

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию **Ибрагимовой Айсылу Гумеровны «ТАФОЦЕНОЗЫ CLADOCERA (BRANCHIOPODA, CRUSTACEA) ГЛЯЦИОГЕННЫХ ОЗЁР ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ»**, представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология

Группу Cladocera можно считать одной из наиболее важных среди гидробионтов озерных экосистем. Причем, это справедливо не только в отношении современных озер, но и в отношении прошлого. Благодаря своему высокому развитию и в ушедшие эпохи, эти микроракообразные оставили в донных отложениях следы своей жизни в виде различных частей карапакса, головных щитов, постабдоминальных коготков, мандибул и эфиппиумов. По этим частям можно восстановить видовой состав тафоценозов, а прослеживая их изменения по временной шкале можно получить информацию о лимнологических, ландшафтных и климатических изменениях и использовать эту информацию для целей палеорекоkonструкций. Подобные палеорекоkonструкции особенно важны для периода голоцена (последние 11-12 тыс. лет), когда, в основном, и сформировались современные ландшафты, рельеф, водоемы и гидробиоценозы. Кроме того, помимо лучшего понимания происходивших в голоцене климатических изменений, изучение тафоценозов ветвистоусых раков может дать нам ключ к пониманию того, как и когда в тех или иных водоемах началась их трансформация в результате действия антропогенного фактора. С подобных позиций актуальность рассматриваемой диссертации не вызывает сомнений.

Диссертация соответствует паспорту специальности 03.02.10 – «гидробиология», а именно Пункту 4 («Изучение сообществ гидробионтов (гидробиоценозов), их видовой структуры и разнообразия, межпопуляционных отношений как основы стабильности видового состава и функционирования биоценоза») и Пункту 6 («Изучение биогеографических аспектов распределения гидробионтов в водоёмах разных типов на континентах (биолимнология) и в океанах (биоокеанология)»).

Сразу следует отметить, что научная достоверность основных полученных результатов в обсуждаемой работе не вызывает сомнений, поскольку базируется на большом материале, использовании последних достижений в систематике Cladocera и адекватном использовании апробированных методов исследования тафоценозов водоемов.

Предваряя подробный разбор работы, можно сказать, что Айсылу Гумеровна успешно выполнила поставленные в работе задачи, а цель работы, заключающаяся в изучении состава тафоценозов Cladocera донных отложений ряда гляциогенных озёр Европейской части России и в выявлении особенностей их изменений в голоцене, достигнута.

Диссертация представляет собой рукопись объемом 206 стр., включая 3 приложения на 27 стр., и структурирована не традиционным для диссертаций образом, больше напоминая по разделам и их расположению структуру научной статьи. Так, все результаты помещены в одну основную (4-ю) главу «Результаты и обсуждение». Кроме этой главы в работе имеются введение, три предварительных главы, заключение, выводы, список работ, опубликованных по теме диссертации, и список литературы, включающий 259 источников, в том числе 175 – на иностранных языках. Текст проиллюстрирован 43 рисунками и 11 таблицами, из них 12 рисунков и 1 таблица вынесены в приложения.

Во введении традиционно обсуждается проблематика работы, ее актуальность, формулируются цели и задачи исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1, «Обзор литературы» - достаточно обширна, состоит из 4-х подразделов, в которых рассматриваются такие вопросы как: роль евразийского ледяного щита в формировании современного рельефа, характере и скорости дегляциации; значение тафоценозов *Cladocera* озёр в палеореконструкциях и их место в комплексном изучении донных отложений с использованием биоиндикаторов, литостратиграфического, геохимического анализа и надёжных радиоуглеродных датировок. Дается обзор метода зоологического анализа донных отложений и основные результаты, полученные при изучении тафоценозов озер. Еще важные вопросы, которым автор уделяет внимание в литобзоре – это рассмотрение видового разнообразия, географического распространения и экологии *Cladocera*.

Значительное внимание уделено также проблеме изучения эфипиумов, возможности их идентификации до вида или группы видов и их использования в качестве отдельных биоиндикаторов для экологических палеореконструкций.

Достаточно подробно автор останавливается на глобальном биоразнообразии рода *Ceriodaphnia*, которое изучено явно недостаточно в том числе и в силу того, что таксономия рода плохо развита.

В главе 2 «Материал и методы исследования» частично представлены методы полевых работ и лабораторной обработки проб, описаны статистические подходы и индексы оценки сообществ кладоцер, использованные в работе.

