

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
институт
Кафедра водных и наземных экосистем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ М. И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20 ____ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса рек Обь, Иня и
Тула в районе города Новосибирска
тема

06.04.01 «Биология»
код и наименование направления

06.04.01.04 «Гидробиология и ихтиология»
код и наименование магистерской программы

Выпускник	_____	<u>С. В. Андрущенко</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Руководитель	_____	<u>С. П. Шулепина</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия
		<u>канд. биол. наук</u>
		должность, научная степень
Рецензент	_____	<u>А. В. Андрианова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия
		<u>канд. биол. наук</u>
		должность, научная степень

Красноярск 2023

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Видовой состав и количественные характеристики зообентоса рек Обь, Иня и Тула в районе города Новосибирска» содержит 92 страницы текстового документа, 2 приложения, 6 таблиц, 14 рисунков, 64 использованных источника литературы.

ЗООБЕНТОС, РЕКА ОБЬ, РЕКА ИНЯ, РЕКА ТУЛА, ВИДОВОЙ СОСТАВ, БИОМАССА, ЧИСЛЕННОСТЬ, КАЧЕСТВО ВОДЫ.

Объект исследования – зообентос рек Обь, Иня и Тула.

Цель работы - изучить структуру зообентоса рек Обь, Иня и Тула в районе города Новосибирска.

Проведены исследования сообществ зообентоса рек Обь, Иня и Тула в районе города Новосибирска в августе 2021 года и с мая по сентябрь 2022 года. Описан видовой состав зообентоса исследуемых рек, представлены количественные параметры и пространственная динамика развития донной фауны беспозвоночных. Оценено качество воды исследованных участков рек Обь, Иня и Тула. Установлено влияние притоков Иня и Тула на зообентос реки Обь.

Наибольшее количество видов зообентоса зарегистрировано в реке Иня – 73 вида, наименьшее в реке Тула – 57 видов. В реке Обь установлено 69 видов бентонтов. По индексу Шеннона отмечено низкое видовое разнообразие зообентоса всех рек исследования. Выявлено сходство видового состава зообентоса между реками Обь и Иня ($K=0,6$), а также Обь и Тула ($K=0,7$).

Наибольшая средняя численность зообентоса зарегистрирована в реке Тула - 264 ± 64 экз/м² и в реке Обь - 241 ± 39 экз/м², наименьшая – в реке Иня (123 ± 30 экз/м²). Наибольшая средняя биомасса - в реке Обь $5,58 \pm 2,28$ г/м². Биомасса бентофауны в реке Иня ($2,05 \pm 0,73$ г/м²) и в реке Тула ($2,65 \pm 0,69$ г/м²) достоверно не отличались между собой ($p > 0,05$).

В реках Иня и Тула отмечена смена структурообразующего комплекса в пространственном аспекте, в реке Обь по всем районам исследования преобладали хирономиды *Chironomus sp.*

Качество воды рек Иня, Тула и Обь по индексу Вудивисса в среднем оценено на уровне III класса качества, вода загрязнённая. В реке Обь зарегистрировано ухудшение качества воды после впадения реки Тула (с III до IV класса) и улучшение после впадения устья р. Иня (с IV до III класса).

Сделан вывод о возможном независимом влиянии рек Иня и Тула на зообентос реки Обь.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	7
1.1 Зообентос как структурный элемент речных экосистем.....	7
1.2 Структура зообентоса рек Обского бассейна	8
1.3 Индексы биоразнообразия и качества воды для рек западной Сибири	14
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	18
2.1 Характеристика района исследования	18
2.1.1 Гидрологическая характеристика реки Обь.....	18
2.1.2 Гидрологическая характеристика реки Иня	19
2.1.3 Гидрологическая характеристика реки Тула	19
2.2 Методика отбора и обработки проб зообентоса.....	20
2.3 Биологические индексы и статистическая обработка данных.....	22
3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	Error! Bookmark not defined.
3.1 Видовой состав зообентоса рек Обь, Иня и Тула	Error! Bookmark not defined.
3.2 Пространственная и временная динамика численности и биомассы зообентоса рек Обь, Иня и Тула	Error! Bookmark not defined.
3.3 Оценка качества воды рек Обь, Иня и Тула по организмам зообентоса	Error! Bookmark not defined.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Error! Bookmark not defined.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Река Обь является одной из крупнейших рек Арктического бассейна, занимая первое место по водосборной площади и третье по водостоку. Более 30% поступающей пресной воды в Карское море обеспечивается ее стоком [1].

На своем протяжении р. Обь принимает в себя значительное количество притоков, представленных малыми и средними реками, такими как р. Тула и р. Иня. Малые и средние реки играют важную роль в формировании биологических ресурсов принимающих их водоемов и часто подвержены высокой антропогенной нагрузке [2].

Река Тула является единственным левобережным притоком первого порядка р. Обь, тогда как р. Иня представляет собой наибольший правобережный приток первого порядка в черте г. Новосибирска. Данные реки испытывают на своем протяжении высокое антропогенное воздействие: неконтролируемый сброс сточных вод с предприятий, использования воды в промышленном водоснабжении, орошении, и т.д. [3].

