

**ГАУДПО ИО «Университет непрерывного
образования и инноваций»
Объединение «Экомир»**

***Оценка экологического состояния
озера Долгое на территории
Федерального заказника
«Клязьминский» методами
биоиндикации***

Автор работы:

Грачева Екатерина Алексеевна,
10 класс,
объединение «Экомир»

Научный руководитель:

Гусева Анна Юрьевна,
заместитель директора
по работе с одаренными детьми,
пдо, канд. биол. наук

Иваново, 2022

Содержание

	Стр.
Введение	3
Обзор литературы	3
Материал и методика	5
Результаты	8
Заключение	15
Выводы	16
Рекомендации	16
Список литературы	18
Приложение	19

Введение

Проблема сохранения крупных пойменных озер, в том числе расположенных на территориях ООПТ, остается актуальной. В силу целого ряда причин именно эти объекты подвергаются существенному загрязнению. Кроме того именно для них характерны процессы естественного «старения». Объектом наших исследований стало озеро Долгое, расположенное на территории Клязьминского республиканского боброво-выхухолевого заказника.

Цель работы - провести оценку качества озера Долгое биоиндикационными методами и дать оценку его экологического состояния. Для достижения цели были поставлены **следующие задачи**: 1) Отобрать пробы макрозообентоса и определить класс качества воды в озере по общепринятым биоиндикационным методам; выявить тенденции изменения качества вод. 2) Изучить видовой состав гидробионтов, относящихся к группе макрозообентоса. 3) Провести химический экспресс-анализ вод для отдельных станций. 4) Дать рекомендации по сохранению и улучшению качества вод водоема.

Обзор литературы

Охрана водоемов от загрязнения имеет первостепенное культурно-хозяйственное значение, особенно в наше время, когда с ростом индустриализации количество сбрасываемых отходов увеличивается, а требования к водоемам как источникам водоснабжения, промышленным угольям и во многих других отношениях непрерывно повышаются. Приуроченность определённых видов растений и животных к различным зонам загрязнения породила целое направление в гидробиологии, известное под названием биологического метода оценки вод. Биологическое равновесие водных экосистем поддерживается подвижными связями организмов между собой и окружающей неживой материей. При антропогенном воздействии это равновесие нарушается, что отражается на видовом составе биоценозов. Изменение видового состава происходит уже при столь слабом загрязнении водоёмов, которое ещё не может быть обнаружено химическим или бактериологическим методом, которые относятся только к моменту взятия проб. Биологический же метод позволяет обнаружить воздействие на водоём, предшествующие времени анализа. В сочетании с токсикологическими методами биоанализ даёт представление о происхождении загрязнений, о распространении их последствий. Биологический анализ позволяет различать первичное и вторичное проявление действия загрязнений на биологические явления в водоёме. В отличие от гидрохимических и гидрофизических методов, позволяющих судить преимущественно об интенсивности и составе загрязнений, биологический метод даёт возможность судить о последствиях загрязнения, о степени и характере разрушенности экосистем.

Оценка степени загрязненности водоемов до последнего времени основывалась на учете количества присутствующего в воде органического

вещества в его разных формах. В соответствии с этим по системе, разработанной в основном Р. Кольквитцем и М. Марсоном, водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на поли-, мезо- и олигосапробные. Полисапробные водоемы характеризуются наличием в воде неразложившихся белков, почти полным отсутствием свободного кислорода, присутствием значительных количеств сероводорода и углекислого газа, восстановительным характером биохимических процессов. В мезосапробных водоемах загрязнение выражено слабее: неразложившихся белков нет, сероводорода и углекислого газа немного, кислород присутствует в заметных количествах. Однако в воде имеются еще такие слабоокисленные азотистые соединения, как аммиак, аминокислоты и амидокислоты. В олигосапробных водоемах сероводород отсутствует, углекислого газа мало, количество кислорода близко к величине нормального насыщения, растворенных органических веществ практически нет. Иногда выделяют еще катаробные воды, в которых количество растворенного кислорода выше нормального (пересыщение), свободной углекислоты и сероводорода нет совсем. В полисапробных водах самоочищение в основном идет за счет деятельности бактерий (*Thiorolycoccus ruseri*, *Sphaerotilus natans*), водорослей (*Polytomauvella*) и животных (жгутиковое *Olcomonas mutabilis*, инфузории *Paramecium putrinum* и *Vorticella putrina*, олигохета *Tubifex tubificox*, личинки мухи *Eristalis tenax*). Число видов, могущих жить в крайне загрязненных водоемах, сравнительно невелико, но зато они встречаются здесь в массовых количествах.

Мезосапробные воды (зоны водоемов) подразделяются на α - и β -мезосапробные. В первых встречается аммиак, amino- и амидокислоты, но уже есть и кислород. Наиболее характерны здесь гриб *Mucor*, синезеленые *Oscillatoria*, *Hormidium uncinatum*, простейшие *Chlamydomonas debraryana*, *Euglena viridis*, *Stentor coeruleus*, многие коловратки, моллюск *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aquaticus*, личинки двукрылых *Chironomus* и *Psychoda*. Минерализация органического вещества в основном идет за счет его аэробного окисления. Следующая, β -мезосапробная подзона характеризуется присутствием аммиака и продуктов его окисления — азотной и азотистой кислоты. Аминокислот нет, сероводород встречается в очень небольших количествах, кислорода в воде много, минерализация идет за счет полного окисления органического вещества (Чертопруд, 2000).

На основании сведений о видовом составе гидробионтов, найденных в тех или иных водах, можно составить представление о том, насколько последние чисты или загрязнены. Поэтому перечисленные выше организмы и многие другие, характерные для зон разной сапробности, носят название индикаторов степени загрязнения водоемов. Индикаторная роль гидробионтов характеризуется не только фактом нахождения или отсутствия их в водоеме, но и степенью количественного развития, вследствие чего характеристика сапробности вод должна даваться с учетом не только

видового состава организмов, но также их численности и биомассы (Жадин, 1959).

Попав в воду, загрязнители постепенно исчезают, из нее в результате разрушения, накопления в организмах, сноса и захоронения в донных отложениях. Ведущую роль в процессах самоочищения водоемов играют гидробионты, и лишь небольшая часть загрязнителей исчезает без участия водных организмов. Гидробионты прodeлывают огромную минерализационную работу, переводя в процессе дыхания органические соединения в минеральные, изымают из воды, накапливая в своем теле, огромные количества вредных веществ, в частности радионуклидов, и способствуют осаждению (транзиту) вредных взвесей на дно. Сапробность - это комплекс физиологических свойств данного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ, с той или иной степенью загрязнения. Водоемы по степени загрязнения делятся следующим образом:

Зона сапробности	Класс чистоты (по С.Г. Николаеву,1993)
полисапробная	IV
альфа-мезосапробная	III
бета-мезосапробная	II
олигосапробная	I

Материал и методика

Характеристика изучаемого объекта. Озеро Долгое расположено на территории Федерального заказника «Клязьминский», имеет старичное происхождение (старое русло реки Клязьмы). Протяженность озера – около 2 км, ширина – от 70 до 150 м. Глубина достигает 10 м. По всей акватории озера доминируют: кубышка желтая, телорез алоэвидный, местами доминантом является рдест плавающий. Особенностью озера является присутствие водяного ореха (чилима), первые экземпляры которого были отмечены около 20 лет назад. Несмотря на запрет посещения территории заказника туристическими группами и въезда автотранспорта, эти правила регулярно нарушаются. Наличие в окрестностях озера редких видов растений и животных требует ужесточения режима охраны и тщательного слежения за его состоянием. В окрестностях озера отмечено более 20 видов редких растений, из которых часть занесены в Красную Книгу Ивановской области или дополнительный список (кровохлебка лекарственная, букашник горный, прострел раскрытый, острокильница чернеющая, ракитник русский, вереск, плаун плюснутый, линнея северная и т.д.).

Исследования проводились в 2021 году для 8 станций (рис.2) и сравнивались результатами предыдущих лет исследований (2010-2014).

Описание станций. №1 (Рыбацкая стоянка). На берегу отмечена нора ондатры, имеется большое количество следов постоянного пребывания человека на станции, кострища, остатки срубленных деревьев, растительный

покров поврежден, местами отсутствует, площадь проективного покрытия ~50%. Дно песчаное с примесью ила.

№2 (Родник). На станции присутствует сток родника, заключенного в трубу, вода пахнет железом и имеет ржавый оттенок, площадь проективного покрытия - 80%. Температура воды в зоне стока составляет 15-16° С. Дно песчаное с примесью ила.

№3 (пляж). Прибрежной растительности мало, песчаное дно, илистых отложений немного. Отмечено значительное количество бытового мусора, наличие маслянистой пленки бензина на поверхности. Растительный покров на берегу нарушен, присутствуют следы костров и срубленные деревья.

№4 (оконечность оз. Долгое, вблизи оз. Ламхоро) крайняя точка озера, характеризуется сильной степенью зарастания телорезом и кубышкой, значительными иловыми отложениями.

Станции №5, 6 расположены напротив станций, исследуемых с северного берега. Все станции являются заболоченными, труднодоступными, имеет значительное количество ила, площадь проективного покрытия водными макрофитами достигает около 80%.

№7. (Туристическая стоянка) Станция имеет удобный подход к воде, на берегу отмечено большое количество антропогенного загрязнения, дно песчано-илистое.

№8. Оконечность озера с протокой, соединяющей оз. Ореховое и оз. Долгое. Характеризуется высокой степенью зарастания и относительно низким течением. Дно илистое. Присутствует пленка.

Для биологического анализа загрязненных вод по составу донных животных наиболее простым и достаточно удобным представляется метод Вудивисса. Он основан на уменьшении разнообразия фауны в условиях загрязнения и на характерной последовательности исчезновения из водоема разных групп животных по мере увеличения загрязнения. Этот метод предполагает сбор только качественных проб, без учета обилия животных, и допускает определение животных до отрядов и семейств.