В главе 3 «Регион исследования» подробно представлена описательная характеристика исследованных озер и региона исследования, включающего Большеземельскую тундру, территорию Кольско-Карельской провинции (Заонежский полуостров, Западно-Карельская возвышенность, Карельский перешеек, Кольский полуостров) и центральную часть Восточно-Европейской равнины (Ивановская область, Ярославская область)

Предваряя замечания к работе, уже здесь следует сказать, что распределение материала в диссертации между этими главами не очень логично. Так, сведения об использованном материале (число и характер проб и образцов) и часть методов исследования (чем отбирались пробы, как они подготавливались для анализов, какие исследования проводились и т.д.) почему-то описаны в главе 3 «Регион исследования», хотя должны быть в главе 2, а, например, табл. 1. «Морфометрические характеристики исследованных озер» помещена в главу 2, хотя ее место в главе 3. Было бы логичнее, описать весь этот материал в рамках одной главы.

В Главе 4 представлены основные результаты работы, которые изложены в виде последовательных описаний тафоценозов кладоцер из разных озер; их сравнительного анализа; описания особенностей изменений в составе тафоценозов *Cladocera*, отмеченные на территории Западной Европы и Европейской части России; оценки влияния содержания органического вещества на распределение *Cladocera* в озёрах Кольско-Карельской

провинции; описания эколого-фаунистических характеристик доминантов и редких видов Cladocera исследованных озёр; анализа Cladocera донных отложений как дополнения стандартного гидробиологического анализа и разработка подхода к идентификации эфиппиумов *Ceriodaphnia* spp.

Из этих результатов к наиболее значимым следует отнести следующие:

- В донных отложениях 11 озёр Европейской части России автором идентифицированы представители 51 таксона (40 видов, 11 групп видов) Cladocera, принадлежащих к 35 родам и 12 семействам. При этом, среди озёр наибольшее количество таксонов Cladocera в донных отложениях отмечается в оз. Плещеево (43 таксона), наименьшее в озере Большой Харбей (13 таксонов);

- Выявлено, что при всем разнообразии разнотипных исследованных озер и обнаруженных видов, только два вида – *Chydorus cf. sphaericus* и *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* могут выступать в роли абсолютных доминантов в тафоценозах кладоцер, а их смена свидетельствует о перестройках, проходивших в экосистемах в соответствующее время;

- Установлено, что наибольшее количество видов Cladocera в составе тафоценозов характерно для зоны смешанных лесов, а увеличение количества видов Cladocera в донных отложениях происходит с севера на юг (северная тайга (44 таксона), средняя тайга (47 таксонов), зона смешанных лесов (49 таксонов)), наименьшее видовое богатство тафоценозов ветвистоусых отмечается на территории тундры (24 таксона);

- Показано, что видовое богатство кладоцер в тафоценозах напрямую зависит от трофности озерной среды, которая фактически оставила свой след и отражена в содержании органического вещества в различных горизонтах донных отложений. Наибольшее число таксонов Cladocera отмечается в слоях, богатых органикой. Установлено, что в донных отложениях озёр Кольско-Карельской провинции увеличивается доля *Alona affinis*, *Alona quadrangularis* и *Camptocercus rectirostris* при увеличении концентрации органического вещества;

- Выявление последовательной смены кладоцерных сообществ в ходе эволюции гляциогенных озер от видов-пионеров, толерантных к холодному климату и низкому содержанию органического вещества в озерах позднего неоплейстоцена – раннего голоцена (12 – 8 тыс. лет)) к сообществам кладоцер, характерным для озер с более высоким трофическим статусом.

- Получение новых фактических данных по оз. Плещеево, показывающих, что применение анализа тафоценозов Cladocera позволяет существенно дополнить информацию о современной структуре таксоценозов Cladocera озёр.

- Выяснение того, что идентификация видов рода *Ceriodaphnia* возможна на основе признаков их эфиппиумов, которые выявляются как при их изучении с применением сканирующей электронной микроскопии, так и при их анализе под световым микроскопом, а также создание определительного ключа для идентификации европейских видов этого рода по эфиппиумам.

Т.о., в работе Ибрагимовой Айсылу Гумеровны получены результаты, представляющие значительную ценность как для общей гидробиологии, так и для палеогидробиологии и географии. Они ценны для понимания характера развития водных экосистем в Европейской части России и Западной Европе в послеледниковое время, могут быть использованы в палеоклиматических реконструкциях и дополняют региональные базы данных об эколого-климатических изменениях прошлого.

Несмотря на очень благоприятное впечатление, в целом, от работы и полученных результатов, нельзя не остановиться на определенных недостатках работы, учет которых, как надеется оппонент, поможет автору улучшить качество своей научной работы.

