

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
лицей при ТПУ г.Томска  
Томская область

**Исследовательская работа**  
**«Определение наличия первичного микропластика в**  
**косметических скрабах и вторичного микропластика в**  
**представителях водной фауны»**

Объединение: Юный исследователь

***Автор:***

Метальникова Надежда Максимовна,  
МБОУ лицей при ТПУ г. Томска, 11 класс

***Научный руководитель:***

Усова Надежда Терентьевна,  
к.т.н., учитель химии

МБОУ лицей при ТПУ г. Томска

**Томск 2020**

## Содержание

Введение .....	3
1 Методика определения микропластика .....	5
2 Результаты и их обсуждение .....	6
2.1 Качественное и количественное определение первичного микропластика в скрабах .....	6
2.2 Исследование микропластика с помощью микроскопа .....	8
2.3 Определение адсорбционных свойств микропластика .....	9
2.3.1. Определение адсорбционной способности микропластика по метиленовому голубому .....	9
2.3.2 Определение нефтеемкости микропластика .....	10
2.3.3 Исследование мидий на содержание в них микропластика.....	11
2.3.4 Исследование пресноводных рыб на содержание в них микропластика.....	11
Выводы .....	13
Список используемой литературы .....	14
Приложение .....	15

## Введение

На сегодняшний день пластик является одним из наиболее востребованных материалов и используется практически во всех сферах жизнедеятельности человека. До недавнего времени считалось, что пластиковые отходы создают только неблагоприятный эстетический эффект. Однако, после того как пластик попадает в окружающую среду, под действием механического и химического воздействия он разрушается, порождая огромное количество более мелких частиц. Таким образом, в течение нескольких лет макропластик превращается в микропластик (в настоящее время мелкие частицы пластика получили обобщающее названия – микропластик), размеры которого варьируются от одного нанометра (1 нм) до пяти миллиметров (5 мм), в эту категорию включают также и микроволокна, возникающие в результате разложения синтетических тканей.

Плотность пластиков близка к плотности воды, поэтому синтетический мусор легко выносится с водосборной территории в озера и реки, а через них поступает в моря и Мировой океан. Даже в первичном виде этот мусор сам по себе является опасным для окружающей среды, а, разрушаясь, его опасность возрастает во много раз, что создает серьезную экологическую проблему.

Производство пластмассы растет быстрыми темпами с начала 1950-х годов и в 2015 году достигло 322 млн тонн (без учета производства синтетических волокон, которое в 2015 году составило 61 млн тонн). Как ожидается, рыночный спрос на товары из пластмассы продолжит расти, а их производство может достигнуть 600 млн тонн к 2025 году и превысить 1 млрд тонн к 2050 году [1].

Лидером по объемам образования пластиковых отходов являются США: 77 кг на душу населения. В России данный показатель не превышает 25 кг [3]. Однако в России происходит постоянное увеличение объема твердых бытовых отходов (в среднем на 3,5% в год), а содержание полимеров ежегодно увеличивается на 6,4%.

В настоящее время активно изучается проблема загрязнения пластиком водной среды, что закономерно, учитывая масштабы этого явления. Плотность пластиков близка к плотности воды, поэтому синтетический мусор легко выносится с водосборной территории в озера и реки, а далее поступает в моря и Мировой океан. Частицы пластика в морских водах распространены повсеместно – от глубоких океанских отложений до полярных ледяных шапок. В Мировой океан ежегодно поступает около 8 млн. тонн пластика [1]. На некоторых пляжах острова Гавайи до 15 процентов песка на самом деле представляют собой микропластик.» - пишет Лора Паркер в статье для журнала National Geographic [8]

В научной литературе термин «микропластик» впервые появился в 2004 году в статье британского исследователя Ричарда Томпсона, в которой рассматривалась проблема пластикового мусора [6].

По происхождению микропластик классифицируют на первичный и вторичный.

*Первичный микропластик* – это микрогранулы, которые изначально производятся мелких размеров. Это пластиковые гранулы, или пеллеты, применяющиеся в производстве в качестве сырья для изготовления пластиковых листов и готовых изделий, а также микрогранулы (микросферы, наносферы, микрокапсулы, нанокапсулы, микрошарики, применяющиеся в косметической промышленности [7].

*Вторичный микропластик* – это просто пластиковый мусор, который подвергся деструктивному разрушению под действием механических воздействий, фотоокисления и (или) биоразложения. Источниками такого микропластика могут быть бытовой мусор, рыболовные сети, частицы корабельной краски и автомобильных шин, микроволокна ткани, образующиеся при стирке синтетической одежды.

Микрочастицы пластика имеют широкий спектр размерных групп и низкую плотность, в результате чего многие живые организмы воспринимают эти частицы как источник пищи.

В естественных условиях заглатывание частиц микропластика было зафиксировано более чем у 220 различных видов. При этом 55 % этих видов (от беспозвоночных до рыб) относятся к промысловым, в том числе: мидии, устрицы, двустворчатые моллюски, коричневая креветка, норвежский омар, анчоус, сардина, сельдь атлантическая, скумбрия атлантическая и скумбрия японская, ставрида, путассу северная, треска атлантическая, карп и аюва [1].