Значительная антропогенная нагрузка влияет на природную систему, изменяет ее структуру, оказывает влияние на дальнейшее функционирование и развитие. В значительной степени происходят изменения как видового состава, так и показателей численности и биомассы зообентосных организмов [4]. В случае притоков это так же может сказываться и на принимающей их реке.

Кроме внесения загрязняющих веществ из притоков первого порядка в р. Обь может так же происходить внос новых бентосных организмов посредством дрефта или расселения на стадии имаго амфибионтных насекомых [5].

Учитывая тот факт, что видовые и количественные характеристики зообентоса малых рек могут различаться не только с основным водотоком, но и между собой [4], то внос зообентосных организмов может приводить к увеличению видового разнообразия основного водотока.

Однако, данные по зообентосной составляющей малых рек и о их вкладе в основной водоток в настоящий момент малочисленны либо полностью

отсутствуют (как и в случае с зообентосом рек Тула и Иня), что обуславливает необходимость проведения исследований по изучению зообентоса данных водотоков.

Целью настоящего исследование было изучить структуру зообентоса рек Обь, Иня и Тула в районе города Новосибирска

Задачи:

- 1) Определить видовой состав зообентоса рек Обь, Иня и Тула;
- 2) Изучить пространственную динамику величин численности и биомассы зообентоса исследуемых рек;
- 3) Изучить сезонную динамику плотности донных сообществ;
- 4) Оценить качество воды исследуемых рек по организмам зообентоса .

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Зообентос как структурный элемент речных экосистем

По определению Жадина (1950 г.), бентос представляет собой группировки организмов, характеризующиеся связью с дном водных объектов как субстратом, на котором или внутри которого организмы проводят свою жизнь.

Распределение и степень доминирования различных видов зообентоса напрямую зависит от факторов их среды обитания: типа грунта, глубины, скорости течения, колебания уровня воды, зарастаемости и т.д. [6, 7].

Зообентос обладает высокой степенью неоднородности в водных объектах [8, 9]. При рассмотрении водоема в концепции экологической зональности, отмечается наиболее бедное население зообентоса в литоральной зоне из-за возможности пересыхания или промерзания. Зообентос сублиторали и профундали не сильно различается между собой, но значительно отличается от зообентоса литорали, в связи с иными условиями обитания: отсутствует подводная растительность, не характерны явления пересыхания или промерзания, наибольшее влияние на зообентос оказывает тип грунта [9].

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса сильно изменяются при смене типа грунта. Бентос песчаных грунтов является достаточно разнообразным по видам, но количественно беден. Заиленные грунты характеризуются большими значениями биомассы и численности, но низким видовым разнообразием. В некоторых случаях отдельно выделяют фитореофильные группировки – у данных группировок наблюдаются как высокие значения биомассы, так и большое количество видов [8, 10].

Большая часть представителей бентоса относится к стеноэдафической группе, способной к обитанию только на одном типе грунта. Но существуют так же бентонты, способные к жизни на разных типах грунта, относящиеся к полиэдафической группе [7].

В соответствии с концепцией речного континуума, характерной для зообентоса речных водотоков - структура зообентоса практически непрерывно изменяется вдоль по течению, одновременно с изменениями условий окружающей среды [11, 12, 13].

В случае экстремальных природных явлений восстановление зообентоса происходит достаточно быстро при нужном количестве рефугиумов. Наиболее значимыми в данном восстановлении являются: дрейфт зообентоса, способность к анабиозу и наличие наземных расселительных стадий жизненного цикла амфибионтных организмов [14].

Дрейфт зообентоса подразделяют два типа – активных и пассивный. Активный дрейфт зообентосных организмов, способных к самостоятельному всплыванию, происходит при большой плотности населения, неблагоприятных условиях среды или может обусловлен биологией вида. Пассивный дрейфт зообентонтов, вымываемых из грунта, зависит от скорости течения и устойчивости грунта. Но, не смотря на явление дрейфта, в водотоках на определенных участках формируются характерные и устойчивые донные сообщества [5, 15].

1.2 Структура зообентоса рек Обского бассейна

Установлено, что бентос значительно отличается по своему составу и преобладающим группам при сравнении горных и равнинных водотоков [16]. Данное различие обусловлено уклоном водотока, скоростью течения, типами грунта и различными иными факторами обитания, к которым необходимо приспосабливаться донным жителям [17].

Для горной части Верхней Оби характерны каменистые, глинистые, песчаные и песчано-илистые грунты. Наиболее редким для исследованных участков Оби является каменистый грунт. В нем обнаруживаются личинки мошек и некоторых поденок, а также единичные афелохиры. Для глинистого грунта характерно присутствие личинок поденок и ручейников, свойственных

для каменистого грунта. На смешанных грунтах отмечается наличие личинок упомянутых насекомых, клопы, бокоплавцы и моллюски. На песчаном и песчано-илистом дне обитают роющие личинки поденок, горошинки, шаровки и личинки хирономид, свойственные илистым грунтам [18].

