

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

Заведующий кафедрой  
д.б.н., доцент  
А.В. Синдирева

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистра

**ЗООПЛАНКТОН КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ОЗЕРНЫХ ВОД  
НАДЫМСКОГО РАЙОНА**

05.04.06 Экология и природопользование  
Профиль «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу  
Студент 2 курса  
очной формы обучения

Шумилов  
Максим  
Андреевич

Научный руководитель  
к.б.н., доцент

Алешина  
Ольга  
Анатольевна

Рецензент  
зав. каф. общей биологии,  
ФГБОУ ВО ГАУ Северного  
Зауралья, д.б.н.

Лящев  
Александр  
Анатольевич

г. Тюмень  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	7
1.1. ИЗУЧЕННОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА ЯНАО .....	7
1.2. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ ЯНАО .....	8
1.3. ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА.....	9
1.3.1. ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА .....	10
1.3.2. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА .....	12
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	14
2.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ .....	14
2.2. ЛАНДШАФТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА .....	15
2.3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ.....	17
2.4. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ.....	18
2.4.1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ .....	19
2.4.2. ОСАДКИ.....	21
2.4.3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ .....	22
ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ.....	28
3.1. ФИЗИКО-МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ.....	28
3.2. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА .....	31
3.3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ «КРУГЛЫХ» ОЗЕР.....	33

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛА.....	35
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ .....	40
5.1. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА .	40
5.1.1. ОЗ. КРУГЛОЕ 1.....	41
5.1.2. ОЗ. КРУГЛОЕ 2.....	42
5.1.3. ОЗ. КРУГЛОЕ 3.....	43
5.1.4. СТАРИЦА Р. НАДЫМ.....	44
5.1.5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА .....	45
5.2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ (ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА).....	50
5.2.1. РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА .....	53
5.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ МЕТОДОМ САПРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	54
ВЫВОДЫ.....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	69

## ВВЕДЕНИЕ

Ямало-Ненецкий автономный округ входит в состав Уральского Федерального округа. Территория расположена в арктической зоне на севере Западно-Сибирской равнины и отличается исключительным обилием озер и болот [Измайлова, Корнеевкова, 2020]. Так в округе расположено более 1 млн. озер с различным происхождением [Водные ресурсы России..., 2008], [Государственный доклад, 2018].

Под влиянием развития нефтегазового комплекса окружающая среда региона подвергается сильному антропогенному воздействию. Для обеспечения производственной деятельности ежегодно отчуждаются значительные территории, что ведет к трансформации естественного ландшафта. Особенно уязвимы водные экосистемы, так как вследствие низких температур и низких рН среды процессы самоочищения идут медленно. Известно, что водоемы являются накопителями многих загрязняющих веществ, поэтому возникают проблемы, связанные с ухудшением качества естественных природных вод. Несмотря на то, что прилагаются значительные усилия по охране водных ресурсов, эта проблема остается не решенной. Экологическое состояние водных объектов и качество их вод является необходимым условием сохранения здоровья населения, биоразнообразия, этического и рекреационного потенциала природы [Моисеенко, 2009].

Наиболее полно о состоянии водных объектов можно судить по составу сообществ водных организмов. В экосистеме озер зоопланктону принадлежит одно из ключевых мест, поскольку он находится в основании трофической пирамиды и один из первых принимает на себя оказываемое действие [Иванова, 1985]. Зоопланктон как система биогеоценологического уровня, широко используется для диагностики состояния озер в службе мониторинга и экологическом прогнозировании [Бакаева, Никаноров, 2006]. Известно, что около 80% всей энергии, образуемой в процессе усвоения пищи всеми гидробионтами, приходится на зоопланктонное сообщество

[Иванова, 1985]. Он играет важную роль в фильтрации и седиментации взвешенных веществ, имеет большое значение в процессах самоочищения, что особенно важно для регионов с низкими среднегодовыми температурами.

В связи с вышеизложенным, основная цель работы заключалась в оценке современного уровня развития зоопланктона и качества озерных вод Надымского района ЯНАО.

Для достижения настоящей цели решались следующие задачи:

1. Определить видовой состав и таксономическую структуру зоопланктона;
2. Выявить доминирующие комплексы зоопланктона;
3. Провести анализ эколого-географических характеристик обнаруженных видов;
4. Определить количественные показатели зоопланктона (численность, биомасса) и трофический статус водоемов;
5. Определить сапробность и класс качества воды.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Зоопланктон обследованных озер в основном представлен космополитами, палеарктическими и голарктическими видами. Преобладают виды с широким географическим распространением, способные жить при разном гидробиологическом режиме.
2. Количественное развитие зоопланктона (численность, биомасса) озер характерно для олиготрофных водоемов.
3. Сапробиологический анализ позволяет отнести качество воды ко II классу и охарактеризовать ее как чистую.

**Научная новизна и значимость работы.** Впервые проведены гидробиологические исследования по зоопланктону малых озер севера Западной Сибири. Получены сведения о видовом составе, таксономической структуре и обилии зоопланктона. Определен трофический статус и класс качества воды по сапробности. Полученные данные расширяют сведения об

озерных экосистемах ЯНАО и могут быть использованы в мониторинговых исследованиях региона.

**Апробация работы.** Материалы работы были предоставлены на Международной научно-практической конференции «Экосистемные услуги и менеджмент природных ресурсов» (Тюмень, 2019).

**Публикации.** По материалам конференции в электронном варианте опубликована статья «К изучению зоопланктонного сообщества «Голубых» озер, расположенных в окрестностях города Надым (ЯНАО)» (Алешина О. А., Соромотин А. В., Шумилов М. А., 2019).

**Личный вклад.** Выпускная квалификационная работа основана на результатах собственных полевых исследований зоопланктона водоемов Надымского района. Обработка зоопланктона и анализ данных проводились лично автором, либо при его непосредственном участии в ходе коллективных работ.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. ИЗУЧЕННОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА ЯНАО

Сообщество зоопланктона является основным потребителем первичной продукции или первичного органического вещества, которое образуется в процессе фотосинтеза фитопланктоном в толще воды. В результате питания, потребленное органическое вещество изменяется в теле животного и передается следующему трофическому звену и далее, на новый трофический уровень [Драбкова, Летанская, 1984], [Шишкинская, 2005].

Об использовании зоопланктона в качестве биоиндикатора загрязнения водных экосистем было известно еще в 19 веке. В этот период началось изучение изменения его видового состава в водоемах с разной степенью загрязнения. Начались исследования по изменению численности и биомассы гидробионтов. И только в 50-60-х годах 20 века, наряду с оценками качественного и количественного состава зоопланктона, стали использовать методы, которые характеризуют функциональные процессы, в частности, продукционные, которые и определяют изменение численности и биомассы зоопланктона [Гиляров, 1987], [Алимов, 1989].

С 1970-ого года, в связи с развитием рыбохозяйственного комплекса, появились первые работы по изучению зоопланктона в водоёмах Западной Сибири. В 1990-х годах значительное развитие получил нефтегазопромышленный комплекс, появилась необходимость в изучении зоопланктона, как биоиндикатора качества поверхностных вод. В этот период были проведены исследования: [Богданова, 1995, 2006, 2007а, 2007б, 2009, 2010; Мониторинг биоты..., 1997; Ретроспектива ихтиологических..., 2000; Ермолаева, 2016]. Данные работы посвящены изучению различных водоемов Западной Сибири, в особенности рек. Обратная ситуация наблюдается в изучении зоопланктоценоза озёр Западной Сибири. Данную тему в своих работах изучали [Фролова, Пестрякова, 2016; Савченко, 2016; Ермолаева, Бурмистрова, 2017].

Таким образом, анализ литературы показывает, что вопрос по изучению зоопланктона озёр Западной Сибири, а именно ЯНАО, изучен очень слабо.

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ ЯНАО

В настоящее время возрастающая техногенная нагрузка на водоёмы обуславливает попадание в них таких опасных загрязнителей, как нефтепродукты и тяжёлые металлы.

В последние десятилетия наблюдается ухудшение экологического состояния автономного округа. Активное промышленное освоение подвергает окружающую среду мощному антропогенному и техногенному воздействию. Разработка новых месторождений ведёт за собой рост негативной нагрузки на экологию автономного округа [Проект..., 2018; Доклад..., 2019].

Основное воздействие на окружающую среду в районах организации геологоразведочных работ, а также добычи нефти и газа, связано с антропогенной и техногенной нагрузкой – работа спецтехники в условиях естественного ландшафта, бурение и испытание скважин, прокладка и функционирование нефтепроводов, газопроводов и так далее. В развитых нефтегазовых районах к основным источникам загрязнения относятся бурение, аварийные ситуации (открытое фонтанирование разведочных скважин, повреждение нефте- и газопроводов), сбрасывание отходов бурения скважин (буровой шлам, отработанный буровой раствор, буровые сточные воды). Таким образом, на территории ЯНАО около 79% отходов приходится на долю предприятий нефтегазодобывающей промышленности, около 11% отходов на долю строительства [Проект..., 2018; по данным <http://docs.cntd.ru/document/412701017>; по данным [http://nadymregion.ru/documents/Инвестпаспорт\\_2016.pdf](http://nadymregion.ru/documents/Инвестпаспорт_2016.pdf)].

Ежегодно происходит отчуждение значительных территорий в целях обеспечения производственной деятельности нефтегазодобывающих предприятий, что приводит к расширению территорий, где степень



техногенного воздействия имеет большое значение. В результате, в районах размещения предприятий нефтегазодобывающего комплекса происходит деградация почв, что ведет к трансформации естественного ландшафта [Добровольский, 1997; по данным <http://docs.cntd.ru/document/412701017>].

Существенные нарушения почвенно-растительного покрова происходят в ходе разработки месторождений, строительного-монтажных работ, прокладки трубопроводов и автодорог, бессистемного движения спецтехники [Добровольский, 1997]. В результате интенсивно развивающихся процессов водной эрозии, появляются провалы и овраги. Все это приводит к заболачиванию территории и деградации рельефа, уменьшению площадей сенокосных и пастбищных угодий [По данным <http://docs.cntd.ru/document/412701017>].

Так же важным в структуре загрязнения остается природное загрязнение, в том числе, гуминовыми кислотами, а также иными недоокисленными веществами, попадающими в реки из озер и болот, во время весенне-летнего паводка. Указанные соединения в первую очередь обуславливают высокие значения показателя «перманганатная окисляемость», являющегося индикатором нахождения в воде большого числа недоокисленных веществ [Доклад..., 2019; Уварова, 2011].

### 1.3. ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА

При поступлении вредных веществ в водную среду происходит ухудшение ее биосферных функций. Экологическое воздействие загрязняющих веществ проявляется на различных уровнях: организменном, популяционном, биоценоотическом, экосистемном. На организменном уровне происходит нарушение отдельных физиологических функций. Вследствие прямого воздействия токсинов изменяется поведение, повышается смертность. На популяционном уровне загрязнение оказывает влияние на численность и биомассу, рождаемость и смертность, половую и размерную структуры. На биоценоотическом уровне загрязнение приводит к изменению

структуры и функции водного сообщества, поскольку одинаковые загрязняющие вещества неоднородно влияют на различные компоненты биоценоза. Как следствие, происходит деградация экосистем - ухудшение их как среды обитания [Константинов, 1986].

В ходе эволюции у гидробионтов выработались различные приспособления к различным условиям существования. Такая пластичность организации содействовала тому, что беспозвоночные организмы населяют не только разнообразные водоемы: пресные, солоноватоводные и соленые водоемы с теплой или холодной водой, но многие из них адаптировались к существованию в местах, где вода бывает в малом количестве, или только временно: в прибрежном песке водоемов, во мху, в лесной подстилке, в почве [Панин, Сечин, Федосова, 2014].

Наибольшее число видов водных беспозвоночных требовательны к условиям существования, к качеству пищи, к физическим показателям воды и ее гидрохимическому составу. Если организмы не находят в обитаемой среде необходимые им условия, они погибают [Панин, Сечин, Федосова, 2014].

Сброс значительной массы загрязняющих веществ в поверхностные воды (аммонийного азота, нитритов, сульфидов, фосфатов, нефтепродуктов) ведет к изменению водного сообщества, а именно к уменьшению численности отдельных видов организмов. Промышленные сточные воды, поступающие в водоем изменяют температурный режим, кислотность водоемов, содержание  $O_2$  гидрохимический состав воды, что приводит к нарушению жизни в водоемах [Джимова, Гончарова, 2005].

### 1.3.1. ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА

Нефть и нефтепродукты представляют собой сложную смесь углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений, таких как соединения серы, азота и кислорода [Ограниченная химия..., 2002].

Нефтяные компоненты при поступлении в поверхностные воды находятся в различных формах. В начальный период 70% поступившей нефти содержится в толще воды в растворенном, эмульгированном, адсорбированном состоянии. Как правило, эмульгированных компонентов почти в 2 раза больше растворенных. Растворенные компоненты состоят на 80% из ароматических углеводородов, которые обладают высокой токсичностью из-за значительной способности быстро растворяться в воде. Далее нефть и нефтепродукты вступают в общую цепь сложных и длительности процессов (окисление, агрегирование, седиментирование, деградация) [Егоров, Шипулин, 1998; Ограническая химия..., 2002].

На гидробионтов разливы нефти могут оказывать воздействие в течение десятков лет. Степень влияния зависит от вида нефти и обстоятельств, при которых произошёл разлив. Свежие разливы нефти ведут к массовой гибели беспозвоночных организмов, независимо от того где они находятся: в прибрежной зоне, в толще воды или в донных отложениях. В больших объёмах воды сообщество зоопланктона быстрее восстанавливается до исходного состояния, чем те, которые обитают в небольших акваториях [Воробьев, 2006].

При нефтяном загрязнении численность и биомасса гидробионтов зависит от концентрации, продолжительности его воздействия и адаптированности к нефтяному загрязнению планктонных животных что подтверждается в работах [Фефилова, 2011; Григорович, Залялетдинова, Денисова, 2013; Минина, Нуянзина, Карташев, 2014].

Таким образом, можно заключить, что загрязнение водоемов нефтепродуктами оказывают существенное влияние на зоопланктонное сообщество.

### 1.3.2. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА

Водные животные и растения на разных трофических уровнях могут накапливать в своем теле тяжелые металлы (ТМ) [Будников, 1998; Глазунова, 2007; Голованова, 2008]. В работе [Горюнова, 1996] описано совместное накопление цинка и кобальта водорослями *Scenedesmus quadricauda*. Активное накопление веществ через поверхности антенн отмечается у представителей рода *Daphnia* [Лузгин, 1983]. В отечественной литературе имеются данные по аккумуляции тяжелых металлов в различных тканях рыб [Попов, Аношин, 2002; Глазунова, 2007; Салтыкова, 2011].

Внутри тела гидробионтов (бактерии, планктон, беспозвоночные и позвоночные животные) тяжелые металлы проникают из воды и донных осадков непосредственно через поверхность тела и водные органы дыхания [Линник, Щербань, 1999; Григорьев, 2005; Галатова, 2007; Медянкина, 2007]. В основном, это формы, растворимые в воде, которые легко и быстро усваиваются.

Реакция организма на токсиканты проявляется различно, и связана с видовой принадлежностью, с возрастом особи, половой принадлежностью, фертильностью. А также зависит от абиотических факторов среды: минерализации, содержания кислорода в воде, активной реакции среды и других влияний [Брагинский, 1987; Григорьев, 2006]. При влиянии тяжелых металлов, как токсикантов, на водных животных, наблюдается изменения и нарушения в различных системах: пищеварительной, половой, нервной. У растительных организмов происходит нарушение процессов фотосинтеза [Trautmann, 2001; Куценко, 2004],.

Токсическое воздействие тяжелых металлов на зоо- и фитопланктон объясняется тем, что эти сообщества способны аккумулировать металлы. Особенно это характерно для фильтраторов. Металлы не разлагаются и потому могут неограниченно долгое время сохраняться в тканях организмов. Накопленные ТМ могут передаваться по звеньям пищевой цепи, в конце

которой увеличивают свою концентрацию в теле животных в сотни и тысячи раз. Кроме того, отмерший зоо- и фитопланктон оседает и накапливается в донных осадках, что способствует деградации донных сообществ - бентоса [Kalay, 2000; Heijerick, 2005; Зилов, 2008; Fan, 2009].

## ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Ямало-Ненецкий АО (ЯНАО) входит в состав Уральского федерального округа (УрФО). Территория округа расположена в арктической зоне на севере Западно-Сибирской равнины. Округ занимает обширную площадь в 769 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 42% от УрФО. Около 50% территории автономного округа находится за Северным полярным кругом [Регионы России..., 2019; по данным <https://национальныйатлас.рф>].

