

Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу *Степаньяна Олега Владимировича* «Влияние нефтяного загрязнения на макрофиты Баренцева, Черного, Азовского и Каспийского море в условиях современных климатических изменений», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.10–Гидробиология

Диссертационная работа *Степаньяна Олега Владимировича* представляет собой серьезное обобщение собственных многолетних исследований состояния первично-продукционного звена больших морских экосистем арктических (Баренцево море) и южных (Черное, Азовское, Каспийское) морей России в условиях возрастающего антропогенного воздействия. Основное внимание сфокусировано на влиянии нефтяного загрязнения на прибрежные высокопродуктивные растительные сообщества в Кольском заливе, Новороссийской бухте, Керченском проливе – в районах крупных портово-промышленных комплексов. В диссертационной работе решается научная проблема трансформации и устойчивости к нефтяному загрязнению бентосных фитосообществ, что имеет важное социально-экономическое значение для устойчивого развития прибрежных территорий северных и южных морей европейской части России.

Актуальность работы. Интенсивное промышленное освоение прибрежных морских территорий приводит к тому, что природные сообщества испытывают сильное антропогенное воздействие, как вследствие изменения климата, так и загрязнения. Нефтяное загрязнение в крупных портовых центрах является ведущим воздействием на природу в настоящее время и сказывается, в значительной степени, в нарушении природных сообществ морских макроводорослей и трав в прибрежной зоне северных и южных морей. В диссертационной работе представлен анализ современной ситуации – состояния природных условий, ресурсного потенциала доминирующих видов макрофитобентоса и социально-экономической составляющей (уровня антропогенного загрязнения) в прибрежной зоне двух больших морских экосистем – Баренцева и Черного (включая Азовское и Каспийское) морей. Актуальность работы, направленной на решение насущных гидробиологических проблем – изучения, сохранения и восстановления природных морских сообществ на нарушенных прибрежных территориях северных и южных морей, не вызывает сомнений.

Научная новизна и практическая значимость работы. Диссертантом О.В.Степаньяном определены поровые значения устойчивости доминирующих видов макроводорослей к нефтяному загрязнению на уровне организма, популяции, сообщества. Описана трансформация растительных сообществ морских макроводорослей и трав при кратковременном и хроническом нефтяном загрязнении. Выявлены особенности и общие закономерности влияния нефтяного загрязнения на прибрежные растительные сообщества северных и южных морей. Разработаны математические модели и прогнозы отклика макрофитобентоса в прибрежной зоне морей при возможных аварийных разливах нефти при современных тенденциях изменения климата и уровне нефтяного загрязнения. Представлена и обоснована концептуальная схема отклика фитосообществ северных и южных морей России к воздействию нефти и нефтепродуктов. Работа имеет важное значение в развитии концепции больших морских экосистем.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основании результатов, полученных диссертантом, можно прогнозировать условия восстановления природных сообществ морских макроводорослей и трав в прибрежной зоне морей при разных уровнях воздействия нефти и нефтепродуктов, осуществлять мелиоративные мероприятия, сохранять и восстанавливать природные сообщества. Результаты работ могут быть

использованы и используются в экологическом мониторинге прибрежной зоне морей. Данное исследование является чрезвычайно важным с практической точки зрения.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы (глава 1), описания материала и методов исследования (глава 2), пяти глав собственных исследований диссертанта (главы 3–7), заключения и выводов, списка цитируемой литературы, включающего 545 наименований, из которых 426 на русском и 119 на английском языках. Текст работы изложен на 264 страницах, включая текст (204 с.). Иллюстративный материал содержит 13 таблиц и 35 рисунков.

