

## **Российский открытый молодежный водный конкурс - 2024**

Аккумуляция микропластика ихтиофауной в реке Тихая Сосна  
на территории г. Алексеевка Белгородской области

**Рыжих Арина Сергеевна,**  
обучающаяся объединения  
«Экологический мониторинг»  
МБУ ДО «СЮН»  
Алексеевского городского округа  
**Руководитель:** Богданов Сергей  
Станиславович, педагог  
дополнительного образования  
МБУ ДО «СЮН»  
Алексеевского городского округа

**Белгородская область**

**2024 г.**

## Аннотация

**Актуальность:** Благодаря высоким объемом поступления и низкой скорости разложения, частицы пластика достаточно широко распространены в водной среде. Микропластик потребляется гидробионтами, что негативно влияет на биологию как отдельных особей, так и всей популяции в целом. В настоящее время нет информации о фактических концентрациях микропластика в организме ихтиофауны обитающей в небольших реках Центрального Черноземья.

**Цель исследования:** оценка потребления и аккумуляции микропластика ихтиофауной реки Тихая Сосна. Для достижения цели мы решали следующие **задачи:** установлены морфологический состав и количество микропластика в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) Плотвы обыкновенной и Окуня речного; выявлена зависимость между количеством микропластика в ЖКТ рыб и морфометрическими показателями их тела.

**Материалы и методы:** для исследования мы выбрали 2 вида пресноводных рыб (плотва - 75 шт. и окунь – 68 шт.). Экземпляры выловлены в 8 точках реки Тихая Сосна на территории г. Алексеевка в период с мая по сентябрь 2023 года. Каждый экземпляр исследовали отдельно: определяли возрастные особенности рыб, а также стандартную длину (L, мм) и массу тела без внутренностей (q, г) [12, 4]; извлекали ЖКТ рыб и подвергали его гидролизу для выделения частиц пластика [9]; проводили количественный учет выделенных частиц (шт./особь) и исследовали их морфологию [5, 10]. Полученные данные статистически обрабатывали, находили среднее значение, ошибку среднего, коэффициент корреляции Пирсона (r); критерий сравнения Стьюдента (t).

**Результаты:** микроскопический пластик обнаружен в ЖКТ 77,9 % (53 шт.) особей Окуня речного и 54,6 % (44 шт.) особей Плотвы обыкновенной. Плотва аккумулирует -  $3,25 \pm 0,35$  частиц на 1 особь, а окунь -  $6,22 \pm 0,38$  частиц. Полученные результаты указывают на наличие проблемы загрязнения реки микропластиком, наиболее чувствительный вид - Окунь речной. Анализ морфологии микропластика показал, что в ЖКТ 2-х видов рыб, доля волокон составляет - 47,50%, а микропленок - 30,86%. В ЖКТ окуня преобладают волокна - 68,20 %, а плотвы, пленки - 57,20 %. Данный факт можно связать с экологией питания видов. Расчет корреляции Пирсона (r) показал, что существует зависимость между количеством микропластика в ЖКТ окуня и линейно-весовым показателям тела, у плотвы такая зависимость отсутствует. Сравнение средних значений длины и массы тела внутри популяции показал (критерий Стьюдента ( $p < 0,05$ )), что особи вида Окунь речной в организме которых обнаружен микропластик по линейно-весовым показателям отличаются от особей, у которых микропластик в организме отсутствует. У представителей вида Плотва обыкновенная данная зависимость не установлена.

## Введение

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды микроскопическим пластиком стала общемировой [1]. В эпоху глобального потребления и производства человечество активно использует пластик. Его широкое применение связано с его свойствами, такими как устойчивость к распаду и химическому воздействию, низкая теплопроводность и плотность. В природных водоемах, особенно где низкий уровень воды (реки, ручьи и т. п.) и хорошо проникает ультрафиолетовое излучение происходит разрушение пластика под его воздействием. Крупные макроскопические фрагменты пластикового изделия разрушаются до микроскопических частиц [3]. В результате эти частицы поглощаются водными организмами различных систематических групп (ихтиофауна, моллюски, членистоногие и др.) и они включаются в цепи питания [10]. Человек потребляя в пищу рыбу, моллюсков и ракообразных может поглощать частицы микропластика, что в свою очередь негативно отразится на его здоровье [6]. Таким образом, оценка степени влияния частиц микропластика на биологию водных животных, а также изучение его аккумулялирующей способности является актуальной проблемой.

**Цель исследования** – оценка потребления и аккумуляции микропластика ихтиофауной реки Тихая Сосна.

В ходе исследования мы решали следующие **задачи**:

1. изучить морфологию и количество микроскопического пластика в ЖКТ Плотвы обыкновенной и Окуня речного;
2. установить зависимость между количеством микропластика ЖКТ рыб и морфометрическими показателями тела рыб.

## Глава 1. Обзор литературы

К микропластику относится любой фрагмент пластикового изделия, размеры которого не превышают 5 мм. Высокую опасность для окружающей среды представляют фрагменты пластика размером от 100 нм до 5 мм. Источниками частиц микропластика, которые попадают в естественные экосистемы, являются: бытовая химия и косметика, одежда, производственные процессы, разлагающийся пластик [1].