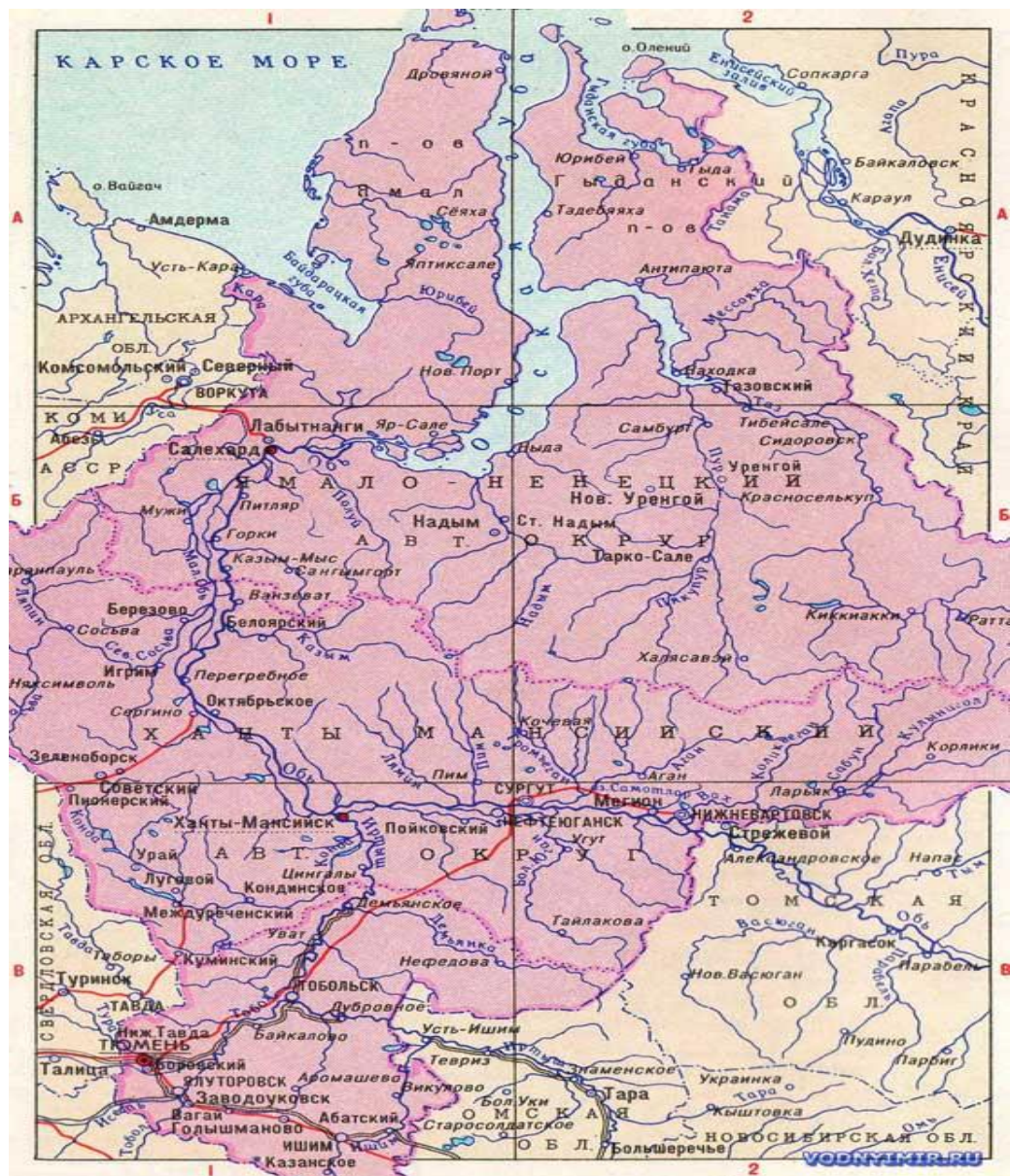


Рис. 1. Географическое положение Ямало-Ненецкого автономного округа

Территория округа включает три крупных полуострова: Гыданский, Тазовский и Ямал, а также группу островов на шельфе Карского моря: Белый, Вилькицкого, Литке, Олений, Шараповы Кошки, Шокальского и другие [По данным <https://национальныйатлас.рф>].

На западе ЯНАО граничит с республикой Коми и Ненецким АО (Архангельская область), на востоке - Красноярский край, на юге – Ханты-Мансийский АО (Тюменская область). Северная граница округа омывается водами Карского моря (Северного Ледовитого океана) и имеет протяженность 5100 км [По данным <https://национальныйатлас.рф>].

С севера на юг территория округа простирается на 1150 км, с запада на восток - 1130 км.

В таблице 1 представлены крайние географические точки ЯНАО.

Таблица 1

#### Географические координаты крайних точек ЯНАО

Сторона горизонта	Название крайней точки	Географические координаты
Север	о. Вилькицкого	73°31' с.ш. 76°01' в.д.
Север	п-ов Ямал, м. Скуратова	72°56' с.ш. 69°23' в.д.
Запад	Уральские горы (Полярный Урал, ист. р. Колокольня)	65°43' с.ш. 62°00' в.д.
Восток	-	64°16' с.ш. 86°00' в.д.
Юг	ист. р. Етыпур (бассейн реки Пур)	62°27' с.ш. 78°05' в.д.

## 2.2. ЛАНДШАФТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Западно-Сибирская равнина представляет собой чередование возвышенностей и низменностей, достигающих высот 250 – 285 м. Сибирские увалы разделяют ее на две котловины: Нижнеобскую и Среднеобскую [Морфоструктура и морфоскульптура..., 1986].

В целом рельеф района Нижнеобской котловины представлен плоскими сильнозаболоченными многоозерными низменностями и

разделяющими их повышенными менее заболоченными дренированными долины. Так, с запада на восток, Северо-Сосьвинская возвышенность – Нижнеобская низменность – Полуйская возвышенность – Надымская низменность – Ненецкая возвышенность – Пурская низменность, Таз-Пурская возвышенность – Тазовская низменность [Морфоструктура и морфоскульптура..., 1986; Природа Ямала, 1995].

Особенностью территории является распространение массивов незакрепленных развеваемых песков, а также фрагментов незаторфованных суглинистых холмисто-увалистых равнин (ледникового генезиса) на междуречьях [Морфоструктура и морфоскульптура..., 1986; Природа Ямала, 1995].

В структуре ландшафта преобладают плоскоместные террасовые местности с лиственнично-сосновыми и сосновые с лиственницей лишайниковыми лесами на таежно-глеевых почвах и лиственнично-елово-кедровыми лесами на на тундрово-глеевых почвах. На обширных пространствах заторфованных междуречий естественны сочетания крупно- и плоскобугристых мерзлых торфяников. Реже встречаются кочковатые мерзлые кустарничково-моховые болота в сочетании с бугристыми торфяниками и ерниковыми мохово-лишайниковыми болотами [Природа Ямала, 1995; по данным <https://национальныйатлас.рф>].

Для пойм рек и ее притоков характерны лугово-болотно-кустарниково-лесные ландшафты с сочетанием арктофиловых, осоковых и разнотравно-злаковых лугов и низинных болот [Природа Ямала, 1995; по данным <https://национальныйатлас.рф>].

Среди современных физико-геологических процессов и явлений на данной территории имеют развитие мерзлотные процессы, обводнение и заболачивание, реже наблюдаются процессы эрозии, локальное распространение имеют эоловые процессы. Мерзлотные процессы на участках, представлены развитием полигонально-жильных льдов,



термокарстовыми образованиями, сезонным и многолетним пучением грунтов. [Природа Ямала, 1995].

В целом ландшафт рассматриваемой территории отличается низкой устойчивостью к техногенным воздействиям и замедленным процессом самовосстановления, в особенности на участках распространения ММП [Природа Ямала, 1995].

### 2.3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Рассматриваемая территория отличается исключительным обилием озер и болот [Водные ресурсы России..., 2008].

По данным Института озероведения РАН в округе расположено более 1 млн. озер и искусственных водоемов с общей площадью около 39 тыс. км<sup>2</sup> (озерность 5,07%) [Измайлова, Корнеенкова, 2020]. Основная часть водоемов расположена на севере округа. Происхождение озер различное: на равнинах региона распространены болотные, пойменные, прибрежно-лагунные, термокарстовые, ледниковые и другие; на горных склонах Полярного Урала встречаются тектонические озера. В основном озера имеют небольшие размеры – площадь водного зеркала составляет менее 1 км<sup>2</sup>, с глубинами до 5 м. Встречаются и крупные озера с большой площадью водной поверхности и значительной глубиной. Например, оз. Нейто-Малто (70°03' с. ш., 70°20' в. д.) имеет площадь зеркала 193 км<sup>2</sup>, а в оз. Большое Щучье (67°53' с. ш., 66°18' в. д.) максимальная глубина достигает 136 м [Природа Ямала, 1995; Водные ресурсы России..., 2008].

Болота и заболоченные земли занимают 19,24% территории ЯНАО [Водные ресурсы России..., 2008; Измайлова, Корнеенкова, 2020].

Площадь и число озер и искусственных водоемов, болот и заболоченных земель непостоянны, они зависят от природных (водный режим, климатические явления, заболачивания и др.) и, в значительно меньшей степени, антропогенных (осушение территорий и др.) факторов [Природа Ямала, 1995].

Гидрографическая сеть рассматриваемой территории принадлежит бассейну Карского моря и представлена более чем 50 тыс. рек и речек с протяженностью около 291 тыс. км. Наиболее значительными реками являются Обь, Надым, Пур, Таз. У большинства рек широкие долины, двусторонние поймы, извилистые русла и малые уклоны [Природа Ямала, 1995; Водные ресурсы России..., 2008; по данным <http://gcbs.ru>].

Поверхностные воды ЯНАО имеют ряд гидрохимических особенностей. Питание рек и водоемов преимущественно снеговое, что приводит к низкой минерализации вод. Важным фактором в формировании гидрохимического состава является наличие на территории болот, что предопределяет специфический состав вод, характеризующийся значительным количеством гуминовых кислот. Гуминовые вещества, в результате вымывания из органической массы торфов, извлечения из почв, придают воде желтовато-коричневый оттенок. Присутствие в воде большого количества органических веществ формируют ее высокую цветность и окисляемость. Естественными ландшафтно-геохимическими условиями вызвано практически повсеместное превышение предельно допустимых концентраций по железу (до 9 раз) и марганцу (до 7 - 10 раз) [Московченко, 1998; Кремлева и др., 2012; Дину, 2012].

#### 2.4. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ

Территория округа располагается в трех климатических поясах: арктической, субарктической и умеренной зоны северной полосы Западно-Сибирской низменности [Природа Ямала, 1995; по данным <https://национальныйатлас.рф>].

Сильное влияние на формирование климата ЯНАО оказывают его расположение, малое количество солнечной радиации, большое удаление от теплых воздушных и водных потоков, Уральские горы на западе, пологий равнинный рельеф, многолетняя мерзлота, глубоко врезающиеся в сушу заливы, холодные воды Карского моря, большое количество рек, множество

болот. В целом для округа характерна длительная зима (до 8 мес.), короткое лето [Природа Ямала, 1995].

Солнечная радиация играет в формировании климата ведущую роль, так как под ее воздействием протекают все физические процессы в атмосфере и на земной поверхности. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, неодинаково и, прежде всего, зависит от высоты солнца над горизонтом и от продолжительности дня [Природа Ямала, 1995].

Климатическая характеристика района составлена по обобщенным метеонаблюдениям на четырех метеостанциях, данные измерений которых более показательны для исследуемой территории: Надым, Новый Уренгой, Ноябрьск, Салехард.

#### 2.4.1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ

Средняя годовая температура воздуха на рассматриваемой территории от  $-5,3^{\circ}\text{C}$  до  $-3,1^{\circ}\text{C}$  (Таблица 2). Величина годовой амплитуды между средней месячной температурой самого холодного и самого теплого месяца составляет  $38,5 - 40,8^{\circ}\text{C}$  (Таблица 2, рис. 1-4) [По данным <https://rp5.ru/>].

Наиболее холодным месяцем в году является январь, средняя температура которого составляет минус  $23,3^{\circ}\text{C}$  (Таблица 2). Наиболее теплым месяцем в году является июль, средняя температура которого составляет плюс  $16,1^{\circ}\text{C}$  [По данным <https://rp5.ru/>].

При вторжении холодных арктических масс воздуха возможны очень резкие понижения температуры в июле, так 02.07.2005 в городе Новый Уренгой на метеостанции была зафиксирована отрицательная температура (минус  $17,1^{\circ}\text{C}$ ) (Таблица 2) [По данным <https://rp5.ru/>].

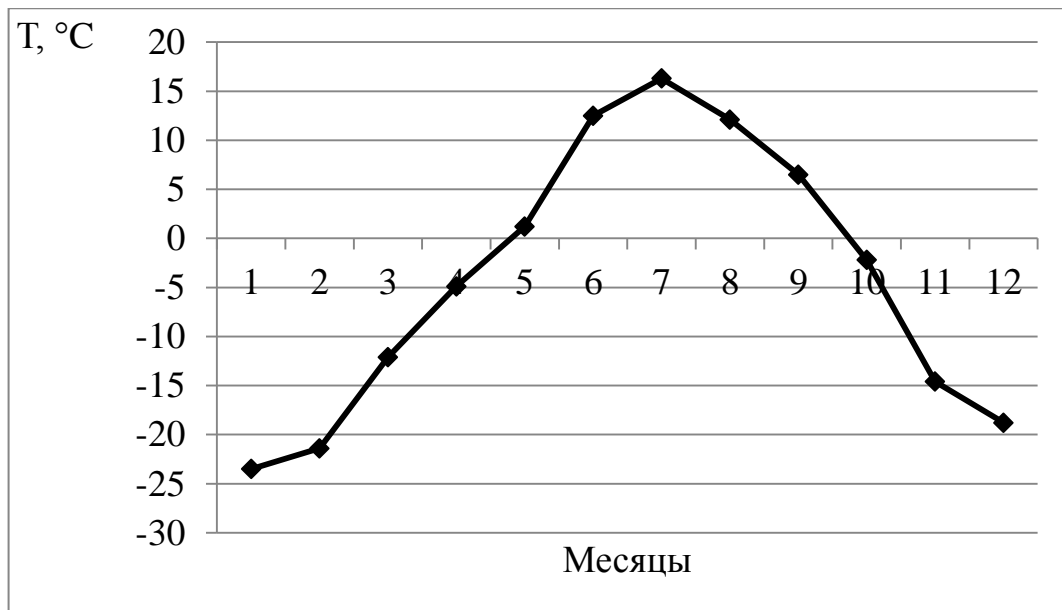


Рис. 2. Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Надым, °С (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

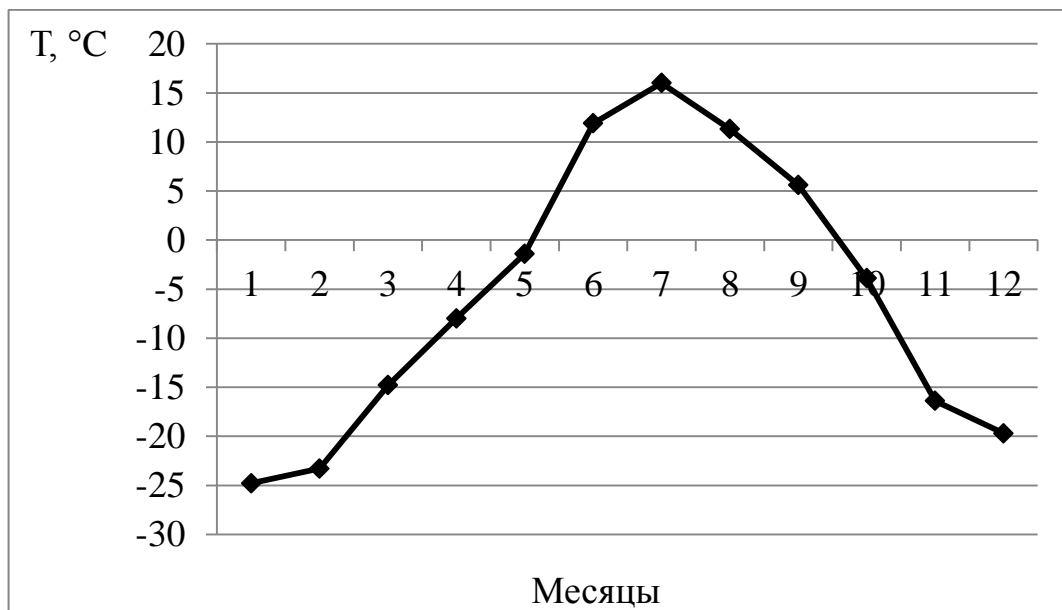


Рис. 3. Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Новый Уренгой, °С (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)



Рис. 4. Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Ноябрьск, °C (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

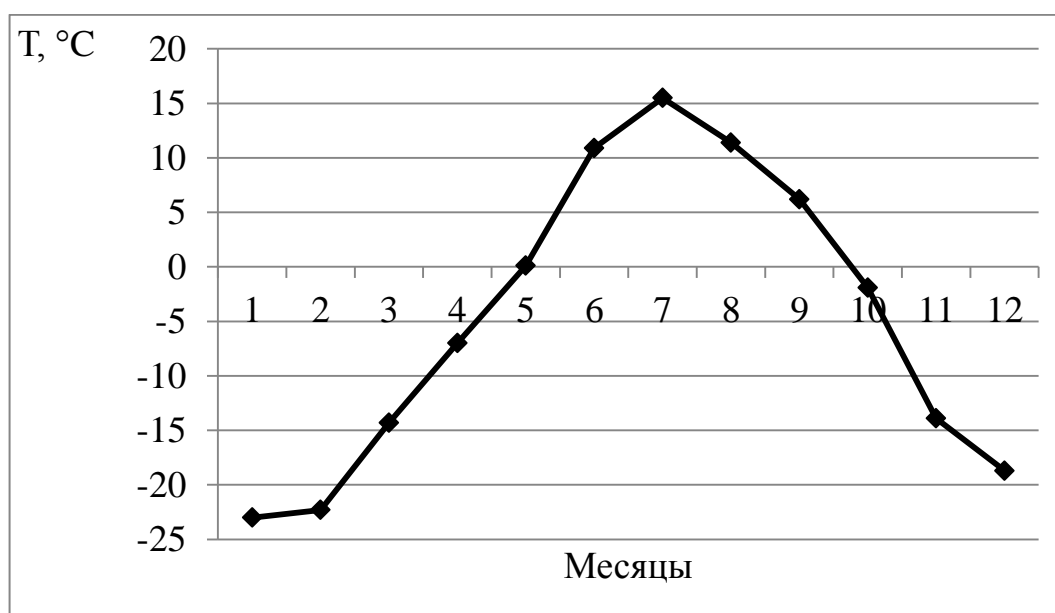


Рис. 5. Средняя многолетняя месячная температура воздуха по данным метеостанции Салехард, °C (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

#### 2.4.2. ОСАДКИ

Из годового количества осадков на холодный период (ноябрь-март) приходится лишь 26%. В первую половину зимы выпадает больше половины зимнего количества осадков. Годовой минимум осадков падает на февраль. Основное количество осадков выпадает с июня по октябрь. На теплое время года приходится 50% всех осадков. Годовой максимум осадков приходится

на июнь-август. В эти месяцы суммы осадков достигают 54-104 мм (Таблица 3). Число дней с осадками для большей части территории составляет около половины всех дней в году. Преобладают осадки слоем менее 5 мм в сутки [По данным <https://rp5.ru/>].