Исследование 2018 года [9] показало наличие микропластика во всех мидиях, продаваемых в английских супермаркетах, а ведь эти моллюски вылавливаются по всему миру. Также интересно то, что в полуприготовленных мидиях наличие микропластика значительно выше, чем в свежих.

К примеру, при ежедневном потреблении 250 г мидий в организм человека может попадать до 9 мкг пластика [1].

*Актуальность исследования* связана с тем, что первые сообщения об обнаружении микропластика относятся к началу прошлого века, однако данная проблема начала изучаться сравнительно недавно и достаточно слабо освещена в отечественной научной литературе.

**Цель работы:** определение наличия первичного и вторичного микропластика на примере косметических скрабов и морских мидий.

**Задачи:**

1. Провести качественное и количественное определение первичного микропластика в скрабах.
2. Исследовать абсорбирующую способность первичного микропластика;
3. Рассмотреть мидий на содержание в них вторичного микропластика.
4. Рассмотреть пресноводную рыбу на содержание в ней вторичного микропластика.

## 1 Методика определения микропластика

В работе была использована упрощенная методика, предложенная в методическом пособии Зобкова М.Б. и Есюковой Е.Е. [7]. Данное руководство является одним из первых документов на русском языке, предлагающих пошаговые методики анализа микропластика. Процесс анализа проб различного состава представленный в пособии несколько различается, но обязательно включает в себя следующие стадии: просеивание, сушка, жидкое окисление в перекиси водорода, плотностное разделение (флотация) и визуальная сортировка с помощью микроскопа.

### 1. Сырое просеивание

Скраб выдавливается из тюбика и взвешивается на весах. Далее его, скраб, последовательно наносят на руки, растирают и смывают в ёмкости с водой. Полученную водную суспензию пропускают через капроновое сито, диаметр ячейки которого составлял 0.3 мм.

### 2. Высушивание

После пропускания суспензии через сито его оставляют для испарения лишней воды.

### 3. Окисление перекисью водорода

Далее пластик с сита количественно переносят в стакан, в который добавляют 20 мл 0,05 М раствора  $\text{FeSO}_4$  и 20 мл 30% раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  для проведения реакции окисления оставшихся органических веществ. При этом пластик остается незатронутым. Дело в том, что смесь растворов  $\text{H}_2\text{O}_2$  и соли  $\text{Fe}$  (II), известная как реактив Фентона, широко используется для окисления различных органических веществ. В разбавленных растворах процесс окисления органических веществ протекает медленно, поэтому используют катализаторы: ионы металлов переменной валентности. Механизм окисления различных веществ перекисью водорода сложен. В реакциях в качестве промежуточных веществ образуются активные частицы ( $\text{HO}_2$ ,  $\text{OH}$ ), обладающие более сильными, чем сама перекись водорода, окислительными свойствами:  $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Fe}^{3+} + \text{OH} + \text{OH}^-$  [13]

Данная реакция является экзотермической поэтому согласно методике [1] реакционной смеси дали вначале отстояться при комнатной температуре в течение 5 минут, а затем нагревали на плите до  $75^\circ\text{C}$  в течение 30 минут. При этом следили за выделяющимся кислородом.

После проведения реакции окисления в стакан добавляют дистиллированную воду и суспензию пропускают через сито диаметром 0,3 мм. Стакан дополнительно несколько раз ополаскивают водой и полученную суспензию пропускают через сито. Высушенные частицы полиэтилена собирают и высушивают.

### 4. Визуальная сортировка с помощью микроскопа

Высушенные частицы рассматривают под микроскоп. Благодаря микроскопическому анализу устанавливают их форму, размер.



## 2 Результаты и их обсуждение

### 2.1 Качественное и количественное определение первичного микропластика в скрабах

Микропластик добавляют в скрабы как дешёвый абразивный компонент вместо натуральных абразивов, например абрикосовых косточек. В состав исследуемых нами скрабов входил Polyethylene (Полиэтилен, или PE). В работе использовали три вида скрабов (см. табл. 1) примерно одинаковой ценовой категории. Первый образец скраб-маска «Лицедел» имел густую консистенцию с добавлением голубой глины. Остальные два образца скраб «Пропеллер» и «NOVOSVIT» имели консистенцию геля.

Таблица 1. Основные характеристики исследуемых скрабов

№	Название	Внешний вид	Характеристика свойств	Средняя цена	Вес скраба без упаковки
1.	Planet SPA ALTAI / Лицедел скраб-маска для лица (с голубой глиной), 75 мл (вес товара с упаковкой 85г)		<ul style="list-style-type: none"> <li>тип кожи: жирная, комбинированная, нормальная</li> <li>форма средства: маска</li> <li>активный ингредиент: фруктовые кислоты, глина</li> <li>эффект: отшелушивание, очищение, повышение упругости</li> <li>отшелушивающее вещество: синтетические гранулы</li> </ul>	198 руб.	59,4 г

2.	Пропеллер Immuno Мягкий ежедневный скраб от черных точек, 150 мл.		Мягкий ежедневный скраб от черных точек бережно очищает кожу. Абразивные частицы скраба имеют пористую основу, которая полностью впитывает все загрязнения из пор. Также состав обогащен антиугревым комплексом, который способствует быстрейшему устранению прыщей и угревой сыпи.	166 руб.	136,8 г.
3.	Скраб для лица NOVOSVIT Гиалуроновый для умывания с жемчугом, 150 мл.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Средство: скраб</li> <li>• Форма средства: гель</li> <li>• Тип кожи: для всех типов, комбинированная</li> <li>• Активный ингредиент: гиалуроновая кислота</li> <li>• Эффект: восстановление, от морщин, отшелушивание, очищение, повышение упругости, увлажнение</li> </ul>	150 руб.	110,8 г

Работа по определению микропластика в скрабе проводилась по методике, представленной выше.