В первые проблемы микропластика была обозначена в начале 70-х годов прошлого века. Термин «микропластик» в науку ввел Ричард Томпсон в 2004 году, для обозначения очень маленьких пластиковых частиц [14]. В настоящее время частицы микропластика обнаружены на всех континентах и во всех средах обитания. [8, 13].

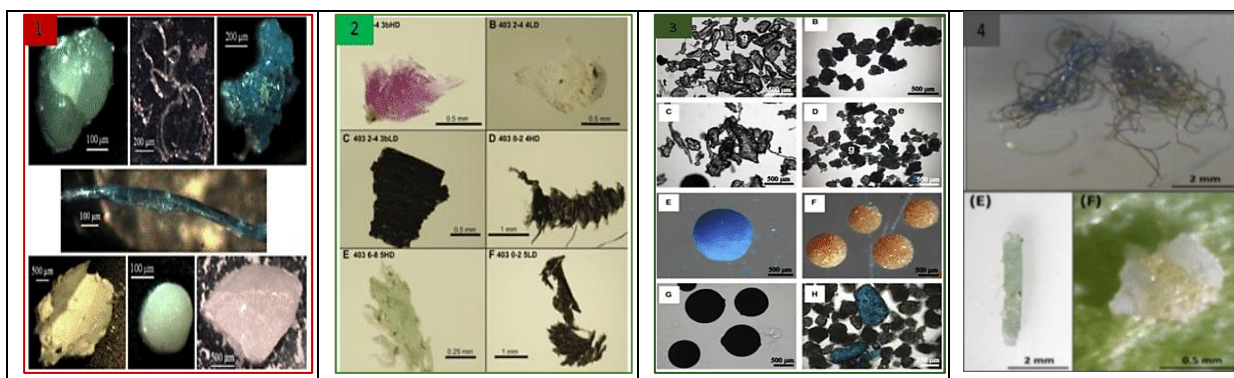
Накопление микроскопических пластиковых частиц в экосистемах связано с очень низкой скоростью их разложения в естественных условиях. В результате кратно

увеличивается риск попадания микроскопических частиц в тела и ткани животных [9, 10].

Аккумулируясь в организме водных животных, микропластик включается в цепи питания [6].

### 1.1. Классификация микропластика

В зависимости от источников происхождения выделяют первичный и вторичный микропластик [3]. Первичный микропластик образуется в результате износа шин автомобиля, а также износа покрытия разметки (в краску добавляют пластиковые сферы) автодорог. В зубные пасты в качестве наполнителя и абразива добавляют полиэтиленовые сферы (Рис.1) [11].



**Рис.1. Морфология микропластика**

(1) Микропластики, выделенные из содержимого желудка рыбы, включая фрагменты, волокна и сферы; 2) Фрагменты пластика, собранные из донных отложений озера Онтарио; 3) Микропластики, обнаруженные в различных средствах для умывания; 4) Волокно, леска и гранула, найденные в трале manta образцы из озера Хосговол.)

(Автор фото: Рашид Дрис, <https://www.researchgate.net/profile/Rachid-Driss>)

До 60% микропластика содержит косметика (кремы, скрабы, помады, стиральные порошки и т. п.). До 90% микроскопического пластика содержат профессиональные чистящие средства, для достижения максимального очищающего эффекта. Все выше указанные средства рано или поздно смываются в канализацию и вместе с до очищенными сточными водами попадают в естественные водоемы [8, 13].

Вторичный микропластик формируется в результате распада крупных пластиковых фрагментов. Его источниками являются различные изделия, такие как ПЭТ бутылки и пакеты, одноразовая посуда. Крупный пластик под влиянием факторов внешней среды постепенно образует мелкие фрагменты, однако, его молекулярная структура сохраняется [13].

### 1.2. Воздействие микропластика на животный мир водоемов

Как показывают исследования около 200 видов животных поглощают частицы микропластика, 50% из них относятся к промышленным видам [13].

Есть отдельные исследования подтверждающие попадания микропластика в организм человека при употреблении морепродуктов [6].

Так, например, при постоянном потреблении мидий, в среднем около 250 грамм, в организм человека поступает около 8 мкг пластика во время каждого приема [8].

Ученые Томского государственного университета выяснили, что частицы микропластика оказывают существенное влияние на рост и развитие личинок промыслового вида рыб Пеляди (Сырок). Для исследования взяли выборку 8 тыс. личинок и поделили на 4 группы. Экспериментальные группы содержали в аквариумах с различных концентраций частиц микропластика (5 мкг/л, 50 мкг/л, 500 мкг/л). Контрольная содержалась в чистой воде. Было установлено, что наличие в воде частиц микропластика вызывает нарушение работы ЖКТ рыб и провоцирует развитие окислительного стресса, вследствие повышения активности ферментов пищеварения и каталазы. В результате рост и развитие личинок замедляется. Таким образом можно сделать вывод, что накопление микропластика в естественной среде, может оказать значительное влияние на популяцию Пеляди, а также других представителей ихтиофауны [9].