Количество и распределение осадков на рассматриваемой территории определяются, главным образом, особенностями общей циркуляции атмосферы, в частности, фронтальной деятельностью западных циклонов. Средняя многолетняя сумма осадков в районе составляет 544 мм (Таблица 3, рис. 6) [По данным <https://rp5.ru/>].

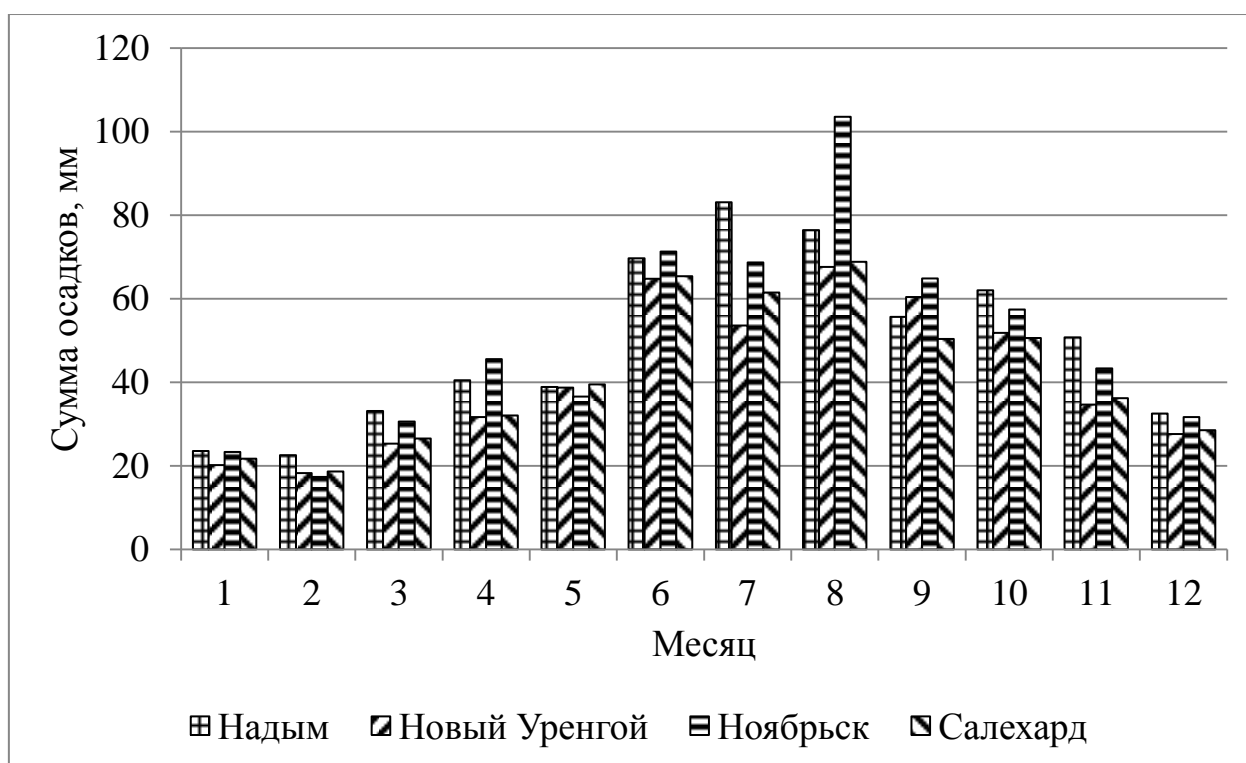


Рис. 6. Сумма осадков по данным метеостанциям, мм  
(01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

### 2.4.3. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Одним из существенных факторов формирования климата является снежный покров. Высота снежного покрова и характер его залегания оказывают влияние на термический режим почвы, в частности, на глубину ее промерзания [Природа Ямала, 1995].

В исследуемом районе снежный покров появляется в среднем в первой декаде октября (Таблица 4). Первый снег сходит под влиянием оттепелей и жидких осадков [По данным <https://rp5.ru/>].

Устойчивый снежный покров образуется в середине второй - начале третьей декады октября. Сроки образования устойчивого снежного покрова, так же как и сроки появления его, из года в год колеблются в зависимости от характера погоды, определяемой особенностями циркуляции предзимнего периода [Природа Ямала, 1995].

Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова на рассматриваемой территории происходит в период со второй половины ноября и до начала января, когда количество выпадающих осадков значительно за счет наибольшей повторяемости циклонической погоды. Средняя месячная высота снежного покрова за зиму на защищенных от ветра местах 71 см (Таблица 5) [По данным <https://rp5.ru/>].

Район характеризуется очень неравномерным залеганием снежного покрова. Наряду с сугробами, которые образуются в понижениях или в кустарниках, здесь имеются места с очень тонким слоем снега. На рассматриваемой территории снег держится в среднем 221 день. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в первой – второй декаде мая (Таблица 4) [По данным <https://rp5.ru/>].

Интенсивность схода снежного покрова зависит от местных условий. На пониженных защищенных местах таяние снега происходит медленнее, на возвышенных и открытых местах – быстрее [Природа Ямала, 1995].

Таблица 2

Средняя многолетняя месячная и годовая температура воздуха, °С (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

Метеостанция		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Надым	Тср., °С	-23,5	-21,4	-12,1	-4,9	1,2	12,5	16,3	12,1	6,5	-2,2	-14,6	-18,8
	Tmin, °С	-50 12.01.06	-48,4 01.02.19	-43,1 01.03.07	-32,4 06.04.05	-22,4 01.05.06	-14,6 29.06.08	2,1 05.07.18	-0,5 28.08.06	-9,6 26.09.13	-49,4 22.10.06	-42,5 30.11.09	-49,5 21.12.16
	Tmax., °С	1,2 21.01.07	1,5 27.02.16	12,2 12.03.15	14,3 19.04.11	27,9 29.05.12	34,0 14.06.12	38,6 22.07.18	30,4 19.08.07	24,9 01.09.08	16,2 02.10.09	10,3 02.11.15	1,5 07.12.11
Новый Уренгой	Тср., °С	-24,8	-23,3	-14,8	-8	-1,4	11,9	16,0	11,3	5,6	-3,9	-16,4	-19,7
	Tmin, °С	-53,7 12.01.06	-48 21.02.14	-46,7 01.03.07	-32,4 07.04.06	-21,7 01.05.06	-12 15.06.15	-17,1 02.07.05	-5,3 06.08.11	-7,6 27.09.13	-28,6 29.10.06	-53 04.11.11	-47,8 21.12.16
	Tmax., °С	-0,4 21.01.07	1,7 27.02.16	4,0 28.03.08	7,8 19.04.11	23,7 30.05.11	32,7 13.06.12	33,1 16.07.19	27,7 19.08.07	23,7 08.09.09	15,3 02.10.09	2,6 06.11.10	0,1 17.12.18
Ноябрьск	Тср., °С	-23,0	-20,6	-10,6	-3,5	2,5	13,8	16,4	12,2	6,5	-2,1	-14,3	-18,3
	Tmin, °С	-55,5 12.01.06	-46,7 12.02.09	-43,1 02.03.07	-28,8 04.04.06	-18,7 01.05.06	-3,1 01.06.07	1,2 16.07.14	-3,4 28.08.06	-8,4 26.09.13	-26,7 27.10.09	-38,6 28.11.09	-52,4 21.12.16
	Tmax., °С	0,3 21.01.07	2,7 27.02.16	5,5 30.03.16	15,8 19.04.11	28,8 30.05.12	31,0 11.06.12	33,6 21.07.12	29,1 05.08.16	26,4 01.09.08	17,7 06.10.18	3,6 07.11.06	0,3 07.12.11
Салехард	Тср., °С	-23,0	-22,3	-14,3	-7,0	0,1	10,9	15,5	11,4	6,2	-1,9	-13,9	-18,7
	Tmin, °С	-49,7 11.01.06	-46,5 02.02.19	-43,1 01.03.07	-33,3 05.04.06	-20,1 01.05.07	-19,5 30.06.08	-0,4 03.07.09	-4,4 30.08.11	-6,8 29.09.16	-27,7 21.10.06	-41,8 30.11.09	-44,2 21.12.16
	Tmax., °С	2,8 15.01.18	2,1 26.02.15	6,8 30.03.16	8,2 20.04.07	23,9 31.05.11	31,2 15.06.12	31,9 18.07.13	28,2 06.08.10	23,7 07.09.09	13,9 02.10.09	2,4 08.11.13	2,7 27.12.13



Таблица 3

Среднее месячное и годовое количество осадков, мм (01.01.2005г. - 31.12.2019г.)

Метеостанция	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Надым	24	23	33	41	39	70	83	76	56	62	51	33	589
Новый Уренгой	20	18	25	32	39	65	54	68	60	52	35	28	495
Ноябрьск	23	17	31	46	37	71	69	104	65	57	43	32	594
Салехард	22	19	27	32	40	65	62	69	50	51	36	29	500

Таблица 4

Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова

Станция	Число дней со снежным покровом (усредненное)	Дата появления снежного покрова			Дата образования устойчивого снежного покрова			Дата разрушения устойчивого снежного покрова			Дата схождения снежного покрова		
		Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя
Надым	212	9 окт	2 окт	16 окт	21 окт	6 окт	4 ноя	14 май	26 апр	2 июн	27 май	17 май	5 июн
Новый Уренгой	232	5 окт	29 сен	11 окт	15 окт	1 окт	29 окт	19 май	7 май	2 июн	1 июн	24 май	8 июн
Ноябрьск	218	5 окт	28 сен	12 окт	21 окт	13 окт	29 окт	4 май	22 апр	16 май	27 май	17 май	6 июн
Салехард	221	9 окт	3 окт	16 окт	21 окт	10 окт	31 окт	6 май	27 апр	15 май	29 май	15 май	11 июн

Таблица 5

Средняя и максимальная высота снежного покрова, см (01.01.2015г.-31.12.2019г.)

Станция		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Надым	Нср., мм	58	67	75	70	39	9	0	0	2	11	27	45
	Нтах, мм	94	111	110	129	95	32	0	0	5	43	56	85
Новый Уренгой	Нср., мм	58	76	93	103	69	26	0	0	3	10	19	34
	Нтах, мм	99	126	132	141	127	71	0	0	10	25	36	77
Ноябрьск	Нср., мм	39	45	50	39	9	1	0	0	2	8	19	31
	Нтах, мм	66	65	74	70	49	2	0	0	2	103	37	50
Салехард	Нср., мм	41	47	54	55	33	5	0	0	6	8	20	33
	Нтах, мм	76	90	83	90	99	10	0	0	12	29	51	74

### ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Изученные нами водные объекты расположены в окрестностях г. Надым (Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа). Так как общепринятые названия у исследуемых водоемов отсутствуют, далее они обозначены как «Старица р. Надым», «Круглое 1», «Круглое 2» и «Круглое 3». Морфология и координаты озер представлены в таблице 6.

Таблица 6

Местоположение и морфометрические характеристики обследованных  
[Соромотин и др., 2017]

Название	Географические координаты	Максимальные линейные размеры, м	Максимальная глубина, м	Площадь, км <sup>2</sup>
оз. Круглое 1	65°20'28" с. ш. 72°59'05" в. д.	Длина - 217 м; Ширина - 190 м	7,7	0,032
оз. Круглое 2	65°12'51" с. ш. 73°11'11" в. д.	Длина - 210 м; Ширина - 153 м	12	0,026
оз. Круглое 3	65°19'16''с.ш. 72°58'18''в.д.	Длина - 127 м; Ширина - 101 м	8,3	0,010
Старица р. Надым	65°21'47''с.ш. 72°55'49''в.д.	Длина - 2805 м; Ширина - 1775 м	3,2	0,972

#### 3.1. ФИЗИКО-МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ВОДОЕМОВ

Оз. Круглое 1 (65°20'28" с. ш.; 72°59'05" в. д.) – водоем в Надымском районе ЯНАО в 30 км юго-восточнее от г. Надым.



Рис. 7. Космоснимок оз. Круглое 1

Площадь озера составляет 31620 м<sup>2</sup>. Длина – 217 м, ширина – 190 м. Максимальная глубина – 7,7 м. Прозрачность – 4,5 м. Берег озера преимущественно пологий.

Оз. Круглое 2 (65°12'51" с. ш.; 73°11'11" в. д.) – водоем в Надымском районе ЯНАО в 47 км юго-восточнее от г. Надым.

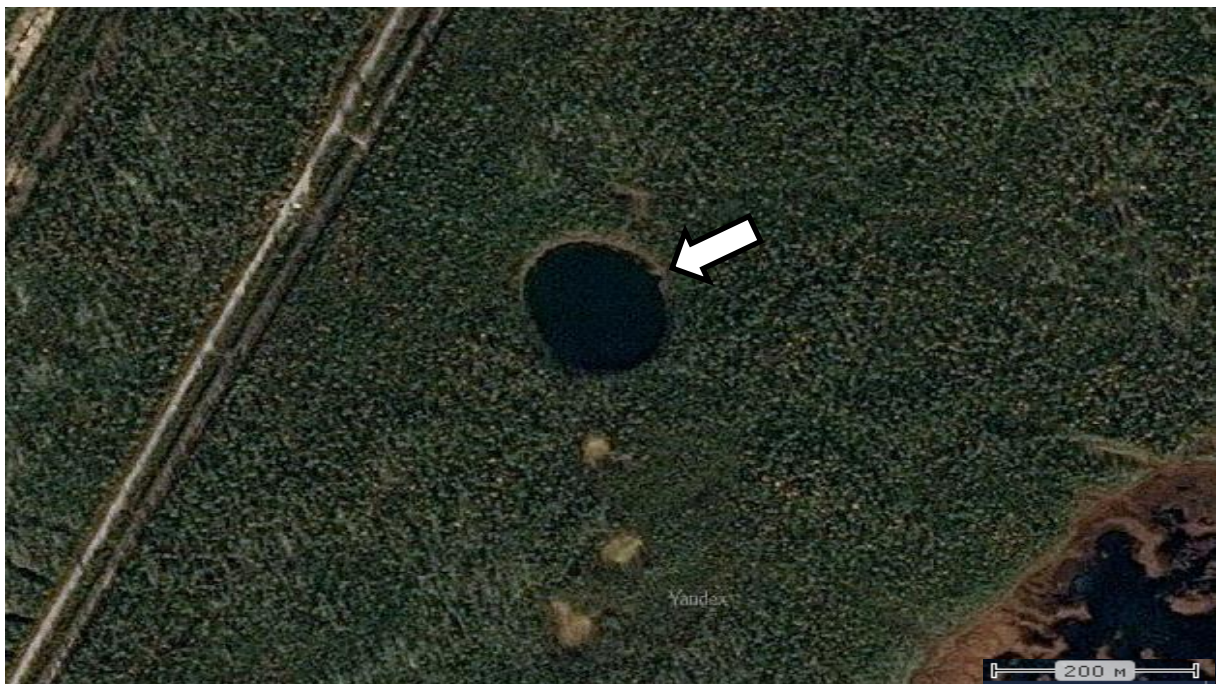


Рис. 8. Космоснимок оз. Круглое 2



Площадь озера составляет 25734 м<sup>2</sup>. Длина – 210 м, ширина – 153 м. Максимальная глубина – 12 м. Прозрачность – 3,3 м. Берег озера обрывистый.

