

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Панова Александра Геннадьевича "Экологические особенности сообществ инфузорий пресноводных экосистем южной части острова Сахалин", представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – экология (биологические науки)

Диссертационная работа Александра Геннадьевича Панова посвящена изучению таксоценов инфузорий в водоемах и водотоках Южного Сахалина, роли цилиат в детритных пищевых цепях, формирующихся на снёнке лососевых, а также оценке экологической ситуации в водных объектах региона путем анализа видового состава и разнообразия инфузорий.

В качестве региона исследований автором избран о. Сахалин, который характеризуется уникальным сочетанием природных ресурсов и климатических особенностей. По территории острова протекает большое число рек, многие из которых являются нерестовыми для лососевых рыб. При этом природные экосистемы Сахалина находятся под существенным антропогенным прессом.

Инфузории представляют собой важное звено в трофических сетях водных и почвенных экосистем, многие виды являются индикаторами сапробности. Несмотря на важную роль в пресноводных экосистемах и индикаторное значение, инфузории Сахалина до настоящего времени оставались практически неизученными. Известно лишь небольшое число работ, содержащих фрагментарные сведения о цилиатах, в основном, эпибионтах водных беспозвоночных.

В связи с этим, актуальность и практическая важность диссертационной работы Александра Геннадьевича не вызывает сомнений.

Диссертация А.Г. Панова включает Введение, восемь глав, Список терминов, Выводы и Приложения. Работа изложена на 165 страницах, содержит 55 рисунков и фотографий, 22 таблицы. Список литературы включает 157 источников, из которых 26 – на иностранных языках.

Во Введении обоснована актуальность темы, приводятся цель и задачи работы, научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, теоретическое и практическое значение работы, сведения об апробации работы, публикациях, личном вкладе соискателя.

Глава 1 представляет собой обзор литературы. В данной главе оценивается состояние изученности инфузорий Дальнего Востока РФ, приводятся сведения об использовании инфузорий в экомониторинге, а именно биоиндикации и биотестировании, а также изученности водных беспозвоночных и инфузорий Южного Сахалина.

В главе 2 приводится физико-географическая характеристика региона исследования, при этом особое внимание уделяется поверхностным водам, в том числе водным объектам, изученным автором.

В главе 3 приводятся краткие сведения об объеме материала. Всего автор обследовал 4 водоема (170 проб) и 9 водотоков (450 проб). Также подробно изложены методы сбора материала, изучения морфологии инфузорий, пунктах сбора проб, подробно излагаются методы сбора, фиксации и окраски инфузорий, культивирования, оценки численности, а также статистические методы. Отдельно подробно обсуждаются использованные автором методы оценки качества вод с использованием показателей сапробности.

Глава 4 называется «Таксоценозы инфузорий исследованных пресноводных объектов южной части острова Сахалин». Всего автором обнаружены 149 видов инфузорий, из них 58 видов (38,9% от общего видового богатства) впервые отмечены в пресных водоемах Дальнего Востока РФ. В главе приводится систематическое положение всех найденных таксонов видового ранга в соответствии с системой Д. Линна (Lynn, 2008), но адаптированной в сводке по молекулярной филогении эукариот С. Эдла с соавт. (Adl et

al., 2018), то есть без указания рангов таксонов. Также указана сапробная валентность всех видов.

По приуроченности к типу водоема автор выделяет четыре группы видов цилиат: эвритопные; приуроченные к водотокам; приуроченные к водоемам и стенотопные, обнаруженные только в определенных водных объектах.

Далее в главе обсуждается соотношение этих групп в таксоценах (таксоценозах или сообществах по терминологии автора) инфузорий изученных водоемов и водотоков. Автор выделяет 4 видовых комплекса (кластера) инфузорий: 1. Комплекс горно-равнинных водотоков; 2. Комплекс протоки Безымянной; 3. Комплекс инфузорий малых водоемов в нижнем течении р. Таранай; 4. Комплекс лагуны р. Томаринка.

Также проводится сравнительный анализ видовых составов таксоценов цилиат Южного Сахалина и других регионов российского Дальнего Востока. Показано, что видовые составы водоемов и водотоков Южного Сахалина отличаются от видовых составов в других регионах. Частично эти различия объясняются разницей условий в естественных и искусственных водоемах.

К сожалению, на дендрограммах (рис. 6-8) отсутствует шкала значений индекса сходства, соответствующие показатели обсуждаются только в тексте.