Исследования зообентоса рек равнинной части Верхней Оби немногочисленны. Отмечается снижение видового разнообразия ниже по течению Оби с наиболее высокими показателями численности и биомассы на илистом грунте - численность более 400 экз./м², биомасса 0,4 г/м² – и наименьшими на песчаном грунте - биомасса не превышает 0,04 г/м² [19].

При рассмотрении зообентоса Средней Оби выделяют 125 видов, среди которых: гидры, мерметиды, олигохеты, моллюски, личинки веснянок, поденок, ручейников и двукрылых (мокрецов, мошек, хаборусов и хирономид). Доминантами по численности являются личинки хирономид и олигохеты.

Наиболее разнообразный видовой состав и более высокие количественные характеристики зообентоса зарегистрированы в затонах Средней Оби - численность бентосных организмов достигает до 2 тыс. экз/м², а биомасса до 16,3 г/м². В пойменных протоках и озерах биомасса зообентоса может даже превышать 20 г/м²[20].

В Нижней и Средней Оби наблюдаются псаммореофильные и пелореофильные зообентосные биоценозы, занимающие значительные площади. Для данных группировок характерны небольшие значения биомассы – около 0,013 г/м². Также встречаются пятна илистого дна, в которых значения биомассы достигают 27 г/м² [9].

Для низовьев Оби и Обской губы установлен 41 вид зообентоса: кишечнополостных (*Hydra* sp.), круглых червей, олигохет (*Ilyodrilus hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Lumbriculus variegatus*), пиявок (*Glossiphonia heteroclita*), моллюсков (из семейств Sphaeriidae, Valvatidae, Lymnaeidae), ракообразных (из отрядов Phyllopora, Isopoda, Amphipoda, Schizopoda, Cumacea), хирономид (из родов *Chironomus*, *Stictochironomus*,

Cryptochironomus, Allochironomus, Procladius, Prodiamesa, Tanytarsus) [21].

Для малых водоемов Нижней Оби отмечалось большое количество видов хирономид (44 вида из 82 видов зообентоса) и моллюсков (11 видов). В дельте Оби обитают бентосные организмы, как речной, так и эстуарной формы, такие как: морской таракан, реликтовые мизиды, гаммаракант и др. Биомасса донной фауны в дельтовых водоемах колеблется от 0,6 до 37,7 г/м² [22].

В 2014-ом году Л.В. Яныгина с соавторами провели исследование в котором выявили доминирующие формы зообентоса для различных рек Обского бассейна. Для рек Верхней Оби установлено доминирование амфибиотических насекомых ритрона: ручейников сем. Glossosomatidae, веснянок сем. Nemouridae и хирономид подсемейства Diamesinae. В число доминантов входили *Glossosoma altaicum*, *Amhinemura borealis* и виды рода *Diamesa* (*D.brtrani*, *D. gr. Insignipes*). Автор отмечал более высокое видовое разнообразие, по сравнению с таковым равнинных рек. В горных реках среднего уклона наблюдался каменистый грунт [6].

При исследовании зообентоса равнинных рек Средней Оби было установлено небольшое видовое разнообразие по сравнению с зообентосом горных рек среднего уклона. Комплекс доминирующих видов составляли моллюски сем. Pisidae, пиявки сем. Erpobdellidae и хирономиды подсем. Chironominae. Было выявлено, что доминирующими видами средних по размеру равнинных рек являются *Chironomus sp.*, *Pisidium sp.*, *Euglesa sp.*, *Cryptochironomus gr. defectus*, *Procladius imicola*, *Polypedilum scalaenum*, *Paralauterborniella nigrohalteralis*. Данные реки характеризовались илисто-песчаным типом грунта. Значительные различия в донной фауне Средней и Верхней Оби, обуславливаются комплексом гидроморфологических показателей (уклон русла, размер водотока, тип донных отложений, температура воды, высота водосборного бассейна над уровнем моря) [6, 19].

В более ранней работе Л. В. Яныгиной были рассмотрены изменения структуры доминирующих по биомассе таксономических групп

макробеспозвоночных по продольному профилю рек на уровне семейств (для хирономид – подсемейств).

Олигохеты (кл. *Oligochaeta*) входили в состав доминантов по биомассе только в равнинной части бассейна, где они были представлены преимущественно сем. *Tubificidae*. Их распределение по продольному профилю рек не зависело от размера водотока. Отмечена тенденция увеличения доли олигохет в биомассе донных сообществ при снижении уклона русла и высоты над уровнем моря, что вероятно, обусловлено увеличением доли илистых фракций в донных отложениях.

Пиявки (кл. *Hirudinea*) доминировали по биомассе в основном в малых и средних равнинных реках бассейна Средней Оби, где они были представлены преимущественно сем. *Egrobdelellidae* (*E. octoculata*). При увеличении уклона выше 1 м/км пиявки в состав доминант не входили [19, 23].