Оз. Круглое 3 (65°19'12" с. ш.; 72°58'21" в. д.) – водоем в Надымском районе ЯНАО в 31 км юго-восточнее от г. Надым.



Рис. 9. Космоснимок оз. Круглое 3

Площадь озера составляет 9544 м<sup>2</sup>. Длина – 127 м, ширина - 101 м. Максимальная глубина – 8,3 м. Прозрачность – 4,4 м. Берег озера обрывистый.

Все три озера бессточные. Имеют форму почти правильного овала. Вода прозрачная, имеет голубой оттенок. Почвообразующие породы, представлены рыхлыми белесыми песками мощностью до 5 м, морфологически напоминающие переотложенные флювиогляциальные осадки, формирующиеся в ультрапресной обстановке и характеризующиеся промывным режимом [Сизов и др., 2017].

В статье [Соромотин и др., 2017] была рассмотрена морфология дна данных озер. В результате своих исследований была установлена воронкообразная форма, а учитывая значительную глубину и правильную

форму данных озер, предполагается эндогенное происхождение озерных котловин.

Старица р. Надым (65°21'47" с. ш.; 72°55'49" в. д.) – водоем в Надымском районе ЯНАО в 26 км юго-восточнее от г. Надым.



Рис. 10. Космоснимок старицы р. Надым

Самый крупный водоем, расположенный на 2-й надпойменной террасе р. Надым. Бессточное. Его площадь составляет 972000 м<sup>2</sup>. Протяженность с севера на юг – 1775 м; с запада на восток – 2805 м. Максимальная глубина – 3,2 м. Прозрачность – 0,9 м. Берег преимущественно обрывистый.

### 3.2. ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

По классификации О. А. Алекина все водоемы принадлежат сульфатно-кальциевому типу. Вода во всех озерах относится к пресным с кислой реакцией среды [Алекин, 1989]. Перманганатная окисляемость имеет невысокие значения и не превышает 2,3-4,3 мгО<sub>2</sub>/л. По концентрации основных ионов воды полученные показатели значительно ниже ПДК, что отражено в таблице 7. Анализ воды на тяжелые металлы показал превышение ПДК среди ионов по Cu<sup>2+</sup> и Ni<sup>2+</sup>. Высокое содержание данных микроэлементов в воде является природной особенностью озер тундровой

зоны Западной Сибири [Дину, 2012]. Высокая концентрация ионов железа связана с обилием болот и характерно для водных объектов региона [Московченко, 1998].

Таблица 7

Химические характеристики поверхностных вод исследованных озер и ПДК для рыбохозяйственных водоемов (по данным лаб. экол. исследований ТюмГУ)

Характеристика	Водоем				ПДК в мг/л
	оз. Круглое 1	оз. Круглое 2	оз. Круглое 3	Старица р. Надым	
рН	5,9	5,2	5,4	5,7	
Минерализация, мг/л	227,5	94,5	198,5	186,6	
УЭП, мкСм/см	213,0	55,0	64,7	133,0	
ПО, мгО <sub>2</sub> /л	2,3±0,2	3,1±0,3	4,3±0,4	3,1±0,3	Лето 6,0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,61
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	7,7	1,4	5,5	3,1	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	25,4	14,2	14,4	9,6	100
Сl, мг/л	3,8	4,4	4,4	4,7	300
K <sup>+</sup> , мг/л	10,5	3,2	11,5	13,8	50
Na <sup>+</sup> , мг/л	37,8	19,3	29,0	26,2	120
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	28,2	12,1	34,2	34,5	40
Ca <sup>2+</sup> , мг/л	112,8	39,6	99,0	94,1	180
<b>Fe<sup>3+</sup>, мг/л</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>
Co <sup>2+</sup> , мкг/л	0,2	0,1	0,1	0,4	10
Cd <sup>2+</sup> , мкг/л	0,0	0,1	0,3	0,1	5
<b>Cu<sup>2+</sup>, мкг/л</b>	<b>3,5</b>	<b>1,2</b>	<b>100,9</b>	<b>5,2</b>	<b>1</b>
Mn <sup>2+</sup> , мкг/л	0,6	0,1	0,2	0,1	10
Cr <sup>3+</sup> , мкг/л	2,6	2,2	2,9	2,4	20
<b>Ni<sup>2+</sup>, мкг/л</b>	<b>21,2</b>	<b>27,8</b>	<b>28,6</b>	<b>19,5</b>	<b>10</b>

Примечание: ПДК для рыбохозяйственных водоемов



### 3.3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ «КРУГЛЫХ» ОЗЕР

С 1930-х годов на территории Крайнего Севера России в различных источниках появлялась информация об образовании воронок в результате взрывных процессов [Андреев, 1936].

Так в 2017 году на полуострове Ямал были обнаружены новые подобные объекты. Все они имели округлые очертания с глубиной более 50 метров и быстро заполнялись талой водой. Процесс формирования воронок происходил в ММП, через толщи четвертичных осадков проникая в нижележащие отложения кайнозоя и мезозоя. Вблизи котловин наблюдались вывалы крупных глыб почво-грунтов и льда, а мелкий обломочный материал был разбросан в радиусе от 200 до 1000 метров [Богоявленский, 2014; Хименков и др., 2017; Епифанов, 2018].

В результате изучения воронок было высказано предположение о физических процессах, связанных в первую очередь с возникновением внутреннего давления в полости, заполненной жидкостью или газом, превышающим предельно допустимые значения прочностных характеристик вмещающей среды. Данный процесс чаще всего связан с неконтролируемым высвобождением потенциальной энергии сжатых газов из замкнутых объемов, следствием которого является взрыв. Физические взрывы являются результатом перехода запасенной потенциальной энергии в кинетическую энергию движения газов и жидкостей. После того когда замкнутая полость с содержащимся газообразным или жидким веществом при повышенном давлении разрушается, происходит выброс этого вещества с генерацией волн давления. При этом потенциальная энергия сжатого газа или жидкости переходит в энергию ударной волны [Девисилов, Дроздова, Тимофеева, 2012].

Подготовка взрыва в естественных условиях сопровождается комплексом сменяющих друг друга процессов и образований.

Наиболее подробно процесс формирования данных озер описан в статье [Епифанов, 2018]:

1. Цикл начинается с разрушения метастабильных залежей мерзлых грунтов под воздействием внешних факторов, этим запускается механизм образования бугра пучения, которые под напором освобожденных из мерзлых грунтов газов выдавливаются вверх по разрезу [Епифанов, 2018].

2. В результате этого на поверхности происходит рост гидролакколитов и при превышении предельно допустимых значений происходит взрыв с образованием полых округлых глубоких воронок, стенки которых активно разрушаются процессами термоэрозии и гравитационного оплывания, воронки превращаются в котлованы, мелеют и заполняются водой [Епифанов, 2018].

3. В течение нескольких лет воронки превращаются в озёра. Скорость их заполнения водой зависит от насыщенности льдом обнажившейся при взрыве толщи пород, размеров воронок и их геоморфологической позиции, от летних температур и количества осадков, а также наличия-отсутствия подтока вод из глубинных горизонтов. Образовавшиеся на берегах рек воронки заполняются водой очень быстро и создают русловые озеровидные расширения [Епифанов, 2018].

#### ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛА

Материал для исследования собран в августе 2018 и 2019 года во время научно-исследовательских работ в окрестности г. Надым (Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа).

Для исследования видового разнообразия и биомассы использовали стандартные методики отбора проб. Параллельно с отбором проводились замеры температуры воды и pH с помощью портативных приборов HM Digital.

Отбор проб осуществлялся с помощью планктонной сети Апштейна с диаметром входного отверстия 14 см, длиной 100 см, оборудованной нейлоновым ситом с ячейей 67 мкм.

В зависимости от места отбора проб сбор гидробиологического материала проводился разными способами:

- 1) С литорали пробы отбирали путем процеживания 100л воды;
- 2) С пелагиали сеть Апштейна опускали в воду вертикально вниз на глубину до 3м.

Отобранные различными способами пробы переливались из стаканчика в обычные банки объемом 100см<sup>3</sup>. Банки тщательно закрывались завинчивающимися крышками с резиновыми прокладками [Комплексные гидрохимические..., Ч.1., 2012].

Фиксация зоопланктонных проб проводилась с помощью 40%-ого формалина. Формалин приливали в пробу с таким расчетом, чтобы получился его 4%-ый раствор [Комплексные гидрохимические..., Ч.1., 2012].

Каждая пробу зоопланктона этикетировали и записывали в специальный журнал [Комплексные гидрохимические..., Ч.1., 2012].

Камеральную обработку проб осуществляли по общепринятой методике. Пробу рассматривали в камере Богорова, особей просчитывали во всей пробе или в объеме аликвоты (0,5см<sup>3</sup>), взятой штемпель-пипеткой. Для расчета биомассы (В, мг/м<sup>3</sup>) по стандартным уравнениям связи длины и массы тела с помощью программного обеспечения AxioVision 4.7.1. и

микроскопа AxioImager A1 («Zeiss») при увеличениях 5x, 10x, 40x измеряли 30 особей каждого вида для получения средних размеров [Комплексные гидрохимические..., Ч.2., 2012].

Определение видов проводили под микроскопом AxioImager A1 («Zeiss») с использованием определителей [Ветвистоусые рачки..., 1964; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995; Определитель зоопланктона..., 2010].

Статистическая обработка заключалась в расчете средних величин и их стандартных ошибок, а также биологических индексов с использованием программ Microsoft Excel 2010. При статистической обработке руководствовались [Комплексные гидрохимические..., Ч.2., 2012; Методы оценки..., 2015].

Полученные данные по количеству зоопланктона в пробе пересчитывались на 1 м<sup>3</sup> по формуле 1:

$$N = n * k/h, (1)$$

где N – число организмов в м<sup>3</sup>, h – горизонт облова, м, n – число организмов в пробе, k – коэффициент сети, равный 65 [Комплексные гидрохимические..., Ч.2., 2012].

Биомассу всего зоопланктона рассчитывали по формуле 2:

$$B = N * W, (2)$$

где N – число организмов в экз/м<sup>3</sup>, W – индивидуальная масса, мг/м<sup>3</sup> [Комплексные гидрохимические..., Ч.2., с. 174-175].

Для определения фаунистического сходства исследуемых озер рассчитывался индекс Серенсена по формуле:

$$Ks = \frac{2a}{b+c}, (3)$$

где a – число общих видов 2-х сравниваемых совокупностей; b – число видов, принадлежащих только к 1-му водоему; c – число видов, принадлежащих только ко 2-му водоему [Методы оценки..., 2015].

С целью определения структурообразующих комплексов и доминирующих видов зоопланктона исследуемых озер использовали

функцию рангового распределения относительного обилия видов ( $n_i/N$ ) [Методы оценки..., 2015].

Важнейшей комплексной характеристикой состояния водоёма является уровень его сапробности. Сапробность – характеристика водоёма, показывающая уровень его загрязнённости органическими веществами и продуктами их распада. Поэтому сапробность является одним из показателей качества воды [Pantle, 1955; Методы оценки..., 2015].

Индекс сапробности Пантле-Букка в модификации Сладечека – это среднее значение сапробности всех найденных видов, с учетом их обилия (Таблица 8) [Pantle, 1955; Sladecec, 1993, 1973] и рассчитывается по формуле 6.

$$S = \sum sh / \sum h, (6)$$

где  $s$  – индивидуальная сапробность каждого вида,  $h$  – численность вида или относительная частота встречаемости, выраженная в баллах от 1 до 9 [Sladecec, 1993, 1973].

Таблица 8

Соотношение значений относительного обилия и частоты встречаемости организмов

Встречаемость	Количество экземпляров одного вида, % от общего количества	h, баллы
Очень редко	<1	1
Редко	2-3	2
Нередко	4-10	3
Часто	11-20	5
Очень часто	21-40	7
Масса	41-100	9

Определение сапробности Пантле-Букк в модификации Сладечека проводится по следующим значениям (Таблица 9):

Соответствие индекса сапробности Пантле-Букк классам качества вод водоемов и водотоков (по: ГОСТ 17.1.3.17-82)

Класс воды	Воды	Индекс сапробности по Пантле-Букку
I	Очень чистые	<1,00
II	Чистые	1,00-1,50
III	Умеренно загрязненные	1,51-2,50
IV	Загрязненные	2,51-3,50
V	Грязные	3,51-4,00
VI	Очень чистые	>4,00

Примечание: индекс сапробности равен:

- в ксеносапробной зоне 0 - 0,5 (совершенно чистые воды);
- в олигосапробной - 0,51 - 1,5; (чистые)
- в  $\beta$ -мезосапробной - 1,51 - 2,50 (воды умеренного загрязнения);
- в  $\alpha$ -мезосапробной - 2,51 - 3,50 (грязные);
- в полисапробной зоне 3,51 - 4,50 (очень грязные)

Для расчета сапробности Н. А. Дзюбан и С. П. Кузнецова в 1981 году предложили свою модификацию индекса Пантле-Букк, основанный на численности индикаторных видов [Дзюбан, Кузнецова, 1981]:

$$S = \sum sn / \sum n, (7)$$

где где n - фактическая численность индикаторного вида в пробе, S - средний индекс сапробности, s - сапробность отдельных видов.

Определение сапробности по данному модифицированному индексу Пантле-Букк проводится по следующим значениям (Таблица 10):

## Соответствие индекса сапробности Пантле-Букк в модификации

Н. А. Дзюбан и С. П. Кузнецова

Зона сапробности	Индекс сапробности по Пантле-Букку
Ксеносапробная	<1,00
Олигосапробная	1,00-2,00
$\beta$ - мезосапробная	2,01-3,00
$\alpha$ - мезосапробная	3,01-4,00
Полисапробная	>4,00

Таким образом, посчитав среднее значение сапробности всех найденных видов, можно определить сапробность водоема, что позволит сделать выводы об уровне его загрязнения.

## ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

## 5.1. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

Сведения о видовом составе зоопланктона является основой всех последующих этапов исследований, включающих выявление численности, биомассы и иных показателей характеризующие экологическое состояние водоемов.

Таксономический состав зоопланктона представлен 43 видами: коловратки (Rotifera) – 17 видов; ветвистоусые ракообразные (Cladocera) – 20; веслоногие ракообразные (Copepoda) – 6 (Приложение 1).

По зоогеографическому составу фауна зоопланктона входит в состав голарктической, палеарктической, ориентальной, эфиопской и неотропической области, встречаются виды, распространённые по всей Земле. Основу ядра (40%) зоопланктона в исследованных водоемах составляли, широко распространенные виды – космополиты (См. прил. 1).

По экологической приуроченности, оцененной на основе литературных данных [Ветвистоусые рачки..., 1964; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1995; Определитель зоопланктона..., 2010], все найденные виды были разделены на четыре группы: фитофильные, планкто-бентические, эупланктонные и эвритопные. Основу ядра (42%) составляли виды, обитающие в зоне пелагиали – эупланктонные виды (См. прил. 1)..

В состав фитофильного комплекса (30%) входят виды, образ жизни которых непосредственно связан с высшей водной растительностью. Виды этой группы способны плавать между растениями, а также прикрепляться к макрофитам. К ним относятся: *Alonella nana* (Baird, 1850), *Eosphora ehrenbergi* Weber, 1918, *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1862, *Streblocerus serricaudatus* (Fischer, 1849), *Ophryoxus gracilis* Sars, 1862, *Sida crystallina* (O. F. Muller, 1776), представители родов *Lecane*, *Trichocerca* и другие (См. прил. 1)..

К числу планкто-бентических (16%) видов относятся организмы, которые проводят свою жизнь в толще воды и донных отложениях. Сюда



относятся: *Acroperus harpae* (Baird, 1834), *Alonella excisa* (Fischer, 1854), *Disparalona rostrata* (Koch, 1841), *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) и представители рода *Alona* (См. прил. 1).

К эупланктонным (40%) видам относятся организмы, обитающие в зоне пелагиали. Большинство этих видов обычно избегают заросли высшей водной растительности. К ним относятся: *Bosmina (B.) longirostris* (O. F. Muller, 1785), *Chydorus sphaericus* (O. F. Muller, 1785), *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Muller, 1785) и *Heterocope appendiculata* (Sars, 1863) (См. прил. 1)..

К эвритопным (12%) видам относятся организмы с высокой пластичностью, т. е. могут обитать во всех зонах. В эту группу входят: *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Conochilus unicornis* Rousselet, 1892, *Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891), *Daphnia (Daphnia) galeata* Sars, 1864, *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848), *Limnosida frontosa* Sars, 1862, *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888), представители рода *Acanthocyclops*, *Keratella* и другие (См. прил. 1).

### 5.1.1. ОЗ. КРУГЛОЕ 1

**Таксономический состав.** Видовой состав зоопланктона оз. Круглое 1 в период наших исследований был представлен 24 видами зоопланктона. Из них к группе коловраток (Rotifera) относились 9 (37,5%) видов, ветвистоусым ракообразным (Cladocera) – 12 (50%), веслоногим ракообразным (Copepoda) – 3 вида (12,5%) (Рис.15, прил. 1).