### 1.3. Потенциальные источники поступления микропластика в воды реки

#### Тихая Сосна

Река Тихая Сосна – берет свое начало в Белгородской области. На территории Воронежской области впадает в Дон, является его правым притоком. Длина реки составляет 161 км, площадь бассейна 4350 км<sup>2</sup>. Течёт в северо-восточном направлении. В Белгородской области река протекает через территорию 10-ти сельских поселений и 2-х городов Бирюч и Алексеевка. Протяженность русла реки в черте города Алексеевка составляет 9,57 км [15].



Рис. 2. Схема расположения объектов жилищно-коммунального хозяйства и перерабатывающей промышленности в г. Алексеевка Белгородской области

Потенциальными источниками микропластика на территории города Алексеевка могут быть предприятия жилищно-коммунального хозяйства и перерабатывающей промышленности, жилой сектор, автомойки, пластиковый мусор по берегам реки и пр. (рис. 2).

## Глава 2. Объект и методы исследования

### 2.1. Объект исследования

В качестве объекта для исследования мы выбрали 2 вида рыб Окунь речной и Плотва обыкновенная, обитающих в реке Тихая Сосна (**Рис.2**).

Выбор данных видов рыб для исследования обусловлен с тем, их представители являются наиболее многочисленными и распространенными в реке Тихая Сосна. Это позволяет нам обследовать большую площадь водоема и получить большую выборку. Отлов рыбы производился в 2023 году с первой декады мая по вторую декаду сентября на поплавочную снасть в 8 точках реки Тихая Сосна на территории г. Алексеевка. Всего нами было проанализировано 58 смешанных уловов (**Рис. 3**).



**Рис. 3. Точки отлова рыб в городе Алексеевка и количественный уловов**

Для исследования отбирали особей одного возраста, на момент исследования возраст все особей составлял 3 + года, но не более 4-х лет.

Всего было изучено 75 экземпляров Плотвы обыкновенной и 68 экземпляров Окуня речного (**Рис.4**)

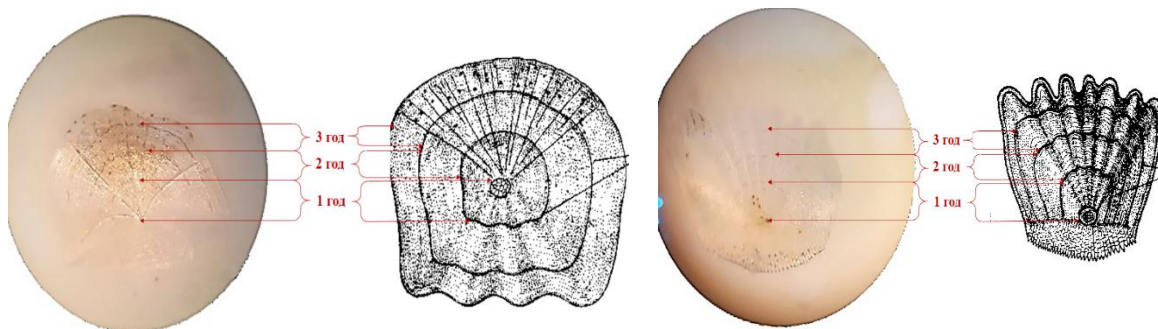


**Рис.4. Отбор тушек плоты обыкновенной для исследования**

### 2.2. Методы исследования

#### 2.2.1. Определение возраста рыб

Для определения возрастного состояния рыб мы использовали чешуи. Исходя из формы чешуй их разделяют на 2 типа (**Рис.5**).



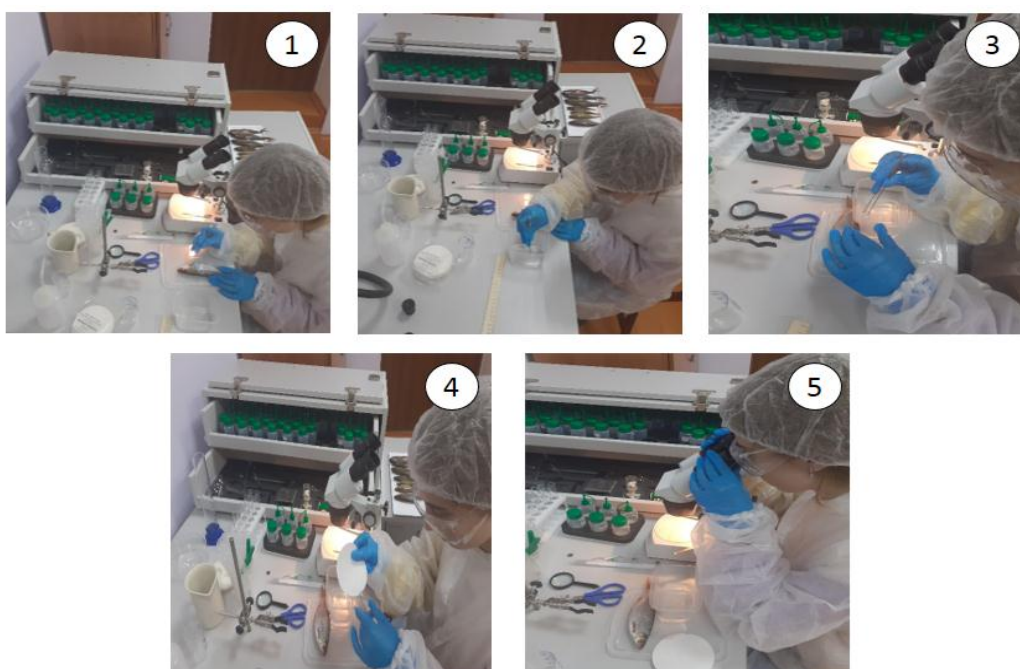
а) Циклоидная чешуя. Имеет гладкий задний край [2]