Обитание моллюсков (тип *Mollusca*) приурочено к водотокам с невысокой скоростью течения и уклоном менее 1,5 м/км. В состав доминант входили преимущественно представители сем. *Lymnaeidae* и *Pisidiidae*. Сем. *Lymnaeidae* эпизодически доминировало в предгорных и равнинных водотоках бассейна Верхней Оби, а также в горных водотоках, зарегулированных озерами или прудами. Представители сем. *Pisidiidae* – обычные обитатели малых и средних водотоков бассейна Средней Оби, где они доминируют в 60 % водотоков. Доля этого семейства в биомассе донного сообщества статистически значимо увеличивается с уменьшением уклона русла, высоты участка водотока над уровнем моря, а также с уменьшением размера водотока [9, 24].

Поденки (отр. *Ephemeroptera*) доминировали по биомассе как в горных, так и в равнинных водотоках, однако состав комплекса доминант на различных участках бассейна существенно различался. Доля сем. *Heptageniidae* в биомассе бентоса значимо увеличивалась с увеличением уклона и высоты над уровнем моря. Схожие тенденции отмечены и для сем. *Ephemerellidae*. При этом распределение этих семейств поденок по продольному профилю рек не зависело от размера водотока. В горных реках поденки были представлены

преимущественно этими двумя семействами, представители сем. Ephemerellidae входили в состав комплекса доминант в 5% горных водотоков, сем. Heptageniidae – в 19 % водотоков. На мягких грунтах предгорных и равнинных водотоков бассейна Верхней Оби в состав комплекса доминант входили поденки сем. Ephemeridae. В равнинных водотоках бассейна Средней Оби поденки встречались эпизодически и в состав доминант не входили.

Среди доминант наибольшее число семейств относилось к ручейникам, что связано с лидирующей ролью этого отряда насекомых в донных сообществах горных рек. Обитание представителей сем. Glossosomatidae было приурочено к водотокам верхней части бассейна с максимальными уклонами. При снижении высоты над уровнем моря и уклона русла биомасса этого семейства снижалась, и оно выпадало из комплекса доминирующих таксономических групп. Семейство Brachycentridae было представлено двумя видами: *Brachycentrus americanus* и *B. subnubilis*. Обитание первого вида также как и семейства Glossosomatidae было приурочено к водотокам с большими уклонами в горной части бассейна. Второй вид эпизодически входил в состав доминант на твердых грунтах нижних участков Средней Оби с небольшими уклонами. Значительная неоднородность условий обитания характерна и для представителей сем. Hydropsychidae. Виды этого семейства, принадлежащие к р. Seratopsyche, предпочитали разноразмерные горные и предгорные водотоки, где они входили в состав доминант в 26 % проб. Виды р. Hydropsyche эпизодически доминировали на различных участках крупной равнинной р. Обь [Error! Bookmark not defined.].

Среди веснянок (отр. Plecoptera) в состав комплекса доминирующих по биомассе видов входили только представители семейств Nemouridae и Perlodidae. Личинки сем. Nemouridae эпизодически (2% проб) доминировали только в малых высокогорных водотоках. Представители сем. Perlodidae входили в состав комплекса доминант в реках разного размера горной части бассейна.

Среди двукрылых (отр. Diptera) в состав комплекса доминант входили

семейства Limoniidae, Ceratopogonidae и Chironomidae. Личинки сем. Limoniidae эпизодически доминировали в горных водотоках, где они были представлены в основном одним видом *Antochavitripennis* (Meigen). Среди хирономид виды подсем. Diamesinae предпочитали холодноводные высокогорные водотоки с большими уклонами. Хирономиды из подсем. Orthoclaadiinae входили в состав доминант на различных участках речной системы, однако наиболее массовыми они были в горных водотоках. Подсемейства Chironominae и Tanypodinae доминировали преимущественно в равнинных водотоках. При этом таниподины входили в состав доминант в основном в малых равнинных реках бассейна Средней Оби с небольшим общим уровнем развития зообентоса (их биомасса на участках доминирования обычно не превышала 1 г/м²). Среди хирономин виды рода *Lipiniella* доминировали преимущественно в водотоках бассейна Верхней Оби, а виды комплекса *Harnischia* – в крупных водотоках бассейна Средней Оби, остальные представители *Chironomini* – в малых и средних равнинных водотоках [9, 25].

Таким образом, в соответствии с работой Л.В. Яныгиной 2013 года, распределение большинства семейств, входящих в состав доминант бентоса, зависело от уклона русла, высоты над уровнем моря, а для отдельных групп – и размера водотока. В речной системе при продвижении по продольному профилю от высокогорной части бассейна к нижним участкам наблюдается закономерная смена крупных таксонов [18].

В речной системе при продвижении по продольному профилю от высокогорной части бассейна к нижним участкам наблюдается смена крупных таксонов. Ниже приведены основные тенденции их распределения по продольному профилю водотоков.

1. Chironomidae: Diamesinae – Orthoclaadiinae – Chironominae.
2. Trichoptera: Glossosomatidae – Hydropsychidae – Polycentropodidae.
3. Ephemeroptera: Heptageniidae – Ephemerellidae – Ephemeridae.

Зависимость таксономической структуры бентосных сообществ от

геоморфологических характеристик водотоков делает возможной создание комплексной типизации водотоков, в основу гидробиологических показателей которой положены данные по структуре макрозообентоса [9].