Скраб выдавливали из тюбика и взвешивали на весах. Водную суспензию скраба пропускали через капроновое сито, диаметр ячейки которого составлял 0.3 мм.

Далее пластик с сита количественно переносили в стакан, в который добавляли 20 мл 0,05 М раствора  $\text{FeSO}_4$  и 20 мл 30% раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  для проведения реакции окисления оставшихся органических веществ.

После проведения реакции окисления в стакан добавили дистиллированную воду и суспензию пропустили через сито диаметром 0,3 мм. Стакан дополнительно несколько раз ополаскивали водой и полученную суспензию пропускали через сито. Высушенные частицы полиэтилена были собраны и высушены (см. приложение рис.1).

Определение массовой доли микропластика в скрабах показало, что максимальное его содержание составляет 2% в образце № 2 (Пропеллер Immuno), а минимальное (0,6%) в образце № 1 (Planet SPA ALTAI / Лицедел). При этом следует отметить, что в образце №1 содержится полиэтилен только белого цвета, а в двух других образцах содержится полиэтилен белого и синего цвета.

Таблица 2. Массовая доля микропластика в скрабах

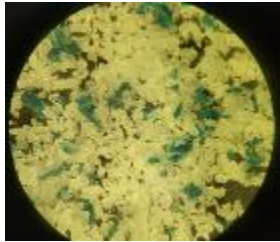
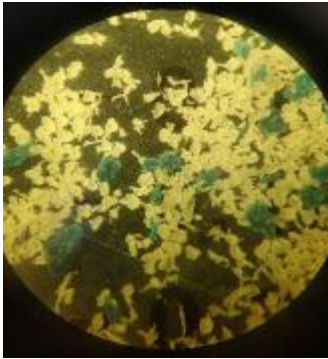
№	Внешний вид	Масса скраба, г	Масса микропластика, г	Массовая доля микропластика в скрабе
1.	Полиэтилен белого цвета	59,4	0,345	0,6 %
2.	Полиэтилен белого и синего цвета	136,8	2,74	2,0 %
1.	Полиэтилен белого и синего цвета	110,8	1,51	1,4 %

## 2.2 Исследование микропластика с помощью микроскопа

Далее провели анализ микропластика с помощью микроскопа МБС-10 с максимальным увеличением 100X. Результаты анализа (см. табл. 3, приложение рис. 3-10) показали, что частицы микропластика имеют различную неправильную форму, плоские или объемные. Частицы белого микропластика имеют меньший размер (в среднем 0,4×0,3мм) по сравнению с частицами синего микропластика (в среднем 0,7×0,7мм).

Таблица 3. Результаты анализа микропластика под микроскопом

№	Внешний вид	Форма частиц микропластика	Размер частиц микропластика
1.	Полиэтилен белого цвета	Форма различная, отсутствуют правильные многоугольники, объемные. 	<ul style="list-style-type: none"> <li>•наименьший образец: 0,4 × 0,1 мм</li> <li>• наибольший образец: 0,8× 0,5 мм</li> <li>• среднее значение: длина: <b>0,6 × 0,3мм</b></li> </ul>

2.	Полиэтилен белого и синего цвета	Форма различная, отсутствуют правильные многоугольники, общей закономерности форм нет, белые частицы плоские, а синие – объемные 	<b>Белые:</b> •наименьший образец: 0,2×0,2 мм •наибольший образец: 0,6×0,4 мм •среднее значение: <b>0,3×0,3мм</b> <b>Синие:</b> •наименьший образец: 0,5×0,3 мм •наибольший образец: 1,7×0,8 мм •среднее значение: <b>0,7×0,7</b> <b>мм</b>
3.	Полиэтилен белого и синего цвета	Форма белых частиц в виде запятой, форма синих частиц различная, приплюснутая. 	<b>Белые:</b> •наименьший образец: 0,2×0,2 мм •наибольший образец: 0,5×0,5 мм •среднее значение: <b>0,4×0,2мм</b> <b>Синие:</b> •наименьший образец: 0,3×0,3 мм •наибольший образец: 1,2×0,6 мм •среднее значение: <b>0,7×0,7 мм</b>

## 2.3 Определение адсорбционных свойств микропластика

### 2.3.1. Определение адсорбционной способности микропластика по метиленовому голубому

Согласно литературным данным, приведенным в методическом пособии М. Б. Зобкова, Е. Е. Есюковой, а также данным различных иностранных исследователей, частицы микропластика способны адсорбировать на своей поверхности многие загрязняющие вещества, становясь тем самым их вторичным источником [7, 11, 12]. Для оценки адсорбционной активности микропластика использовали стандартную методику (ГОСТ 4453-74), применяемую для определения адсорбционной активности древесного активированного угля. В этом ГОСТе за меру адсорбционной активности принято количество красителя метиленового голубого (МГ), поглощенного из раствора навеской активированного угля. При этом концентрацию МГ в растворе до и после адсорбции определяют методом фотокалориметрии.