Анализ диссертации. Во введении (с. 5–16) представлена общая характеристика диссертации. Здесь дается описание актуальности, научной новизны, теоретической и практической значимости диссертации, формулируются цели и задачи работы, описаны методологические основы исследования, сформулированы выносимые на защиту положения (их шесть). Описано, в чем заключается личный вклад диссертанта в работу. Показано, что достоверность результатов полевых и экспериментальных данных основана на использовании стандартных и апробированных методик, репрезентативности материала, на их соответствии с данными литературы. Приводится перечень научных и научно-практических конференций (международных, федеральных и региональных), где были представлены и обсуждены результаты исследований. Результаты диссертационной работы отражены в 31 печатной работе, в рецензируемых российских и международных изданиях, входящих в список ВАК, из них 11 статей в научных журналах, индексируемых в MB Scopus и Web of Science. Приводится список тех, кому автор благодарен за помощь и поддержку в проведении работ.

*Глава 1* (с. 17–77), в первой ее части представлена физико-географическая характеристика регионов, где были проведены исследования (моря Баренцево, Черное, Азовское, Каспийское), приводится краткое описание имеющих место климатических изменений и уровня загрязнения. Показано, что основным загрязнителем северных и южных морей являются нефть и нефтепродукты, наиболее высокие концентрации которых выявлены в крупных портовых акваториях как Кольский залив (Баренцево море), Новороссийская бухта (Черное море). На основании литературных данных и собственных исследований диссертанта и его коллег представлена характеристика гидрологического и гидрохимического режима прибрежных экосистем российской части южных морей. Представлена комплексная характеристика гидробиологических условий произрастания макрофитобентоса в северных и южных морях при современном уровне хозяйственной деятельности человека в прибрежных экосистемах.

Вторая часть первой главы посвящена обзору литературы по теме влияния нефтяного загрязнения на морские макроводоросли. Показано, как ведет себя нефть при попадании в морскую воду, какие составляющие нефти и продуктов ее переработки воздействуют на бентосные водоросли, что является важным для понимания новизны данной работы. В настоящее время накоплено много данных о влиянии нефти на живые организмы. Диссертант выделяет три основных направления исследований по выяснению воздействия нефтетоксикантов на макроводоросли. Это: 1) феноменологический подход, описание ущерба от влияния нефти на прибрежную флору и фауну при крупных нефтяных разливах в различных частях мира; 2) анализ изменений морфо-функциональных характеристик макрофитов при загрязнении нефтепродуктами в естественных природных условиях; 3) экспериментальные исследования реакций водорослей на нефтетоксиканты. В обзор вошли ключевые работы по влиянию нефтепродуктов на виды, которые используются диссертантом в экспериментальных исследованиях.

Замечания и вопросы. Представленное в этой главе комплексное описание современного состояния экосистем Новороссийской бухты, Северного Каспия и уровня воздействия нефти и нефтепродуктов дается по материалам работ диссертанта и его коллег. Хотелось бы, чтобы вклад диссертанта в эти исследования был четче подчеркнут. В таблице 1 приводятся интересные оригинальные данные по количеству нефтепродуктов в воде для

разных районов Черного и Азовского морей. Но она «не читается», не представлен «обзор», для главы «обзор литературы» это выглядит странным. Показана противоречивость данных по воздействию нефтепродуктов на морские макроводоросли – с чем это связано по мнению диссертанта? Не затронуты обсуждением литературные данные по влиянию нефти на прибрежные морские травы, хотя из списка литературы видно, что диссертант владеет этим вопросом в полной мере.

Из *второй главы* «Материал и методы» (с. 78–96) следует, что диссертационная работа основана на большом фактическом материале, с использованием в комплексе различных методик (соответствующих разным уровням исследования объектов) и современного оборудования. Диссертация базируется на многолетних материалах, собранных лично автором, а также совместно с коллегами за период с 1995 по 2015 годы. Исследования проводились на акватории северных и южных морей России; широкая география работы заслуживает особого внимания. Работа основана на материалах: 1) экспедиционных исследований современного состояния прибрежной растительности северных и южных морей; 2) экспериментального изучения влияния нефти на морские макроводоросли; 3) математического моделирования сценариев возможного уровня воздействия нефти на прибрежную зону морей при аварийных разливах.