1.3 Индексы биоразнообразия и качества воды для рек западной Сибири

Биологические показатели являются важным компонентом системы мониторинга качества поверхностных вод. Они позволяют оценить экологическое состояние водных объектов, определить качество вод, выявить комплексное воздействие загрязнителей, определить тип и источник загрязнения, установить трофические характеристики вод, зафиксировать возникновение вторичного загрязнения [26, 27].

Бентос является наиболее удобным объектом для наблюдения за антропогенной сукцессией и процессами самоочищения водоемов, поскольку отличается стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени [28, 29].

На данный момент, среди множества существующих методов биологического анализа и оценки качества вод отсутствует единый универсальный метод. Для каждой ситуации, каждого региона и типа водоема подбираются свои индексы, наиболее достоверно отображающие сложившуюся картину [12].

На государственном уровне в России утверждены индексы сапробности по Пантле и Букк в модификации Сладечека, олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея и биотический индекс Вудивисса. Для данных индексов разработаны модификации для конкретных регионов и специфических условий среды. Также при проведении экологического мониторинга часто применяют индексы оценки биологического разнообразия [12].

Среди бентосных организмов наиболее чувствительными к загрязнению

являются личинки веснянок, поденок, ручейников и хирономид [30]. К самым стойким относят моллюсков и олигохет [31]. При оценке качества воды по зообентосным организмам в большинстве случаев используют крупные таксоны, нежели виды [12].

При исследовании качества воды малых рек часто рассчитывают соотношение личинок насекомых и олигохет к общему обилию бентосных организмов на единицу площади. Связано это с имеющейся обратной взаимосвязью в численности между оксифильными личинками насекомых и пелофильными олигохетами и получением при этом достаточно точных результатов [32].

Актуально так же использование бентосных организмов в качестве индикаторов закисления вод [33]. При закислении вод снижается общая численность и биомасса зообентоса, исчезают бокоплавы *Gammarus lacustris*, моллюски *Lymnaea*, *Gyraulus* и *Valvatidae* и поденки семейств *Baetidae*, *Caenidae*, *Metretopidae*. Классическими представителями бентосной фауны в водах с рН ниже 5 являются водяные ослики, личинки двукрылых, вислоккрылок, стрекоз, поденок *Leptophlebitidae*, веснянок *Nemoura*, ручейников *Phryganeidae*, *Polycentropidae*, жуки *Dytiscidae*, водяные клопы, малощетинковые черви [34].

Отдельные таксономические группы могут быть биоиндикаторами различных типов загрязнения. Известно, что моллюски являются чувствительным объектом к антропогенному загрязнению и способны накапливать в себе тяжелые металлы [35, 36]. Большое количество гаммарид в зообентосе свидетельствует о хороших кислородных условиях. Для конкретизации данных используют соотношение численности гаммарид к численности олигохет [37].

Большинство личинок веснянок, поденок и ручейников являются индикаторами чистой воды и используются как индикаторные группы в индексе Вудивисса [38]. Пиявки относятся к второстепенным индикаторам;

плоские пиявки индицируют загрязненную воду, тогда как червеобразные, при отсутствии плоских, - грязную [39].

Личинки хирономид, как и моллюски, аккумулируют радионуклиды и тяжелые металлы [40]. Хирономиды также используются как индикаторы качества вод по соотношению между 3-мя подсемействами: п/с *Tanypodinae* (устойчивы к загрязнению), п/с *Orthoclaadiinae* (требовательны к кислороду, не выносят загрязнения), п/с *Chironominae* (занимают промежуточное положение); в соответствии с индексом Балускиной [41]. В некоторых случаях личинки хирономиды используются в качестве палеоиндикаторов – по их остаткам в донных отложениях можно изучить динамику состояния водных экосистем [42]. Но стоит учитывать и естественную смену доминирующих подсемейств хирономид в следствие изменения условий среды обитания вниз по течению. Для большинства случаев характерна следующая смена доминантных таксонов: *Diamesinae* - *Orthoclaadiinae* - *Prodiamesinae* - *Tanytarsini* - *Tanypodinae* – *Chironominae* [43].

При оценке качеств вод также используются индексы биологического разнообразия, поскольку сильное или продолжительное воздействие загрязняющего фактора отражается и на видовом составе зообентоса. При необходимости оценки загрязнения до наступления этапа смены видового состава рассматриваются изменения в количественных соотношении между численностями различных видов – ведется мониторинг доминантных и субдоминантных видов [12].

Индекс видового разнообразия в совокупности с другими биологическими показателями качества среды отражает не только число видов, но и их выравненность, сбалансированность, что возможно только в нормально функционирующих экосистемах [12, 44].

Для Верхней Оби характерен низкий исходный потенциал биологического самоочищения, что определяется низкой температурой воды в период максимального поступления загрязняющих веществ с водосборного

бассейна.