Вначале был приготовлен рабочий раствор МГ с концентрацией 1500 мг/дм<sup>3</sup>. Для построения градуировочного графика отмеряли в 10 мерных колб емкостью 50 мл с помощью пипетки 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 и 8,0 мл рабочего раствора МГ. В каждую колбу доливали дистиллированной воды до метки и хорошо перемешивали. Полученные концентрации МГ составляли: 15; 30; 45; 60; 90; 120; 150; 180; 210 и 240 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Оптическую плотность растворов измеряли на фотоколориметре КФК-3М при ширине подвижных кювет 10 мм и длине волны 400 нм. Неподвижная кювета была заполнена дистиллированной водой. Измерение при каждой концентрации повторяли 2-3 раза и брали из них среднее арифметическое. По результатам измерений был построен калибровочный график в координатах «оптическая плотность – концентрация МГ» в мг/дм<sup>3</sup>.

Для проведения исследования весь первичный микропластик выделенный из скрабов был перемешан. Навеску микропластика массой 0,1 г помещали в стакан, куда добавляли 25 мл раствора МГ определенной концентрации. Полученную смесь перемешивали в течении 20 мин. Затем отстаивали. Обирали пипеткой 5 мл. раствора и определяли его оптическую плотность. По калибровочному графику определяли концентрацию раствора МГ после адсорбции. Расчет величины адсорбции МГ проводили по формуле:  $X = \frac{(C_{\text{нач.}} - C_{\text{кон.}}) \cdot 0,025}{m \text{ сорбента}}$  (мг/г). Полученное значение составило 1,75 мг/г, в то время для активированного угля это значение составляет 32 мг/г, что указывает на низкую адсорбционную активность микропластика в отношении МГ.

### 2.3.2 Определение нефтеемкости микропластика

Нефтепродукты могут попадать в воду в результате сброса неочищенных нефтесодержащих сточных вод, а также вследствие несанкционированного стока ливневых вод с территорий. В результате нефтяных разливов выделяются вредные химические вещества, такие как полициклические ароматические углеводороды, которые являются токсичными для водной среды и человека и для их ликвидации могут потребоваться десятилетия. Синтетические сорбенты широко используются для сбора нефти. Соответственно можно предположить, что микропластик также хорошо может сорбировать нефть и нефтепродукты из воды.

Для определения массовой нефтеёмкости использовали стальную сетку для которой вначале проводилось холостое испытание. В чашку Петри наливали нефть, в которую погружалась предварительно взвешенная сетка и выдерживалась 10 минут. Затем избытку нефти давалось стечь, и повторно взвешивалась сетка на кальке. Затем сетка отмывалась бензином и проводилось испытание с сорбентом. В погруженную в нефть сетку насыпался сорбент, выдерживался 10 минут, по истечении которых избытку нефти давалось стечь, и сетка с насыщенным нефтью сорбентом

взвешивалась на кальке. Расчет коэффициента статической нефтеёмкости проводился по формуле:

$K_m = m_{\text{нефти}} / m_{\text{сорбента}}$  (г/г). Ёмкость сорбента по сырой нефти составила 1,7 г/г, что указывает на хорошие адсорбционные свойства микропластика в отношении нефти.

### **2.3.3 Исследование мидий на содержание в них микропластика**

Мидии – это широко употребляемый ценный морепродукт и изысканный деликатес. Размер речных пресноводных и морских моллюсков может колебаться от маленького до большого. Мидии считаются донными прибрежными животными, которые прикрепляются к омываемым прибоем скалам, искусственным постройкам и рифам. Надежное крепление обуславливают биссусные нити, позволяющие моллюскам находиться в местах с сильным и быстрым течением и волнами. Мидии, как и другие моллюски, обладают способностью очищать водный резервуар, в котором обитают, благодаря типу питания — они, словно живой фильтр, пропускают через себя воду, процеживая ее от съедобных частиц [10]. Таким образом, в них легко может попасть микропластик.

На данном этапе работы были исследованы мидии чилийской в заливке "Санта Бремор", купленные в магазине (см. приложение рис. 10,11,12) В упаковке содержалось 42 мидии. Каждую мидию внимательно рассматривали в микроскоп. В 15 мидиях (что составляет 36%) под кожистой мантией в складках из мышечной и соединительной ткани, покрывающими тело с обеих сторон от створок были обнаружены микроволокна синтетических тканей в основном черного цвета. Для доказательства того, что данные фрагменты – являются микропластиком было проведено их окисление перекисью водорода.