В экспедиционных исследованиях применялись стандартные гидробиологические методы изучения видового состава и количественной оценки макрофитобентоса прибрежной зоны морей. Хотелось бы подчеркнуть хорошие знания диссертанта видового разнообразия морских макроводорослей и морских трав существенно различающихся географических районов по таксономическому составу макрофитобентоса.

Подробно описана методика проведения экспериментов по влиянию нефти и нефтепродуктов на различные стороны жизнедеятельности баренцевоморских и черноморских водорослей на разных стадиях их жизненного цикла. Подробно описана подготовка нефти и нефтепродуктов для экспериментов. Следует отметить логичность и емкость комплексно поставленных эксперименты.

Кроме обычно применяемых, стандартных гидробиологических методов в работе использованы методы математического моделирования, т. е. используются современные возможности и технологии проведения виртуальных экспериментов. Выполнена статистическая обработка материала.

Итак, сходные методы работы в разных географических районах являются хорошей основой для выявления как особенностей, так и общих закономерностей. В целом, методическая часть диссертационной работы изложена подробно, используется большой массив данных, автор владеет материалом в полной степени и адекватно использует методики, все это позволяет доверять полученным результатам работы.

Замечания и вопросы. Не хватает сводной таблицы, в которой был бы представлен общий объем материала, на котором базируется данная работа, и использованных методиках. Такая таблица подчеркнула бы масштабность работы и системный подход диссертанта к решению поставленных задач. Почему моделирование для Каспийского моря расписано подробнейшим образом, а для Баренцева – нет?

*Глава 3* «Натурные наблюдения» (с. 97–22) посвящена анализу состояния макрофитобентоса Новороссийской бухты, Кольского залива, Керченского пролива – на побережье крупных портовых акваторий. Продемонстрированы сходные негативные черты трансформации фитобентоса на побережье двух крупных заливов северных и южных морей (Кольский залив и Новороссийская бухта), которые обусловлены как климатическими изменениями (температура, периоды похолодания и потепления), так и антропогенным воздействием, прежде всего нефтяным загрязнением.

Большой научный интерес представляет карта-схема многолетней пространственной динамики фитобентоса Новороссийской бухты с 1860-1870 по 2000-2010 гг. – редкий случай, когда документированы изменения сообществ на протяжении 150 лет.

Важное научно-практическое значение имеют исследования, выполненные О.В.Степаньяном в Керченском проливе. Диссертант участвовал в исследованиях состояния макрофитобентоса до аварии, сразу после крушения танкера в 2007 году и разлива мазута и спустя время. На основании выполненных исследований в 2008–2011 годах и по итогам анализа последствий катастрофы в Керченском проливе сделано заключение, что крупномасштабная катастрофа танкера с разливом нефти (более 2000 т мазута) в Керченском проливе в ноябре 2007 года не оказала долговременного значительного воздействия на прибрежные сообщества макрофитов, что обусловлено сезонными сукцессионными процессами.

Замечание. Непонятно название этой главы. Какие варианты названия были еще?

В главе 4 (с.123–156) представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию нефти и нефтепродуктов на макроводоросли Баренцева и Черного морей. Для выявления нефтяного загрязнения на прибрежные морские макроводоросли были поставлены разноплановые лабораторные эксперименты: 1) по влиянию различных нефтепродуктов: нефтяной пленки и эмульсии, дизельное топливо, мазут; 2) по влиянию нефтепродуктов на ранние стадии (подвижность репродуктивных клеток – гамет и зооспор, прорастание зиготы, развитие проростков) и зоны роста взрослых растений; 3) по влиянию нефтепродуктов на разные стороны жизнедеятельности: развитие на ранних стадиях, фотосинтез, дыхание, рост взрослых растений. Кроме того были поставлены «природные» эксперименты: 1) на устойчивость растений фукусов из чистых (открытое побережье) и загрязненных мест (морской порт); 2) на воздействие нефтяной пленки на макроводоросли в литоральной ванне.