Для рек Верхней Оби на территории Новосибирской области в 2002 году впервые был проведен биомониторинг зообентоса. Исследования проводились совместно с гидрохимическим анализом и биотестированием вод. По результатам исследования наиболее загрязненным был участок р. Тула в черте г. Новосибирска. Также загрязненными следует признать участки рек Обь от г. Искитима до 9 км ниже г. Новосибирска и нижнее течение р. Бердь. Река Обь в окрестностях с. Дубровино считается слабозагрязненной, а Бердь выше г. Искитим - относительно чистая. Участки рек Иня (о. п. Отгонка и о. п. Разъезд Иня) и р. Бердь (с. Новососедово) являются чистыми [Error! Bookmark not defined.].

Наиболее перспективным экспрессным методом для биологического мониторинга рек бассейна Оби является система Вудивисса, так как она отвечает таким основным критериям мониторинга, как достоверность, простота применения и высокая чувствительность к антропогенному загрязнению. Вторым основным методом индикации качества речных вод бассейна Оби должен стать олигохетный индекс (Гуднайта и Уитлея или другие его аналоги в зависимости от конкретного водного объекта) [Error! Bookmark not defined.].

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Характеристика района исследования

2.1.1 Гидрологическая характеристика реки Обь

Река Обь протекает на территории Западной Сибири и является одной из крупнейших рек Арктического бассейна. В соответствии с государственным водным реестром, площадь водосборного бассейна Оби составляет 2 990 000 км², протяженность - 3650 км [45]. Река Обь образуется в месте слияния рек Бия и Катунь и впадает в Обскую губу Карского моря.

На реке Обь выделяют три участка: Верхняя Обь – от места слияния р. Бия и р. Катунь до устья реки Томь, Средняя Обь – от устья р. Томь до устья р. Иртыш и Нижняя Обь – от устья р. Иртыш до Обской губы [46].

На своем протяжении р. Обь преимущественно равнинная река с малыми уклонами и значительными заболоченными участками. Плоский рельеф, слабая дренированность равнинной части и относительно суровый термический режим обусловили широкое распространение болот. Скорость течения р. Оби на равнинном участке составляет 0,2-0,5 м/с, в половодье – 1,6-2 м/с [47].

Питание преимущественно снеговое, что обуславливает низкую минерализацию воды - менее 200 мг/л, с преобладанием гидрокарбонатов и ионов кальция, основным источником которых являются атмосферные осадки [46, 48]. Только на участке между Новосибирском и устьем Томи минерализация достигает значений более 200 мг/л.

Для р. Обь наблюдаются незначительные колебания внутригодовых изменений содержания кислорода — от 73–74 % насыщения (в феврале–марте) до 95 % насыщения (в июле). Летом содержание кислорода в воде не превышает 100 % насыщения. Данный кислородный режим характерен не только для верховья, но для последующих участков Оби, вплоть до г. Нижневартовска. Связано это с полизональностью Оби - водные массы, сформировавшиеся в верховьях бассейна, не сразу, а постепенно трансформируются в южной части Западно-Сибирской низменности [49].

В низовьях р. Обь наблюдается пониженная концентрация кислорода в

период ледостава и высокое содержания органических веществ. После вскрытия рек вода быстро насыщается кислородом из атмосферы с возможным перенасыщением в летний период, т.к. выделяемый растениями кислород не успевает высвободиться из воды в атмосферу и потребляться бактериям. Средняя мутность снижается вниз по течению и составляет от 160 до 40 г/м [49].

Для Оби характерна значительная внутригодовая неравномерность стока. Подавляющая часть поверхностных вод сбрасывается в течение половодья (май-июнь). В период зимней межени (ноябрь-март) наблюдаются минимальные объемы стока [50].

2.1.2 Гидрологическая характеристика реки Иня

Река Иня – правый приток Оби первого порядка. Впадает в Обь на расстоянии 2965 км от устья. Длина водотока составляет 663 км, водосборная площадь 17 600 км². Протекает в Новосибирской и Кемеровской областях [51]. На реке располагается заброшенная Киикская ГЭС в селе Киик, Тогучинском районе Новосибирской области.

В русле реки имеются небольшие островки и осередки. Скорость течения в устьевой зоне составляет 2,5 м/с. Средняя мутность воды незначительная и составляет 3-5 г/л [52].

Так же как и р. Обь, по кислородному содержанию р. Иня характеризуется незначительными колебаниями внутригодовых изменений на своем протяжении— от порядка 70 % насыщения (в феврале–марте) до 95 % насыщения (в июле) [49].

2.1.3 Гидрологическая характеристика реки Тула

Река Тула является левым притоком реки Обь первого порядка. Относится к малым рекам Новосибирской области. Впадает в р. Обь в 2964 км от устья. Протяженность реки Тула 72 км, водосборная площадь 740 км² [53].

Протекает в Новосибирской области вдоль 4-х населенных пунктов – г. Новосибирск, п. Крупской, п. Ярково, п. 8 марта. У поселка 8 марта на реке располагается дамба.

Величина общей минерализации, варьирует от 542 до 731 мг/дм³. Вода является слабощелочной рН (7,4 – 8,1) и содержание растворенного кислорода составляет 0,29 – 5,52 мг/дм³ [54].