### **2.3.4 Исследование пресноводных рыб на содержание в них микропластика**

Рыба, как и мидии, является широко употребляемым продуктом. Однако на загрязнение микропластиком пресноводных рыб обращают меньше внимания. В организм рыбы микропластик может попасть по цепям питания.

В работе были исследованы 2 особи рыбы вида Обыкновенная плотва подвида Чебак (Сибирская плотва), пойманные в реке Обь в Томской области в Каргасокском районе. Большую часть пищи этого подвида составляют водоросли, высшие растения, личинки различных насекомых, моллюски, с которыми тоже могут попасть частицы микропластика.

Рыбу вскрывали и промывали внутреннюю полость. Убирали органы: кровеносные сосуды и органы пищеварительной системы, которые далее подверглись микроскопическому анализу. Оставшуюся суспензию процеживали через сито, диаметр ячейки которого составлял 0.3 мм.

В результате микроскопического анализа были обнаружены частицы микропластика синего цвета, а также синтетические микроволокна различных цветов: синего, красного и черного. Для доказательства того, что данные фрагменты – являются микропластиком было проведено их окисление перекисью водорода.

## Выводы

1. Установлено, что в состав скрабов в качестве абразивного компонента входит полиэтилен белого и синего цвета, содержание которого варьируется от 0,6 до 2 % по массе.
2. Результаты микроскопического анализа показали, что частицы микропластика плоские или объемные имеют различную неправильную форму. Частицы белого микропластика имеют меньший размер (в среднем  $0,4 \times 0,3$  мм) по сравнению с частицами синего микропластика (в среднем  $0,7 \times 0,7$  мм).
3. Изучение адсорбционной активности микропластика, выделенного из скрабов показало низкое значение в отношении метиленового голубого (1,75 мг/г) и достаточно высокое значение нефтеёмкости (1,7 г/г).
4. Установлено, что 36% мидий, содержащихся в упаковке готового продукта питания содержат вторичный микропластик в виде синтетических нитей.
5. В рыбах подвида Сибирской плотвы, выловленных из реки Обь, обнаружены частицы вторичного микропластика: синтетические волокна различного цвета и частицы синего микропластика неправильной формы.

## Список используемой литературы

1. Проблема микропластика в рыболовстве и аквакультуре: резюме и исследования ФАО. [Электронный ресурс] — режим доступа: <http://www.fao.org/3/MX201RU/mx201ru.pdf>
2. Василий Д. Казмирук; Тамара Н. Казмирук. Оценка и мониторинг загрязнения водных объектов микропластиком // DOI 10.25680/5741.2018.49.57.177
3. Рынок переработки пластиковых отходов. [Электронный ресурс] — режим доступа: [https://techart.ru/files/publications/8\\_12\\_Обзор.pdf](https://techart.ru/files/publications/8_12_Обзор.pdf)
4. Системы управления бытовыми отходами разных стран: Рецепты для России. [Электронный ресурс] — режим доступа: <http://stolypin.institute/wp-content/uploads/2019/10/sistemy-utilizatsii-othodov-raznyh-stran-25-09-2019.pdf>
5. Масленников С.И., Щукина Г.Ф., Назарец Ю.П. Микропластик в океане – новые проблемы морского природопользования. Рыбное хозяйство» | № 3 | 2017 с.36-40 [Электронный ресурс] — режим доступа: [https://www.academia.edu/33852555/MICROPLASTIC\\_IN\\_THE\\_OCEAN\\_THE\\_NEW\\_CHALLENGES\\_OF\\_MARINE\\_NATURE\\_MANAGEMENT](https://www.academia.edu/33852555/MICROPLASTIC_IN_THE_OCEAN_THE_NEW_CHALLENGES_OF_MARINE_NATURE_MANAGEMENT)
6. Невидимый микропластик. [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://magazine.sibur.ru/ru/article/focus/microplastics-we-cannot-see/>
7. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2017. Т. 58. № 1. С. 149-157. DOI: 10.7868/S0030157418010148
8. Океан пластика: большие проблемы от мелкого мусора. [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://nat-geo.ru/planet/planet-or-plastic/ocean-plastika-bolshie-problemy-ot-melkogo-musora/>
9. Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/325380314>
10. Мидия: внешнее и внутреннее строение, полезные свойства моллюска. [Электронный ресурс] — режим доступа: <https://rybki.guru/ulitki/midija.html>
11. Rios L.M., Jones P.R., Moore C., Narayan U.V. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre’s “eastern garbage patch”// J. Environ. Monit. 2010. С. 2226–2236. DOI: 10.1039/c0em00239a
12. Hrisi K Karapanagioti , Irene Klontza, Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesvos island beaches (Greece) // Mar. Environ. Res. 2008 С. 283–290. DOI: 10.1016/j.marenvres.2007.11.005



Рис.1 Высушенные частицы микропластика трех видов скрабов.