- В Главе 2 формула индекса общности Чекановского–Съёренсена приведена в достаточно странной форме, не соответствующей оригиналу формулы, предложенной её автором (Sørensen, 1948), и с другими смысловыми значениями для буквенных обозначений, использованными самой Айсылу Гумеровной абзацем выше для индекса Жаккара, что вносит некоторую путаницу для читателя работы в восприятии материала. Не понятно, для чего это было сделано, когда можно было использовать классическую форму этой формулы;

- Табл. 3 называется «Физические свойства исследуемых озёр Харбейской системы». Однако в таблице даны такие характеристики как рН и содержание кислорода, которые не относятся к физическим характеристикам;

- На стр. 55 автор пишет «Значения индекса Шеннона в озере Километровое варьировали в пределах 1.4 – 2.7, что позволяет отнести воды озера к классу умеренно-загрязненных вод». Если учесть, что речь идет о значениях индекса для тафоценоза колонки до 150 лет назад, то возникает вопрос – кто и как загрязнял и загрязняет данный водоем? Судя по представленным в диссертации материалам для данного водоема не указано никаких источников загрязнения. То же самое на стр. 61 в отношении этого озера и оз. Большой Харбей. Если говорится об умеренном загрязнении, то следовало бы указать источники этого загрязнения. Возможно, таким источником для данных водоемов служит Воркутинский угледобывающий комплекс, загрязняющие вещества от которого могут с воздушными массами достигать и выпадать на водосбор и акваторию данных водоемов? Поскольку керны для данных озер охватывают последние 150 лет, то было бы интересно проследить изменение уровня загрязнения, если таковое, действительно как-то влияло на сообщества кладоцер данных водоемов;

- На стр. 56 автор пишет относительно оз. Котово, что «На протяжении всей колонки кардинальных изменений в составе кладоцерного сообщества не происходило (Рис. 13).» Однако, рисунок свидетельствует об обратном. Начиная примерно с 8-го см колонки, начинается значительный рост доли *Chydorus cf. sphaericus* в составе тафоценоза кладоцер. Увеличение роли *Chydorus cf. sphaericus* в этом водоеме – гораздо более сильное, чем в оз. Километровое, где увеличение доли этого вида специально обсуждается.

- Непонятно, к какой экологической группе автор относит *Chydorus cf. sphaericus*. В случае с оз.Километровое – увеличение его доли интерпретируется как «активное развитие в озере зон макрофитов». В случае же с оз.Котово автор пишет в

отношении этого вида, что увеличивается доля планктонных видов при уменьшении относительной численности кладоцер – обитателей литоральной заросшей зоны;

- К сожалению, как и многие исследователи (особенно в последнее время), автор работы весьма вольно обращается с таким ключевым понятием экологии, как «видовое разнообразие». Несмотря на то, что индекс видового разнообразия Шеннона постоянно используется в работе, также в работе постоянно происходит смешение понятия «видовое разнообразие» с понятием «видового богатства». Например, на стр. 110 «наименьшее видовое разнообразие отмечается на территории тундры (24 таксона)». Встречаются и вот такие гибриды «Индекс видового богатства и разнообразия Шеннона–Уивера кладоцерных сообществ постепенно уменьшается и доходит в среднем до $3.05+0.19$ » (стр. 86). Если быть строгим, то следовало написать «Индекс видового богатства и выравненности», поскольку Индекс видового разнообразия Шеннона учитывает именно эти две характеристики. Кроме понятия «видовое разнообразие» в работе используется понятие «таксономическое разнообразие», также применяемое разнообразно и вольно. Что это – аналог видового разнообразия или видового богатства? Тогда как понимать фразу «Таксономическое разнообразие остается богатым»? Следует более корректно использовать данную терминологию во избежание путаницы и размывания смысла.

- Минус работы в том, что автор только на основании значений индекса Шеннона пытается делать выводы о загрязненности и чистоте вод озер, как, например, в случае с озерами Харбейской системы. При этом в диссертации нет указания на то, какая классификация загрязненности по индексу Шеннона использовалась – каким значениям индекса соответствует какая загрязненность. Кроме того, автор рассуждает в отношении умеренного загрязнения вод оз. Малое Шиброзера на основании индекса Шеннона, полученного для слоев керна более 7 м. Хотелось бы знать, что могло «загрязнить» озеро несколько тысяч лет назад? Или оз. Гахкозеро – кто умеренно «загрязнял» его 12 тыс. лет назад, когда были наименьшие значения индекса Шеннона? Поэтому сравнение этих озер по «загрязненности» - бессмысленно без указания источника и характера загрязнения. В многочисленных работах уже давно показано, что индекс Шеннона может быть только вспомогательной характеристикой при определении уровня загрязненности водных экосистем, только на основании его значений подобные выводы не могут делаться ни в коем случае. Например, в холодноводных озерах для бентосных сообществ на больших глубинах, где чистой и ничем не загрязненной водой, могут быть характерны очень низкие значения индекса Шеннона, и это не говорит о какой-то загрязненности водоема. В дальнейшем хотелось бы порекомендовать автору осторожно обращаться с термином «загрязненность» водоемов и использовать его более корректно. В частности, говорить о загрязненности, когда имеются источники такого;

- Еще один момент, с которым невозможно согласиться, это то, что автор связывает некие значения индекса Шеннона с трофностью водоема, не указывая даже на авторство подобной классификации и не приводя ее. Можно определенно утверждать, что на основании значений индекса Шеннона совершенно невозможно выносить какие-либо заключения о трофности водоема. Трофность – это прежде всего уровень первичной продукции, с которым лучше или хуже согласуются другие характеристики и показатели.