б) Ктеноидная чешуя. Имеет задний край с зубчиками [2]

**Рис. 5. Типы костных чешуй у рыб: а) Плотва обыкновенная, б) окунь речной**

Образцы чешуи необходимо брать ниже боковой линии и выше грудного плавника у окуня. У плотвы чешуи необходимо брать и выше боковой на против грудного плавника. С каждого экземпляра для анализа берут в среднем 15 чешуй. Морфология чешуи окуня и плотвы имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать для правильного определения возраста особи (**Рис.5, 9**) [4, 7, 12].

Морфологические особенности чешуй исследовали с использованием бинокля по общепринятым методикам (**Рис.6**) [8, 13].



**Рис.6. Исследование морфологических особенностей чешуи Плотвы обыкновенной и Окуня речного (1 – 6 этапы работы с чешуей)**

### 2.2.2. Определение микропластика в ЖКТ рыб

В качестве материала для исследования мы выбрали желудочно-кишечные тракты (ЖКТ) выше указанных видов рыб.

В ходе препарирования, у рыб отдельно извлекали желудочно-кишечный тракт (пищевод, желудок и кишечник), который помещали в химические пробирки, с последующей заморозкой.

Каждую пробирку с биоматериалом анализировали отдельно. Для этого биоматериал извлекали из пробирки и помещали его в 10% раствор гидроксида калия (KOH) объемом 300 мл. После того как ткани ЖКТ растворяются мы извлекли частицы микропластика. Для этого добавили насыщенный раствор хлорида натрия ( $\text{NaCl}$  –  $\rho=1,19 \text{ г/см}^3$ ), в результате происходит разделение жидкостей по плотности (**Рис.7**) [9, 10].



**Растворение тканей ЖКТ 10%-м раствором гидроксида калия**

**Добавление насыщенного раствора хлорида натрия**

**Фильтрование раствора через целлюлозный фильтр по вакууму**

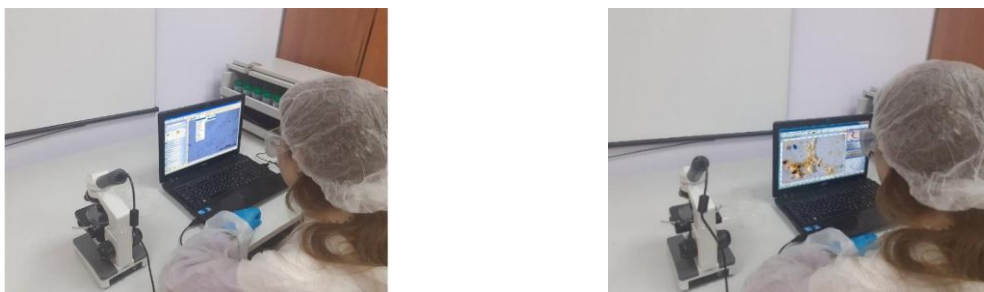
**Рис. 7. Этапы выделения частиц микропластика из ЖКТ рыб**

Раствор, который мы получили фильтруем, используя для этого вакуумный насос Комовского и целлюлозный фильтр ( $\text{Ø}$  пор = 0,15 мкм) (**Рис. 8**) [8, 13].

Предметом для исследования послужили частицы микропластика, волокон и микропленки, содержащиеся в ЖКТ рыб.

Частицы микропластика идентифицировали по таким показателям как размеры, однородность окраски, отсутствие органических включений, форма (неправильная и сфера), тип (фрагменты пластика, волокна и пленки). Оценку физических свойств пластика проводили с помощью теста горячей иглой [5, 11].

Идентификацию частиц проводили с использованием светового микроскопа биолом 2 и электронного окуляра Artina CMOS (модель: NXM-EPA500) с программным пакетом (**Рис. 8**) [5, 11].



**Рис. 8. Исследование частиц микропластика извлеченного из ЖКТ рыб**

Для калибровки программы мы использовали микрометрический слайд фирмы Микромед «X/Y». Для оценки степени влияния микропластика на рост и развитие икhtiофауны мы измеряли индексы тела, такие как стандартная длина и масса тела без внутренностей (**Рис.9**) [4, 12, 17].