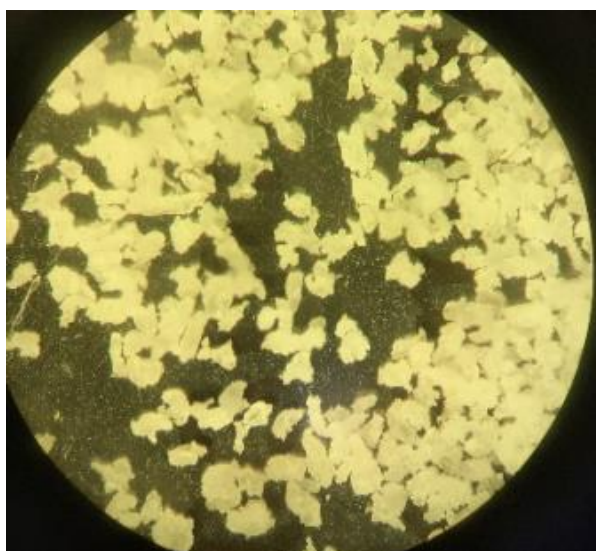


Рис. 2. Микропластик образца скраба № 1

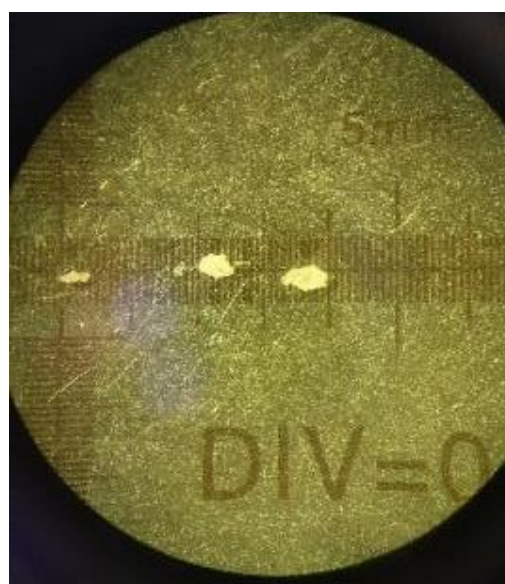


Рис. 3. Определение размеров микропластика скраба № 1

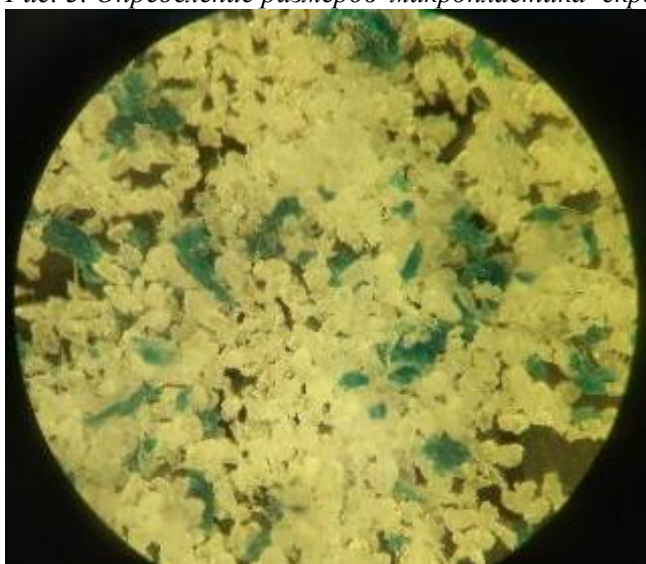


Рис.4. Микропластик образца скраба № 2

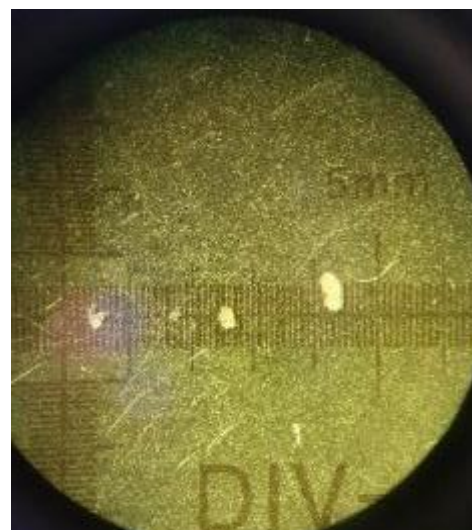


Рис. 5. Определение размеров белого микропластика скраба № 2

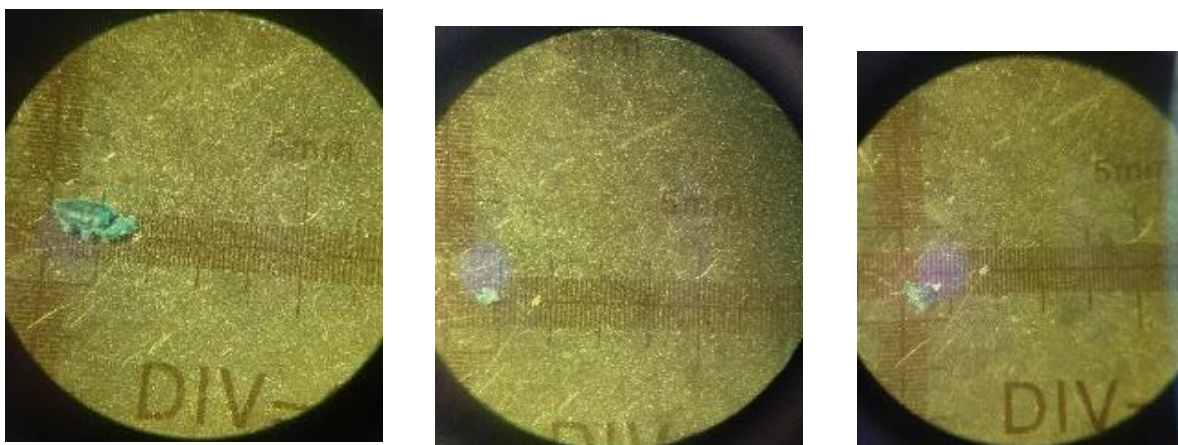