2.2 Методика отбора и обработки проб зообентоса

Пробы зообентоса в реках Обь, Тула и Иня были отобраны гидробиологическим скребком Дулькейта (площадь захвата в 0,1 м²) в 3-х повторностях в период с 18 по 21 августа 2021 года, а так же с 6 по 10 мая, 14 по 16 июня, с 20 по 26 июля, с 6 по 10 августа и с 20 по 24 сентября 2022 года. Методики сбора и обработки бентоса унифицированы [55]. При промывке собранного грунта для отделения животных использовали капроновые сита из мельничного газа № 22.

В ходе работы была отобрана 171 проба зообентоса с 10 станций: 4-х станций на реке Обь - по две на каждом берегу выше и ниже устьев исследуемых притоков, 3-х станций на реке Тула и 3-х станций на реке Иня (рис.1).

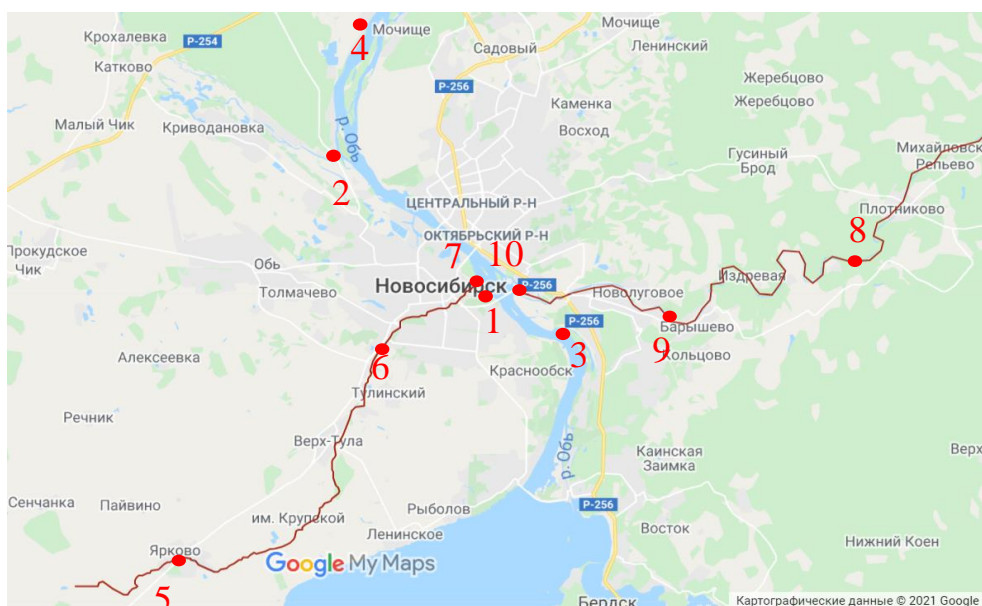


Рисунок 1 – Станции отбора (№1-4 на реке Обь, №5-7 на реке Тула, № 8-10 на реке Иня)

Грунт на станциях исследования варьировал. На 1 и 3 станциях реки Обь наблюдался песчаный грунт, на станции 2 - песчано-илистый, на станции 4 - илисто-песчаный. Для реки Иня на станции 1 был характерен илистый грунт, на станции 2 - каменистый, на станции 3 - каменисто-песчаный. На всех станциях реки Тула был илисто-песчаный грунт.

Температура воды в р. Обь в августе 2021 колебалась от 19,3 °С до 20,2 °С, в р. Иня - от 18,0 °С до 19,3 °С, в р. Тула - от 14,9 °С до 15,9 °С. В 2022 году варьирование температуры в р. Обь было от 9,5 °С до 24,5 °С, в р. Иня от 10,1 °С до 22,2 °С, в р. Тула от 11,2 °С до 22,2 °С (рис.2).

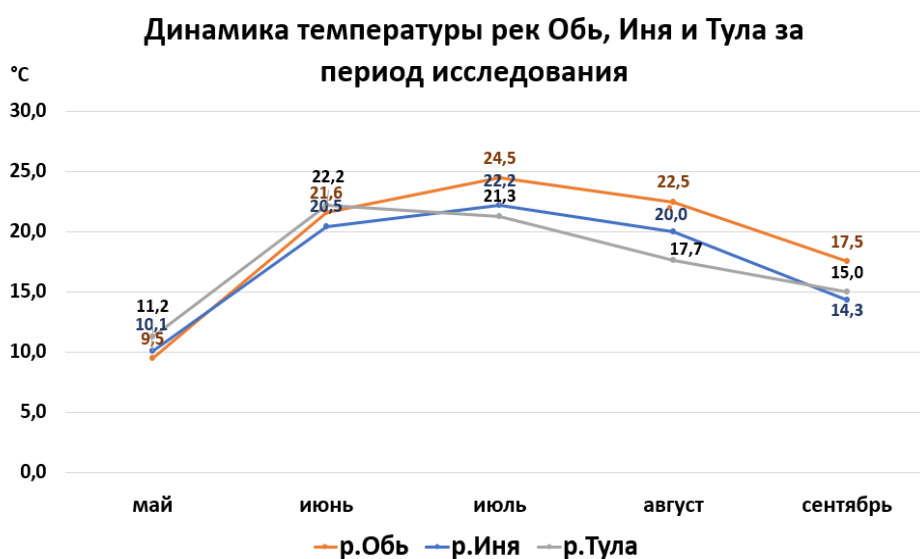


Рисунок 2 – Динамика температуры рек Обь, Иня и Тула в период исследования

В лабораторных условиях производился анализ таксономического состава проб по соответствующим определителям. Для определения видовой принадлежности использовали определители Кутиковой Л. А., Старобогатова Я. И., определитель Панкратовой В. Я. и определители пресноводных

беспозвоночных России и сопредельных территорий под редакцией С. Я. Цаполихина [56, 57, 58, 59, 60].