**Ри.9. Индексы тела Плотвы обыкновенной и Окуня речного**

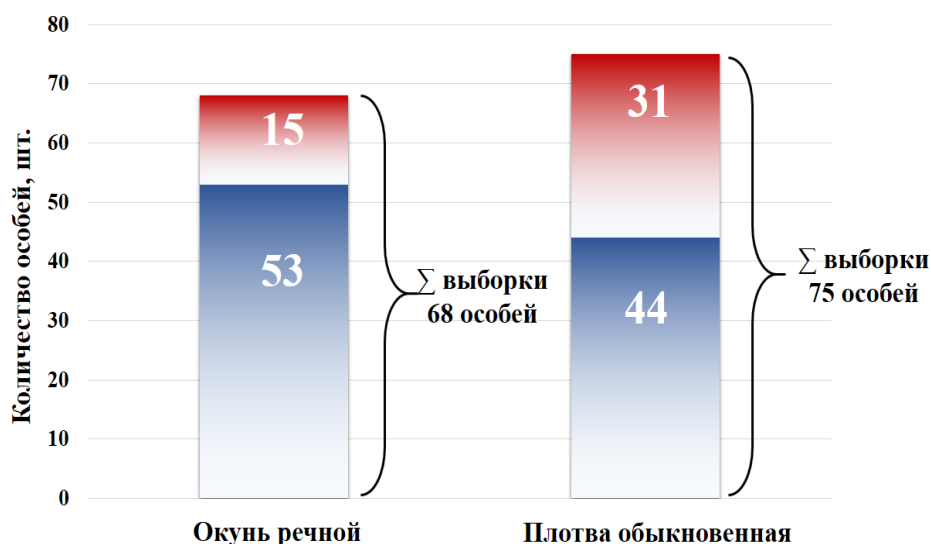
Полученные в ходе исследования результаты подвергали статистическому анализу (среднее значение, ошибка среднего значения, коэффициент корреляции (Пирсона), критерий сравнения Стьюдента – t критерий) с использованием программного продукта MS Excel.

Линейно-весовые показатели тела по каждой особи, а также качественный и количественный состав микропластика в ЖКТ рыб доступны ссылке <https://disk.yandex.ru/d/dEOFl67tDAAE0Q>

### Глава 3. Результаты исследования

#### 3.1. Морфологические особенности микропластика в ЖКТ рыб

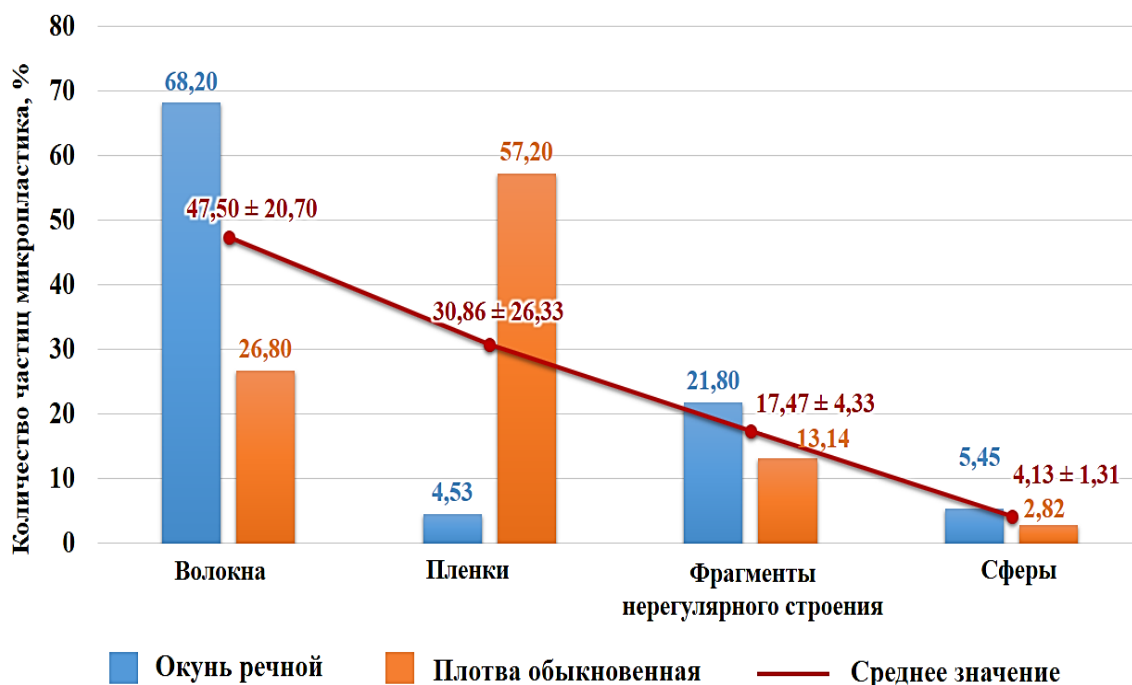
Фрагменты микроскопического пластика в желудочно-кишечном тракте выявлены у 77,9 % (53 шт.) особей Окуня речного и 54,6 % (44 шт.) Плотвы обыкновенной (Рис. 10).



**Рис. 10. Показатели наличия и отсутствия микропластика в ЖКТ в выборках плотвы обыкновенной и окуня речного**

Анализируя морфологию пластиковых частиц, обнаруженных в ЖКТ двух видов рыб мы установили, что в основном микропластик приставлен волокнами. На их долю приходится в среднем 47,5 % (Рис.11).