В пятой главе диссертационной работы приводятся данные по размерной структуре видовых комплексов инфузорий в исследованных водоемах и водотоках. Обнаруженные виды отнесены к четырем размерным классам (очень мелкие, до 40 мкм; мелкие 40-100 мкм, средние 100-200 мкм и крупные, более 200 мкм). Отмечается, что большинство видов относятся к первому размерному классу (до 40 мкм).

Также в главе анализируется распределение зарегистрированных видов инфузорий по шести трофическим группам (бактериодетритофаги, всеядные, альгофаги, хищники, фототрофы, гистофаги). Установлено, что в водоемах и водотоках Южного Сахалина преобладают бактериодетритофаги (54,8-67,1% от общего видового богатства в водотоках и до 68,3% в водоемах).

Далее обсуждается распределение инфузорий по экотопическим группировкам. В водотоках 17,6% видов отмечены в бентосе, 16,3% в планктоне, 14,1% в перифитоне, 52% видов обозначены как «переходные», т.е. встречающиеся в разных экотопах. В водоемах на бентос приходится 17,9% видов, планктон 13,8%, перифитон 14,9%, на эпибионтов 1%, «переходных» 52,4%. Следует отметить, что эпибионты планктонных организмов также могут быть отнесены к группировке планктона.

В шестой главе диссертации приводятся результаты оценки качества вод с использованием инфузорий-индикаторов сапробности. По данным Александра Геннадьевича, протока Безымянная может быть отнесена к α -мезосапробной зоне, реки Большой Такой и Томаринка – к β -мезосапробной зоне, остальные пять водотоков – к олигосапробной зоне. Что касается водоемов, то все они были отнесены диссертантом к α -мезосапробной зоне.

На участках водоемов и водотоков с разной степенью органического загрязнения Александр Геннадьевич выделил и охарактеризовал шесть видовых комплексов инфузорий (сообществ по терминологии автора): 1. Комплекс олигосапробных участков горно-равнинных водотоков; 2. Комплекс β -мезосапробных участков водотоков; 3. Комплекс, формирующийся в водотоках после гибели производителей тихоокеанских лососей; 4. Комплекс инфузорий ручьев, вытекающих из низинных болот; 5. Комплекс α -мезосапробных участков малых водоемов; 6. Комплекс полисапробных участков водоемов.

В главе 7 приводятся данные по сезонным изменениям разнообразия цилиат в нескольких водотоках. Автором зарегистрированы обычные циклические изменения разнообразия инфузорий, пики которого приходились на летние месяцы (за исключением притоков р. Сусуя в 2013 году, когда пик выпал на осень).

Восьмая глава диссертации А.Г. Панова посвящена роли инфузорий в детритной трофической цепи, которая формируется на снёнке (телах погибших лососевых) в период нереста.

Как известно, анадромные тихоокеанские лососи нерестятся один раз в жизни, после чего гибнут. Как указывает диссертант, в водотоках Сахалина в периоды нереста лососевых из-за разложения снёлки существенно снижается концентрация кислорода и повышается содержание органики. Это, несомненно, сказывается на видовом составе, численности, соотношении трофических групп инфузорий в нерестовых реках. Однако, несмотря на важность этих процессов для функционирования водных экосистем, ранее данный аспект экологии инфузорий практически не рассматривался.

Как убедительно показал в своей диссертационной работе Александр Геннадьевич, в периоды нереста лососевых пищевые сети в водотоках приобретают характер детритных. При этом, в конце августа – начале сентября в местах нахождения снёлки, на фоне общего снижения видового богатства инфузорий, наблюдалось увеличение численности ряда видов, в основном, бактериодетритофагов и всеядных форм. Одновременно с этим наблюдалось практическое отсутствие симбиотрофов (фототрофов по терминологии автора). При этом значительно повышалась доля крупноразмерных видов цилиат. Автор выделил группу из 14 видов цилиат, доминирующих в реках Южного Сахалина в период нереста. Индекс сапробности по составу инфузорий в период нереста возрастал в 1,5-2,0 раза. Сходные закономерности наблюдались автором при параллельных лабораторных исследованиях.

К сожалению, в тексте главы недостает информации, во время нереста каких именно видов лососевых проводились исследования. Правда, в Приложении Е указано, что речь идет о горбуше - *Oncorhynchus gorbuscha*.