При разборке проб производился подсчет бентосных организмов по группам, за единицу принималось целое животное или только часть его тела с головой. Также определялся вес животных с помощью торсионных весов после предварительной обсушки на фильтровальной. Полученные данные использовались для проведения количественной оценки пространственного распределения и динамики структурных показателей зообентоса, расчёта численности (N , экз./м²) и биомассы (B , г/м²) бентосных сообществ путем деления неоткорректированных чисел на площадь отбора проб.

2.3 Биологические индексы и статистическая обработка данных

По полученным данным видового состава исследуемых рек в сезонной динамике рассчитывался коэффициент Сернессена-Чекановского по следующей формуле [61]:

$$I_{Cs} = \frac{2a}{(a+b) + (a+c)} \quad (1)$$

где a – количество общих видов для проб А и В; b – число видов в пробе А; c – число видов в пробе В.

По коэффициенту Сернессена-Чекановского устанавливалось сходство видового состава:

$I_{cs} > 0,5$ – сходство в видовом разнообразии сообществ есть

$I_{cs} < 0,5$ – сходства в видовом разнообразии сообществ нет

По количественным характеристикам и видовому составу устанавливался коэффициент Шеннона, показывающий степень видового разнообразия внутри одной станции [62]:

$$\bar{H} = - \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \quad (2)$$

где N_i - число особей i -го вида, N - число особей в пробе, n - число видов.

Если значение данного коэффициента ниже 3-х - видовое разнообразие низкое, если выше - высокое. Кроме степени разнообразия видового состава внутри станции исследования, данный коэффициент демонстрирует степень загрязненности вод по следующей шкале:

$H=5,1-6,5$ - «очень чистые воды»;

$H=3,1-5,0$ - «чистые и удовлетворительно чистые воды»;

$H=2,0-3,0$ - «слабо загрязненные воды»;

$H=0,5-2,0$ - «грязные воды»;

$H < 0,5$ - «очень грязные воды»

Для установления качества воды на исследуемых реках так же применялись индексы Балушкиной, Вудивисса и сапробности Пантле-Букка.

Индекс Балушкиной рассчитывался по следующей формуле [63]:

$$K_6 = (a_t + 0.5a_{ch}) / a_o \quad (3)$$

где $a = N + 10$, при N - относительной численности особей всех видов подсемейств хирономид (t - *Tanytoidinae*, ch - *Chironominae*, o - *Orthocladinae*) в процентах от общей численности всех хирономид.

Значения индекса K от 0,136 до 1,08 характеризуют чистые воды; 1,08-6,5 — умеренно загрязненные; 6,5-9,0 — загрязненные, 9,0-11,5 — грязные.

Индекс Вудивисса для каждой станции находился по следующим образом [63]:

$$BJ = \frac{\sum_{i=1}^n BJ_i}{n}, \text{ балл} \quad (4)$$

где n — число индикаторных групп по анализируемой градации, BJ_i — частный биотический индекс индикаторной группы, присутствующей в анализируемой пробе, берется из соответствующих градаций сопутствующей к данному индексу таблицы.

Индекс сапробности Пантле- Букка вычисляется по формуле [63]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (5)$$

где: S_i - сапробность i -го вида; N_i - численность i -го вида в сообществе; n - общее число видов.

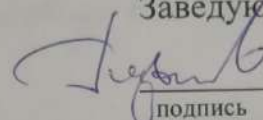
По величинам индекса сапробности и Вудивисса определяли класс качества воды согласно РД 52.24.309-2011 [64].

По полученным данным была проведена статистическая обработка с помощью пакетов R. Был проведен анализ Краскелла - Уоллеса, средние значения и ошибки численности и биомассы.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
институт
Кафедра водных и наземных экосистем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой



М. И. Гладышев
инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса рек Обь, Иня и
Тула в районе города Новосибирска
тема

06.04.01 «Биология»
код и наименование направления

06.04.01.04 «Гидробиология и ихтиология»
код и наименование магистерской программы


Руководитель

 23.06.23
подпись, дата

канд. биол. наук
должность, научная степень

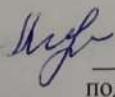
С. П. Шулепина
инициалы, фамилия

Выпускник

 23.06.23
подпись, дата

С. В. Андрущенко
инициалы, фамилия

Рецензент

 23.06.23
подпись, дата

канд. биол. наук
должность, научная степень

А. В. Андрианова
инициалы, фамилия

Красноярск 2023