Таблица 1. Вычисление индекса Вудивисса

Найденные группы	Всего найдено групп				
	0-1	2-5	6-10	11-	>15
веснянки > 1 вида	-	7	8	9	10
1 вид	-	6	7	8	9
поденки > 1 вида	-	6	7	8	9
1 вид	-	5	6	7	8
ручейники > 1 вида	-	5	6	7	8
1 вид	4	4	5	6	7
бокоплав	3	4	5	6	7
водяной ослик	2	3	4	5	6

трубочник или мотыль	1	2	3	4	—
виды с воздушным дыханием	0	1	2	—	—

В список групп Вудивисса входят: планарии, *Tricladida* (каждый вид), малощетинковые черви *Oligochaeta*, пиявки *Hirudinea*, моллюски *Mollusca*, высшие ракообразные *Malacostraca*, веснянки *Plecoptera*, поденки *Ephemeroptera*, ручейники *Trichoptera* (каждое семейство), вислокрылка *Sialis*, личинки хирономид *Chironomidae*, личинки мошек *Simuliidae*, прочие личинки двукрылых *Diptera*, водные жуки *Coleoptera*, водные клопы *Heteroptera*, водные клещи *Hydracarina*. Кроме, того, Вудивисс предложил считать отдельными группами олигохету *Nais*, поденку *Baetis rhodani* и хирономиду *Chironomus hummi*, однако их определение для неспециалиста затруднительно.

Значение индекса Вудивисса изменяется от 0 (наиболее загрязненная вода) до 10 (вода высшего качества). Для вычисления индекса нужно найти подходящую строку в таблице 1 (двигаясь по ней сверху вниз - т.е. самую верхнюю из подходящих строк). Затем остается подсчитать общее число найденных групп из прилагаемого списка и по правой части таблицы найти значение индекса. Потенциально число групп Вудивисса довольно велико (за счет неограниченного числа видов планарий и большого числа семейств ручейников). На практике, однако, число этих групп редко превышает 15. При невозможности определения семейств ручейников и видов планарий можно считать, отдельно каждую их новую форму (в частности, планарий разных цветов и ручейников с разными типами домиков). В стоячих водоемах значение индекса ниже, чем в текучих, а на мягких грунтах (иле, лессе) в том же водоеме намного ниже, чем на камнях, корягах и макрофитах. Индекс сравнительно неплохо отражает уровень сильных и очень сильных загрязнений, но малочувствителен к слабым и средним загрязнениям, особенно на жестких грунтах.

Метод С. Г. Николаева. Для определения класса качества вод нами использовался индекс С.Г. Николаева (1993) (таблица 2). По методике С.Г. Николаева выделяется 6 классов качества вод: 1 – Очень чистые (ксеносапробные); 2 – Чистые (Олигосапробные); 3 – Удовлетворительной чистоты (β-мезосапробные); 4 – Загрязнённые (α-мезосапробные); 5 – Грязные (β-полисапробные); 6 – Очень грязные (гиперэвтрофные). Шкала классов представлена в Приложении. Наличие каждой из указанных групп заносится в сводную таблицу, где имеется (+) там ставится присутствие данного таксона для этого класса. По окончании внесения отметок обнаружения таксонов, в каждом классе вспомогательной таблицы подсчитываем число отметок, умножаем на величину индивидуальной классовой значимости таксонов (нижняя строка таблицы 1) и получаем суммарную индикаторную значимость таксонов в каждом классе. Максимальное значение указывает на класс качества вод.

Методика Пантле-Букка в модификации Сладчека

Для оценки качеств вод также была применена методика Пантле-Букка в модификации Сладчека (Чертопруд, 2003). Так как для индикаторных организмов рассчитан индекс сапробности "s" (по методике Пантле-Букка в модификации Сладчека), и выявлена приуроченность данного организма к той или иной сапробной зоне (той или иной степени загрязнения воды), можно установить и средние показатели для отдельных участков водоема. Ниже приводится расшифровка условных обозначений и формула для вычисления степени загрязнения водоёма по методике Пантле-Букка в модификации Сладчека.

Формула для расчёта индекса сапробности по методике Пантле-Букка в модификации Сладчека: $s = \frac{\sum(sh)}{\sum h}$ где: h - относительная частота встречаемости (обилие) гидробионтов; s – сапробная валентность.

Для статистической достоверности результатов исследования необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных видов с общей суммой частоты встречаемости (обилия) $\sum h$, равной 30.

Оценочная шкала чистоты воды:

1. ксеносапробная зона – 0-0,50; (очень чистые)
2. олигосапробная — 0,51-1,50; (чистые)
3. β-мезосапробная — 1,51-2,50; (удовлетворительной чистоты)
4. α-мезосапробная — 2,51-3,50; (загрязнённые)

Химический экспресс-анализ. Для всех восьми станций были проведены исследования на содержание нитритов и нитратов, определение общего водородного показателя, карбонатной и общей жесткости с помощью тест-индикатора «Тетра». Эти показатели определялись с помощью индикаторной бумаги и экспрессионного теста «Tetra-Test». Оценивалось содержание в воде нитритов, нитратов, карбонатной и общей жесткости, рН, хлора.

Для оценки изменений и выявления динамики ряда показателей (индексов Пантле-Букка и Пантле-Букка в модификации Сладчека) применялся показатель R-тренда - коэффициент корреляции между порядковым номером года исследований и показателем. Обработка результатов и оценка их достоверности проводилась с использованием программы «Биостатистика» (раздел «Линейная регрессия и корреляция»). Данные по статистической обработке приведены в Приложении.

Результаты

Характеристика растительности озера Долгое. Наиболее распространенными видами растений являются: по берегам - тростник обыкновенный, рогоз широколистный, различные виды осок. Относительно часто встречаются гравилат речной, частуха подорожниковая. По всей акватории озера доминируют: кубышка желтая, телорез алоэвидный, местами

доминантом является рдест плавающий. По периметру озера отмечаются хвощ приречный, многокоренник обыкновенный, ежеголовник обыкновенный, ежеголовник прямой, стрелолист обыкновенный, рдест курчавый, водокрас лягушачий. Реже встречаются сусак зонтичный, рдест сплюснутый, кувшинка чисто-белая. Из погруженных растений многочислен роголистник темно-зеленый, реже элодея канадская (рис.3,4). Систематический список встреченных в 2021 году растений представлен в Приложении.

Некоторые группы видов высших водных растений являются индикаторами состояния водной среды, и их можно использовать для определения сапробности. За годы исследований в озере Долгом были обнаружены виды-индикаторы олигосапробной, β - и α -мезосапробной среды вод. К олигосапробам относится мох фонтиналис, в β -мезосапробам элодея канадская, ряска маленькая, ряска трёхдольная, многокоренник обыкновенный, рдест плавающий, рдест гребенчатый, кубышка жёлтая, роголистник погружённый, хвощ речной, к α -мезосапробам относится рдест пронзённолистный.

За период исследований озера были отловлены представители 5 типов беспозвоночных, представителей макрозообентоса. Наибольшее количество видов отмечено для класса Насекомые (26 видов). На втором месте находятся моллюски (18 видов). Далее следуют кольчатые черви (4 вида). Отмечено 2 вида губок, 2 вида ракообразных 1 вид паукообразных, 1 вид плоских червей. Среди моллюсков преобладают брюхоногие, так брюхоногих (15 видов), а двустворчатых (3 вида). Присутствие моллюсков-фильтраторов говорит об относительно высоком количестве кислорода в воде. Среди насекомых преобладают представители отряда Стрекозы (9 видов), содоминирующими группами являются ручейники и клопы (7 и 5 видов). Отмечено 2 вида жесткокрылых (жуки и их личинки), 3 вида двукрылых и вислокрылок. Также отмечено 2 вида поденок.

Рис.3 Соотношение таксономических групп макрозообентоса

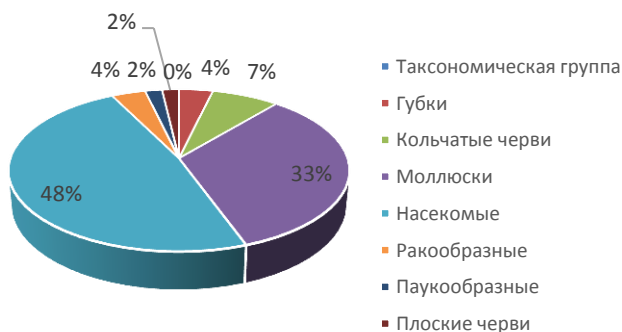


Рис. 4 Соотношение таксономических групп класса Моллюски

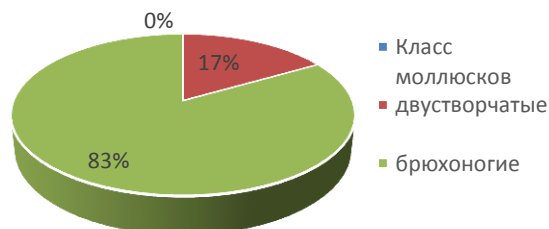


Рис.5 Соотношение таксономических групп класса Насекомые

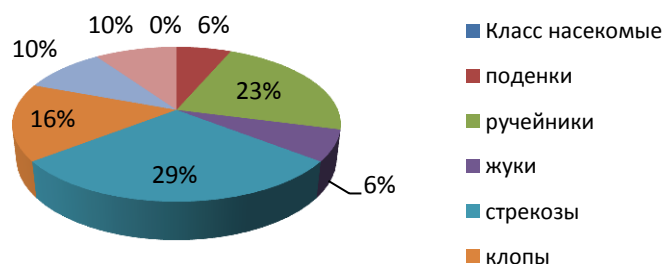
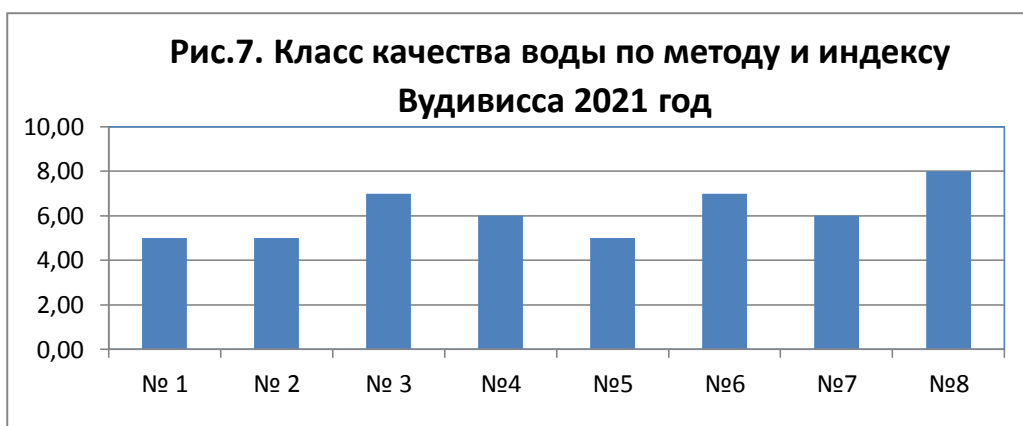