Среди коловраток были отмечены представители 6 семейств, из них семейства Brachionidae, Synchaetidae, Trichocercidae по 2 вида и семейства Asplanchnidae, Conochilidae, Lecanidae по 1 виду. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) представлены 5 семействами. Наибольшим видовым богатством отличалось семейство Chydoridae – 7 видов; Sididae – 2 вида; Bosminidae, Daphniidae, Polyphemidae – 1 вид. Фауна веслоногих ракообразных (Copepoda) образована представителями семейства Cyclopidae подсемейства Cyclopinae – 2 вида и Eucyclopinae – 1 вид (См. прил. 1).

**Экологическая приуроченность.** Большинство видов зоопланктона оз. Круглое 1 вели эупланктонный образ жизни – 46%. Фитофильные и планктонно-бентические виды составляли 21%, а эвритопные – 13% соответственно от общего числа видов (Рис. 11).

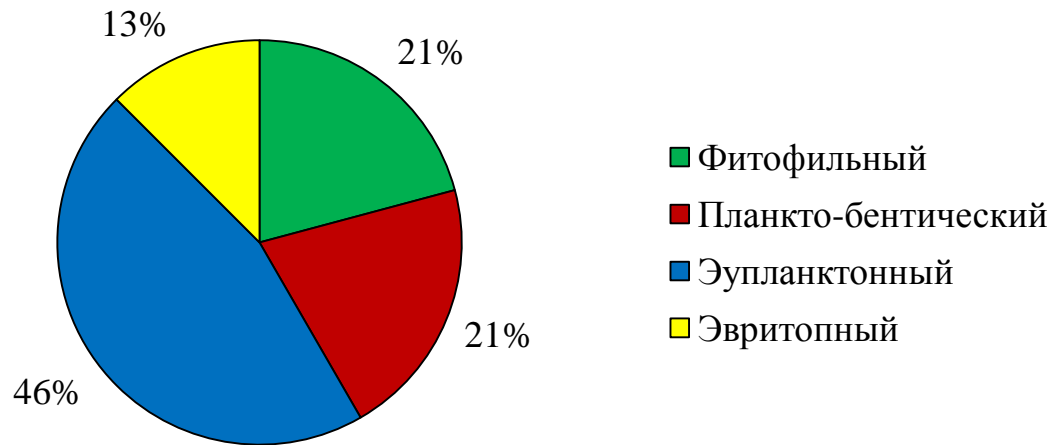


Рис. 11. Соотношение числа видов зоопланктона по основным экологическим группам в оз. Круглое 1

#### 5.1.2. ОЗ. КРУГЛОЕ 2

**Таксономический состав.** Видовой состав оз. Круглое 2 был представлен 10 видами зоопланктона. Среди коловраток обнаружено 6 (60%) видов из 6 семейств: Asplanchnidae, Brachionidae, Conochilidae, Lecanidae, Synchaetidae, Trichocercidae. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) представлены 3 (30%) видами из 2 семейств: Chydoridae – 2 вида; Sididae – 1 вид. Один (10%) вид входит в состав веслоногих ракообразных, относящийся к подсемейству Cyclopoinae (Рис.15, прил. 1).

**Экологическая приуроченность.** В составе зоопланктона оз. Круглое 2 чаще других встречались эупланктонные виды, доля которых составляла 60%. Эупланктонные виды составляли 30%. Менее всего были представлены фитофильные формы – 10% (Рис. 12).

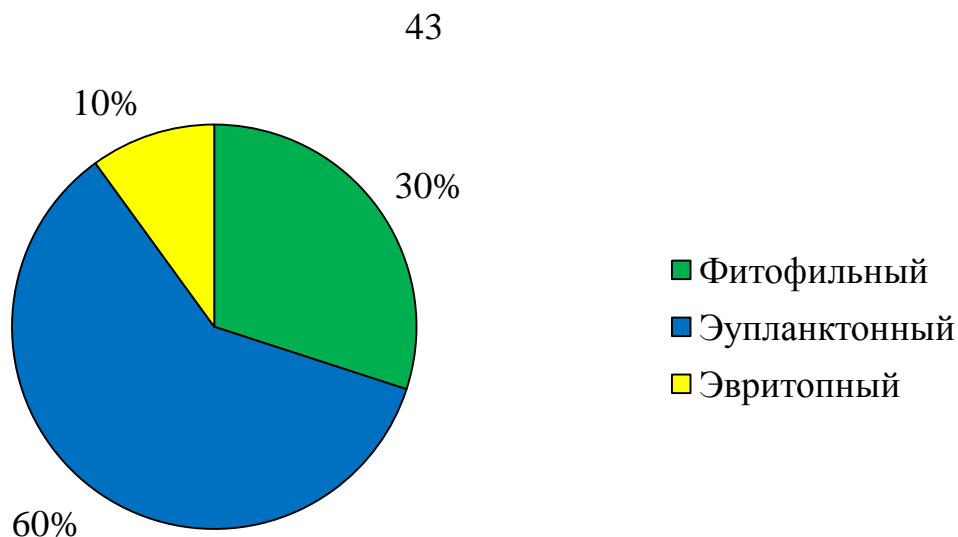


Рис. 12. Соотношение числа видов зоопланктона по основным экологическим группам в оз. Круглое 2

### 5.1.3. ОЗ. КРУГЛОЕ 3

**Таксономический состав.** В составе зоопланктона оз. Круглое 3 было идентифицировано 28 видов: коловратки (Rotifera) – 12 (43%) видов; ветвистоусые ракообразные (Cladocera) – 13 (46%); веслоногим ракообразным (Copepoda) – 3 (11%) (Рис.15, прил. 1).

Среди коловраток отмечены представители 8 семейств, из них семейство Trichocercidae – 3 вида; сем. Brachionidae и сем. Synchaetidae по 2 вида; сем. Conochilidae, Eosphoridae, Epiphanidae, Euchlanidae, Lecanidae - 1 вид. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) представлены 5 семействами. Наибольшим видовым богатством отличалось семейство Chydoridae – 7 видов; сем. Sididae – 3 вида; сем. Bosminidae, Macrothricidae, Ophryoxidae – 1 вид. Таксономический состав веслоногих ракообразных (Copepoda) образован 3 семействами: Cyclopidae – 1 вид, Diaptomidae – 1 вид и Temoridae – 1 вид (См. прил. 1).

**Экологическая приуроченность.** В оз. Круглое 3 преобладали эупланктонные и фитофильные виды, доля которых составляла 72%, в меньшей степени были представлены планктонно-бентические (14%) и эвритопные виды (14%) (Рис. 13).

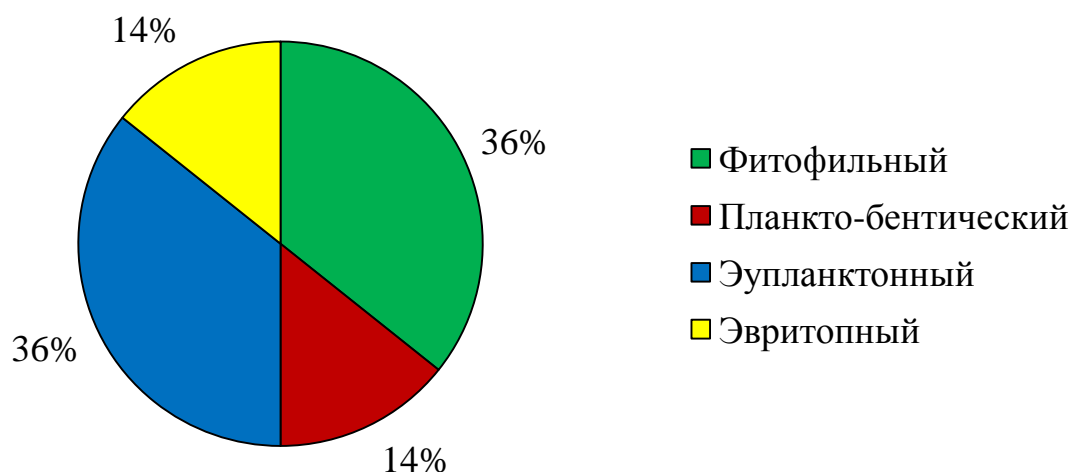


Рис. 13. Соотношение числа видов зоопланктона по основным экологическим группам в оз. Круглое 3

#### 5.1.4. СТАРИЦА Р. НАДЫМ

**Таксономический состав.** Состав зоопланктона старицы р. Надым образован 11 видами. Среди коловраток (Rotifera) входит 1 (9%) вид из семейства Brachionidae. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) представлены 7 видами из 5 семейств: Chydoridae – 3 вида; Bosminidae, Daphniidae, Eurycercidae, Sididae – 1 вид. Фауна веслоногих ракообразных (Copepoda) образована 3 (27%) видами, относящиеся к 3 семействам: Cyclopidae, Diaptomidae и Temoridae (Рис.15, прил. 1).

**Экологической приуроченность.** Подавляющее большинство видов старицы р. Надым вели эупланктонный (55%) образ жизни. Эвритопные виды составляли 27%. Менее всего были представлены фитофильные (9%) и планкто-бентосные (9%) виды (Рис. 14).

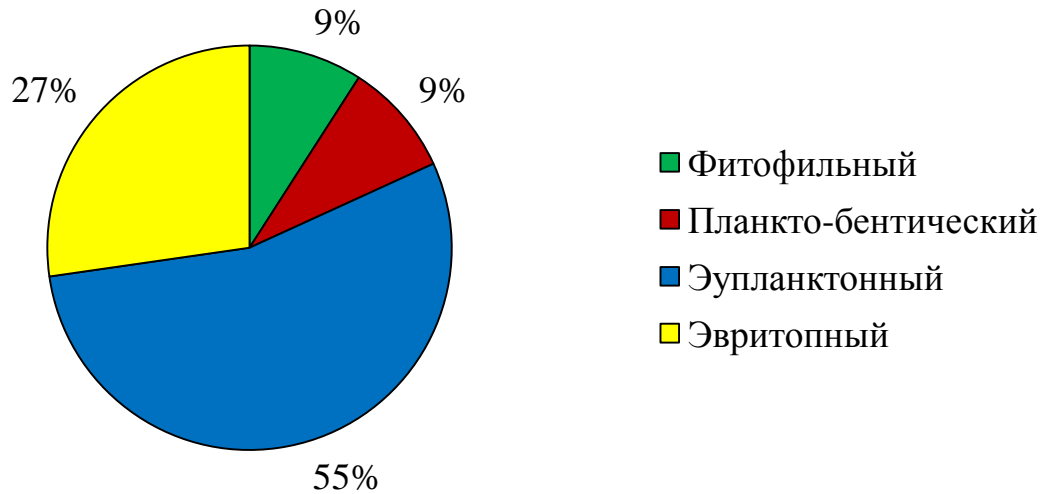


Рис. 14. Соотношение числа видов зоопланктона по основным экологическим группам в старице р. Надым

#### 5.1.5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Число видов в каждом озере варьирует от 10 до 28. По числу видов преобладают коловратки и ветвистоусые. Видовое разнообразие невелико, что присуще тем экосистемам, которые сильно зависят от лимитирующих факторов.

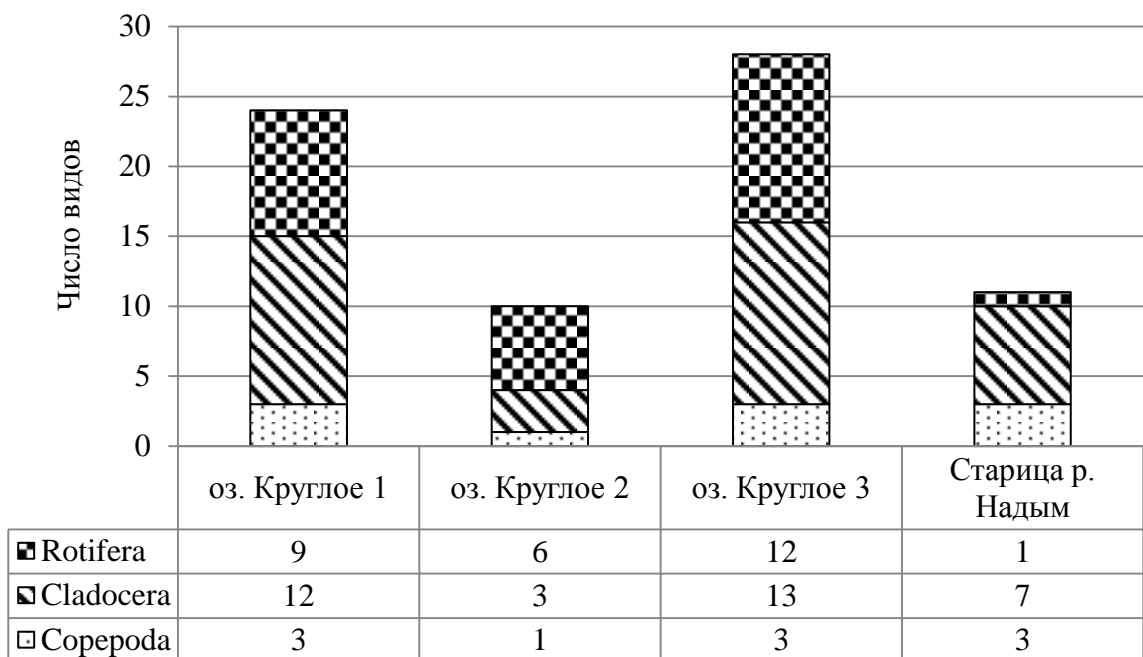


Рис. 15. Соотношение таксономических групп по числу видов в водоемах Надымского района

Для того чтобы оценить состояние планктонного сообщества были выявлены структурообразующие комплексы и доминирующие виды исследуемых озер при помощи функции рангового распределения относительного обилия видов (Приложение 2-5).

В таблице 11 представлено изменение структурообразующих комплексов исследуемых озер.

Таблица 11

Структурообразующие комплексы и доминирующие виды, ранжированные по их относительной численности

№	оз. Круглое 1	оз. Круглое 2	оз. Круглое 3	Старица р. Надым
1	<i>Acanthocyclops americanus</i>	<i>Diaphanasoma brachyurum</i>	<i>Eudiaptomus graciloides</i>	<i>Bosmina (E.) coregoni</i>
2	<i>Acanthocyclops capillatus</i>	<i>Acanthocyclops capillatus</i>	<i>Diaphanasoma brachyurum</i>	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i>
3	<i>Keratella cochlearis</i>	<i>Asplanchna priodonta</i>	<i>Acanthocyclops capillatus</i>	<i>Hetercope appendiculata</i>
4	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	<i>Hetercope appendiculata</i>	
5	<i>Eucyclops serrulatus</i>		<i>Kellicottia longispina</i>	
6	<i>Diaphanasoma brachyurum</i>		<i>Alonella excisa</i>	
7	<i>Bosmina (E.) coregoni</i>		<i>Keratella cochlearis</i>	
8			<i>Chydorus sphaericus</i>	
9			<i>Alonopsis elongatus</i>	

Как видно из таблицы 11, в структурообразующий комплекс каждого исследуемого озера входит различное количество видов. Кроме того, в каждом исследуемом водоеме происходит смена не только доминирующих видов, но и остальных, входящих в комплексы видов. Все структурообразующие виды относятся к ветвистоусым и веслоногим ракообразным. Это объясняется тем, что данные группы являются преобладающими по численности в данных озерах.

Для выявления общности видового состава озер был рассчитан индекс Серенсена. Значения индекса для «Круглых» озер невысокие и находятся в пределах от 47% до 54%. Полученные результаты указывают на определенную общность условий обитания. Однако условия обитания гидробионтов в круглых озерах не идентичны. Более сильно индекс отличается между старицей и «Круглыми» озерами, что указывает на значительные различия в условиях обитания гидробионтов

Таблица 12

## Индекс фаунистического сходства исследуемых водоемов

Индекс Серенсена	оз. Круглое 1	оз. Круглое 2	оз. Круглое 3	Старица р. Надым
оз. Круглое 1	-	0,53	0,54	0,23
оз. Круглое 2	0,53	-	0,47	0,10
оз. Круглое 3	0,54	0,47	-	0,31
Старица р. Надым	0,23	0,10	0,31	-

Особый интерес данных озер представляет находки, редкого вида *Acanthocyclops capillatus*, гибридного вида *Acanthocyclops* X *Eucyclops* и морфотипы *Diaphanosoma brachyurum*. Данные виды входят в структурообразующий комплекс «Круглых» озер.

*Acanthocyclops capillatus* (Рис. 16) – редкий вид, обычно встречается в колодцах и родниках [Определитель зоопланктона..., 2010]. По данным ArtsDataBanken встречается в 9% водоемах Норвегии. В основном распространен в юго-восточной части Норвегии и в центральной части района Финнмарк. Обитает в водоемах всех размеров и является индикатором кислотности воды [По данным <https://artsdatabanken.no/Pages/195509>]. В России отмечался в бассейне р. Оби (нижней Оби), водоемах республики Коми и республики Карелии [Лоскутова и др., 2010; Семенова, Алексюк, 2010; Круглова, 2015; Круглова, Комулайнен, 2019]. Новые сведения о местонахождении позволят расширить

представления о распространении редкого вида и биологическом разнообразии региона в целом.



