средство для мытья посуды «АОС»	7,0	значительное	1,5
Моющий порошок «Mister Proper»	12,0	среднее	1
Мыло хозяйственное	8,0	слабое	2
Мыло детское	7,5	слабое	2-3

***Влияние СМС на силу поверхностного натяжения***

Поверхностное натяжение воды оценивали с помощью следующего опыта: вместо одной чашки рычажных весов использовали подвешенное на нитях предметное стекло. Коромысло весов уравнивали, помещая на вторую чашку груз. Под предметное стекло помещали кристаллизатор с водой так, чтобы стекло «прилипло» к поверхности жидкости. Накладывая постепенно на чашку весов дополнительные гири, отмечали момент, когда стекло оторвется от поверхности. Таким образом можно измерить поверхностное натяжение жидкости в условных единицах. В ходе эксперимента мы определили, что чистая вода реки Бира имеет силу поверхностного натяжения, равную 7,5; добавление к воде даже значительных количеств мыла снижает ее почти вдвое –

до 4,8. Содержание в воде стирального порошка влияет на силу поверхностного натяжения еще значительно. Оно снижается до 2,1.

### **Выводы**

1. СМС, попадая в реки, озера, неизбежно оказывают существенное влияние на экосистему.
2. Под воздействием компонентов СМС меняются такие важнейшие физико-химические показатели, как кислотность (величина рН), прозрачность, сила поверхностного натяжения, состав ионов, количество растворенного кислорода.
3. Изменение кислотности воды может привести к изменению видового состава экосистемы, гибели одних видов и вспышке численности других, нехарактерных для данного водоема. Изменение состава ионов может привести к эвтрофикации.
4. Образующая СМС пена ухудшает освещение нижележащих слоев воды, нарушая условия фотосинтеза.
5. Попадая в воду, ПАВ снижают силу поверхностного натяжения, делая невозможным нормальное передвижение, добычу пищи, коммуникацию и размножение нейстонных организмов.
6. Компоненты СМС оказывают воздействие на все формы гидробионтов, особенно чувствительны к загрязнению детергентами микроорганизмы, начальное звено пищевых цепей.
7. Не следует стремиться к увеличению количества СМС в моющем растворе – выигрыша в качестве это не дает.
8. Сохранить водоемы ЕАО – значит предупредить попадание детергентов. Один из путей достижения этой цели – экологическое просвещение населения области.