

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Семкина Павла Юрьевича «Гипоксия эстуариев залива Петра Великого», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.28 – океанология

В 1985 г. на международной конференции по экотоксикологии в Гонконге в числе заглавных докладов-лекций прозвучало сообщение о подкрадывающейся угрозе, которая казалась тогда мне и другим участникам не столь опасной, как хорошо известные в то время поллютанты – тяжелые металлы, пестициды, нефтяные углеводороды и радиоактивные элементы. Речь шла о хозяйственных и бытовых стоках, не токсичных, но нарастающих в объемах и массе и могущих привести к негативным последствиям. Хотя научный мир уже хорошо знал о «красных приливах», вызываемых как природными, так и антропогенными факторами, о цветении сине-зелёных в Балтике, провоцируемом сточными водами стран, окружающих это мелководное, с плохим водообменом с океаном море, показанная докладчиком проблема, на первый взгляд, не казалась очень опасной. Тем более, что со временем совместными договорами и стараниями стран Балтии ситуация в этом многострадальном море существенно улучшилась и осознание опасности отодвинулось на задний план.

Но вот в начале нового века, в его первом десятилетии, в наших водах, и глубоких, и с хорошей динамикой, и с неплохим водообменом, появилась «первая ласточка» – гипоксия в Амурском заливе, в западине, в застойном месте, выявленная по очень низкому содержанию кислорода в придонных водах. Явление было тщательно исследовано, описано и обсуждено в работах сотрудников ТОИ ДВО РАН В.И. Звалинского, П.Я. Тищенко, В.Б. Лобанова с молодыми коллегами. Площади гипоксии в прибрежных акваториях мира разрастались и связывались с увеличением потока биогенных веществ, поставляемых речным стоком, вызывающих цветение фитопланктона, с последующей его гибелью и разложением биомассы отмерших клеток микроводорослей в придонном слое в отсутствии света. События развивались, и вот в 2013 г. гипоксия была выявлена в придонных водах Дальневосточного морского заповедника. Подводный аппарат Института биологии моря ДВО РАН на фотографии дна зафиксировал массовую гибель офиур и других бентосных организмов, вызванную дефицитом кислорода в воде. Участились заморы рыбы, хотя они случались довольно часто и ранее, но были обычным явлением для зимнего времени, для подледных условий, особенно для покрытого снегом льда, а не для лета. Особенно насторожило появление мертвой рыбы в зоне смешения морских и пресных вод в крупнейшей реке Приморья Раздольной. Все это подготовило диссертанта к однозначному выбору темы исследования, ставшей не просто актуальной, но крайне острой и важной, требующей понимания наблюдаемого явления. Он поставил себе **целью** изучить продукционно-деструкционные процессы и закономерности формирования и разрушения гипоксии в эстуариях рек залива Петра Великого.

В течение 2011-2018 гг. диссертант тщательно изучал динамику вод в эстуарных зонах довольно крупных рек Туманной (юго-запад залива Петра Великого), Раздольной (Амурский залив), Партизанской (залив Находка), Артемовки и Шкотовки (Уссурийский залив), Амбы (Амурский залив), а также небольших рек бухты Экспедиции залива Посъета – Гладкой, Тесной, Цукановки, производя сезонные и суточные гидролого-

гидрохимические наблюдения и исследования, как с борта небольших научно-исследовательских судов, так и с моторных лодок. Хотя диссертант многое делал своими руками, особенно настраивая и обслуживая пробоотборные системы и гидрологические зонды, а также измеряя содержание кислорода, биогенных веществ, pH, щелочность, он работал вместе с другими сотрудниками ТОИ – гидрохимиками, гидрологами, биологами, иногда выполняя функции начальника или заместителя начальника экспедиции. Хочу отметить, что соискатель высоко оценивает вклад своих коллег в сделанную им работу и никого не забыл поблагодарить за консультации, критику, поддержку и помощь в большом списке благодарностей, что, безусловно, делает ему честь.

Работа построена на комплексном исследовании и осмыслении гидрометеорологических (температура, соленость, динамика вод, метеоусловия), гидрохимических (фосфор, азот, кремний, Сорг., -Снеорг.), гидробиологических (освещенность, хлорофилл а, фитопланктон, бактериопланктон) характеристик и показателей в поверхностном и придонном слоях вод на разрезах от внешнего до конца внутреннего эстуария, граница которого определялась по дальности проникновения морских вод в речную систему. Наибольшая дальность проникновения зоны смешения от устьевого бара в направлении реки, выделяемая по положению изогалины 1 промилле, установлена для эстуария р. Раздольной – 28 км в период зимней межени и 22 км – летней. Хотя решающим фактором проникновения зоны смешения является объем речного стока и характер устьевого участка, во всех эстуариях, как показал автор, в зимнюю межень и в межень периода открытой воды дальность проникновения зоны смешения наибольшая, на пике же половодья или паводков она вытесняется из эстуария в приемные бассейны. На изменчивость солености внутри зоны смешения влияют приливы и сгонно-нагонные ветры, что выявлено по измерению течений и выполнению суточных станций. Автором установлено, что в придонном слое вод во внутренней части эстуариев наблюдается, как правило, устойчивое обратное течение, однако его влияние, в отличие от дальности проникновения зоны смешения, прослеживается на гораздо меньшем расстоянии (для Раздольной не более 9 км от устьевого бара).