© Maksim Shumilov, 2019

Рис. 16. Самка *Acanthocyclops capillatus* (фото автора)

В оз. Круглое 3 был отмечен гибридный вид *Acanthocyclops* X *Eucyclops*. Данный представитель имел отличия в развитии пятой пары (P5) торакальных ног (Рис. 17). Анализ литературы по данной тематике не дал результатов.

*Diaphanosoma brachyurum* (Рис. 18) – распространенный вид Палеарктики. Обитает в реках, прудах, мелких и крупных озерах, водохранилищах. Встречается в водоемах как с кислой (pH < 5), так и с щелочной (pH > 8) реакцией воды. Отмечается для олиготрофных озер криолитозоны [Определитель зоопланктона..., 2010].

Главной особенностью *Diaphanosoma brachyurum* (Рис. 18) «Круглых» озер является различие формы головного отдела. Обнаруженные нами морфотипы ранее в литературе не отмечались. Следует отметить, что высокая степень гибридизации среди Cladocera отмечается у представителей рода *Daphnia* [Wolf, 1986; Hebert, 1987; Schwenk, Spaak, 1997; Benzie, 2005].





© Maksim Shumilov, 2019

А



Б



В

Рис. 17. Гибрид *Acanthocyclops* X *Eucyclops* – P5:А – гибридизация P5 (фото автора); Б – P5 род *Acanthocyclops*;В – P5 род *Eucyclops*.

Исследования генетического состава планктонных ракообразных, прежде всего партеногенетически размножающихся ветвистоусых ракообразных, широко развернулись в 80-х годах, когда были разработаны и внедрены методы электрофоретического анализа ферментов. Этот метод помог показать, что у ветвистоусого рачка *Daphnia pulex*, может быть до 7 клонов вместо 2-3 обычно. Большое количество клонов дафнии может появиться даже в небольших водоемах – прудах. Между ними появляются

ощутимые различия по скорости популяционного роста, средней продолжительности жизни. Было выяснено, что разные группы клонов, в течение летнего или зимнего периодов, могут быть пространственно разделены, т.е. находится на разных горизонтах и глубинах. Отмечена сезонная смена отдельных генотипов, различающихся морфофизиологическими особенностями (размером тела). Сезонные изменения частотного состава генотипов – явление достаточно распространенное среди кладоцер (*Daphnia*, *Bosmina*).



© Maksim Shumilov, 2019

А



© Maksim Shumilov, 2019

Б

Рис. 18. *Diaphanosoma brachyurum* (фото автора):

А – фенотип (клон); Б – типичная форма.

## 5.2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ (ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА)

Одним из важных показателей структуры зоопланктонного сообщества является соотношение основных таксономических групп зоопланктона, как по численности, так и по биомассе, выраженное в процентах или натуральных величинах.

Наиболее показательными являются соотношения таксонов более высокого, чем вид, ранга (Rotifera : Cladocera : Copepoda).

**Численность.** Численность зоопланктона в исследованных водоемах варьирует от 9182 экз/м<sup>3</sup> до 19672 экз/м<sup>3</sup>. Наибольшая численность

наблюдается в оз. Круглое 1 – 19672 экз/м<sup>3</sup>. Наименьшая в старице р. Надым - 9182 экз/м<sup>3</sup>.

В оз. Круглое 1 численность зоопланктона составит 19672 экз/м<sup>3</sup>. Доминирующей группой по численности зоопланктона являются веслоногие ракообразные – 60%, второе место отводится коловраткам – 28%. Наименьшую численность имели ветвистоусые ракообразные – 12% (Рис. 19).

Основной вклад в численность зоопланктона оз. Круглое 1 принадлежит – *Acanthocyclops americanus*. Среди представителей коловраток наиболее многочисленным видом оказалась *Polyarthra dolichoptera*. Среди ветвистоусых рачков доминировала *Diaphanasoma brachyurum* (Таблица 11, прил. 2)

Численность оз. Круглое 2 составляет 15037 экз/м<sup>3</sup>. Основная часть численности (51%) состоит из представителей ветвистоусых ракообразных. Второе место занимают веслоногие ракообразные – 31%. Незначительная доля численности состоит из представителей коловраток – 1% (Рис. 19).

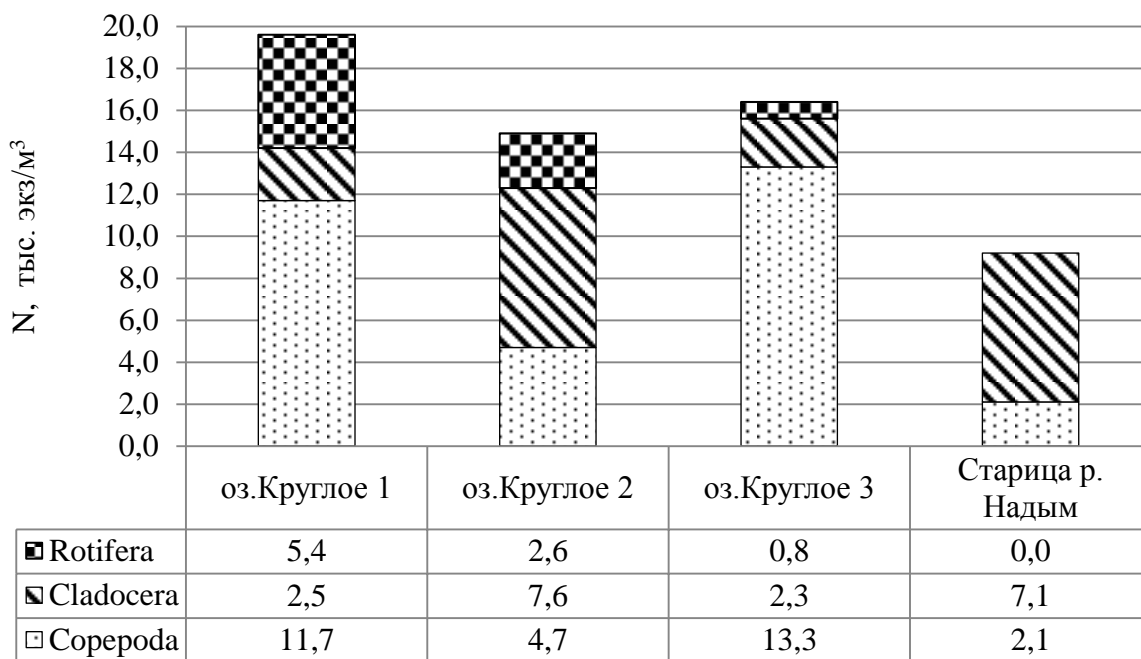
Основная доля численности приходится на представителей ветвистоусых рачков с доминирующим видом *Diaphanasoma brachyurum*. Среди веслоногих ракообразных доминирующий вид представлен *Acanthocyclops capillatus*. В группе коловраток преобладают – *Asplanchna priodonta* и *Polyarthra dolichoptera* (Таблица 11, прил. 3).

Численность зоопланктона в оз. Круглое 3 составляет 16542 экз/м<sup>3</sup>. Основная часть численности (81%) принадлежит веслоногим ракообразным с наиболее многочисленным видом – *Eudiaptomus graciloides*. Второе место занимают ветвистоусые рачки (14%), с доминирующим видом – *Diaphanasoma brachyurum*. Доля коловраток невелика (5%) (Рис. 19, табл. 11, прил. 5).

В старице р. Надым численное развитие зоопланктона достигает 9182 экз/м<sup>3</sup>. Доминирующей группой по численности зоопланктона являются

ветвистоусые ракообразные – 77%, второе место отводится веслоногим ракообразным – 22%. Доля коловраток незначительна – менее 1% (Рис. 19).

Среди ветвистоусых ракообразных доминирующий вид представлен – *Bosmina (E.) coregoni*. Наиболее многочисленным видом среди веслоногих ракообразных представлен *Heterocope appendiculata* (табл. 11, прил. 4).



. Рис. 19. Соотношение основных таксономических групп по численности в водоемах Надымского района

**Биомасса.** Биомасса водоемов варьировала от 106-603 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшие показатели биомассы наблюдаются в оз. Круглое 3 – 603 мг/м<sup>3</sup>. Наименьшая в оз. Круглое 1 - 106 мг/м<sup>3</sup>.

Биомасса оз. Круглое 1 составит 106 мг/м<sup>3</sup>. Доминирующей группой являются ветвистоусые ракообразные – 60%, второе место принадлежит ветвистоусым ракообразным – 34%. Наименьшее значения имеют коловратки – 6% (Рис. 20).

В оз. Круглое 2 биомасса составляет 391 мг/м<sup>3</sup>. Основная доля биомассы (88%) отводилась представителям ветвистоусых ракообразных. Незначительная доля биомассы состояла из представителей коловраток (8%) и веслоногих ракообразных (4%) (Рис. 20).

В оз. Круглое 3 биомасса зоопланктона достигает  $603 \text{ мг/м}^3$ . Основная часть биомассы (58%) состоит из веслоногих ракообразных. Второе место занимают ветвистоусые рачки (41%). Доля коловраток незначительна (1%) (Рис. 20).

Значение биомассы зоопланктона составляет  $465 \text{ мг/м}^3$ . Основной вклад представлен представителями веслоногих (52%) и ветвистоусых (47%) ракообразных. Доля коловраток незначительна – менее 1% (Рис. 20).

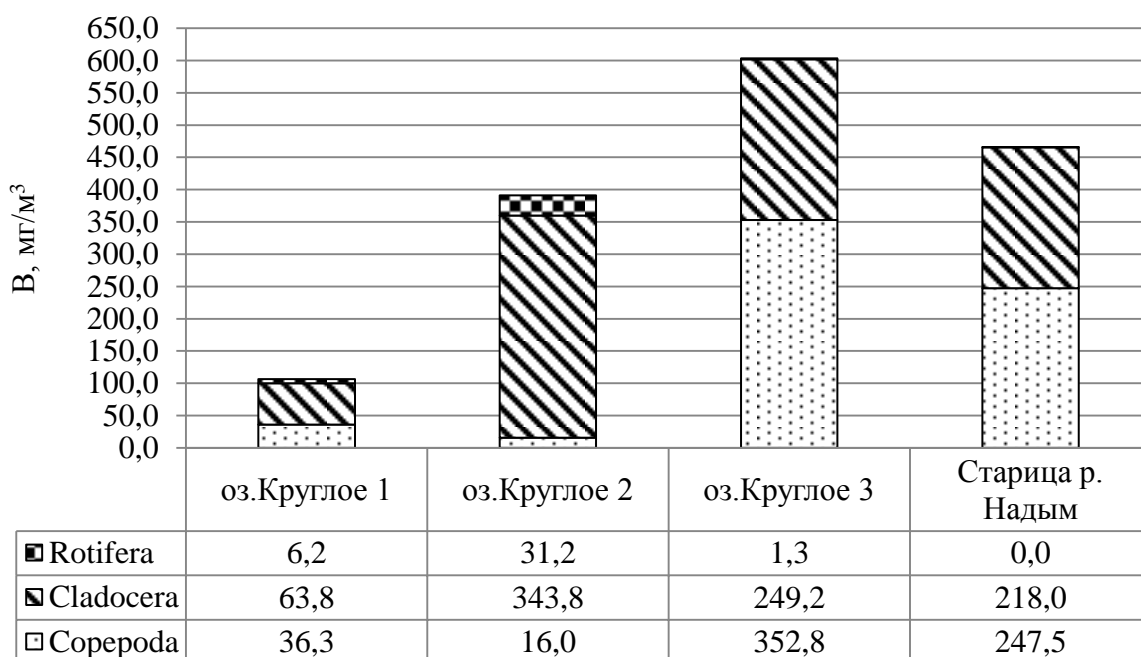


Рис. 20. Соотношение основных таксономических групп по биомассе в водоемах Надымского района

Для оценки трофического статуса, было установлено, что биомасса зоопланктона озер варьирует от  $106 \text{ мг/м}^3$  до  $603 \text{ мг/м}^3$ . Согласно классификации С. П. Китаева данные значения соответствует олиготрофному (малокормному) типу водоемов.

### 5.2.1. РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА

Размерная структура сообщества включает в себе определенную информацию. Увеличение «средних» размеров взрослых особей в популяции – признак благоприятных экологических условий для данного вида, а измельчание особей (карликовость) свидетельствует об их ухудшении. Это явление четко проявляется в водоемах с экстремальными экологическими

условиями. Так, в оз. Круглое 3 средние линейные размеры составили 0,536 мм, в то время как в оз. Круглое 2 они достигали 0,359 мм (Таблица 13). Измельчание особей в данном водоеме отмечено для всех представителей зоопланктона.

Таблица 13

## Средние линейные размеры таксономических групп, мм

Группа	оз. Круглое 1	оз. Круглое 2	оз. Круглое 3	Старица р. Надым
Rotifera	0,304	-	0,293	-
Cladocera	0,493	0,412	0,627	0,691
Copepoda	0,791	0,638	1,165	1,252
Итого	0,474	0,359	0,536	0,803

### 5.3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ МЕТОДОМ САПРОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Под термином «сапробность» обычно понимают степень разложения органических веществ в водных экосистемах. Организмы, которые могут служить указателем различного уровня распада органики в водоеме, называются сапробионты или сапробные организмы. Сама органика не является токсичным веществом для гидробионтов, но при разложении может привести к недостатку или исчезновению кислорода, накоплению углекислого газа, сероводорода, метана и т.д. Таким образом, сапробность характеризует действие в среде обитания животных отрицательных факторов. Поэтому сапробность близка к загрязнению или токсичности и может быть использована для характеристики качества воды.

В гидробиологии широко используется метод сапробных индикаторов. Он основан на тесной связи организмов с их средой обитания. Все сапробионты разделены на 4 группы: олиго-,  $\beta$ -мезосапробные,  $\alpha$ -мезосапробные и полисапробные организмы.

Анализ полученных результатов показал, что абсолютное большинство видов (35 видов из 43, или 81 % от общего числа видов) идентифицированных в водоемах Надымского района, являлись индикаторами загрязнения поверхностных вод. В состав видов зоопланктона

входили, преимущественно, виды-индикаторы олигосапробных вод (28 видов). Численность видов-индикаторов  $\beta$  – мезосапробных (6 видов) и  $\alpha$  – мезосапробных вод (1 вид) были малочисленны. Индикаторы полисапробных вод обнаружены не были (Таблица 14).

Таблица 14

## Соотношение видов-индикаторов зон сапробности, %

Водоем	Индикаторная значимость				Зона сапробности
	о	$\beta$ -м	$\alpha$ -м	р	
оз. Круглое 1	85	15	0	0	Олигосапробная
оз. Круглое 2	78	22	0	0	Олигосапробная
оз. Круглое 3	83	13	4	0	Олигосапробная
Старица р. Надым	63	38	0	0	Олигосапробная

Примечания: о – индикатор чистых вод;  $\beta$ -м – индикатор вод с умеренным загрязнением;  $\alpha$ -м – индикатор грязных вод; р – индикатор очень грязных вод.