На втором месте по распространенности находятся фрагменты пленок, в среднем 30,86%. Количество частиц микроскопического пластика нерегулярной формы варьировало в пределах от 13,14 % (Плотва обыкновенная), до 21,8 % (Окунь речной). В незначительных количествах (в среднем около 4,13 %) обнаружены пластиковые частицы имеющие форму сфер.



**Рис. 11. Морфология пластиковых частиц в желудочно – кишечном тракте плотвы обыкновенной и окуня речного, %**

Следует отметить, что в ЖКТ окуня преобладают волокна, тогда как в ЖКТ плотвы преобладают пленки. Данный факт можно объяснить особенностями экологии и питания исследуемых видов. Основу рациона окуня составляет молодь рыбы. На поверхности тела рыб, между элементами чешуи, а также на внутренних поверхностях жаберных крышек оседают микроволокна. Поедая рыбу, окунь их поглощает. Так как молодь питается в основном зоопланктоном, то количество пленок в их ЖКТ минимально [2, 10]. Основу рациона взрослой плотвы (от полутора лет до 4-х – 5-ти лет) составляет бентосная растительность («водный шелк» и т. п.). К талому или стеблю водных растений прилипают фрагменты пленок. В процессе поедания водной растительности плотва поглощает пленки [2, 7, 10].

Размеры микроскопических частиц пластика определяются его морфологией (Таб.1).

Максимальный размер имели пленки 1026 /711 микрон, минимальные размер частиц мы зафиксировали у микросфер. Их диаметр в среднем составил 17,91 микрон.

Таблица 1

## Размеры пластиковых частиц, обнаруженных в ЖКТ ихтиофауны

№ п/п	Вид	Волокна, L, μ		Пленки		Нерегулярный пластик		Микросферы Ø, μ
		L, μ	В, μ	L, μ	В, μ	L, μ	В, μ	
1	Окунь речной	989,65 ± 21,33	969,09 ± 69,06	710,00 ± 68,03	609,97 ± 67,83	462,51 ± 84,80	18,33 ± 1,76	
2	Плотва обыкновенная	953,79 ± 48,55	1083,97 ± 94,46	712,40 ± 72,35	531,11 ± 35,10	385,00 ± 33,70	17,50 ± 4,78	
3	Среднее	971,72 ± 17,93	1026,53 ± 57,44	711,20 ± 1,20	570,54 ± 39,43	423,75 ± 38,75	17,91 ± 0,415	

## 3.2. Количественные показатели микропластика в ЖКТ рыб

Анализируя количество частиц микропластика в ЖКТ рыб, было установлено, что в желудочно – кишечном тракте Плотвы обыкновенной содержится в среднем  $3,25 \pm 0,35$  шт. на одну особь. В органах пищеварения Окуня речного содержится в среднем  $6,22 \pm 0,38$  шт. частиц на одну особь (Таб.2). Количество частиц в ЖКТ окуня варьировало от 0 до 13 шт., а в ЖКТ плотвы от 0 до 10 шт.

Таблица 2

## Количественные показатели микропластика в ЖКТ рыб

№ п/п	Вид	Количество частиц микропластика по виду, шт.					Количество частиц микропластика на одну особь, шт.				
		волокна	пленки	Пластик н/р строения	микросферы	Σ	волокна	пленки	Пластик н/р строения	микросферы	Σ
1	Окунь речной	223	23	68	16	330	4,20 ± 0,31	0,43 ± 0,1	1,28 ± 0,16	0,30 ± 0,09	6,22 ± 0,38
2	Плотва обыкновенная	36	85	18	4	143	0,81 ± 0,17	1,93 ± 0,22	0,40 ± 0,07	0,09 ± 0,04	3,25 ± 0,35

Таким образом, в ходе исследования было установлено что, представители вида Окунь речной накапливают в 1,9 раза больше частиц микропластика чем представители вида Плотва обыкновенная. Как уже отмечалось выше это связано с эколого-биологическими особенностями видов. Используя критерий Пирсона (r) мы выяснили, что существует зависимость между линейно – весовыми показателями тела и количеством частиц микропластика в ЖКТ у представителей вида Окунь речной (Таб.3). У представителей вида Плотва обыкновенная такая зависимость незначительна (Таб.3).

