О Т З Ы В

официального оппонента доктора биологических наук,
профессора Мингазовой Нафисы Мансуровны
на диссертацию БЕЗМАТЕРНЫХ Дмитрия Михайловича
«Пространственно-временная организация и факторы формирования макрозообентоса озер юга Западно-Сибирской равнины»
на соискание ученой степени доктора биологических наук
по специальности 03.02.10 – гидробиология

Представленная к защите диссертация Безматерных Д.М. посвящена изучению пространственно-временной организации макрозообентоса разнотипных озер юга Западно-Сибирской равнины, а также факторам формирования донных сообществ.

Особенностью юга Западно-Сибирской равнины являются многочисленные озера, разнотипные по параметрам, гидрохимическим и гидробиологическим характеристикам. Озера этой области по солевому составу самые разнообразные, от пресных до горько-соленых (на долю соленых озер приходится около 10% общей площади). Характерна малая глубина озерных котловин. Основная масса озер относится к средним и малым с площадью от 200 до 2000 га, но имеются и крупные, например, озеро Чаны. Экосистемы озер этой области подвержены циклическим сукцессиям.

Проведенные автором исследования позволяют проследить совместное действие экологических факторов на биологические компоненты экосистем и выявить наиболее важные из них. Особенно это касается ионного состава воды и уровня ее минерализации, которые ранее не рассматривались как ключевые факторы формирования и функционирования озерных экосистем.

Диссертация содержит введение, 7 глав, выводы, список использованной литературы и 5 приложений. Объем текста составляет 345 стр. Работа хорошо проиллюстрирована, содержит 38 таблиц и 49 рисунков по тексту.

Список литературы включает 421 источник (в т.ч. 96 – на иностранных языках).

Введение (объемом 6 стр.) традиционно включает актуальность, исследований, задачи изучения, сведения о теоретической и практической значимости, защищаемые положения (их три) и сведения об апробации результатов. На наш взгляд, круг рассматриваемых вопросов весьма обширен.

В главе 1 «Современные представления о пространственно-временной организации, факторах формирования и индикационной значимости макрозообентоса равнинных озер умеренной зоны» (31 стр.) на основании литературных сведений показаны особенности организации озерных экосистем, основные факторы формирования макрозообентоса равнинных озер умеренной зоны, а также методы использования зообентоса как индикатора состояния вод и экологического состояния озер. Несомненным достоинством главы является использование современных воззрений, в том числе зарубежных авторов, по структуре и особенностям озерных экосистем, их отличиям от лотических (речных) систем.

Особое внимание уделено фактору солености. Автором справедливо сделан вывод, что влияние фактора солености воды определяется не только ее величиной, но и пропорцией входящих в ее состав ионов, и влияние таких факторов на донные сообщества озер юга Западно-Сибирской равнины нуждается в дальнейшем детальном изучении (чему во многом и посвящена в дальнейшем работа).

В отношении биоиндикации автором справедливо показано, что с начала XXI в. в мировой практике используется более 60 методов биоиндикации по зообентосу, среди которых невозможно выделить общепринятого и универсального. Кроме того, индикация эвтрофирования соленых водоемов по биомассе и продуктивности биоценозов также проблематична, так как эти показатели при увеличении солености воды

обычно уменьшаются. Следовательно, в этой области также имеются «белые пятна», требующие исследований.

Глава 2 «Материал и методы исследований» (57 стр.) посвящена объему собранного материала и использованным в работе методам.

Не уместной представляется здесь глава 2.1 (45 стр.), посвященная природным условиям исследуемой территории (по объему материала и значимости она должна быть самостоятельной главой, т.к. в ней приведены гидрологические и гидрохимические характеристики исследуемых озер).

Материал собирался в 1996-2011 гг. на 7 озерных системах: Барнаульская, Бурлинская, Карасукская, Касмалинская, Кулундинская системы озер, Причановская группа озер и оз. Чаны, всего 63 озера (36 - впервые). Отобрано и проанализировано 532 количественных и 113 качественных проб макрозообентоса традиционными методами в необходимом количестве повторностей. К сожалению, в главе не указан принцип отбора проб бентоса на озерах (какие зоны охватывались), соответственно, осталось не ясным, почему озера некоторых групп исследовались в небольшом объеме (30 проб), а другие - в значительном (129 проб). Оппоненту остается предположить, что исследовались различные зоны озер, при этом озера были различной площади.

Общее количество обработанных проб (645) не является значительным. Однако, учитывая масштабы и площадные характеристики самой исследуемой территории (юг Западно- Сибирской равнины), а также площади крупных озер, следует признать реальную сложность экспедиционных сборов материалов и значимость всех сборов.