На наш взгляд, глава 8 — это наиболее интересная часть работы. Подобные подходы, несомненно, будут полезны для оценки влияния нереста на водные экосистемы не только о. Сахалин. В этой части значение диссертации Александра Геннадьевича выходит за рамки регионального.

Завершают работу Выводы (6 пунктов), список терминов, список литературы и шесть Приложений.

На наш взгляд, список терминов является излишним, так как включает в основном, общеизвестные понятия. Исключение составляет только определение снёлки, термина, возможно, нового для большинства читателей работы. При этом в списке недостает обсуждения ряда других терминов, тогда как их трактовка автором вызывает вопросы.

Приложение А включает микрофотографии, краткие диагнозы, данные о распространении на юге о. Сахалин и экологические характеристики 29 видов инфузорий. Приложение полезное, но хотелось бы знать принцип, по которому для него отбирались виды.

Приложение Б представляет собой таблицу, озаглавленную «Встречаемость инфузорий в пробах исследованных водоемов». На самом деле в таблице представлены данные о распространении инфузорий в четырех изученных автором водоемах.

Встречаемость инфузорий в изученных водотоках отражена в Приложении В, что корректно отражено в названии таблицы.

Приложение Г представляет собой таблицу, содержащую данные по сезонной динамике разнообразия инфузорий в реках юга о. Сахалин.

Приложение Д содержит сведения о сезонных изменениях видового состава инфузорий в реках Лютога, Красносельская, Рогатка и ручье Пригородный.

Наконец, в таблице в Приложении Е приведены данные о видовом составе и относительном обилии инфузорий при разложении погибшей снёлки горбуши.

В целом, работа написана хорошим литературным языком, удачно проиллюстрирована. Однако имеется ряд замечаний, помимо тех, которые были высказаны при обсуждении отдельных разделов диссертации.

Первый блок замечаний касается опечаток и стилистических ошибок, которых в диссертации относительно немного.

Так, на с. 63 написано «...были изучены реках...», вероятно, пропущен предлог «в»; на с. 65 пропущены точки после аббревиатуры «экз.» - «100 экз./л крупных видов до 800 экз./л» вместо «100 экз./л крупных видов до 800 экз./л»; на с. 82. Написано «В водотоках х было...» вместо «В водотоках их было...»; на с. 104 написано «морфовидов» вместо «морфовидов».

На с. 5 указано, что «Представители Ciliophora... считаются промежуточным звеном между автотрофами и консументами второго порядка, т.е. эта группа простейших является активным переносчиком энергии с одного трофического уровня на другой».

Это не вполне верно, так как и среди инфузорий есть консументы первого, второго и более высоких порядков, что следует и из рецензируемой диссертации.

Неудачно выражение (на с. 74): «При кластеризации оно имело наименее количество общих черт...». Вероятно, имелись в виду общие виды, а не черты.

В подписи к Рис. 9 (с. 80) указано «Относительное количество инфузорий различных размерных групп...», тогда как на самом деле на рисунке представлено относительное видовое богатство различных размерных групп.

Аналогично на с. 97 написано «...увеличение числа ресничных...» со ссылкой на Рис. 18, где тоже представлено видовое богатство. В подписи к рис. 18 также неудачная формулировка «видовое богатство фауны инфузорий...».

На с. 98 неудачно «...они составляли ядра исследованных речных экосистем микроорганизмов».

Второй блок замечаний относится к систематике и номенклатуре.

Как уже упоминалось, в диссертации используется безранговая система С. Эдла с соавторами (Adl et al., 2018). Но дело в том, что упомянутая система базируется на молекулярных данных и разработана для всех эукариот. При этом авторам не удалось определиться с таксономическими рангами ряда крупных молекулярных кластеров, поэтому схема была унифицирована с заменой названий рангов звездочками.

Однако в отношении инфузорий такой проблемы нет и в настоящее время общепринятой является система типа Ciliophora Дениса Линна (Lynn, 2008), также основанная на молекулярных данных, в которой используются все надвидовые таксономические ранги, от рода до типа. Помимо монографии Д. Линна 2008 г., данная система приводится в очерке по систематике типа Ciliophora С.И. Фокина во втором томе коллективной монографии «Протисты» (2007), которую цитирует диссертант.

Надо сказать, что больших проблем использование безранговой системы не создает, так как диссертант обычно оперирует родовыми и видовыми названиями, а таксоны более высоких рангов, упоминаются, в основном, в Таблице 3 (Глава 4) и в Приложении А. К тому же Д. Линн является одним из соавторов статьи С. Эдла с соавторами.