Качество вод обследованных водоемов, оценено на основе индикаторных видов зоопланктона. Значения индекса сапробности, рассчитанные по обилию и численности индикаторных видов составлял – 1,26 - 1,45 (по обилию) и 1,32 - 1,69 (по численности). Анализируя полученные данные, водоемы относились к олигосапробному водоему со II классом качества вод («Чистые воды») (Таблица 15, 16)

Таблица 15

## Оценка качества воды по индексу Пантле-Букк в модификации Сладечека

Водоем	Индекс сапробности	Класс воды	Характеристика воды	Зона сапробности
оз. Круглое 1	1,26	II	Чистая	Олигосапробный
оз. Круглое 2	1,38	II	Чистая	Олигосапробный
оз. Круглое 3	1,37	II	Чистая	Олигосапробный
Старица р. Надым	1,45	II	Чистая	Олигосапробный

Оценка качества воды по индексу Пантле-Букк в модификации Дзюбан и  
Кузнецовой

Водоем	Индекс сапробности	Зона сапробности
оз. Круглое 1	1,32	Олигасапробный
оз. Круглое 2	1,69	Олигасапробный
оз. Круглое 3	1,52	Олигасапробный
Старица р. Надым	1,45	Олигасапробный



## ВЫВОДЫ

1. В составе зоопланктона обследованных водоемов зафиксировано 43 вида, из которых: 17 видов (39%) коловраток, 20 видов (47%) ветвистоусых ракообразных, 6 видов (14%) веслоногих ракообразных;
2. В зоогеографическом отношении зоопланктон представлен в основном космополитами (40%) и палеарктическими видами (30%). Доля голарктических видов составила 21%. В биотопическом отношении преобладают эупланктонные (42%) и фитофильные (30%) виды;
3. Индекс фаунистического сходства исследуемых водоемов варьирует от 23% до 54%. Наиболее высокие показатели отмечены для Круглых озер (47-54%);
4. В «Круглых» озерах зафиксирован гибрид циклопа *Acanthocyclops* X *Eucyclops* и фенотип *Diaphansma brachiurum*, не описанные в отечественной научной литературе;
5. Структурообразующие комплексы зоопланктона различаются по видам и числу видов;
6. Для каждого водоема характерны свои доминирующие виды: *A. americanus* (Круглое 1), *D. brachyurum* (Круглое 2), *E. graciloides* (Круглое 3), *E. coregoni* (старица р. Надым);
7. Биомасса зоопланктона озер варьирует от 100 мг/м<sup>3</sup> до 600 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует олиготрофному типу водоемов;
8. В сообществе преобладают виды-индикаторы олигосапробной зоны. Индекс сапробности в озерах составил 1,26-1,45, что соответствует II классу воды и характеризует ее как чистую.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, – 1989. – 344 с.
2. Алешина О.А., Волкова Л.А., Гашев С.Н., Елифанов А.В. [и др.]. Комплексные гидрохимические и биологические исследования качества вод и состояния водных и околоводных экосистем: методическое руководство. Часть 1. Полевые работы / под общ. ред. Т.И. Моисеенко. Тюмень: ТюмГУ, 2012 г. 128 с.
3. Алешина О.А., Волкова Л.А., Гашев С.Н., Елифанов А.В. [и др.]. Комплексные гидрохимические и биологические исследования качества вод и состояния водных и околоводных экосистем: методическое руководство. Часть 2. Камеральные работы / под общ. ред. Т.И. Моисеенко. Тюмень: ТюмГУ, 2012 г. 304 с.
4. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию: монография. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 150 с.
5. Андреев В.И. Гидролакколиты (булгунняхи) в Западно-Сибирских тундрах // Известия Государственного географического общества. 1936 г. Т. 68, вып. 2. С. 186–210.
6. Бакаева Е. Н., Никаноров А. М. Гидробионты в оценке качества вод суши. Москва: Наука, 2006. 237 с.
7. Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Головатин М.Г., Добринский Н.Л., Корытин Н.С., Кряжимский Ф.В., Магомедова М.А., Мельниченко И.П., Морозова Л.М., Пасхальный С.П., Сосин В.Ф., Штро В.Г. Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием объектов добычи и транспортировки газа. Екатеринбург: изд-во «Аэрокосмоэкология», 1997. 192 с.
8. Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Госькова О.А., Мельниченко И.П., Степанов Л.Н., Ярушина М.И. Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Харбей, Лонготъеган, Щучья) / отв. ред.: Л. Н. Добринский. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005 г. 236 с.

9. Богданов В.Д., Богданова, Е.Н., Госькова О.А., Мельниченко И.П. Ретроспектива ихтиологических и гидробиологических исследований на Ямале. Екатеринбург: изд-во "Екатеринбург", 2000. 88 с.

10. Богданова Е. Н. Зоопланктон бассейна р. Юрибей, полуостров Ямал / Е. Н. Богданова // Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России: Всерос. конф. с междунар. участием, 19- 22 июня 2006 г., Архангельск [Электронный ресурс] / РАН, УрО, Арганг. НЦ, Ин-т экол. пробл. Севера [и др.] - Архангельск, 2006. 1 электрон. Диск (CD). (Файл 08)

11. Богданова Е.Н. Зоопланктон водоемов территории Бованенковского газоконденсатного комплекса, Средний Ямал // Современное состояние растительного и животного мира полуострова Ямал. Екатеринбург, 1995. С. 41-48.

12. Богданова Е.Н. К изучению зоопланктона бассейна р. Таз (р. Худосей и среднее течение р. Таз) // Научный вестник. Вып 6 (50). Ч. 1. Экосистемы субарктики; структура, динамика, проблемы охраны. Салехард, 2007. С. 63 – 74.

13. Богданова Е.Н. К изучению зоопланктона Западной Сибири (зоопланктон р. Евояхи, бассейн р. Пур) // Материалы по изучению биоты и экологических проблем ЯНАО / Салехард, 2010 г. С. 40-47.

14. Богданова Е.Н. К изучению зоопланктона Полярного Урала (верхнее течение р. Усы и ее притоки) // Научный вестник. Вып. 2 (46). Современное состояние и динамика природных сообществ Севера. Салехард, 2007. С. 32 – 42.

15. Богданова Е.Н. К изучению зоопланктона Ямала – новые данные // Тез. докл. X съезда гидробиологического общества при РАН. Владивосток. 2009. С. 45 – 46.

16. Богоявленский В. И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала // Бурение и нефть, 2014 г. №9. С. 13—18

17. Брагинский Л. П. Пресноводный планктон в токсической среде / Л. П. Брагинский, И. М. Величко, Э. П. Щербань. - Киев: Наукадумка, 1987 г. - 180 с.
18. Будников Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г. К. Будников // Соросовский образовательный журнал. - 1998. - №5. - с. 23-29.
19. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И. А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с. [Водные ресурсы России..., с.167]
20. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Том. политех. ун-та, 2006 г. № 3. С. 42–45.
21. Галатова Е. А. Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе вода - донные отложения - гидробионты: на примере реки Уй: автореф. дис. канд. биол, наук: 03.00.16 / Е. А. Галатова. - Троицк, 2007. – 20 с.
22. Гиляров А. М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных: монография. Москва: Наука, 1987. 189 с.
23. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб верхней Оби / И А. Глазунова //Известия Алтайского государственного университета. - 2007. - №3, - с.20-22.
24. Голованова И. Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных / И. Л. Голованова // Биология внутренних вод - 2008 - №1 - с.99-108.
25. Горюнова С. В. Поглощение смесей цинка, кадмия и кобальта водорослями *Scenedesmus quadricauda* / С. В. Горбунова, В Н. Максимов. С. Е. Плеханов / Вест. моск. уни-та, сер.16. Биология - 1996. - №1 - с. 54-60.
26. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». – М.: НИА-Природа, 2018 – 298 с.

27. Григорович Ю. С., Залялетдинова Н. А., Денисова Т. В. Влияние нефти на коловраток в лабораторных условиях // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки / Тамбов: Тамбовский гос. ун-т им. Г. Р. Державина, 2013 г. Т. 18. № 3. С. 857-859.

28. Григорьев Ю. С. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов. питьевой, сточной. природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus (ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06) / Ю.С. Григорьев, Т. Л. Шашкова. - Москва, 2006 г. 44 с.

29. Григорьев Ю. С. Технология оперативного контроля качества вод методами биологического тестирования / Ю. С. Григорьев [и др.] // Объединение субъектов РФ и проблемы природопользования в Приенисейской Сибири: Сборник тезисов межрегиональной научно-практической - Красноярск, 2005 - с. 261-262.

30. Губкинская ЦБС. Реки Ямала: [Электронный ресурс]. Губкинский, 2005. URL: <http://gcbs.ru/cbs/pub/Reki/Reki--Yamala.html> (Дата обращения: 10.02.2020)

31. Девисиллов В.А., Дроздова Т.И., Тимофеева С.С. Теория горения и взрыва. Практикум: учебное пособие. М.: Форум, 2012 г. 352 с.

32. Джимова Н. Д., Гончарова Е. А. Влияние вредных веществ на водных беспозвоночных // Вестник Адыгейского государственного университета / Майкоп: Адыгейский государственный университет, 2005 г. №2. С. 26-28.

33. Дзюбан Н. А., Кузнецова С. П. О гидробиологическом контроле качества вод по зоопланктону. / Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: Труды Всесоюзн. конф., Л.: Гидрометеоиздат, 1981. С. 160-167

34. Дину, М. И. Влияние функциональных особенностей гумусовых веществ на формы нахождения металлов в природных водах / М. И. Дину;

Российская Федерация, М-во образования и науки, ФГБОУ ВПО Тюменский гос. ун-т. - Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, - 2012. - 166 с.

35. Добровольский Г.В. Почва. Город. Экология. Москва: Фонд "За экономическую грамотность", 1997 г. 320 с.

36. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ямало-Ненецкого автономного округа в 2018 году» // Салехард: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в Ямало-Ненецком автономном округе», 2019 г. 243 с.

37. Дрabbкова В. Г., Летанская Г.И., Макарова Е.С., Беляков В.П. Роль планктонных и бентосных сообществ в процессах деструкции органического вещества. Л.: Наука, 1984. С. 178-186.

38. Егоров Н.Н., Шипулин Ю.К. Особенности загрязнения природных вод и грунтов нефтепродуктами // Водные ресурсы, 1998 г. Т. 25. № 5. С. 598-602.

39. Епифанов В. А. Взрывные воронки-колодцы и актуальность изучения роли дегазации недр в климатических событиях и ландшафтных преобразованиях четвертичного периода // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода, 2018 г. №. 76. С. 5-40

40. Ермолаева Н.И. Зоопланктон разнотипных водоемов полуострова Ямал в 2015 г. // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. / Салехард: ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», 2016 г. № 2(91). С. 56-62.

41. Ермолаева Н.И., Бурмистрова О.С. Зоопланктон оз. Бол. Щучье // Научный вестник ЯНАО / Салехард: ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», 2017 г. № 1 (94). С. 15–20

42. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем)/ Е.А. Зилов. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. - 147 с.

43. Иванова М. Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. Ленинград: Зоологический ин-т, 1985. 222 с.
44. Измайлова А. В., Корнеенкова Н. Ю. Озерность территории Российской Федерации и определяющие ее факторы. Москва: Российская академия наук, 2020. С. 16-25.
45. Инвестиционный паспорт муниципального образования Надымский район Ямало-Ненецкого автономного округа. Надым, 2016. URL: [http://nadymregion.ru/documents/Инвестпаспорт\\_2016.pdf](http://nadymregion.ru/documents/Инвестпаспорт_2016.pdf) (дата обращения: 23.02.2020).
46. Константинов А.С. Общая гидробиология. - М.: Высшая школа, 1986. - 472 с.
47. Кремлева Т.А., Моисеенко Т.И., Хорошавин В.Ю., Шавнин А.А. Геохимические особенности природных вод Западной Сибири: микроэлементный состав // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. - 2012. - № 12. - С. 80-89
48. Круглова А. Н. Зоопланктон некоторых малых водоемов Петрозаводска (республика Карелия) // Труды Карельского научного центра РАН / Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015 г. С. 69-77
49. Круглова А. Н., Комулайнен С. Ф. Планактонная фауна рек Кемь, Ковда и их притоков (бассейн Белого моря, Республика Карелия, Россия) // Труды Кольского научного центра РАН / Апатиты: ФГБУН «Кольский научный центр РАН», 2019 г. Т. 10. Вып. 7. С. 74-82
50. Кузин И. Л. Голубые озера областей гумидного климата. Москва: Российская академия наук, 2001. Т. 133, вып. 3. С. 44-57.
51. Куценко С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. - М.: Фолиант, 2004 г. - 570 с.
52. Линник П. Н. Оценка токсичности форм меди в природных водах методом биотестирования в сочетании с определением концентрации свободных ионов  $\text{Cu}^{2+}$  / П. Н. Линник, Э. П. Щербань // Экологическая химия – 1999 г. - Т. 8. № 3. С. 168-176.

53. Лоскутова О.А., Хохлова Л.Г., Патова Е.Н., Стенина А.С., Кононова О.Н. Биоразнообразие беспозвоночных и водорослей в озерах болотного заказника «Океан» // Известия Самарского научного центра РАН / Самара: СамНЦ РАН, 2010 г. С. 957-962

54. Лузгин В. К. Морфофизиологические изменения дафний при кратковременном воздействии солей тяжелых металлов. их обратимость и влияние на продуктивность популяции: дис. канд. биол. наук. 03.00.18/ В. К. Лузгин. - Ленинград. 1983 - 203 с.

55. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. Определители по фауне / Под ред. Е. Ф. Мануйловой. – М. - Л.: Наука, 1964 г. 327 с.

56. Медянкина М. В. Экотоксикологическая оценка донных отложений загрязняемых водных объектов. автореф. дис. канд. биол. наук. 03.00.18/ М. В. Медянкина. - Москва, 2007. - 26 с.

57. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология»; сост.: О.Ю. Деревенская. – Казань: КФУ, 2015. – 44 с.

58. Минина М. В., Нуянзина Е. В., Карташев А. Г. Зоопланктон нефтезагрязненных районов средней Оби // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки / Тамбов: Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, 2014. Т. 19. №5. с. 1316-1320

59. Моисеенко, Т. И. Методология оценки качества вод с позиций экологической парадигмы // Известия РАН. Серия географическая / Москва: РАН, 2009 г. №1. С. 23-35.

60. Морфоструктура и морфоскульптура платформенных равнин СССР и дна омывающих его морей / Под ред. И. П. Герасимов, А. А. Асеев. – М.: Наука, 1986 г. 190 с.



61. Московченко, Д. В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области / Д. В. Московченко. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1998. - 112 с.

62. Национальный атлас России [Электронный ресурс]: в четырех томах. Москва: Федеральная служба гос. регистрации, кадастра и картографии, 2005-2011. URL: <https://национальныйатлас.рф/> (дата обращения: 13.10.2019)

63. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010 г. 495 с.

64. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 2. Ракообразные / Под ред. С. Я. Цалолихина. Санкт-Петербург: Зоол. институт РАН, 1995 г. 629 с.

65. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления Глобального экологического кризиса; обзор современных принципов и методов защиты биосферы: Учебник для вузов. Под ред. В.Ф.Панина. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 327 с.

66. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия: Учебник для вузов. // Под ред. Стадничука М. Д. - 5-е изд., перераб. И доп. - СПб.: «Иван Федоров», 2002. – 624 с.

67. Пидгайко, М. Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР / М. Л. Пидгайко; Отв. ред. Г. Г. Винберг. - М. : Наука, 1984. - 208 с.

68. Попов П. А.. Накопление и распределение тяжелых и переходных металлов в рыбах Новосибирского водохранилища / П. А. Попов, Н. В. Андросова, Г.Н. Аношин. // Вопросы - 2002. - т. 42. - №2. С. 264-270.

69. Постановление Правительства ЯНАО от 25.12.2013 N 1135-П "Об утверждении государственной программы Ямало-Ненецкого автономного округа «Охрана окружающей среды на 2014 - 2024 годы» (с изменениями на

22 мая 2020 года) // Салехард: Правительство Ямало-Ненецкого автономного округа, 2020 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/412701017> (Дата обращения: 25.05.2020)

70. Природа Ямала. Екатеринбург: Наука, 1995 г. 435 с.

71. Проект «Стратегия социально-экономического развития Ямало-Ненецкого Автономного Округа до 2030 года» от 11 декабря 2018 года // Салехард: Правительство Ямало-Ненецкого автономного округа, 2018 г. 128 с.

72. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики; редкол.: С. М. Окладников [и др.]. Москва: Росстат, 2019. 766 с.]

73. Савченко Н. В. Функционально-динамическое состояние субарктических озёр Сибири // Символ науки / Уфа: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2016 г. - № 1, ч. 3. - С. 231-236.

74. Салтыкова С. А. Накопление тяжелых металлов в рыбах Ладожского озера и в их паразитах/ С. А. Салтыкова //Вестник Кольского научного центра РАН - 2011 - №2. - с. 88-93.

75. Семенова Л. А., Алексюк В. А. Зоопланктон Нижней Оби // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения / Тюмень: ИПСО СО РАН, 2010 г. С. 156-169

76. Сизов О.С., Лоботросова С.А., Соромотин А.В. Лишайниковые сосняки северной тайги Западной Сибири как индикатор ледниковых условий рельефообразования // Проблемы региональной экологии / Москва: ООО Изд. дом «Камертон», 2017 г. № 2. С. 60-68.

77. Соромотин А. В., Сизов О. С., Приходько В.Н. [и др.]. Морфометрические характеристики и гидрохимические особенности голубых озер Надым-Пуровского междуречья. Салехард: Государственное казенное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа "Научный центр изучения Арктики", 2017. № 3 (96). С. 42-47.

78. Уварова В.И. Оценка химического состава воды и донных отложений р. Надым. // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения / Пенза: ИД "Академия Естествознания" 2011 г. № 11. С.143–153.

79. Фефилова Е.Б. Состояние реки печорского бассейна после аварийного разлива нефти: оценка изменений в сообществе зоопланктона // Водные ресурсы / Москва: РАН, 2011 г. Т. 38. № 5. С. 593–605.

80. Фролова Л. А., Пестрякова Л. А. Cladocera (Branchiopoda, Crustacea) в палеогеографических исследованиях термокарстовых озер Сибири // Пути эволюционной географии: материалы Всероссийской научной конференции посвященной памяти профессора А.А. Величко / Москва: ФГБУН Институт географии РАН, 2016 г. С. 587-591.

81. Хименков А.Н., Станиловская Ю.В., Сергеев Д.О. и [др.] Развитие взрывных процессов в криолитозоне в связи с формированием Ямальского кратера // Арктика и Антарктика. 2017 г. № 4. С. 13-37

82. Шишкинская Н. Г. Словарь биологических терминов и понятий. Саратов: Лицей, 2005 г. 284 с.