Рис.6. Класс качества воды по методу С.Г.Николаева

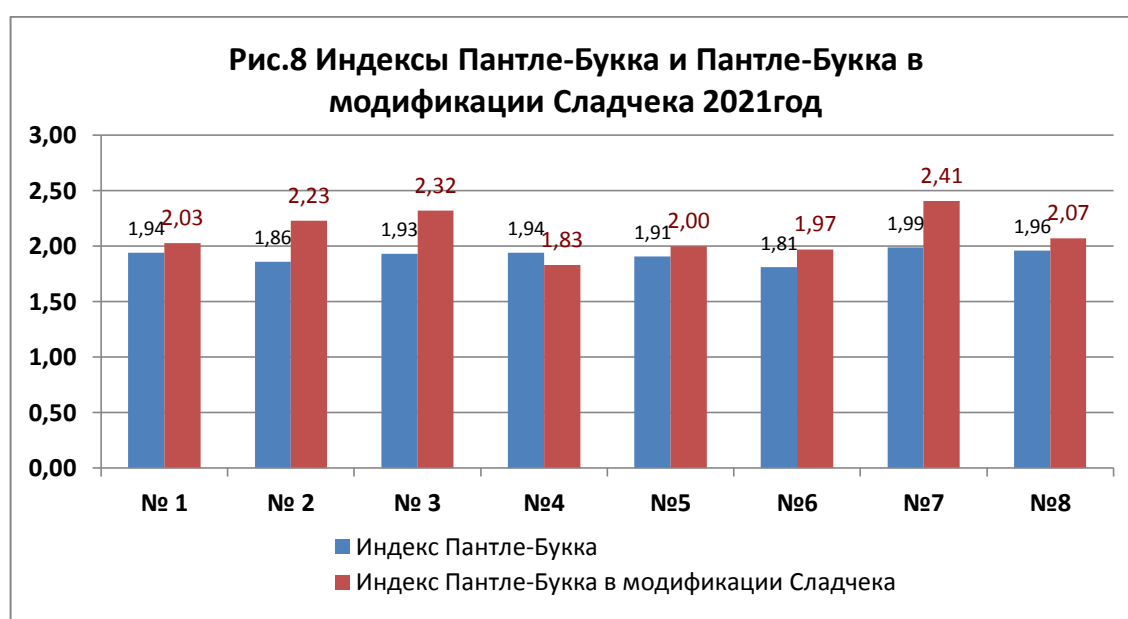


Проанализировав класс качества воды по индексу С.Г. Николаева (Прил.8) мы выявили, что на 4 и 8 станциях (оконечность оз. Долгое), вода соответствует 3–ому классу качества, то есть относится в β –мезосапробным водам. Станции №№1,3,5,6 по методу С.Г. Николаева относятся к 5 классу качества и являются грязными. Характеризуя данные воды относительно сапробности, следует отметить, что они относятся к β -полисапробным водам. Станции №№ 1,3,7 («Стоянка рыбака», «Пляж», «Туристическая стоянка») являются популярными для размещения туристов и посетителей заказника. Именно поэтому там можно наблюдать остатки костров, мусор, срубленные деревья, что, безусловно, влияет на качество воды в озере. Станции №5,6 находятся напротив мест, которые часто эксплуатируются людьми и также подвергаются антропогенному воздействию. Кроме того, эти станции характеризуются интенсивным зарастанием макрофитами (телорез, кубышка), что после завершения периода вегетации также снижает качество вод. Для станций №4 и №8 отмечены самые чистые воды по методу С.Г. Николаева. Мы можем предположить, что связано это с географическим расположением станций их удаленностью и труднодоступностью. Таксономический список представителей макрозообентоса представлен в Приложении 5.



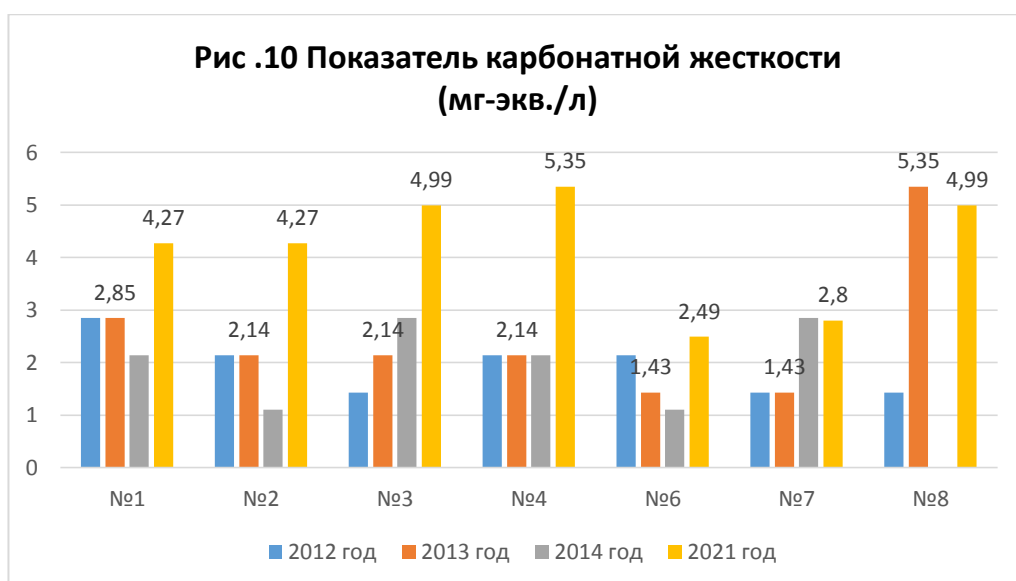
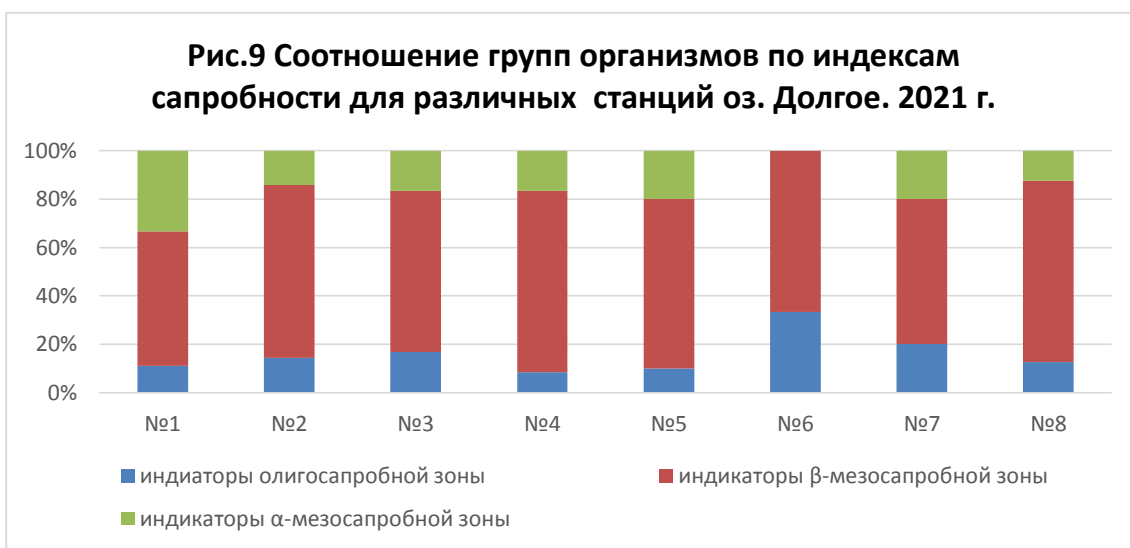
Также нами был проведен анализ вод по методу Вудивисса. Индекс Вудивисса, рассчитанный для станций №1,2,3,5,6-воды являются олигосапробными, а станция № 8 – характеризуется как ксеносапробная. Данный индекс был разработан в Англии и чаще всего применяется для загрязненных рек с медленным течением, поэтому для исследуемого нами озера данный индекс не является полностью достоверным и показатели являются завышенными.

