

ОТЗЫВ

Официального оппонента – Тищенко Петра Павловича на диссертационную работу Катрасова Сергея Валериевича «Определение районов размещения и оценка продуктивности плантаций марикультуры на основе результатов моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук 1.6.21 – геоэкология

Развитие марикультурных хозяйств в настоящее время в нашей стране является одним из важнейших направлений в области прибрежной морской деятельности. Выбор акватории для размещения плантаций марикультуры при этом служит первостепенной задачей, поскольку он во многом формирует результат деятельности мариферм. Определение оптимального количества культивированных гидробионтов также важно как с точки зрения их благополучного развития, так и с точки зрения влияния марикультурных хозяйств на окружающую среду. Проведение комплексных исследований с привлечением результатов гидродинамического и биогеохимического моделирования позволяет осуществить выбор наиболее благоприятных районов для выращивания гидробионтов, а также усовершенствовать уже функционирующие плантации марикультуры. Изучение продуктивности плантаций марикультуры и выбор акватории для размещения мариферм имеет важнейший теоретический и практический интерес. Поэтому **актуальность** работы не вызывает сомнений.

Диссертантом сформулирована **цель исследования** – разработка методов определения мест оптимального размещения плантаций марикультуры и долгосрочного прогноза продуктивности гидробионтов в условиях недостатка или отсутствия данных наблюдений за параметрами среды культивирования на основе комплекса численных моделей, описывающих условия формирования стока на прилегающем к акватории водосборе, продуцирования и перераспределения первичной продукции по акватории в результате воздействия гидродинамических факторов.

Диссертация С.В. Катрасова представляет собой законченное научное исследование, результаты которого изложены на 118 страницах текста, иллюстрированы 2 таблицами и 26 рисунками. Список литературы включает 267 наименований. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

Особенностью работы является то, что в процессе исследования предложен экосистемный подход к моделированию развития моллюсков и условия среды их обитания. Проведен учет гидрологической, гидродинамической и биогеохимической составляющих водной среды, а также выполнен непосредственный анализ продукции гидробионтов на примере моллюска *Magallana gigas*. Выполнен учет влияния региональных факторов риска, связанных с экстремальным воздействием гидрометеорологических условий. Это выделяет данную работу над рядовым уровнем.

Во **Введении** автор формулирует цели и задачи исследования, защищаемые положения и **научную новизну** работы, которая заключается в применении набора численных моделей для разработки региональной методики районирования прибрежных акваторий и оценки продуктивности марикультурных хозяйств с учетом факторов риска и с которой я согласен. Также здесь приведена информация об апробации работы и представлен **личный вклад автора**.

Достоверность полученных Сергеем Валериевичем результатов и сделанных им выводов базируется на комплексном применении современных методов моделирования в областях гидрологии, гидродинамики, биохимических процессов и управления ресурсами аквакультуры – Soil and Water Assessment Tool (SWAT), Delft3D Flow, DELWAQ и FARM, широко используемых в работах российских и зарубежных исследователей.

По результатам исследований опубликовано 7 работ, отражающих основные положения исследования, в том числе 4 статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК

Минобрнауки России и индексируемых международной системой цитирования Web of Science.

В **Главе 1** освещается история вопроса и современное состояние моделирования и оценок продуктивности марикультуры и природопользования в прибрежных зонах. Показано, что в настоящее время методы оценки взаимного влияния природных и антропогенных факторов, возможных экологических и социальных рисков при функционировании мариферм находятся на начальном этапе развития, с чем я согласен. Автор обоснованно утверждает, что для выбора района размещения мариферм необходима совокупная информация, включающая в себя физические, биологические, экономические, социальные и инфраструктурные аспекты. Также показано, что уровень развития марикультуры на Дальнем Востоке России на данный момент чрезвычайно низкий в сравнении с соседними странами: Китаем, Японией и Южной Кореей, что подчеркивает важность и необходимость исследований, предложенных автором.

Во **второй главе** приводятся физико-географическое описание района исследований и видовое разнообразие в марикультурных хозяйствах б. Воевода, для которой автором была проведена оценка продуктивности марикультуры.

В **Главе 3** автор детально рассматривает структуру моделирующего комплекса, используемого в исследованиях. Здесь раскрыта основная идея диссертации – интеграция моделей формирования стока на прилегающем водосборе, гидродинамики, качества воды и роста моллюсков. Автор в полной мере раскрыл совместную работу отдельных модулей комплекса, провел всесторонний учет различных природных процессов. Важно подчеркнуть, что предложенный моделирующий комплекс предназначен, помимо прочего, для малых бухт второго порядка в условиях нехватки натурных данных. Комплекс, помимо прочего, способен прогнозировать влияние катастрофических осадков, гибель гидробионтов. Гидрологический модуль позволяет рассчитать формирование и последующую трансформацию

стока речной системы бассейна, учесть фазовое состояние атмосферных осадков, фактическое испарение с поверхности растений и их почвенного профиля, рассчитать движение воды в почвенном профиле. Гидродинамический модуль проводит анализ нестационарных потоков и явлений переноса, возникающих в результате приливных и метеорологических факторов. Модуль качества учитывает полные природные циклы C, N, P, Si, O₂, связных отложений, бактерий, солености, температуры, тяжелых металлов и органических микрозагрязнителей, а также, в зависимости от условий, проводит описание любой комбинации отдельных компонентов. Модель управления ресурсами аквакультуры проводит предварительный анализ размещения плантаций и выбор культивируемых видов, экономическую оптимизацию практики культивирования, а также экологическую оценку воздействия хозяйств на окружающую среду. В ходе расчета комбинируются физиологические и биогеохимические модели роста моллюсков. Проводится, помимо прочего, и расчет смертности отдельных особей культивируемых гидробионтов. Таким образом, выполнен всесторонний учет факторов, способных повлиять на результаты моделирования.