83. ArtsDataBanken [Электронный ресурс]. Тронхейм. URL: <https://artsdatabanken.no/Pages/195509> (Дата обращения: 15.01.2020) [По данным <https://artsdatabanken.no/Pages/195509>]

84. Benzie J.A.H. The genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*) (Anomopoda: Daphniidae) // Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. V. 21. Ghent: Kenobi Productions & Leiden: Backhuys Publishers, 2005. 376 p.

85. Fan W.-H. Metal accumulation and biomarker responses in *Daphnia magna* following cadmium and zinc exposure. / W.-H. Fan [et al.] / Environ. Toxicol. Chem. - 2009, - № 28. - P. 305-310.

86. Hebert P.D.N. Genetics of *Daphnia* // Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 1987. V. 45. P. 439–460.

87. Heijerick D. G. Development of a chronic zinc biotic ligand model for *Daphnia magna*. / Heijerick D. G. [et al. ] // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* - 2005. - № 62. P. 1-10.
88. Kalay M. Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli* / M. Kalay, M. Canli // *Turkish Journal of Zoology.* - 2000. - №24. -P. 429-436.
89. Pantle, R. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der 192 Ergebnisse / R.Pantle, H.Buck // *Gas-und Wasserfach.* - 1955/ Bd. 96, - №18. - 604 s.
90. rp5.ru: Расписание погоды: [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2004. URL: <https://rp5.ru/> (Дата обращения: 31.01.2020)
91. Schwenk K., Spaak P. Ecology and genetics of interspecific hybridization in *Daphnia* // In: *Ecology and Evolution of Freshwater Animals.* Basel: Birkhäuser Verlag, 1997. P. 199–229.
92. Sladecec, V. Rotifer as indicators of water quality / V.Sladecec // *Hydrobiologia.* - 193 1993. - Vol. 100. - № 2. - P. 169 – 201.
93. Sladecec, V. System of water quality from biological point of view / V.Sladecec // *Ergebnisse Limnologie.* - Arch. Hydrobiol., 1973. - Bd 7 / - №7. - 218 S.
94. Trautmann S. Fission yeast Clplp phosphatase regulates G2/Mtransition and coordination of cytokinesis with cell cycle progression. /S. Trautmann [et al] // *Curr. Biol.* - 2001. - 11. -P. 931-940.
95. Wolf H. G., Mort M. A. Inter-specific hybridization underlies phenotypic variability in *Daphnia* populations // *Oecologia.* 1986. V. 68, N. 4. P. 507–511.

ПРИЛОЖЕНИЕ

## Таксономический состав и эколого-фаунистическая характеристика водоемов Надымского района

Таксоны	Зоогеография	Экологическая приуроченность	Зона сапробности	Индекс сапробности	оз. Круглое 1	оз. Круглое 2	оз. Круглое 3	Старица р. Надым
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rotifera								
сем. Asplanchnidae								
Asplanchna priodonta Gosse, 1850	К	ЭП	β-м	1,55	+	+	-	-
сем. Brachionidae								
Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)	Г	ЭП	о	1,25	+	-	+	-
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	К	ЭП	о	1,15	+	+	+	-
Keratella quadrata (Muller, 1786)	К	ЭП	β-м	1,55	-	-	-	+
сем. Conochilidae								
Conochilus unicornis Rousselet, 1892	К	ЭП	о	1,3	+	+	+	-
сем. Eosporidae								
Eospora ehrenbergi Weber, 1918	К	Ф	о	1,5	-	-	+	-
сем. Epiphanidae								
Epiphanes senta (Muller, 1773)	К	ЭП	α-м	3,5	-	-	+	-
сем. Euchlanidae								
Euchlanis dilatata Ehrenberg, 1862	К	Ф	о	1,5	-	-	+	-

Продолжение прил. 1

## Таксономический состав и эколого-фаунистическая характеристика водоемов Надымского района

1	2	3	4	5	6	7	8	9
сем. Lecanidae								
Lecane (Monostyla) hamata (Stokes, 1896)	К	Ф	о	1	+	-	-	-
Lecane (s. str.) ungulata (Gosse, 1887)	К	Ф	о	1,5	-	+	+	-
сем. Synchaetidae								
Bipalpus hudsoni (Imhof, 1891)	К	ЭП	о	1	-	-	+	-
Polyarthra dolichoptera Idelson, 1925	Г	ЭП	о	1,1	+	+	+	-
Synchaeta Ehrenberg, 1832 sp.	Г	ЭП	-	0	+	-	-	-
сем. Trichocercidae								
Trichocerca (Diurella) tenuior (Gosse, 1886)	К	Ф	о	1	-	-	+	-
Trichocerca (s. str.) capucina (Wierzejski et Zacharias, 1893)	К	Ф	о	1	-	-	+	-
Trichocerca (s. str.) cylindrica (Imhof, 1891)	К	Ф	о	1	+	-	-	-
Trichocerca (s. str.) longiseta (Schrank, 1802)	К	Ф	о	1,2	+	+	+	-
Cladocera								
сем. Bosminidae								
Bosmina (B.) longirostris (O. F. Muller, 1785)	К	ЭТ	β-м	1,55	-	-	+	-
Bosmina (E.) coregoni	Г	ЭП	о	0,95	+	-	-	+

Baird, 1857								
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение прил. 1

## Таксономический состав и эколого-фаунистическая характеристика водоемов Надымского района

1	2	3	4	5	6	7	8	9
сем. Chydoridae								
Acroperus harpae (Baird, 1834)	Э, Г, Н, О	ПБ	о	1,4	+	-	+	-
Alona affinis (Leydig, 1860)	О, П	ПБ	о	1,1		-	+	-
Alona guttata Sars, 1862	П	ПБ	о	1,5	+	-	-	-
Alonella excisa (Fischer, 1854)	К	ПБ	о	1,2	+	-	+	-
Alonella nana (Baird, 1850)	Г	Ф	о	1,4	+	+	+	-
Alonopsis elongatus Sars, 1862	П	ЭТ	-	-	+	-	+	+
Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)	К	ЭТ	β-m	1,75	+	+	+	+
Disparalona rostrata (Koch, 1841)	О, П	ПБ	о	1,4	-	-	+	+
Disparalona rostrata tuberculata (Herr, 1917)	О, П	ПБ	о	1,4	+	-	-	-
сем. Daphniidae								
Ceriodaphnia quadrangula (O. F. Muller, 1785)	П	ЭТ	о	1,15	+	-	-	-
Daphnia (Daphnia) galeata Sars, 1864	П	ЭП	о	1,3	-	-	-	+
сем. Euryercidae								
Euryercus (E.) lamellatus (O. F. Muller, 1776)	Э, Г, Н, О	Ф	о	1,2	-	-	-	+
сем. Macrothricidae								



<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fischer, 1849)	Г	Ф	-	-	-	-	+	-
--	---	---	---	---	---	---	---	---

Продолжение прил. 1

## Таксономический состав и эколого-фаунистическая характеристика водоемов Надымского района

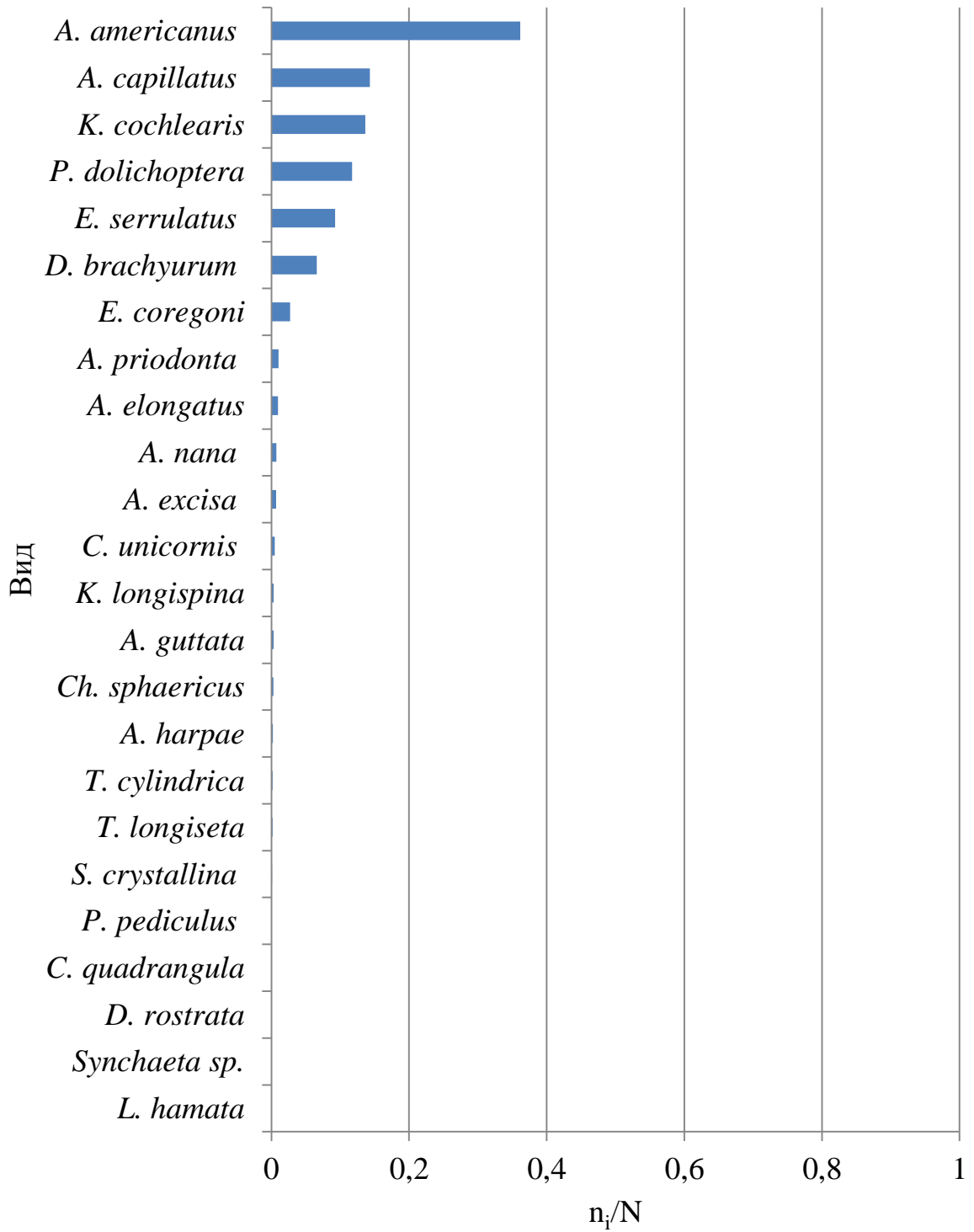
1	2	3	4	5	6	7	8	9
сем. Ophryoxidae								
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars, 1862	П	Ф	-	-	-	-	+	-
сем. Polyphemidae								
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	Г	ЭП	о	1,3	+	-	-	-
сем. Sididae								
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	Г	ЭП	о	1,4	+	+	+	-
<i>Limnosida frontosa</i> Sars, 1862	П	ЭП	о	1,3	-	-	+	+
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Muller, 1776)	П	Ф	о	1,3	+	-	+	-
Copepoda								
сем. Cyclopidae								
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1893)	Г	ЭП	-	0	+	-	-	-
<i>Acanthocyclops capillatus</i> (Sars, 1863)	П	ЭП	-	0	+	+	+	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	П	ПБ	$\beta$ -m	1,85	+	-	-	
<i>Mesocyclops</i> Sars, 1913 sp.	П	ЭП	-	-	-	-	-	+
сем. Diaptomidae								
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	П	ЭП	$\beta$ -m	1,6	-	-	+	+
сем. Temoridae								
<i>Hetercope appendiculata</i> (Sars, 1863)	П	ЭТ	-	-	-	-	+	+

Условные обозначения:

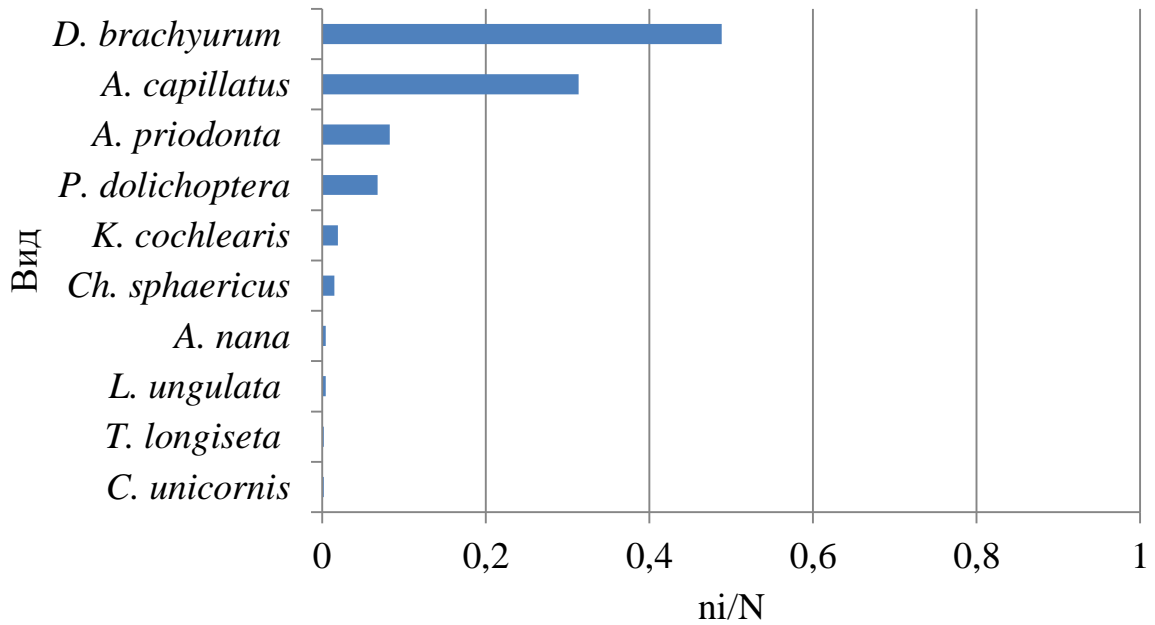
Зоогеография: К - космополиты; Г - Голарктическая область; П - Палеарктическая область; О - Ориентальная область; Э - Эфиопская область; Н - Неотропическая область;

Экологическая приуроченность видов: ЭТ - эвритопный, ЭП - эупланктонный, Ф - фитофильный, ПБ - планкто-бентический.

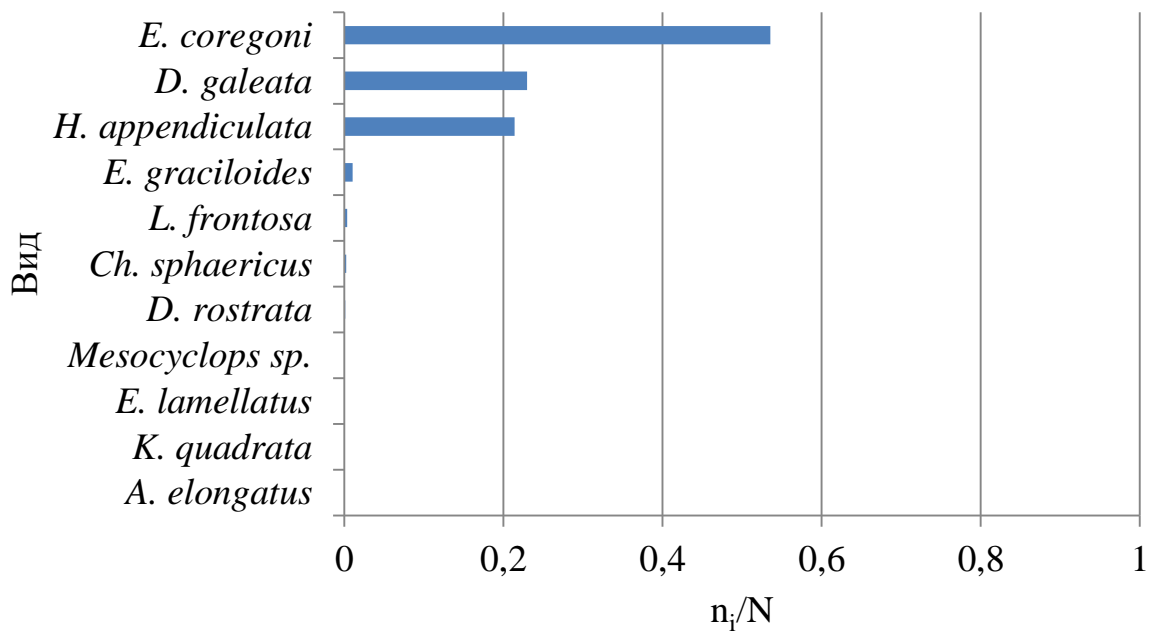
Ранговое распределения видов зоопланктона по относительной численности  
( $n_i/N$ ) в оз. Круглое 1



Ранговое распределения видов зоопланктона по относительной численности  
( $n_i/N$ ) в оз. Круглое 2



Ранговое распределения видов зоопланктона по относительной численности  
( $n_i/N$ ) в старице р. Надым



Ранговое распределения видов зоопланктона по относительной численности  
( $n_i/N$ ) в оз. Круглое 3