Таблица 3

## Корреляционный анализ многомерных данных исследуемых видов рыб

Вид	Окунь речной			Плотва обыкновенная		
	Стандартная длина - X <sub>1</sub>	Масса тела - X <sub>2</sub>	Частицы микропластика - Y	Стандартная длина - X <sub>1</sub>	Масса тела - X <sub>2</sub>	Частицы микропластика - Y
Стандартная длина - X <sub>1</sub>	1	-	-	1	-	-
Масса тела - X <sub>2</sub>	0,676	1	-	0,863	1	-
<b>Частицы микропластика - Y</b>	<b>-0,704</b>	<b>-0,719</b>	1	<b>-0,318</b>	<b>-0,210</b>	1
Объем выборки - n	53,000	53,000	-	44,000	44,000	-
Преобразование Фишера - z	-0,875	-0,905	-	-0,329	0,213	-
Стандартная ошибка - se	0,141	0,141	-	0,156	0,156	-
Квантиль с_95%	1,959	1,959	-	1,959	1,959	-
Нижняя 95% граница zL	-1,152	-1,182	-	-0,635	0,519	-
Верхняя 95% граница zU	-0,598	-0,628	-	-0,023	0,092	-
Доверительный интервал нижняя 95% граница gL	-0,818	-0,828	-	-0,561	0,477	-
Доверительный интервал верхняя 95% граница gU	-0,535	-0,556	-	-0,023	0,0920	-
t <sub>1</sub> – критерий (p<0,05), масса	t <sub>факт</sub> = -0,704√	$\frac{53 - 2}{1 - (-0,703)^2}$		t <sub>факт</sub> = 0,318√	$\frac{44 - 2}{1 - (-0,318)^2}$	
t <sub>2</sub> – критерий (p<0,05), длина	t <sub>факт</sub> = -0,719√	$\frac{53 - 2}{1 - (-0,719)^2}$		t <sub>факт</sub> = 0,210√	$\frac{44 - 2}{1 - (-0,210)^2}$	
Расчетный t <sub>1</sub> - критерий	7,080			2,173		
Расчетный t <sub>2</sub> - критерий	7,332			1,390		
Критический t – критерий (p<0,05)	2,020			2,021		

Таким образом, можно сделать вывод о том, что большое количество частиц микропластика в ЖКТ рыб оказывает влияние на их рост и развитие. Можно предположить, что на рост и развития рыб может оказывает влияние морфология микропласти-

ка. Для уточнения происхождения пластиковых частиц необходимо провести спектроскопический анализ полимерного состава.

Полученные нами результаты согласуются с результатами исследования ученых Томского государственного университета изучавшими влияние микропластика на биологию молоди Пеляди [9].

Используя критерий Стьюдента ( $p < 0,05$ ) мы провели тест сравнения средних значений размера и массы тела в двух выборках (отсутствие и наличие микропластика в организме) по каждому виду. (Таб. 4). Расчеты показывают, что линейно-весовые показатели представителей вида Окунь речной в организме которых микропластик отсутствует отличаются от особей того же вида, в организме которых микропластик не обнаружен. У представителей вида Плотва обыкновенная аналогичный тест по двум выборкам (отсутствие и наличие микропластика в организме) показал, что средние значения массы и размеров тела в группах не имеют статистически значимых отличий.

**Таблица 4**

**Сравнительный анализ внутрипопуляционных отличий Окуня речного и Плотвы обыкновенной**

№ п/п	Показатели	Вид			
		Окунь речной		Плотва обыкновенная	
		Наличие в ЖКТ микропластика	Отсутствие в ЖКТ микропластика	Наличие в ЖКТ микропластика	Отсутствие в ЖКТ микропластика
1	Число особей в выборке	<b>53</b>	<b>15</b>	<b>44</b>	<b>31</b>
2	Число степеней Свободы (f)	<b>(53+15) - 2</b>		<b>(44+31) - 2</b>	
3	Длина тела, (l, мм)	119,30 ± 1,23	125,93 ± 2,12	118,75 ± 1,36	120,09 ± 1,92
4	Формула расчета t – критерия ( $p < 0,05$ )	t =	$\frac{125,93 - 119,30}{\sqrt{2,12^2 + 1,23^2}}$	t =	$\frac{120,9 - 118,75}{\sqrt{1,92^2 + 1,36^2}}$
5	Расчетный t – критерий	<b>2,706</b>		<b>0,525</b>	
6	Критический t – критерий ( $p < 0,05$ )	<b>1,997</b>		<b>1,993</b>	
7	Масса тела, (q, г)	37,31 ± 0,78	40,81 ± 1,57	80,75 ± 1,60	82,78 ± 2,25
8	Формула расчета t – критерия ( $p < 0,05$ )	t =	$\frac{40,61 - 37,31}{\sqrt{1,57^2 + 0,78^2}}$	t =	$\frac{82,78 - 80,75}{\sqrt{2,25^2 + 1,60^2}}$
9	Расчетный t – критерий	<b>2,005</b>		<b>0,735</b>	
10	Критический t – критерий ( $p < 0,05$ )	<b>1,997</b>		<b>1,993</b>	

#### Выводы

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. В организме ихтиофауны реки Тихая Сносна присутствуют частицы микропластика различной морфологии и гранулометрического состава. Мы установили, что в

основном микропластик представлен волокнами. На их долю приходится в среднем 47,5 %. В незначительных количествах (в среднем около 4,13 %) обнаружены пластиковые частицы имеющие форму микросфер.

2. У исследуемых видов рыб в желудочно – кишечном тракте морфологический состав пластиковых частиц не одинаков. Так, в ЖКТ Плотвы обыкновенной преобладают микропленки, а у Окуня речного - микроволокна. Это связано особенностями экологии и питания исследуемых видов.