Рис. 6. Определение размеров синего микропластика скраба № 2

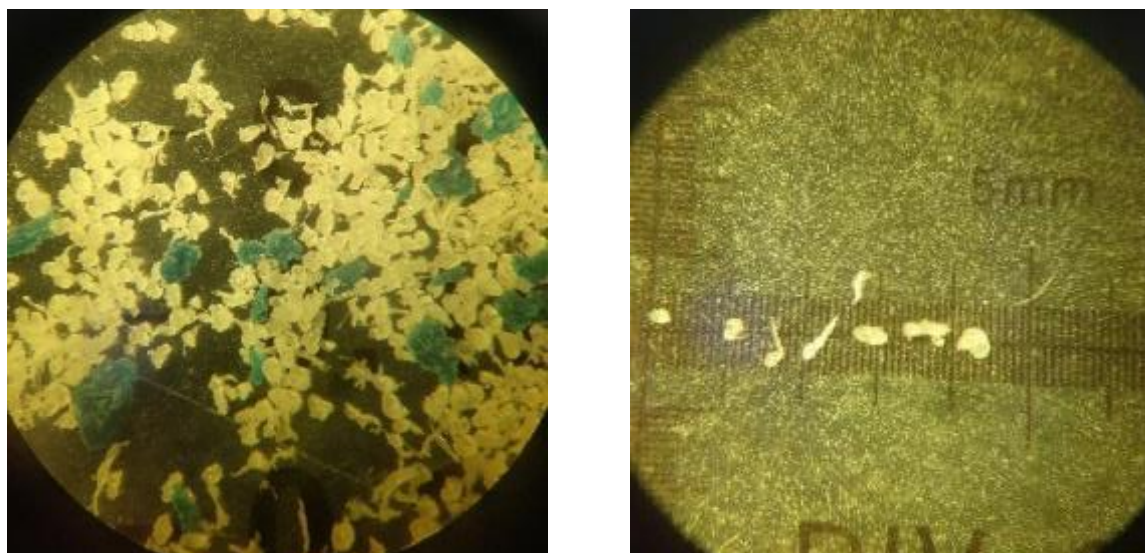


Рис.7. Микропластик образца скраба № 3

Рис. 8. Определение размеров белого микропластика скраба № 3

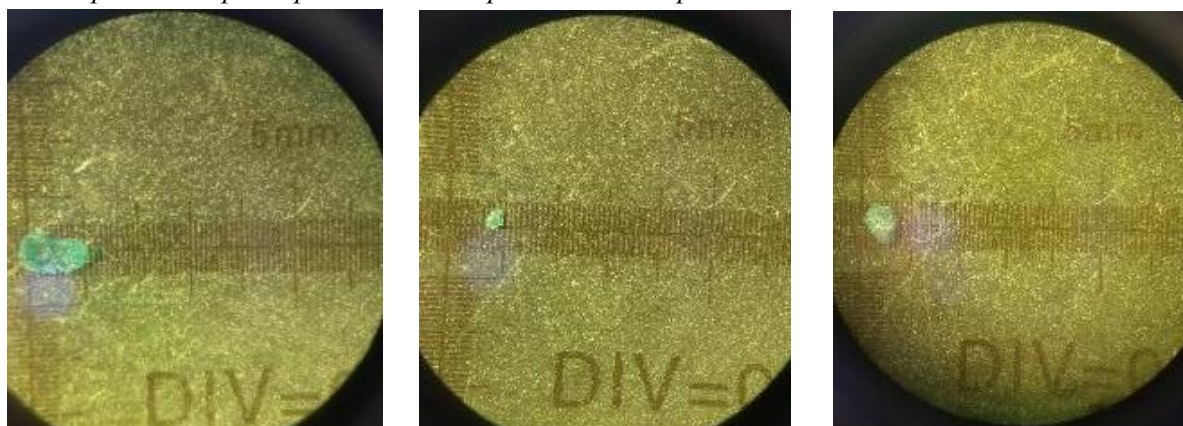


Рис. 9. Определение размеров синего микропластика скраба № 3



Рис.10. Упаковка мидий, приобретенная в продуктовом супермаркете.