Тщательность гидрологического зондирования позволила автору понять очень многое. Он выяснил не только тип эстуариев – русловой с приглубым устьевым взморьем с двуслойной циркуляцией и сильной стратификацией вод как у Туманной, Партизанской и Амбы или лиманный, также с двуслойной циркуляцией и сильной стратификацией, как у Раздольной, Артемовки и Шкотовки, но и время «жизни» как пресных вод в эстуарии, так и морских вод в придонном слое. Установлено, что морские воды в эстуариях рек залива Петра Великого, заполняя депрессии рельефа, находятся в условиях стагнации, высокая плотность слоев препятствует их перемешиванию и их время «жизни» гораздо больше, чем речных, что способствует накоплению органической взвеси в депрессиях дна в зоне смешения.

Несомненным успехом автора является выяснение районов формирования гипоксии во внутренних и внешних частях эстуариев рек. Большой научный и практический интерес представляет детальное и тщательное обсуждение гипоксии в эстуарии крупнейшей для Приморья пограничной реки Туманной. Интерес к этой реке и ее эстуарию вызван ее влиянием на юго-западную часть залива, где расположен Дальневосточный морской биосферный заповедник и где, начиная с 2013 г., выявляется сезонная гипоксия, а также случаи замора бентоса (Стунжас и др., 2016; Тищенко и другие, 2016). Судя по уровню содержания биогенов и хлорофилла, р. Туманная, водосбор которой находится в основном

в КНР в провинции Цзилинь со стремительно развивающимися промышленностью, сельским хозяйством и численностью населения, имеет очень высокий уровень трофности. Следствием этого является цветение реки и негативное воздействие на экосистему приемного бассейна, куда в послепаводковый период выносятся потоки биогенных веществ с сельскохозяйственных полей КНР. Река Раздольная в период межени сразу после пересечения ею российско-китайской границы также имеет высокие концентрации суммарного азота и фосфора, которые заметно возрастают в районе г. Уссурийска. Внешней частью эстуария р. Раздольной является Амурский залив, формирование и разрушение гипоксии в котором подробно описано ранее Тищенко П.П. (2013, 2015). Диссертантом же впервые выявлено одновременное существование гипоксии во внешней и внутренней частях зоны смешения и тщательно рассмотрена картина ее формирования выше и ниже бара. Как показано автором, по сравнению с эстуариями таких загрязненных рек, как Туманная, Раздольная, а также Артемовка с Кневичанкой, эстуарий р. Партизанской является наименее эвтрофированным. Однако и здесь в июле 2012 г. во время комплексной съемки в средней части продольного профиля была обнаружена гипоксия с падением концентрации кислорода до 61 мкмоль/кг, в то время как за пределами зоны смешения, в речной и морской воде она превышала 250 и 280 мкмоль/кг.

В финальной части работы (5 глава, с. 118–126) автор обдумывает причины возникновения гипоксии в эстуариях рек залива Петра Великого и представляет сценарий формирования/разрушения гипоксии во внутренних частях эстуариев. Если в приемных бассейнах гипоксия формируется в послепаводковый период в результате залпового выноса биогенных элементов от диффузных источников, то во внутренних эстуариях гипоксия формируется в межень, когда доминирующими являются локальные источники биогенных веществ – коммунально-бытовые и промышленные стоки, а также сельскохозяйственные стоки (в основном от животноводческих ферм). Обогащение биогенными веществами обуславливает «цветение» фитопланктона. Созданная в верхнем слое биомасса (в основном за счет диатомовых водорослей, как пишет автор, правда, не поясняя этого) осаждается на дно, где происходит ее микробиологическая деструкция и формируется гипоксия. Она наблюдается в понижениях рельефа, где водообмен затруднен и где происходит накопление органического вещества. Резкое снижение содержания кислорода у дна сопровождается ростом концентраций аммония, силикатов, фосфатов и $p\text{CO}_2$ с одновременным снижением pH. В период весеннего половодья и дождевых паводков происходит вытеснение зоны смешения вместе с наблюдаемой гипоксией из эстуариев в приемные бассейны за пределы устьевых баров, и эта ситуация в эстуариях рек залива Петра Великого встречается ежегодно и возможна в любое время с мая по октябрь, пока не пройдет пик половодья или паводка. Таким образом, завершает автор, аномалии гидрохимических параметров и гипоксия во внутренней части эстуариев представляет собой явление, приуроченное к межени реки.