Большая часть замечаний этого блока относится к тому, как автор использовал научные названия таксонов.

Во-первых, в работе встречаются ошибки в написании видовых и родовых названий. Так, на сс. 98 и 144 вместо «*Paramecium putrinum*» написано «*Paramecium pultrinum*»; на стр. 105 «*Actinophris*» вместо «*Actinophrys*» и «*Phillodina*» вместо «*Philodina*»; на с. 109 «*Stentor polymorfs*» вместо «*Stentor polymorphus*». На такие моменты следует обращать внимание, поскольку, если в диссертации, которая является рукописью, это просто опечатка, то в публикациях это создание синонима.

На с. 67 перечисляются виды *Prorodon brachyodon* и *P. caudatum*. Если родовые названия начинаются с одинаковой буквы, следует следующее название писать полностью, то есть правильно: *Prorodon brachyodon* и *Paramecium caudatum*.

В диссертации повсеместно набирается курсивом обозначение «sp.» рядом с родовым названием: *Brachyosoma sp.*, *Litonotus sp.*, *Chilodonella sp.* Это означает, что вид в

данном случае не определен. Однако, данное обозначение не является частью научного названия, и его курсивом набирать не следует.

В этой связи вызывают вопросы такие написания названий, как на сс. 58-59: *Uronema* sp. (O. F. Müller, 1786) Florentin, 1901, *Cyclidium* sp. O.F. Mueller, 1773. Если вид не определен, то откуда взялись автор видового названия (Мюллер) и год опубликования, и автор, который переместил вид в другой род (Флорентин) в первом случае, и автор названия (Мюллер), во втором? Кроме того, один и тот же автор (О.Ф. Мюллер) в первом случае написан по-немецки (через «ü»), а во втором по-латыни (через дифтонг «ue»). Допустимы оба написания, но не в одной работе.

Также непонятно, к какому роду и виду отнести названия (на сс. 109 и 162-164) *U. sp. f. nigricans* и *C. sp. f. glaucoma*?

В работе курсивом постоянно выделяется обозначение «complex», например, *Vorticella octava complex*, *Vorticella convallaria complex*, *Stylonychia mytilus complex*, *Tetrahymena pyriformis complex*, *Paramecium aurelia complex*.

В данном случае обозначение «complex» свидетельствует о том, что данный вид относится к группе неразличимых морфологически видов-двойников, оно также не является частью научного названия и его также не следует набирать курсивом. Следует учитывать, что такое написание, как в диссертации, т.е. тройное название (триномен) используется для обозначения подвидов.

Кроме того, в работе используются синонимичные комбинации видовых и родовых названий (правда, только в литобзоре). Так вид *Asellacineta rossica* (упоминается на с. 13), сам же автор родового и видового названия (А.В. Янковский) переместил в состав рода *Metacineta*; *Mesodinium rubrum* (с. 14) уже несколько десятков лет рассматривают в составе рода *Myrionecta* (как *Myrionecta rubra*), а *Tokophryella carchesii* (с. 17) перемещен в род *Tokophrya*.

Наконец, третья группа замечаний связана с трактовкой ряда терминов, используемых диссертантом.

Например, Александр Геннадьевич, на наш взгляд, неудачно в качестве синонима «инфузории» использует термин «ресничные». В современной отечественной литературе этот термин не используется, лучше было бы применять вместо него «цилиаты».

Также диссертант несколько перегружает текст работы, используя термин «морфовиды» и его производные. На самом деле это часть специфического научного жаргона молекулярно-генетических работ, где необходимо по-разному обозначать морфологические и молекулярные виды. В экологических и таксономических работах, если молекулярные технологии не задействованы, можно обойтись более привычным термином «вид».

На с. 28 указано, что, по составу животного мира Сахалинская область относится к Европейско-Сибирской подобласти Палеарктической области. На наш взгляд, для водных объектов лучше было бы использовать зоогеографическое районирование не суши, а континентальных водоемов, согласно которому (Старобогатов, 1960) о. Сахалин относится к Амуру-Японской подобласти Сино-Индийской области.

В диссертационной работе инфузории, имеющие внутриклеточных автотрофных симбионтов отнесены к трофической группе фототрофов или миксотрофов. Однако сами эти инфузории не фотосинтезируют, поэтому таких цилиат лучше называть симбиотрофами.