Интересные эксперименты, хорошо продуманные, четко поставленные, последовательно поставленные, комплексные.

Проведенные экспериментальные исследования влияния нефти на представителей разных таксономических групп водорослей (северных и южных морей) показали, что наиболее устойчивыми к действию нефти и нефтепродуктов являются бурые водоросли со сложной организацией таллома, прежде всего фукусовые водоросли – обитатели литорали, и ламинариевые (в меньшей мере), заходящие в нижний горизонт литорали. Менее устойчивыми являются зеленые с тонко рассеченным талломом и красные водоросли.

Понятно, что ранние стадии развития являются наиболее чувствительными при любом внешнем воздействии. Важным представляется, как это следует из данной работы, определение порогов чувствительности к различной концентрации нефти в морской воде на разных стадиях развития, на различные функциональные параметры (фотосинтез, дыхание, ростовые процессы), на водоросли из разных по загрязнению мест обитания. Так, например, для фукусов показано, что развитие возможно при концентрациях до 50 мг/л, а максимальная концентрация нефтепродуктов, которые способны переносить виды фукусовых на ранних стадиях развития, не превышают 5 мг/л. Показана высокая устойчивость фукусов из загрязненных мест обитания; они «могут жить в мазуте».

Замечания и вопросы: На рис. 21–22 (в тексте диссертации) нет показателей изменчивости. Необходимо отредактировать подписи к рисункам 17–18 про показатели изменчивости (в автореферате – исправлено). Логичнее изложить результаты экспериментов сначала про фотосинтез, потом про рост. Данное исследование ставит новые вопросы, тем самым и новые задачи для изучения. В работе сказано, что высокие концентрации приводят к торможению роста, а низкие способствуют более активному росту, и представлены объяснения. Какое объяснение ближе диссертанту? В работе показано, что водоросли разных таксономических групп показывают разную чувствительность к нефтяному загрязнению. Наиболее устойчивыми являются фукусовые со сложным строением, но, например, зеленые и красные водоросли с тонкорассеченным талломом – с чем связаны их различия в чувствительности?

В целом, четко поставленные эксперименты (глава 4) в комплексе с наблюдениями в природных условиях (глава 3) позволяют доверять результатам и выводам данной диссертационной работы.

В главе 5 (с. 157–173) обсуждаются результаты виртуальных экспериментов – математические модели возможного отклика макрофитобентоса на нефтяное загрязнение. На основе исследований состояния прибрежных сообществ, подверженных антропогенному (нефтяному) воздействию, экспериментальных данных по определению пороговых значений концентраций нефтепродуктов на различные стороны жизнедеятельности и на разных стадиях жизненного цикла макрофитов предложены математические модели реакции прибрежной растительности Баренцева, Азовского и Каспийского морей при аварийных разливах нефти (с учетом изменения климата). Эти модели позволяют прогнозировать ущерб водным биоресурсам морском побережье.

Замечание: представляется лишним выделение подраздела 5.2.2.

Глава 6 (с.174–193) посвящена решению практических вопросов – возможности использования макрофитов в производственном экологическом мониторинге нефтегазовых компаний. Изменение видового состава водорослей может служить показателем влияния глобальных климатических изменений. Список видов водорослей – индикаторов устойчивого состояния морских экосистем рекомендован нефтегазовым компаниям, которые осваивают месторождения на арктическом шельфе. Стоит вопрос, какие виды использовать на Черном море. Эндемики? Промысловые виды?

Выполнен анализ пространственно-временной динамики распространения макроводорослей-эндемиков в Азовском и Черном морях. Идет экспансия некоторых видов-эндемиков, тем не менее, по мнению диссертанта, их стоит оставлять в программах экологического мониторинга. По мнению диссертанта, особое внимание в программах экологического мониторинга следует уделять промысловым водорослям, которые обычно являются и средообразующими. В Черное море из макрофитов промысловыми объектами являются – цистозира (2 вида) и зостера (2 вида). Представлен список видов макроводорослей и морских трав южных морей России – индикаторов устойчивого состояния среды, рекомендованного для включения в программы сохранения биоразнообразия нефтегазовым компаниям. В список включены редкие, исчезающие виды, виды-эндемики и промысловые виды.