Однако, по мнению автора, например, значение индекса Шеннона 2,55 (оз. Медведевское) – это переходный статус от мезотрофного к олиготрофному, а значение 2,89 – это олиготрофный водоем. В другом месте (про оз. Рубское) автор пишет, что значение индекса 2,56 – это умеренно-загрязненное озеро. Т.е., только на основании индекса Шеннона заключается, что водоем при таком значении индекса должен быть олиготрофным и умеренно-загрязненным. Почему олиготрофный водоем не может быть, например чистым – не понятно.

- Еще с одним утверждением автора трудно согласится, а именно с тем, что число таксонов в мелких озёрах выше по сравнению с крупными. Несмотря на утверждение, что «остатки ветвистоусых ракообразных пассивно транспортируются от берега с различных литоральных субстратов и перемешиваются с остатками пелагических Cladocera, таким образом формируя в центральной части водоёма отложения, содержащие наиболее полную и достоверную информацию о населявших водоём организмах» (с.29 диссертации), тем ни менее, в крупном водоеме остатки литоральных видов будут в меньшей степени попадать в центральную зону водоема, где отбирались колонки. А в очень крупном водоеме, например, в Ладожском озере, они вообще туда не попадают. Т.о., совсем не удивительно, что в оз. Большой Харбей в центральной части обнаружено меньше видов, чем в других небольших озерах;

- Не очень понятно, почему стратиграфическое распределение видов на рис. 16 и 17 дано только ниже 300 и 350 см? а какая ситуация выше?;

- Встречаются в работе необоснованные суждения о характере изменения отдельных показателей. Так, например, на стр. 91 утверждается что «значения индекса Шеннона уменьшаются по сравнению с предыдущей зоной» Этот вывод делается при сравнении следующих значений $2,41+0,38$ и $2,6 + 0,24$. Хотя понятно, что если провести статистическую оценку, то различие между этими значениями отсутствует. В других местах диссертации также нет статистических оценок, подкрепляющих суждения автора об уменьшении или увеличении значений показателей при сравнении отдельных зон колонок;

- Можно предъявить и определенные претензии к оформлению рисунков. Так, на рис. 22 в подписи указываются обозначения отдельных частей рисунка латинскими буквами от а до h, в то время как на рисунке обозначения сделаны русскими буквами от а до з. Не единообразно оформлены стратиграфические рисунки. На каких-то рисунках вертикальная шкала выражена в см, на каких-то в годах, а на каких-то в номерах образцов. Это затрудняет оценку рисунков, а датировка по номерам образцов вообще ни о чем не говорит.

- На стр. 110 в приведенных датировках, очевидно, упущены тысячи лет. Д.б. 24–17 тыс.кал. л.н. и 2–3 тыс. кал. л.н.

Нетрудно заметить, что, несмотря на большое количество замечаний, в целом, они носят дискуссионный или редакционный характер и не касаются основных выводов диссертации, к которым у оппонента нет претензий. Указанные недочеты хотя и смазывают общее впечатление от работы, но, тем ни менее, не отражаются на моей высокой оценке данного научного труда.

Т.о., проведя анализ представленной диссертации, я могу заключить, что данная работа вносит важный вклад в развитие гидробиологической науки. Она является самостоятельным законченным научным исследованием. Научная новизна полученных автором результатов несомненна. Основные положения диссертации вошли в автореферат и опубликованы в 30 работах, в том числе в 12 статьях в рецензируемых журналах, 12 из которых рекомендованы ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, 7 из них включены в WoS, 10 – в базу данных Scopus.

По актуальности, новизне и научно-практической значимости полученных результатов диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук и изложенным в пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ. Соискатель, Ибрагимова Айсылу Гумеровна, безусловно, заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология.

Официальный оппонент:

Курашов Евгений Александрович,
доктор биологических наук, профессор,
руководитель лаборатории гидробиологии
ФГБУН ИНОЗ РАН СПб ФИЦ РАН
196105, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, дом 9
<http://limno.org.ru/>
Тел.: +7 (812) 387-02-60
Моб. Тел. +79045192847
E-mail: evgeny_kurashov@mail.ru

Е.А.Курашов

04.01.2021