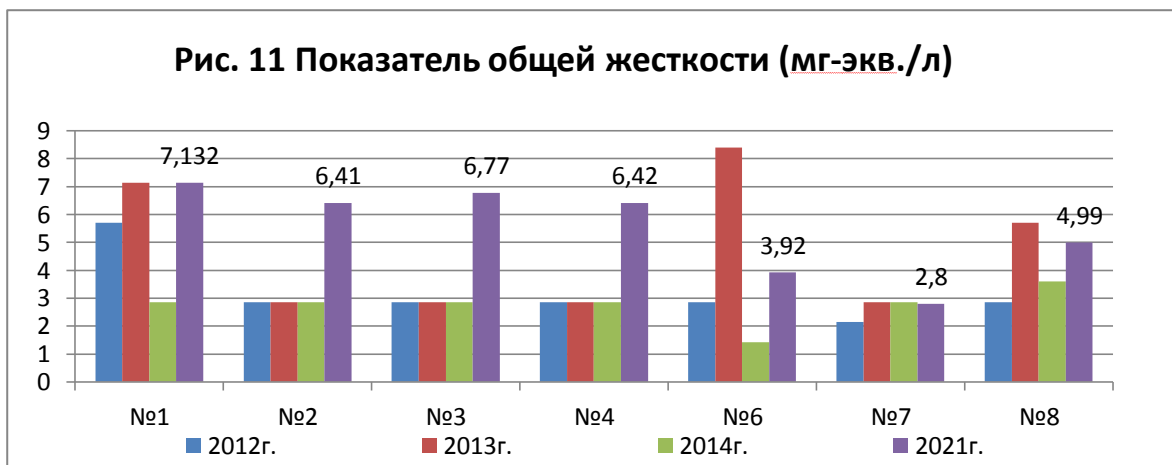
Также нами было проведено исследование по определению класса качества вод по индексу Пантле-Букка и Пантле-Букка в модификации Сладчека (рис.7). Для станции № 4,8 показатели по методу Пантле-Букка и Пантле-Букка в модификации будут совпадать с методом С.Г. Николаева и действительно будут относиться к β -мезосапробным. Остальные, станции по обоим методам также будут относиться к β -мезосапробным то есть относится к водам удовлетворительной чистоты. Станция №7 по индексу Пантле-Букка в модификации наиболее приближена к α -мезосапробным.



Исследуя соотношение групп организмов по индексу сапробности для разных станций, мы пришли к выводу, что для большинства станций характерно присутствие организмов олигосапробной зоны, что свидетельствует о значительном содержании кислорода. Доминирующей группой являются организмы β -мезосапробной зоны.

Мы проанализировали химический анализ воды различных станций по некоторым показателям. На рисунках №10,11 представлены диаграммы содержащие показатели общей и карбонатной жесткости. В целом воды в озере относятся к водам средней жесткости. По сравнению с предыдущими годами исследований для большинства станций отмечена тенденция к увеличению карбонатной жесткости. Это связано с тем, что лето 2021 году было жарким, и в связи с повышенным испарением воды с поверхности водоема, а так же из-за редких дождей жесткость воды, наоборот, увеличивается, по сравнению с прошлыми годами.





Так как оценку жесткости мы проводили в немецких градусах, ниже приведена таблица пересчета этого показателя в мг-экв./литр (таблица 4).

Таблица 4. Соотношение немецкого градуса к нашей мере выраженной в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв/л).

Наименование единиц	Мг-экв/л	Градус жесткости немецкий
1 мг-экв/л	1	2,804
1 немецкий градус dH	0.3566	1

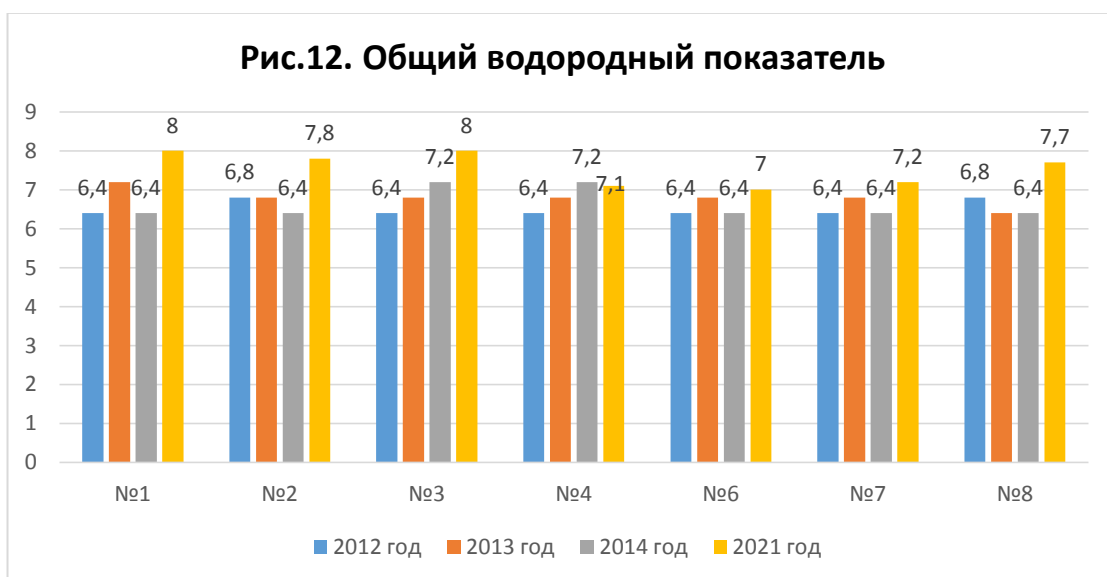
В 2012 году воды всех станций можно было охарактеризовать как воды средней жесткости. В 2013 году на восьмой и двенадцатой станции были зафиксированы показатели мягких вод, а на всех остальных - воды средней жесткости. Ни для одной из станций не зафиксировано показателей, характерных для жесткой воды. В целом воды озера можно охарактеризовать как мягкие и средней жесткости (рис. 10-12). Присутствие на некоторых станциях мягких вод говорит об отсутствии в воде свободных ионов кальция и магния. Для ряда станций, где отмечены выходы родников существенно повышается уровень общей жесткости.

В 2012-2014,2021 гг. воды водородный показатель для вод всех станций находились в пределах от 6,4 до 8 (рис.12). В 2013 г. для большинства станций воду можно отнести к нейтральной группе некоторый сдвиг в сторону кислых вод наблюдается для вод станций № 4,8. В 2014 году все воды имели показатели нейтрального характера, кроме 4 станции воды имеют тенденцию к кислым водам.

В 2021 году водородный показатель находился в пределах 7-8, для станций №№ 1-3 водородный показатель оказался несколько выше. Одной из возможных причин может быть антропогенное воздействие. В целом воды характеризуются, как нейтральные.

В поверхностных и подземных источниках воды в 2012-2014 гг. присутствуют соединения азота в виде нитратов и нитритов. На территории

заказника и вблизи озер в настоящее время отсутствуют земли сельскохозяйственного использования, но, возможно, присутствие нитратов и нитритов связано с тем, что они использовались здесь ранее. Кроме того, не исключена возможность поступления азотсодержащих веществ с паводками со стороны реки Клязьма. Повышенное содержание нитратов и нитритов в 2012 - 2014 гг. (данные Коломиец А.А) также свидетельствовало о процессе эвтрофикации вод, что было связано с чрезмерным развитием водной растительности и смывом дополнительной органики с берегов во время паводков. В 2021 г. нами был отмечен несколько меньший процент зарастания акватории, по сравнению с предыдущими годам. Мы, можем предположить, что именно с этим связано отсутствие или низкое содержание нитритов и нитратов в пробах воды обследованных нами станций.



В таблице 5 приведены результаты химического анализа, выполненные в 2021 году для 8 станций.

Таблица 5. Результаты химического экспресс-анализа

<i>Показатель</i>	<i>ПДК</i>	<i>Проба №1 Стоянка рыбака (нора ондатры)</i>	<i>Проба №2 Родник</i>	<i>Проба №3 Пляж</i>	<i>Проба №4 Конец Долгого</i>	<i>Проба №5 Напротив Родника</i>	<i>Проба №6 Напротив пляжа</i>	<i>Проба №7 Туристическая стоянка</i>	<i>Проба №8 Самая дальняя по берегу</i>
Водородный показатель рН (норма 6,5-8,5)	6-9	8	7,8	8,0	7,1	7	7	7,2	7,7
Хлор (Cl ⁻)	0 мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0
Нитриты(NO ₂ ⁻²)	0,2 мг/л	0	0	0	0	0	0	0	
Общая жёсткость воды GH (мг-экв/л)	-	7,13	4,28	4,99	5,35	3,56	2,49	2,8	4,99
Нитраты (NO ₃ ⁻)	9 мг/л	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Карбонатная жёсткость(КН) (мг-экв/л)</i>	-	4,27	6,41	6,77	6,42	4,27	3,92	2,14	4,63

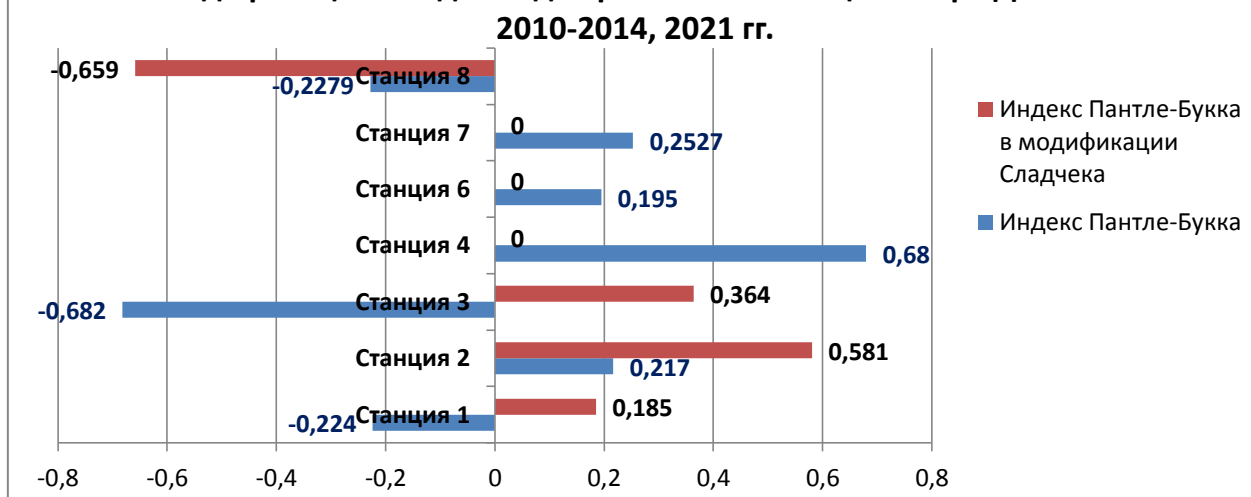
Заключение

Воздействие на озеро антропогенных факторов ограничено, однако, посещение озера людьми привело к ухудшению состояния берега. Повышенный уровень органического загрязнения отмечается на станциях, расположенных около туристических стоянок. Высокое содержание кислорода в придонном слое отмечено для станций, где зафиксирован выход родников и грунтовых вод. Для озера характерно загрязнение вследствие отмирания значительной биомассы водных растений, площадь которых на акватории озера увеличивается. Основной вклад в зарастание озера телорез, кубышка, рдесты. Значительным источником загрязнений становятся паводки. Во время выхода озера из берегов в воду смывается большое количество различных органических остатков.