Предложен новый подход к определению уязвимых зон морского побережья на основе оценки состояния макрофитобентоса. Он базируется на исследованиях морфофизиологических характеристик макрофитов, экспериментальных исследованиях устойчивости к конкретным маркам нефти и нефтепродуктов, на применении долгосрочных прогностических моделей разлива нефти для наиболее чувствительных прибрежных акваторий; на оценке ответной реакции сообществ макрофитов на нефтяное загрязнение и оперативном прогнозе скорости восстановления подводных сообществ. Диссертантом О. В. Степаньяном сделан вывод, что климатические изменения влияют на устойчивость сообществ макрофитов к воздействию загрязнителей, которые оказывают дополнительное негативное воздействие на сообщества.

Замечание и вопросы. Не понятна логика выделения двух совсем небольших разделов: 6.5 и 6.6. Эндемики как вселенцы – как это явление понимает диссертант?

Глава 7 (с.194–198) является обобщающей. В этой главе на основе проведенных диссертантом природных наблюдений, лабораторных экспериментов, математического моделирования представлена обобщенная схема реакции макрофитов и их сообществ при разном уровне загрязнения нефтепродуктами морского водоема. Концептуальная схема позволяет прогнозировать степень повреждения и устойчивости макрофитобентоса и может служить методической основой при разработке программы экологических мероприятий при возникновении аварийных разливов нефти.

Вопрос. Задумывался ли диссертант о необходимости разработки программы действий при аварийном (или хроническом) загрязнении нефтепродуктами макрофитобентоса – первично продукционного звена как основы прибрежных сообществ. И каким он видит этот документ?

В *заключении* (с. 199–201) подчеркивается, что токсическое действие нефти и нефтепродуктов прослеживается на разных уровнях организации макрофитов. При отмечаемой диссертантом высокой степени устойчивости некоторых видов макроводорослей и прибрежных морских экосистем в целом, тем не менее в крупных морских акваториях северных и южных морей России, где ведется интенсивная хозяйственная деятельность, идут деграционные процессы сообществ макрофитобентоса в прибрежной зоне. Видно равнодушное отношение автора работы к судьбе прибрежных сообществ северных и южных морей России – красивых природных ландшафтов морских побережий, высокопродуктивных природных систем, с высокой концентрацией разноплановой хозяйственной деятельностью человека.

*Выводы* (с. 202–204) логично вытекают из общего содержания работы.

*Список литературы* (с. 205–264) включает 465 работ, из них 119 на иностранных языках.

### **Замечания по диссертационной работе О.В.Степаньян**

К большому и серьезному исследованию всегда возникают какие-то вопросы и замечания. Они представлены выше, при анализе диссертационной работы по разделам. Высказанные замечания общего плана относятся к структуре разделов некоторых глав и имеются некоторые редакторские замечания к тексту диссертации.

Глава 3. Хотелось бы видеть единую последовательность разделов в главах: Баренцево море - Черное море или наоборот. Удобнее было бы следовать за логикой автора данного исследования.

Глава 4. Подписи обозначений на рисунках 16-17 вызывают вопросы в тексте диссертации (в автореферате изменения внесены).. Или, например, рис. 17, условные обозначения см на рис. 20. На рис. 22 – не показаны показатели изменчивости. Таблицы 8, 9, 10 и рис. 23 (с. 142-143) – все вынесено в конец разделов, далеко от ссылки на них и текста, их объясняющий.

Таблицы выверены не в полной мере, например, используются как 2,0, так и 2.0.

Выделение некоторых совсем небольших разделов и подразделов в главах 3, 5 (5.2.1. и 5.2.1.), главе 6 (6.5 и 6.6.) вызывает вопросы.