3. Анализируя количество частиц микропластика в ЖКТ рыб, было установлено, что в желудочно – кишечном тракте Плотвы обыкновенной содержится в среднем  $3,25 \pm 0,35$  шт. В органах пищеварения Окуня речного в среднем содержится  $6,22 \pm 0,39$  шт. частиц. Количество частиц в организме окуня варьировало от 0 до 13 шт., а в организме плотвы от 0 до 10 шт.

4. Размеры пластиковых частиц присутствующих в пищеварительном тракте исследуемых видов рыб не однороден и зависит от морфологии пластика. Максимальный размер имели пленки 1026 /711 микрон. Минимальные размеры частиц мы имели микросферы, диаметр в среднем составил 17,91 микрон.

5. Расчет корреляции Пирсона (r) показал, что существует зависимость между количеством микропластика в ЖКТ окуня и линейно-весовым показателям тела, у плотвы такая зависимость отсутствует.

6. Сравнение средних значений длины и массы тела внутри популяции показал (критерий Стьюдента ( $p < 0,05$ )), что особи вида Окунь речной в организме которых обнаружен микропластик по линейно-весовым показателям отличаются от особей, у которых микропластик в организме отсутствует. У представителей вида Плотва обыкновенная данная зависимость не установлена.

### **Литература**

1. Андради А.Л. Пластик в микропластиках: обзор // Бюллетень по загрязнению морской среды. 2017. Т. 119. С. 12-22.

2. Атлас пресноводных рыб России / Под ред. Ю. С. Решетникова // Том 1. - М.: Наука, 2002. - 379 с. Том 2. - М.: Наука, 2002.- 253 с.

3. Бадеа, М.А.; Балас, М.; Динишиоту, А. Микропластики в пресных водах: последствия для водных автотрофных организмов и здоровья фауны. Микропластики 2023

4. Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. 3 Методы исследования пресноводных рыб: Учебное пособие по спецкурсу / Пермский ун-т. - Пермь, 2003.113 с

5. Идальго-Руз В., Гутов Л., Томпсон Р. С., Тиль М. Микропластики в морской среде: обзор методов, используемых для идентификации и количественная оценка // Окружающая среда и технологии. 2012. Т. 46. С. 3060-3075.
6. Кастро-Кастельон, А.Т.; Хортон, А.А.; Хьюз, Дж.М.Р.; Рэмпли, С.; Джефферс, Э.С.; Бусси, Г.; Уайтхед, П. Экоотоксичность микропластиков для пресноводной биоты: с учетом воздействия и опасности на разных трофических уровнях// Наука. Общая Среда. 2022
7. Паркер Б.; Андреу Д.; Грин И.; Бриттон Дж.Р. Микропластики у пресноводных рыб: возникновение, воздействие и перспективы на будущее// Рыба. 2021
8. Рочман К.М., Хеллейн Т. Глобальная одиссея пластикового загрязнения. Масштабный подход к мелким частицам раскрывает новые особенности микропластического цикла // Наука. 2020. V. 368. С. 1184-1185.
9. Рахматуллина С.Н., Лемешко Я.Р., Воробьев Е.Д., Бабкина И.Б., Воробьев Д.С., Франк Ю.А. Детекция микропластика в желудочно-кишечном тракте пресноводных. МАТЕРИАЛЫ I ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОПЛАСТИКОМ «MicroPlasticsEnvironment-2022» // п. Шира, Хакасия. 2022
10. Рош С.; Фридрих С.; Бринкер А. Пути поглощения микропластиков рыбами: практические и теоретические подходы к проверке существующих теорий// Научная организация. 2020
11. Скальска К., Окелфорд А., Эбдон Дж.Э., Канди А.Б. Речной микропластик: Поведение, пространственно-временная изменчивость и рекомендации по стандартизированному отбору проб и мониторингу // Journal of Water Process Engineering. 2020.
12. Стерлигова О.П. Методы определения возраста рыб и его практическое значение (учебное пособие). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 57 с.: ил. 44; прил. 4. Библиогр. 80 назв.
13. Тэлбот Р.; Чанг Х. Микропластики в пресной воде: глобальный обзор факторов, влияющих на пространственные и временные вариации // Environ. Pollut. 2022
14. Томпсон, Р.К.; Олсен, Ю.; Митчелл, Р.П.; Дэвис, А.; Роулэнд, С.Дж.; Джон, А.У.; МакГонигл, Д.; Рассел, А.Э. Затерянные в море: где весь пластик. Наука 2004
15. Тихая Сосна : [[рус.](#)] / [vegum.wiki](#) // Государственный водный реестр: [арх. 15 октября 2013] / Минприроды России. - 2009. - 29 марта.
16. Франк Ю.А., Воробьев Е.Д., Воробьев Д.С., Трифонов А.А., Анциферов Д.В., Солиман Х.Т., Уилсон С.П., Стрезов В. Предварительный скрининг концентраций микропластика в поверхностных водах рек Обь и Томь в Сибири, Россия // Устойчивое развитие. 2021. V. 13. 80.
17. Франк Ю.; Ершова А.; Баташева С.; Воробьев Е.; Рахматуллина С.; Воробьев Д.; Фахруллин Р. Микропластики в пресной воде: фокус на внутренних водах России// Устойчивое развитие. 2022. VI. 18. 10.