Анализ показателя R-тренда (коэффициента корреляции между порядковым номером года исследований и индексом Пантле-Букка или Панле-Букка в модификации Сладчека) (рис.13) показывает, что улучшение качества вод по индексу Пантле-Букка за период исследований наблюдается для станций №1,3,8. Для восьмой станции показатель R-тренда показывает улучшение качества воды по обоим индексам.

Наиболее объективной, по нашему мнению является оценка качества вод по индексу Пантле-Букка в модификации Сладчека, так как этот показатель учитывает не только видовой состав индикаторов, но и их количественную оценку. Так, например, для станций №1,3 динамика индекса Пантле-Букка показывает улучшение качество вод, однако, наиболее точный индекс, а именно Пантле-Букка в модификации Сладчека показывает обратный процесс. Таким образом, качество вод на станциях №№1,3 ухудшается.

Рис.13. Показатель R-тренда по динамике индекса Пантле-Букка в модификации Сладчека для различных станций озера Долгое.



На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1). Воды в озере Долгое на территории Клязьминского заказника, являются водами удовлетворительной чистоты со значительной тенденцией к загрязнению и загрязнёнными по индексу Пантле-Букка в модификации Сладчека, β -мезосапробными, α -мезотрофными. Отмечается ухудшение качества вод для ряда станций.

2). Основными источниками загрязнений являются: отмершие водные растения и смытые во время паводков с берегов органические остатки.

3). В целом воды в озере являются мягкими. Повышенное содержание нитратов и нитритов свидетельствует о процессе эвтрофикации вод, что связано с чрезмерным развитием водной растительности и органическим загрязнением вследствие паводков. Процессы эвтрофирования вызваны естественной сукцессией.

4). В целях улучшения экологического состояния озера следует провести очистку береговой линии и мелководья, контролировать соблюдение режима ООПТ федерального значения.

На основании проведенного исследования можно дать следующие рекомендации: 1) Ужесточить меры по контролю за незаконным пребыванием туристических групп и автотранспортных средств на территории заказника в местах расположения крупных озер. 2) Очистить береговую линию озера от скопившихся отходов и следов загрязнения антропогенного происхождения, а также упавших деревьев. 3) Предотвращать рубку деревьев вблизи берегов озер, а также разведение костров.

Практическая значимость. Материалы работы переданы в ФГБОУ «Национальный парк «Мещера».

Таблица 7. Характеристика вод различных станций за период 2010-2014, 2021 гг.

№ станции	2010	2011	2012	2013	2014	2021	2010	2011	2012	2013	2014	2021
№1	1,82/1,87	1,75/1,91	1,96/1,99	1,85/2,06	1,8/1,75	1,86/2,23	β-мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β- мезосапробные / á- мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№2	1,99/1,77	1,8/1,99	1,89/1,82	1,745/1,87	1,8/1,69	1,94/2,03	β-мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β - мезосапробные / á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№4	2,07/1,85	2,08/2,19	1,88/ 2	2,01/1,69	1,9/2,02	1,93/2,32	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β - мезосапробные / á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№5	1,9/2,43	1,9/2,9	1,9/ 1,91	1,8/1,9	1,7/1,66	1,96/2,07	β - мезосапробные/ á- мезотрофные	á - мезосапробные/ -мезотрофные α-	β- мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β- мезосапробные / á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β - β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№6	1,81/2	2/2	1,92/1,62	1,7/1,71	1,96/2,14	1,99/2,42	β - мезосапробные/ á- мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β - мезосапробные / á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№7	1,74/1,63	-	-	1,77/1,77	2,14/2,01	1,94/1,83	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β - мезосапробные / á-мезотрофные		β- мезосапробные/ á-мезотрофные
№10	1,77/1,53	1,9/1,5	1,58/ 1,79	1,63/2,06	1,99/1,74	1,82/1,97	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробные/ á-мезотрофные	β - мезосапробн ые/ á- мезотрофные	β- мезосапробные / á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные	β- мезосапробные/ á-мезотрофные

Список литературы

1. Алексеев С.В., Беккер А.М. Изучаем экологию экспериментально. С-Петербург. 1993.
2. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущева Э.В. “Практикум по экологии”, Москва. АО МДС. 1996.
3. Атлас определитель «Растения средней полосы России», В.Э. Скворцов,
4. Ашихмина Т.Я. Школьный экологический мониторинг. М.: Агар. 2000.
5. Водные объекты, расположенные на особо охраняемых природных территориях Ивановской области. Вып. 1. Иваново. ООО «ПресСто», 2013.
6. Данилова Ю.А., Ляндзберг А.Р. Полевой определитель основных групп пресноводных беспозвоночных. Санкт-Петербург. 1999.
7. Изучаем водоемы: как исследовать озера и пруды. Практическая экология для школьников. Ред. проф. Л.А. Коробейниковой, проф. Г.А. Воробьева. Вологда. Русь, 1994.
8. Кокурин Н.И., Александрова С.А., Симакова Л.Н. Титрометрические методы анализа/ Методические указания к лабораторным работам по количественному анализу, с 172. Иваново. ИВТУ. 1981. 48 стр.
9. Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программы. Методики. Оснащение. ред. проф. Л.А. Коробейниковой, Санкт-Петербург, 2002.
10. Макрозообентос водоемов, Шиширина Н. Е., Ихер Т. П., Тарарина Л.Ф., Тула 2003.
11. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. С-Петербург. “Крисмас+”, 1998.
12. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум. Санкт-Петербург. Крисмас+. 2003.
13. Николаев С.Г. Методы биоиндикации уровня загрязнения малых рек по составу макрозообентоса. Иваново, 1993.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Гидрометеиздат. Л. 1977.
15. Определитель сосудистых растений, И.А. Губанов, К.В. Киселева и т.д. Москва «Аргус»/ 1995.
16. Полевой атлас «Растения средней полосы Европейской России», И.А. Шанцер, Москва/ 2007
17. Популярный атлас определитель «Дикорастущие растения» Новиков В.С, «Дрофа»/ 2002
18. Хейсин Е.М. Определитель пресноводной фауны. М., Учпедгиз. 1962
19. Чертопруд М.В. Мониторинг загрязнения по составу макрозообентоса. Москва. 1999.
20. Чертопруд М.В. Мониторинг загрязнения по составу макрозообентоса. Москва. 2003.
21. Экологический мониторинг объектов водной среды Шиширина Н. Е., Ихер Т. П., Тарарина Л.Ф., Тула 2003.
22. Экология родного края. Ред. Т.Я. Ашихминой. Киров: Вятка. 1999.

Приложение 3. Шкала классов качества вод (Николаев С.Г. и соавт., 2018)

Перечень индикаторных таксонов	Классы качества					
	1	2	3	4	5	6
Губки		+	+			
Трубочник в массе					+	
Плоские пиявки			+	+		
Червеобразные пиявки			+	+	+	
Перловицы			+	+		
Беззубки		+	+			
Шаровки		+	+	+		
Горошинки	+	+	+			
Затворки		+	+			
Веснянки (кроме <i>Nemouridae</i>)	+	+				
Бокоплав	+	+	+			
Водяной ослик			+	+	+	
Речной рак		+	+			
Водяные клопы		+	+	+		
Ручейники (сем. <i>Rhyacophilidae</i>)	+	+				
Ручейники (р. <i>Neureclipsis</i> , р. <i>Molanna</i> , р. <i>Brachycentrus</i>)		+	+			
Ручейники (сем. <i>Hydroptilidae</i>)			+	+		
Ручейники (р. <i>Anabolia</i>)			+	+		
Роющие личинки подёнок		+	+			
Плоские личинки подёнок		+	+	+		
Личинки стрекоз (красотка и плосконожка)		+	+			
Личинки стрекоз (Дедки)			+	+		
Личинки вислоккрылок			+	+		
Вилохвостка	+	+				
Личинки мошек		+	+	+		
Мотыль				+		
Мотыль в массе					+	
Крыска			+	+	+	
Индивидуальная классовая значимость таксонов	20	6	5	7	20	

М
а
к
р
о
з
о
о
б
е
н
т
о
с
а

н
е
т

Приложение 4. Систематический список встреченных растений (2021 год) (по П.Ф. Маевский. Флора средней полосы европейской части России, 2014)