Имеются повторы текста, практически целых предложений (с.66 и с. 145 и другие). На с.151 идет текст про Черное море, вдруг появляется вставка про Баренцево море. К чему бы? Или повторы текста почти на соседних страницах (с. 193 и с. 200).

Глава 7. Поскольку представлена все-таки концептуальная схема, то можно было бы задуматься о расположении в одном направлении схемы и подписи к ней.

Сделанные замечания по настоящей диссертационной работе несколько не снижают общее хорошее впечатление от всей работы в целом. Замечания, приведенные в отзыве, в большей степени носят редакционный характер, и не снижают научных достижений и достоинств этой работы

Таким образом, диссертационная работа О. В. Степаньяна написана научным языком, изложена логично. Текст иллюстрирован таблицами, рисунками, схемами. Содержание диссертации соответствует указанной специальности. Основные защищаемые автором положения в достаточной мере обоснованы фактическим материалом, раскрыты в автореферате и опубликованных научных работах. Текст автореферата соответствует тексту диссертации. Выводы, приведенные в диссертации и автореферате, совпадают. Автора диссертации отличают основательные знания структурных и функциональных перестроек первично-продукционного звена – макрофитобентоса морских побережий северных (Баренцева) и южных (Черное, Азовское, Каспийское) морей России в современных условиях изменения климата и увеличения нефтяного загрязнения.

### Заключение.

На основании представленной диссертационной работы и автореферата можно сделать следующее заключение: работа «Влияние нефтяного загрязнения на макрофиты Баренцева, Черного, Азовского и Каспийского море в условиях современных

климатических изменений», выполненная Олегом Владимировичем Степаньяном с применением современных методов исследований, оригинальна, проведена диссертантом самостоятельно и обладает внутренним единством. Работа базируется на собранных им материалах натуральных наблюдений, новых экспериментальных данных, математическом моделировании ситуаций, сделанных обобщениях и представляют собой завершённую научно-исследовательскую работу, соответствующую уровню искомой степени. Результаты, полученные диссертантом, научно и практически значимы; свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку и имеют существенное значение для развития концепции Больших морских экосистем. Выводы, сделанные на основании полученных результатов, конкретны и обоснованы, отражают содержание всей работы в целом. Учитывая все вышесказанное, можно заключить, что данная диссертационная работа отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Олег Владимирович Степаньян, безусловно, заслуживает присуждения ему искомой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.10-Гидробиология

РОО «Санкт-Петербургское Общество Естествоиспытателей»

Старший научный сотрудник,  
доктор биологических наук, профессор  
15.04.2021 г.

Елена Васильевна Шошина

194156 Санкт-Петербург, пр. Энгельса 27  
Телефон +7 (812) 7021044

Моб телефон +7 921 175 82 31  
E-mail: [shoshinaev@gmail.com](mailto:shoshinaev@gmail.com)

*Шошина Елена Васильевна*

Российская Федерация, Санкт-Петербург

Пятнадцатого апреля две тысячи двадцать первого года

Я, Григорьева Оксана Юрьевна, временно исполняющая обязанности нотариуса нотариального округа Санкт-Петербург Асановой Любови Сергеевны, свидетельствую подлинность подписи Шошиной Елены Васильевны (02 января 1956 года рождения, место рождения: гор. Онега Архангельской обл., гражданство: Российская Федерация, пол: женский, паспорт 47 06 021353, выданный Отделом внутренних дел Ленинского округа города Мурманска 17 ноября 2005 года, код подразделения 512-001, зарегистрированной по месту жительства по адресу: Санкт-Петербург, улица Замшина, дом 37, квартира 93.

Подпись сделана в моем присутствии. Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 78/650-н/78-2021-3-250.

Платчено за совершение нотариального действия: 950 руб. 00 коп.

О.Ю.Григорьева





Итого в 7 (семь) листах

Вр.и.о. нотариуса Григорьева О.Ю.

A handwritten signature in black ink, appearing to be "О.Ю. Григорьева".