В работе в должной мере использована статистическая обработка материалов. С использованием современных компьютерных программ (MS Excel – 2003–2013, Statistica 6.0) проводились статистическая обработка, кластерный анализ по методу Варда, а также оценивались достоверность и достаточность собранного материала, строились графические изображения.

В главе 3 «История изучения макрозообентоса озер юга Западно-Сибирской равнины» (14 стр.) приведены известные сведения, дано разделение на 4 периода в изучении озер: дореволюционный, довоенный, послевоенный и постсоветский периоды.

Автором справедливо сделан вывод, что, несмотря, на продолжительный период исследований и значительный объем накопленных сведений, данные о макро-зообентосе озер юга Западно-Сибирской равнины довольно разрознены. Лучше исследованы отдельные крупные водоемы, а характеристика макрозообентоса малых и средних озер часто фрагментарна. Под воздействием изменения климата и хозяйственной деятельности пространственно-временная организация донных биоценозов озер этого региона могла существенно поменяться, и заслуживает изучения.

Как недостаток главы отметим, что она основана на фондовых и литературных сведениях, следовательно, могла быть дана разделом в литобзоре (гл.1). Собственные результаты исследований приведены автором в последующих главах (главы 4-8).

В главе 4 «Пространственно-временная организация макрозообентоса озер юга Западно-Сибирской равнины» (51 стр.) в разделе 4.1. рассмотрена общая характеристика фауны донных макробеспозвоночных.

В ней автор по семействам разбирает представителей исследуемой фауны. Выявлено, что наиболее масштабно представлено сем. Chironomidae – комары-звонцы, что в озерах юга Западно-Сибирской равнины обитает не менее 54 видов и форм комаров-звонцов. Личинки этого семейства встречались очень широко и отмечены практически во всех озерах. В то же время весьма интересным представляется результат, что в исследованиях, где были представлены и соленые озера (10 % от исследованных озер), не были найдены специфические виды, характерные для солоноватоводных озер (в изученных озерах отмечались эвритермные, пресноводные, эврибионтные формы и виды, которые способны приспосабливаться к различным экологическим условиям). Тем более, что комары-звонцы (хирономиды) в

основном входили в категорию доминантов, как по плотности, так и по биомассе.

Во всех исследованных озерных системах автором выявлено 206 видов бентосных макробеспозвоночных из 8 классов: Nematoda – 1, Oligochaeta – 5, Hirudinea – 6, Phylactolemata – 2, Bivalvia – 4, Gastropoda – 22, Crustacea – 3, Aranei – 3, Insecta – 160 видов. Из насекомых наибольшим числом видов выделялись двукрылые – 87 видов (54 – комары-звонцы), из насекомых также отмечены жесткокрылые, поденки, ручейники, стрекозы, полужесткокрылые, ногохвостки и чешуекрылые.

В последующих разделах главы приведен анализ по группам озер в плане анализа видового состава, сходства фауны в группе и количественным характеристикам. Остановимся на наиболее значимых результатах.

Во всех изученных водоемах Барнаульской системы основу биомассы макрозообентоса составляли комары-звонцы (Chironomidae). К обычным компонентам были отнесены брюхоногие и двустворчатые моллюски из семейств Lymnaeidae, Planorbidae и Pisidiidae. Часто встречались тубифициды, рачки-бокоплавы, пиявки, полужесткокрылые, жесткокрылых, ручейники, поденки и стрекозы. Выявленные особенности, по нашему мнению, соответствуют развитию зообентоса озер Европейской части РФ.

В Бурлинской системе озер анализ мер включения локальных фаун показал их высокую степень сходства. По ориентированному мультиграфу бинарных отношений, построенному на множестве мер включения описаний видового состава, наиболее оригинальным был состав бентоса маломинерализованного озера Верхнее (Подветренное).

В макрозообентосе наиболее крупного озера – Чаны – автором обнаружено 80 видов, относящихся к 7 классам: Oligochaeta (2), Hirudinea (4), Bivalvia (4), Gastropoda (16), Crustacea (1), Arachnida (2), Insecta (51). Максимальное число видов приходится на насекомых – 63%, второе и третье место по видовому богатству занимают моллюски (25%) и кольчатые черви (7%). Автором выделено, что распределение макрозообентоса оз. Чаны

характеризуются существенной дифференциацией по акватории, что обусловлено значительными размерами и разделением водоема на несколько отличающихся друг от друга плесов. По плотности и биомассе озеро соответствует α-мезотрофному уровню развития.