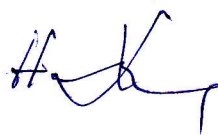
В целом, соискателем выполнен большой объем работ, требующий оперативности, смелости, собранности, внимания и четкости. Результаты грамотно проанализированы, получен новый, интересный материал. Внушителен список публикаций: 18 статей в международных и отечественных журналах, включенных в базы данных WOS, Scopus, а также в журналы из Перечня, рекомендованного ВАК, все они в соавторстве, но в пяти из них П.Ю. Семкин является первым автором. Выводы в работе звучат как отчет по основным результатам, хотя они соответствуют двум очень емким задачам, раскрывающим цель исследования. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Название диссертации отражает её содержание.

Недостатки работы. Высоко оценивая работу в целом, хочу, тем не менее, обратить внимание автора на недостаточную редакцию текста и недооценку ссылок на оригинальный материал, на первоисточник. Так, в разделе «Актуальность работы» в первом же абзаце читаем: *«Эстуарные и прибрежные экосистемы являются самыми продуктивными акваториями мирового океана (Costanza, 1997), в которых дефицит кислорода в придонных слоях является естественным результатом жизнедеятельности фитопланктона в зоне смешения речных и морских вод (Симонов, 1966, 1969; Хлебович, 1974; Лисицын, 1994)»*. Неужели до Костанцы мы не знали о высокой продуктивности прибрежных экосистем? Это, ведь, знает каждый гидробиолог, каждый ихтиолог и даже каждый геохимик, можно сказать, с пеленок. И уж хотя бы Л.Н. Зенкевича можно было упомянуть до Костанцы. Далее, ни А.И. Симонов, ни В.В. Хлебович, ни А.П. Лисицын не занимались дефицитом кислорода в зоне смешения, их интересовала смена солености, pH, форм миграции элементов, выпадения в осадок взвеси. Наконец, дефицит кислорода является результатом не *жизнедеятельности* фитопланктона, а его *отмирания* (какая неточность!). Неожиданным ссылкой я удивлялась неоднократно. Вот еще пример. Говоря о р. Туманной, как о самой протяженной и экономически значимой артерии юга Приморья, автор делает ссылку на Никанорова, 2011 (кстати, у А.М. Никанорова есть соавтор В.А. Брызгалов), гидрохимика из западной части России. В 90-е годы, когда рождался проект Туманган, о р. Туманной было написано очень много, да еще и до этого проекта гидрологами и географами Владивостока было немало опубликовано работ о реках нашего края. Но автор не цитирует первоисточники. А вот пример неотточенности мысли, который мы встречаем в «Защищаемых положениях»: *«Обнаруженная (совершенно лишнее слово) гипоксия формируется в зоне смешения, во внутренней части эстуариев в придонных водах плесов в период летней межени и сопровождается изменением величины параметров карбонатной системы и биогенных веществ»*. Изменением куда, в какую сторону, почему? Это, ведь, защищаемое положение, где четкость и точность мысли должны быть отточены до предела. В разделе «Публикации и апробация работы» читаем: *Результаты исследований отражены в 10 статьях, опубликованных в журналах, включенных в базу данных WOS, Scopus, и 8 статьях, опубликованных в сборниках из перечня ВАК*» (кто-нибудь может назвать сборники из перечня ВАК?). Автор считает *уровень трофности* и *трофический уровень* синонимами и поэтому пишет в «заключении», где приводятся основные результаты диссертационной работы: *«Формирование гипоксии связано с увеличением потока биогенных веществ, вызывающих рост трофического уровня в зоне смешения...»* (конечно же, речь идет о продуктивности, т.е. трофности, а не о появлении консументов как следующего трофического уровня).

Есть одна оплошность, которую, точно, не пережили бы сотрудники Института биологии моря – название их НИС «Насонов» написано соискателем через «о» (Носонов). Академик Д.Н. Насонов был учителем первого директора и организатора этого института А.В. Жирмунского, и когда у института появилась возможность завести собственный флот, первое научно-исследовательское судно было названо Жирмунским именем его учителя. Более мелким оплошностям и неточностям я просто не придаю значения. Думаю, что недостаток строгости, точности, академизма в выражениях – это «болезнь роста» соискателя, и она обязательно пройдет у этого целеустремленного, напористого, заинтересованного молодого исследователя, умеющего видеть перспективу, ставить цели и достигать их.

Несмотря на замечания, которые, тем не менее, не имеют принципиального характера, считаю, что по новизне полученных результатов, их объему, глубине, актуальности, прикладной и общетеоретической важности, умению обобщить свою и чужую информацию, публикационной насыщенности диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, кандидата наук, а её автор СЕМКИН Павел Юрьевич заслуживает присвоения искомой степени кандидата географических наук по специальностям: 25.00.28 – океанология.

Христофорова Надежда Константиновна,
д.б.н. (специальность 03.00.16 – экология), профессор,
зав. международной кафедрой ЮНЕСКО «Морская экология»,
профессор кафедры экологии
Школы естественных наук
Дальневосточного федерального университета,
ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН
Владивосток 690041, ул. Радио, д.7, ТИГ, к. 520
E-mail: marineecology@rambler.ru,
моб. тел. 8 924 439 0901



4 октября 2018 г.