Отдел Bryophyta – Мохообразные

Класс Bryopsida – Листостебельные мхи

Порядок Hurnales – Гипновые

Семейство Fontinalaceae – Фонтиналовые

1. *Fontinalis antipyretica* (Hedw.) – Фонтиналис противопожарный

Отдел Equisetophyta - Хвощеобразные

Класс Equisetopsida – Хвощовые

Порядок Equisetales – Хвощовые

Семейство Equisetaceae – Хвощовые

2. *Equisetum fluviatile* L. – Хвощ приречный

Отдел Spermatophyta – Семенные растения

Класс Monocotyledones – Однодольные

Подкласс Liliida

- Порядок Poales – Злаковые
 Семейство Turphaceae – Рогозовые
 3. *Typha latifolia* L. – Рогоз широколистный
 4. *Typha angustifolia* L. – Рогоз узколистный
 Семейство Sparganiaceae - Ежеголовниковые
 5. *Sparganium erectum* L. – Ежеголовник прямой
 6. *Sparganium emersum* (Rehmann) – Ежеголовник простой
 Семейство Gramineae – Злаки
 7. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник обыкновенный
 Семейство Cyperaceae – Осоковые
 8. *Carex rostrata* Stokes – Осока вздутая
 9. *Carex nigra* (L.) – Осока черная
 10. *Carex vesicaria* L. – Осока пузырчатая
 11. *Carex flava* L. – Осока желтая
 12. *Schoenoplectus lacustris* ((L.) Palla) – Камыш озерный
 13. *Scirpus sylvaticus* L. – Камыш лесной
 Семейство Juncaceae – Ситниковые
 14. *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult. – Ситник болотный
 15. *Juncus bufonius* L. – Ситник жабий
 Порядок Alismatales – Частухоцветные
 Семейство Potamogetonaceae – Рдестовые
 16. *Stuckenia pectinata* L. – Рдест гребенчатый
 17. *Potamogeton crispus* L. – Рдест курчавый
 18. *Potamogeton natans* L. – Рдест плавающий
 19. *Potamogeton perfoliatus* L. – Рдест пронзеннолистный
 20. *Potamogeton lucens* L. – Рдест блестящий
 Семейство Hydrocharitaceae – Водокрасовые
 21. *Najas marina* L. – Наяда большая
 22. *Elodea canadensis* (Michx) – Элодея канадская
 23. *Stratiotes aloides* L. – Телорез обыкновенный
 24. *Hydrocharis morsus-ranae* L. – Водокрас лягушачий
 Семейство Alismataceae – Частуховые
 25. *Alisma plantago-aquatica* L. – Частуха подорожниковая
 26. *Sagittaria sagittifolia* L. – Стрелолист обыкновенный
 Семейство Butomaceae – Сусаковые
 27. *Butomus umbellatus* L. – Сусак зонтичный
 Семейство Agaceae – Аронниковые
 28. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid – Многокоренник обыкновенный
 29. *Lemna trisulca* L. – Ряска трехдольная
 30. *Lemna minor* L. – Ряска малая

Класс Magnoliopsida – Двудольные

Подкласс Magnoliidae – Магнолииды

- Порядок Nymphaeales – Кувшинкоцветные
 Семейство Nymphaeaceae – Кувшинковые
 31. *Nymphaea alba* L. – Кувшинка белоснежная
 32. *Nuphar lutea* (L.) Sm. – Кубышка желтая
 Порядок Myrtales – Миртоцветные
 Семейство Lythraceae – Дербенниковые
 33. *Trapa natans* L. – Рогольник плавающий

**Приложение 5. Таксономический список представителей
 макрозообентоса, отмеченных в районе исследований**

Тип Spongia – Губки

Класс Demospongiae – Обыкновенные губки

Отряд Spongillida

Семейство Spongillidae – Бадяги

1. *Ephydatia fluviatilis* L. – Бодяга речная

2. *Spongilla lacustris* L. – Бодяга озёрная

Тип Plathelminthes – Плоские черви

Класс: Turbellaria – Турбеллярии

Отряд: Tricladida – Трехветвистокишечные турбеллярии

Семейство Dendrocoelidae

3. *Dendrocoelum lacteum* (O.F. Müller) – Планария белая

Тип Annelides – Кольчатые черви

Класс Hirudinea – Пиявки

Отряд Rhynchobdelliformes – Хоботные пиявки

Семейство Glossiphoniidae – Плоские пиявки

4. *Glossiphonia complanata* L. – Улитковая пиявка

5. *Helobdella stagnalis* L. – Двуглазая пиявка

Семейство Piscicolidae – Рыбьи пиявки

6. *Piscicola geometra* L. – Пиявка рыба

Отряд Pharyngobdelliformis – Глоточные пиявки

Семейство Eprobdeidae

7. *Eprobdeella octoculata* L. – Малая ложноконская пиявка

Тип Mollusca – Моллюски

Класс Bivalvia – Двустворчатые моллюски

Отряд Astartida

Семейство Sphaeridae – Шаровки

8. *Sphaerium corneum* L. – Шаровка роговая

9. *Pisidium amnicum* (O.F. Müller) – Горошина речная

Отряд Unionida

Семейство Unionidae

10. *Unio pictorum* L. – Перловица Живописцев

Класс Gastropoda – Брюхоногие моллюски

Подкласс Prosobranchia – Переднежаберные улитки

Семейство Valvatidae – Затворки

11. *Valvata piscinalis* L. – Затворка обыкновенная

Семейство: Viviparidae – Живородки

12. *Viviparus viviparus* L. – Живородка речная

13. *Viviparus contectus* (Millet) – Болотная лужанка

Семейство Bithyniidae

14. *Bithynia tentaculata* L. – Битиния щупальцевая

15. *Bithynia leachi* (Sheppard) – Битиния Личи

Отряд Pulmonata – Лёгочные моллюски

Семейство Lymnaeidae – Прудовики

16. *Lymnaea glutinosa* (O.F. Muller)

17. *Lymnaea stagnalis* L. – Прудовик обыкновенный.

18. *Lymnaea ovata* (Drap.) – Прудовик овальный

19. *Lymnaea auricularia* L. – Прудовик ушковый

20. *Lymnaea corvus* (Gmelin) – Прудовик вороний

Семейство Planorbidae – катушки

21. *Planorbarius corneus* L. – Роговая катушка

22. *Planorbis nitidus* (Muller) – катушка блестящая

23. *Planorbarius contortus* L. – катушка скрученная

24. *Planorbarius carinatus* (O.F. Müller) – катушка килевая

25. *Planorbis planorbis* L. – катушка окаймленная

Тип Членистоногие – Arthropoda

Класс Crustacea – Ракообразные

Отряд Isopoda – Равноногие раки

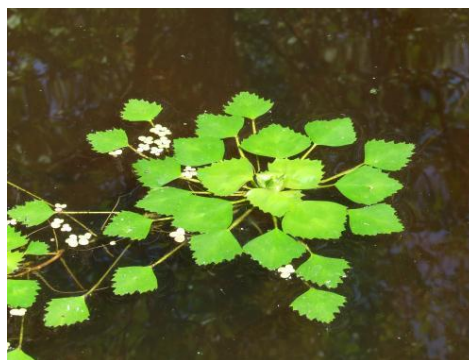
- Семейство Asellidae
26. *Asellusa qaticus* L. – Водяной ослик
Отряд Cladocera – Ветвистоусые
Семейство Daphniidae – Дафниевые
27. *Daphnia* sp.
Класс Arachnida – Паукообразные
Отряд Acarina – Клещи
28. Водяные клещи (Hydracarina, Hydrachnellae)
Класс Насекомые – Insecta
Отряд Ephemeroptera – Подёнки
Семейство Caenidae
29. *Caenis macrura* (Stephens) – Грязевик бахромчатый
Семейство – Ephemereidae
30. *Ephemerella* sp.
Семейство – Potamanthidae
31. *Potamanthus luteus* L. – Жёлтая подёнка
Отряд Trichoptera – Ручейники
Семейство: Limnephilidae – Настоящие ручейники
32. *Anabolia nervosa* (Curtis) – Анаболия палочковидная
33. *Limnephilus vittatus* (Fabricius) – Колчанка
34. *Limnephilus nigriceps* (Zetterstedt)
35. *Limnephilus stigma* (Curtis) – Ручейник моховой
36. *Limnophilus rhombicus* (Walker) – Ромбический ручейник
Семейство Rhyacophilidae
37. *Neuronia* sp.
Семейство Molannidae
38. *Molanna* sp.
Отряд Coleoptera – Жесткокрылые
Семейство Dytiscidae – Плавунцы
39. *Dytiscus marginalis* L. – Плавунец окаймленный
40. *Hyphydrus* sp. – Пузанчик
Семейство Haliplidae
41. *Brychius elevates* (Panzer)
Отряд Odonata – Стрекозы
Семейство Agrionidae – Красотки
42. *Agrion virgo* L. – Красотка-девушка
Семейство Coenagrionidae – Стрелки
43. *Coenagrion pulchellum* (Vander Linden) – Красивая стрелка
Семейство Lestidae – Лютки
44. *Lestes dryas* (Kirby) – Лютка-дриада
Семейство Gomphidae – Дедки
45. *Gomphus flavipes* (Charp.)
Семейство Corduliidae – Бабки или Патрульщики
46. *Eritheca bimaculata* (Charpentier) – Бабка двупятнистая
47. *Cordulia aenea* L. – Бабка бронзовая
48. *Somatochlora flavomaculata* (Vander Linden) – Бабка желтопятнистая
Отряд Diptera – Двукрылые
Семейство Chironomidae – Звонцы
49. *Chironomus* sp. – Мотыль
Семейство Simuliidae – Мошки
50. *Simulium latipes* (Meigen)
Семейство Dixidae – Земноводные комары
51. *Dixa submaculata* (Edwards)

- Отряд Heteroptera – Полужесткокрылые
 Семейство Naucoridae – Плавты
 52. *Naucoris cimicoides* L. – Плавт обыкновенный
 Семейство Gerridae – Водомерки
 53. *Gerris lacustris* L.
 Семейство Nepidae – Водяные скорпионы
 54. *Nepa cinerea* L. – Водяной скорпион
 Семейство Notonectidae – Гладыши
 55. *Notonecta glauca* L. – Гладыш обыкновенный
 Отряд Megaloptera – Вислокрылки
 Семейство Sialidae
 56. *Sialis flavilatera* L. – Вислокрылка