Автором получен также интересный вывод, что наиболее оригинальной («экзотичной») была фауна Тагано-Казанцевского плеса, а наиболее «банальной» – оз. М. Чаны. При пороге 50% отсутствует связь между фаунами водных макробеспозвоночных оз. М. Чаны с Ярковским плесом и Чиняихинским плесами, что объясняется автором обособленностью оз. М. Чаны и его отличающимися гидрохимическими характеристиками.

Изучение озера Чаны различными исследователями на протяжении 86 лет, а также использование сведений по ранее выявленной структуре колебаний уровня: 1) внутривековые циклы – 40 лет; 2) связанные с солнечной активностью – 10–20 лет; 3) высокочастотные – 3–6 лет (Васильев и др., 2006), позволило автору найти определенную закономерность. Так, выявленная многолетняя цикличность изменения биомассы и совпадение с гидрологическими периодами указывают на общие тенденции в изменении уровня развития макрозообентоса, что обусловлено решающим вкладом в биомассу бентоса доминирующих таксонов.

Данная выявленная закономерность имеет и теоретическое, и практическое значение.

Сделанный в работе статистический анализ важен для понимания значимости полученных результатов, достоверности сделанных выводов и обоснованности выделенных на защиту положений.

В главе 5 «Зоогеографический анализ фауны донных макробеспозвоночных» (18 стр.) приведены литературные данные и проведено обсуждение результатов. Показано, что во всех изученных озерах юга Западно-Сибирской равнины преобладают широко распространенные в Палеарктике (39 %) и в западной части Палеарктики (35 %) виды, а также виды, распространенные в Голарктике (19 %). Всего фауна водных

макробеспозвоночных включает 11 типов распространения. На виды-космополиты и виды с голарктически-ориентальными ареалами приходится по 2 %, доля остальных видов не превышает 1 %.

В главе 6 «Трофическая структура макрозообентоса изученных озер» (13 стр.) с учетом преобладающего типа питания в исследованных озерах автором выделено четыре основные трофические группы гидробионтов: 1) собиратели-детритофаги и факультативные фильтраторы, 2) соскребатели, 3) размельчители, 4) активные хищники.

Илистые грунты были представлены в озерах всех уровней минерализации. На них доминировали собиратели-детритофаги, в озерах всех уровней минерализации их доля составляла 50% и более, субдоминировали хищники 25–50%. Очень близки по соотношению были олиго- и субгалинные озера: в них широко представлены собиратели-детритофаги (59% и 58% соответственно), хищники (по 30%), незначительно различались доли размельчителей (7% и 6%) и соскребателей (4% и 6%). В гипогалинных озерах отмечена меньшая доля видов собирателей-детритофагов (52%) и большая – соскребателей (14%) и размельчителей (10%). В озерах с более высокой минерализацией вод (мезо- и гипергалинные озера) отсутствовали размельчители и соскребатели, а хищники и собиратели-детритофаги были представлены в равных долях (по 50%).

Проведенный кластерный анализ показал, что наибольшее сходство трофической структуры макрозообентоса отмечено между самыми пресными – олиго- и субгалинными озерами, далее к ним примыкают гипогалинные озера, а наименьшее сходство отмечено с самыми солеными мезо- и гипергалинными озерами. Значительное сходство фаун озер различного уровня минерализации связано с тем, что большинство обитающих в них видов являются экологически пластичными эврибионтами.

Важен также вывод о том, что средняя биомасса организмов макрозообентоса в изученных озерах в основном определялась не минерализацией вод, а типом грунта.

Глава 7 «Основные факторы формирования макрозообентоса изученных озер» (35 стр.) обсуждает возможные для изучения факторы среды. С учетом особенностей состава структуры донных сообществ, изученные озера юга Западно-Сибирской равнины были разделены автором на четыре группы: 1) олигогалинные, 2) субгалинные, 3) гипогалинные и 4) мез- и гипертгалинные озера. Убедительно в ходе всей работы показано, что максимальное видовое разнообразие характерно для олигогалинных озер, здесь выявлено 89 видов донных макробеспозвоночных из 7 классов. По последующим группам идет снижение разнообразия (80 и 50 видов). В мезо- и гипергалинных озерах обнаружено только 11 видов донных макробеспозвоночных из 2 классов: брюхоногие моллюски (1 вид) и насекомые (10).

Кроме тог, с использование метода главных компонент автором выявлено, что химические факторы, обусловливающие величину солености воды, имеют максимальное воздействие на биомассу макрозообентоса, в несколько меньшей степени на этот показатель влияют температура, прозрачность воды и величина pH.