В работе наблюдается разночтение в обозначении показателей биоразнообразия. Например, неоднократно утверждается, что, чем выше значение индекса Маргалефа, тем большим видовым богатством характеризуется сообщество. Дело в том, что видовое богатство — это отдельный показатель α -разнообразия, представляющий собой число видов (и диссертант в ряде случаев его вполне корректно применяет и называет). В свою очередь, видовое богатство является составляющей индекса Маргалефа, величина которого

определяется двумя параметрами – числом видов и размером сообщества. На с. 107 видовое богатство также ошибочно синонимизируется с плотностью видов.

Кроме того, на сс. 13, 45, 71-73, 76, индексы фаунистического сходства некорректно названы коэффициентами.

Также дискуссионной является трактовка «переходных» видов инфузорий, как способных занимать несколько экологических ниш. Экологическая ниша — место, занимаемое видом в сообществе, включающее весь комплекс его биоценологических связей и требований к факторам среды. Соответственно, вид не может занимать несколько экологических ниш. Просто параметры экологической ниши эвритопных видов позволяют им обитать в разных экотопах.

Неудачно, на наш взгляд выражение «группы экотопа». Получается, что существует какой-то мегаэкотоп, который подразделяется на группы. На самом деле различают экотопические группировки - совокупности организмов, населяющие наиболее крупные биотопы (или экотопы). Например, экотопом для бентоса является бенталь, для планктона и нектона пелагиаль и т.п.

Отдельных комментариев, на наш взгляд, требует трактовка автором понятий сообщество и таксоценоз, которые автор использует как синонимы.

Во-первых, хотя разные экологические группы инфузорий и занимают несколько трофических уровней в сообществах, цилиаты только входят в состав сообществ, но не образуют отдельное сообщество. В таком случае больше подходит термин «таксоцен».

Понятие «таксоцен» (taxocene) ввел в научный обиход известный польский гидробиолог А. Ходоровский (Chodorowski, 1959). Он определял таксоцен, как все группы видов определенных таксонов, встречающиеся в данном сообществе. То есть таксоцен не является аналогом сообщества, но этому понятию вполне соответствуют те видовые комплексы инфузорий, которые формируются по градиентам факторов среды в изученных Александром Геннадьевичем водоемах и водотоках. Что касается таксоценоза, то этот термин в экологии тоже применяется, но, с учетом приоритета А. Ходоровского, предпочтительнее использовать термин «таксоцен».

К сожалению, понятия таксоцен, экотоп, экологическая ниша не комментируются в словаре терминов в диссертации.

Следует отметить, что указанные недостатки практически не сказываются на восприятии содержания работы, а большинство наших замечаний имеет дискуссионный характер. Работа производит очень хорошее впечатление, содержит значительный элемент научной новизны.

Это обеспечивается практической неизученностью региона исследований до работ Александра Геннадьевича, новизной подходов. В результате, впервые установлен видовой состав инфузорий в пресных водоемах южной части о. Сахалин, обнаружены 149 видов, большинство из которых новые для региона. Особо следует подчеркнуть практическую направленность диссертационного исследования. Автором успешно апробированы в регионе методы экомониторинга. Еще раз подчеркнем новизну и значение изучения влияния нереста лососевых на экологическую обстановку в водотоках.

Диссертационная работа Александра Геннадьевича Панова представляет собой исследование, выполненное автором самостоятельно на высоком научном уровне. Результаты исследования существенно расширяют представления об экологии инфузорий.

Основные положения, выносимые на защиту и выводы базируются на материалах диссертации, соответствуют цели и задачам работы, являются вполне обоснованными, что подтверждается значительным объемом оригинальных данных, разнообразием исследованных биотопов, использованием адекватных методов световой микроскопии и статистики.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Результаты работы неоднократно докладывались на международных и всероссийских научных собраниях, по теме диссертации опубликованы 23 работы, из них

8 научных статей в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК, в том числе 1 статья в журнале, реферируемом в базе Scopus.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая в полной мере соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Александр Геннадьевич Панов, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – экология (биологические науки).

Официальный оппонент,
доктор биологических наук, профессор,
главный научный сотрудник, руководитель
Лаборатории популяционной биологии гидробионтов
ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского РАН

Довгаль Игорь Васильевич

2 мая 2024 г.

299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, 2.
т. (+7978) 0458195,
E-mail: dovgal-1954@mail.ru

Подпись *Довгаль И. В.*
удостоверяю

Уч. секретарь

Федеральное научное учреждение имени академика А.О. Ковалевского РАН

Ковальев