Приложение 6. Фотографии



Песчаный пляж на берегу оз. Долгое



Водяной орех

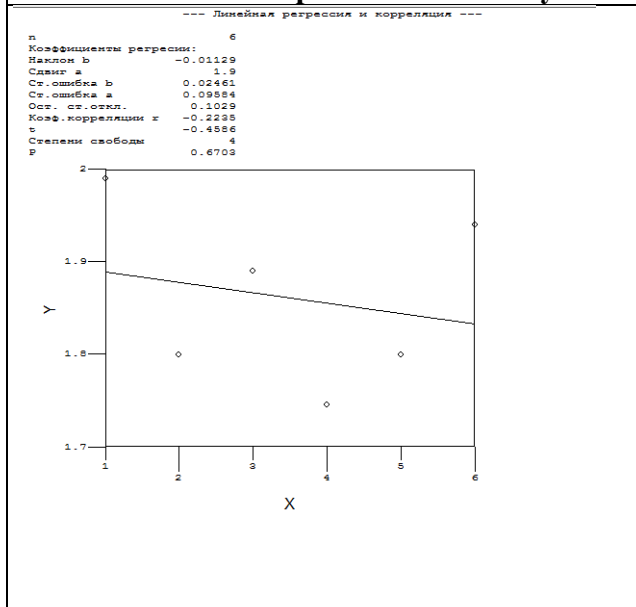


Родник на берегу озера Долгое

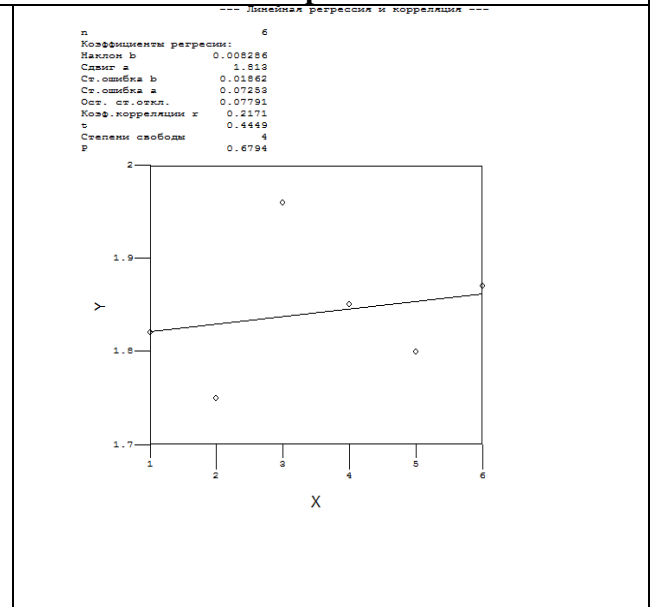


Значительная площадь акватории озера заросла телорезом

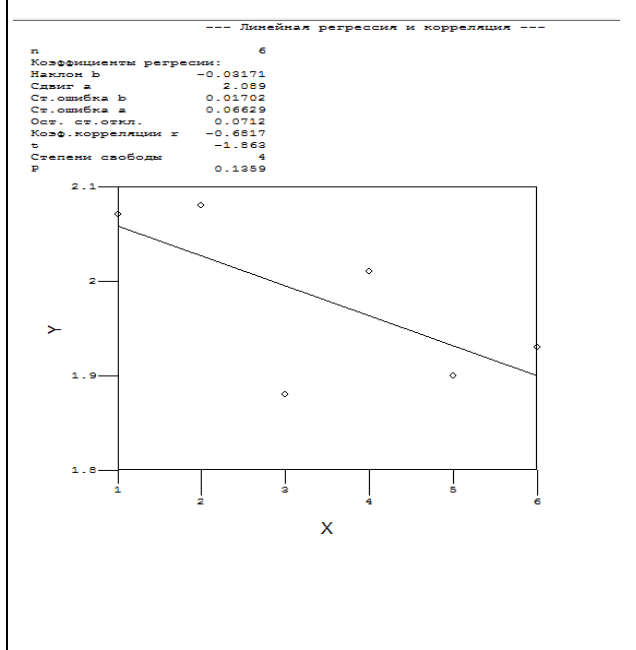
Приложение 7. Результаты статистической обработки



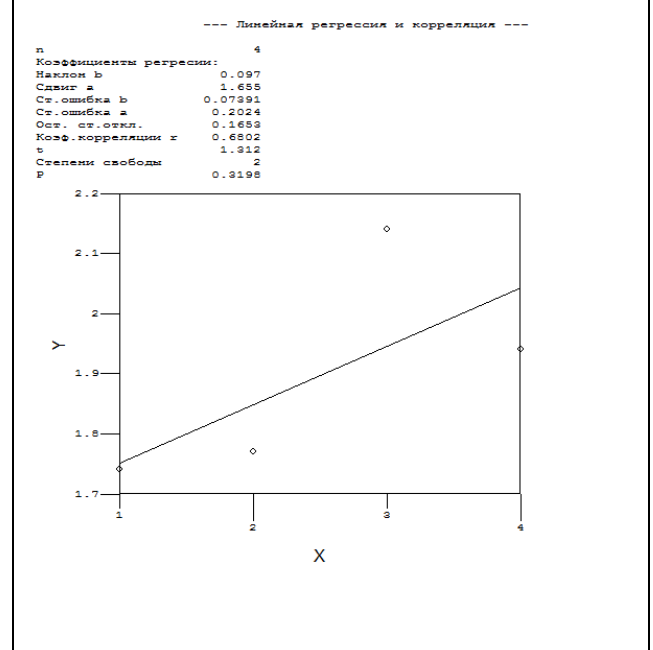
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 1 (Линейная регрессия и
корреляция)



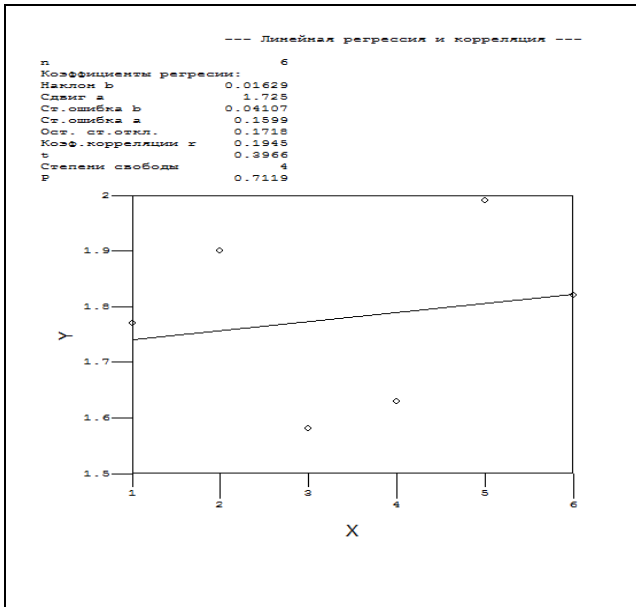
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 2 (Линейная регрессия и
корреляция)-



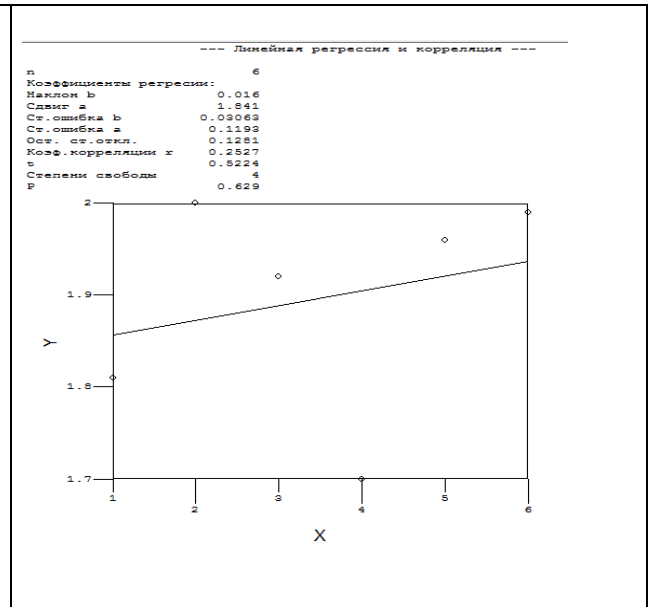
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 3 (Линейная регрессия и
корреляция)



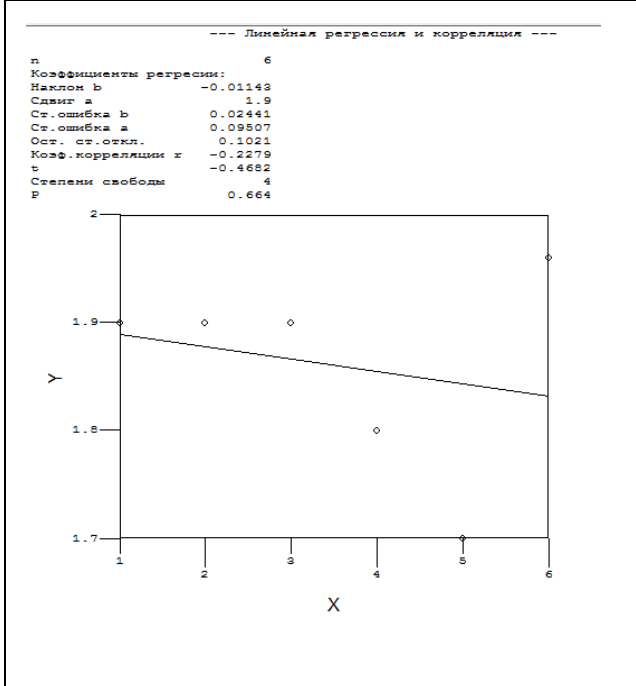
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 4 (Линейная регрессия и
корреляция)