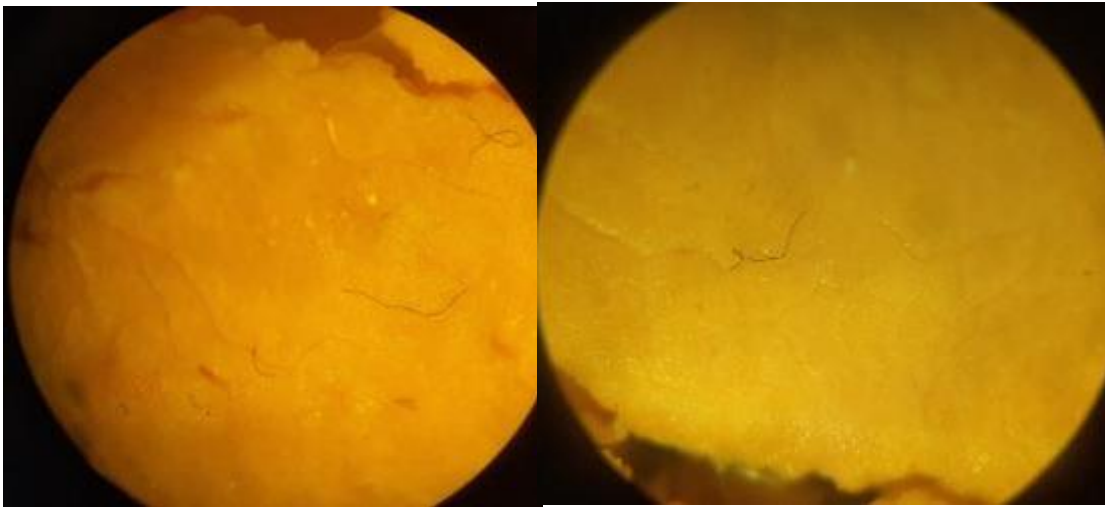


Рис.11. Микропластик, содержащийся в мидиях



Рис.12. Синтетические нити, найденные в мидиях на поверхности фильтровальной бумаги.



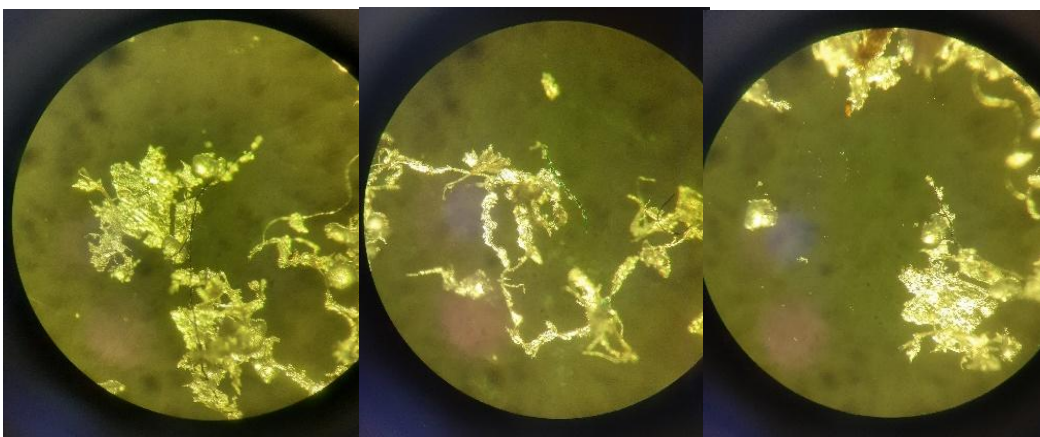
*Рис.13. Одна из исследованных рыб подвида Сибирская плотва.*



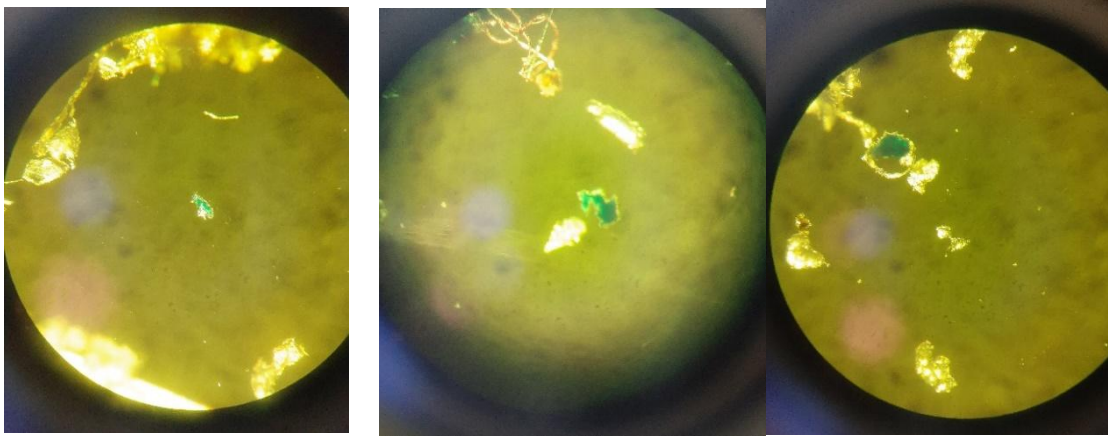
*Рис. 14. Вскрытие рыба и промывание внутренней полости.*



*Рис. 15. Синтетические волокна найденные в органах пищеварения и кровеносных сосудах*



*Рис. 16. Микроволокна синтетический нитей*



*Рис. 17. Частицы синего микропластика*