Выявлено также, что наряду с соленостью воды, большое значение для изученных сообществ беспозвоночных имеет тип грунта. В исследованных озерах максимальные биомассы донных макробеспозвоночных характерны для илов (6,1±1,6). Заиленные пески (2,6±1,2) и пески (2,2±0,7) имеют менее разнообразное население и биомассу.

В главе 8 «Оценка экологического состояния озер методами биологической индикации» (16 стр.) приведены результаты применения биотических индексов. Автором показано, что для оценки экологического состояния водоемов с соленостью вод менее 3 г/дм3 можно использовать обычные биоиндикационные методы, например, такие как индекс видового разнообразия (по Шеннону) и Фламандский биотический индекс, а в качестве дополнительного – индекс Гуднайта и Уитлея. Для экологической оценки

водоемов соленостью более 3 г/дм3 необходимо учитывать негативное воздействие высоких концентраций солей на сообщества гидробионтов.

Из значимых результатов отметим, что автором предложена формула, по которой можно установить потенциально потерянную биомассу при возрастании минерализации. Может быть определена потенциально возможная биомасса, которая была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации (Безматерных, Жукова, 2014).

Из достоинств представленной на отзыв диссертации Безматерных Д.М., кроме уже указанных в главах, укажем еще следующие:

1. Круг рассмотренных автором вопросов экологии и фауны зообентоса весьма широк: таксономический анализ, биогеографический, количественный, индикационный, выявление влияния факторов среды и др. Эти вопросы указывают на полноту исследований, эрудицию автора, приверженность научной школе и способность решать сложные задачи исследования с применением современных методов.

2. Использование разнообразных методов работы: полевые (натурные) исследования, камеральная обработка, индикационный анализ, статистическая обработка, расчеты, прогнозирование и др.

3. Современный уровень анализа материалов, математическая обработка и использование современных метолов статистической обработки.

Как в любой работе, в диссертации Безматерных Д.М. также имеются, по нашему мнению, **некоторые недостатки**. Они частично сформулированы при анализе глав, частично приведены ниже:

1. Выводы работы (8 выводов) не сопоставлены четко с задачами исследования (6 задач).
2. Сформулированные положения не охватывают всех полученных автором значимых результатов, можно было сформулировать и другие защищаемые положения, прямо вытекающие из данной работы.
3. Не совсем уместной представляется в главе «Материал и методы» п/гл. 2.1, посвященная природным условиям исследуемой территории. Тем

более, что она весьма значительна по объему (45 стр.). По объему материала и значимости она должна быть самостоятельной главой, и с иным названием, т.к. в ней приведены гидрологические и гидрохимические характеристики исследуемых озер.

4. Наряду с понятием «доминант», автор использует мало принятые категории. К примеру, во фразе: «по значению в сообществах макрозообентоса хаобориды входили в категорию второстепенных и третьестепенных видов» (стр. 121). Непонятно, насколько правильны такие термины. Не все виды должны быть доминанты, их роль от этого не менее значима для устойчивости экосистемы, и вряд ли может называться второстепенной.
5. Имеются мелкие неточности, опечатки, неправильно построенные фразы:

- Барнаульские озера даны то с большой буквы, как название, то с маленькой (с. 54, 55);
- неправильно сформулированные предложения: «В данным Благовидовой…» – надо по данным (стр. 130).
- использование ненаучных обозначений: «В макрозообентосе Чанов», «в Чанах» (стр. 150, 233 и др.) и др.

В завершение отзыва укажем, что сделанные замечания не носят принципиальный характер, и нисколько не умаляют общего сильного впечатления от работы. Работа представляет собой многосторонний, крупный труд по изучению макрозообентоса, его структуры и организации, а также влияющих факторов, на примере озер обширного региона. Диссертационная работа имеет теоретическое и практическое значение, а полученные в ходе исследований результаты и выводы хорошо обоснованы и достоверны. Диссертационная работа вследствие выявленных закономерностей вносит реальный вклад в развитие теории функционирования водных экосистем.

Диссертационная работа **Дмитрия Михайловича Бематерных** на тему «Пространственно-временная организация и факторы формирования макрозообентоса озер юга Западно-Сибирской равнины» по широте постановки проблемы и глубине ее проработки, использованию традиционных и современных методов исследований, теоретической и практической значимости полученных результатов, полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присвоения искомой степени по специальности 03.02.10 – гидробиология.

Зав. каф. Природообустройства и водопользования
зав. лаб. оптимизации водных экосистем ИУЭиФ
Казанского (Приволжского) федерального университета,
проф., д.б.н.

Н.М. Мингазова

25 октября 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» 1021602841391 УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВ
ПОДПИСЬ Мингазовой Н.М. заверяю
А.Ф.Хайдарова