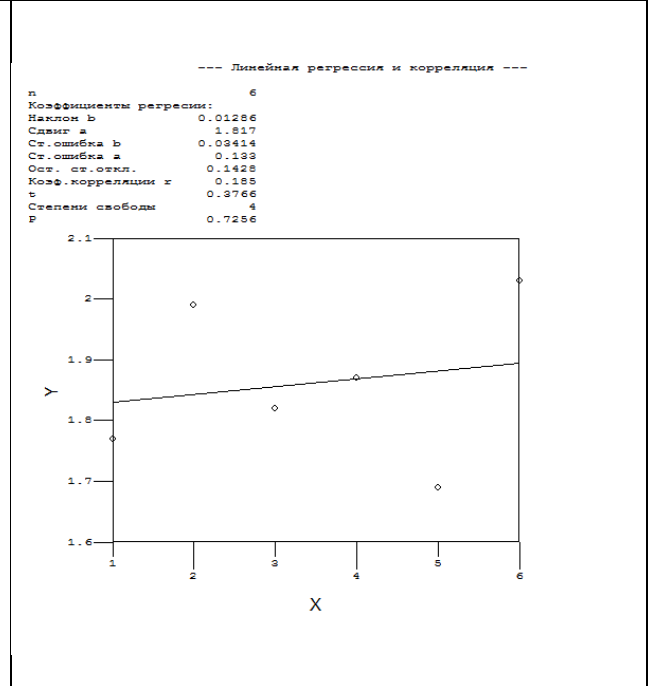
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 6 (Линейная регрессия и
корреляция)



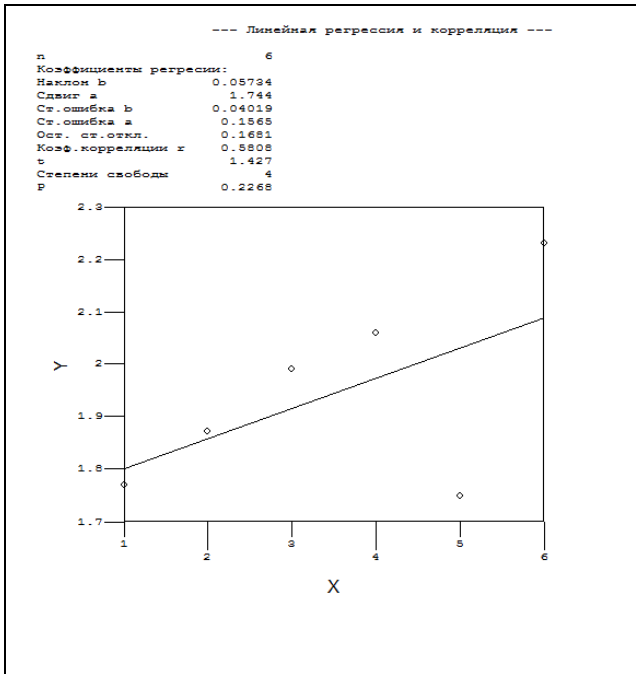
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 7 (Линейная регрессия и
корреляция)



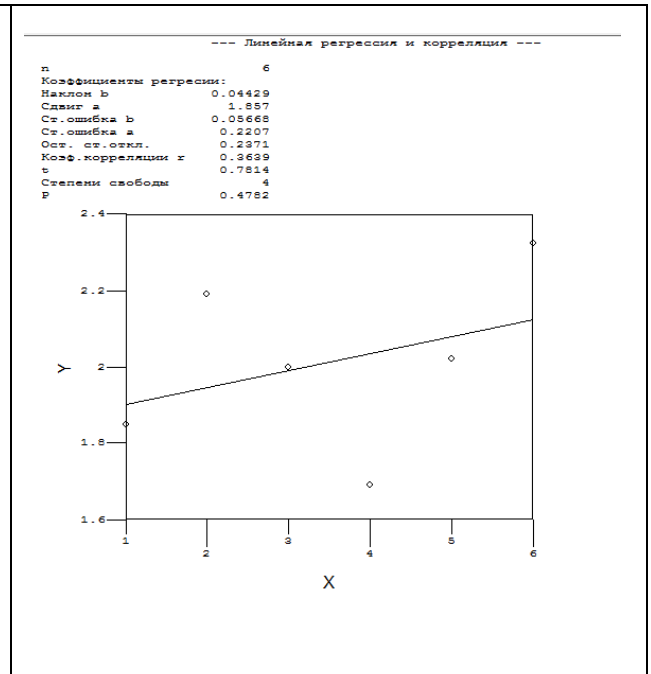
Динамика индекса Пантле-Букка (2021г.)
Станция № 8 (Линейная регрессия и
корреляция)



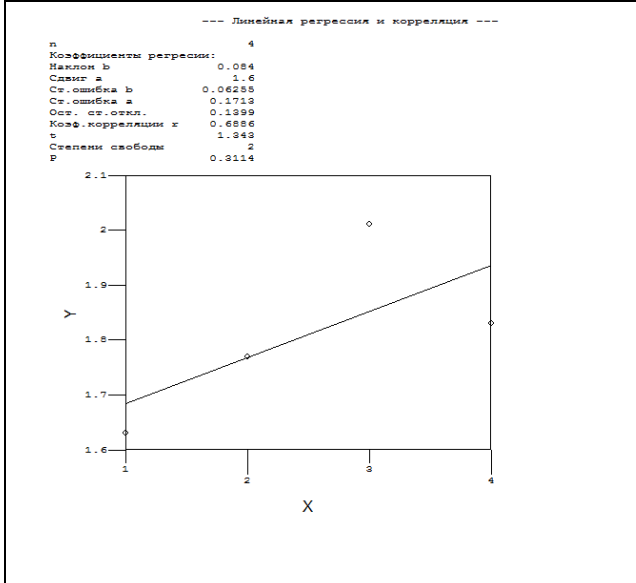
Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 1
(Линейная регрессия и корреляция)



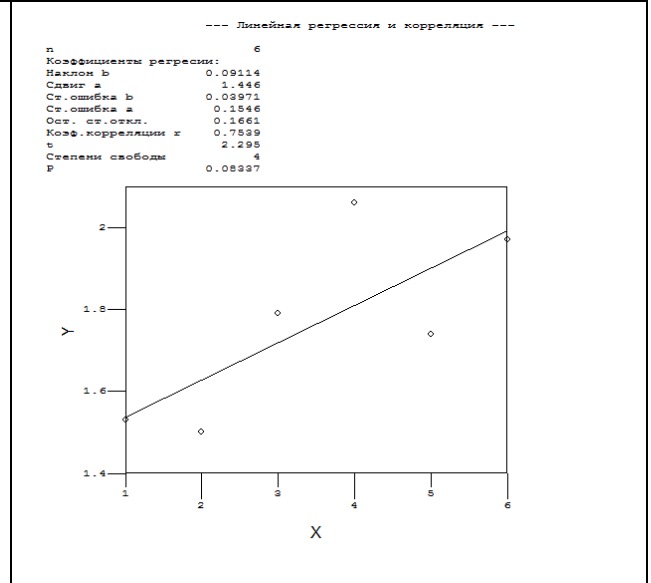
Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 2
(Линейная регрессия и корреляция)



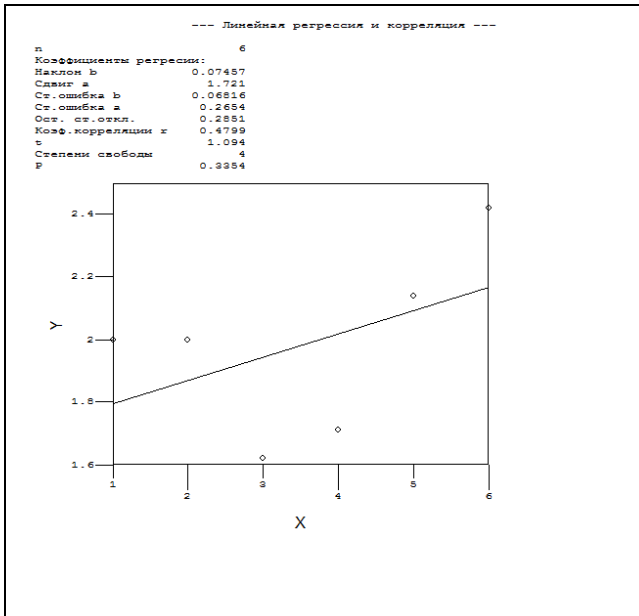
Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 3
(Линейная регрессия и корреляция)



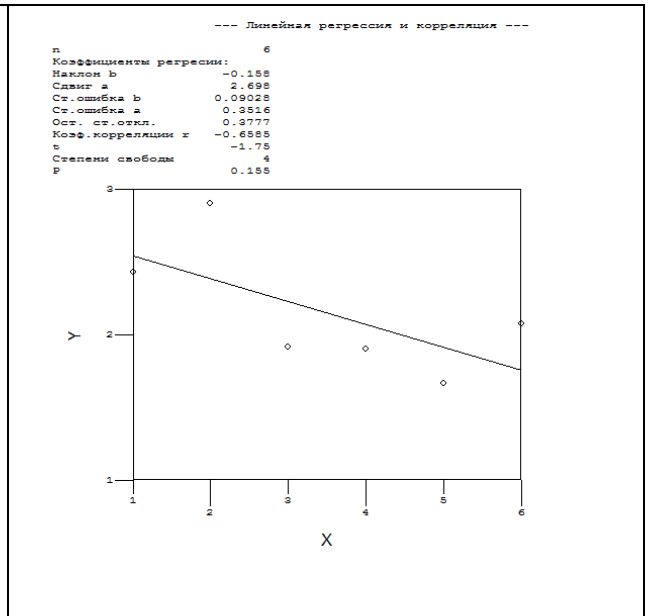
Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 4
(Линейная регрессия и корреляция)



Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 6
(Линейная регрессия и корреляция)



Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 7
(Линейная регрессия и корреляция)



Динамика индекса Пантле-Букка в
модификации Сладчека (2021г.) Станция № 8
(Линейная регрессия и корреляция)