В **Главе 4** продемонстрированы результаты работы предложенной автором модели для оценки продуктивности устрицы гигантской в б. Воевода, о. Русский. Моделирование гидродинамического режима выполнено непрерывно для периода с 1988 до 2019 гг. В ходе своих исследований автор провел колоссальную работу. Расчеты руслового и распределенного стока выполнены непрерывно с суточным шагом по времени. Результаты моделирования автора соответствуют литературным данным, что подтверждает их **достоверность**. При расчетах, скорости и направления ветра на весь расчетный период автором заданы с дискретностью 3 часа. Относительная влажность воздуха, балл облачности, температура воздуха, атмосферные осадки, выпадающие непосредственно на

акваторию б. Воевода заданы с суточным разрешением. В совокупности это позволило максимально корректно учитывать изменение природных условий.

По результатам моделирования основными факторами, определяющими структуру течений, являются рельеф дна и фаза прилива. В бухтах Мелководная и Круглая основными особенностями циркуляции является формирование в центральных частях акваторий циклонических вихрей. На примере тайфуна «Робин» 1990 г. показано влияние штормовых ветров на гидродинамический режим б. Воевода.

В результате исследования были рассчитаны площади участков, оптимальных по параметрам солености и скоростей течений для устрицы тихоокеанской. Для донного и садкового выращивания они составили соответственно 1.93 км² и 1.04 км², или 48% и 26% от площади акватории. Примечательно, что для такого географически небольшого объекта исследований установлена неоднородность условий по биологическим и гидрологическим факторам.

Одним из ключевых вопросов при составлении прогнозов накопления биомассы моллюсков является вопрос питания. Известно, что zostера морская служит, наряду с фитопланктоном, основным источником первичной продукции в районе исследования. В связи с этим автор определил площади полей zostеры по результатам водолазного обследования бухты и провел моделирование продукции этой водоросли.

Известно, что в Амурском заливе кислородные условия могут быть неблагоприятными для жизни донных сообществ. Зачастую это может приводить к массовым заморам гидробионтов. В связи с этим важно отметить, что, по результатам работы автора, в б. Воевода для всех сезонов года содержание кислорода в воде не является фактором, ограничивающим продукцию моллюсков. Даны оценки обеспеченной 50, 75 и 95% модельной урожайности устрицы гигантской.

В разделе **Заключение** автор емко формулирует 7 пунктов, подводящих итоги выполненной работы. Также он здесь указывает цели

дальнейших исследований для получения более точных оценок продуктивности. Смысл и редакция представленных автором выводов возражений не вызывает.

Как и любая работа, данное исследование не лишено недостатков. Главным образом, это связано со сложностью рассматриваемой проблемы и отсутствием современных исследований по ряду направлений в исследуемом районе. Например, база данных гидрологических свойств почв сформирована по результатам 1976 г. Существует вероятность, что в настоящее время свойства почв могли измениться в связи с развитием инфраструктуры прибрежной зоны объекта исследований и этот вопрос требует обсуждения в диссертации, но этого нет.

К стилистическим замечаниям можно отнести некоторую «размытость» при формулировании целей и задач, решаемых в работе. В географических науках здесь важна определенная конкретика. Название диссертации звучит как «Определение районов размещения и оценка продуктивности плантаций марикультуры на основе результатов моделирования». При этом в работе рассматривается только бухта Воевода залива Петра Великого Японского моря, но эта бухта не внесена в заголовок диссертации. В целях исследований автор отмечает разработку методов оптимального размещения плантаций марикультуры, в то время как в самой работе рассматриваются только плантации устрицы гигантской. Понятие «марикультура» более объемно и включает в себя также выращивание водорослей, ракообразных, иглокожих и рыб, что автор указал в **Главе 1**.

Также имеются замечания в рассмотрении объекта исследований (**Глава 2**). При обсуждении физико-географической характеристики в некоторых местах предоставлена информация без ссылок на литературные источники. Содержание кислорода в заливе Петра Великого автором представлено в разных концентрационных единицах, например, в осенний сезон в единицах [мл/л], а в летний – в процентах от насыщения вод кислородом; концентрация кислорода в Амурском заливе указано в единицах

[мг/дм³], а в б. Воевода - мкмоль/кг и мг/кг; в **главе 4** при обсуждении концентрации O₂, результаты измерений кислорода приводятся в [г/м³]. Это вызывает необходимость проводить некоторые математические расчеты, чтобы понять общую картину изменчивости параметра. В целом, кислородный режим представлен недостаточно полно.

При изучении района исследований соискатель рассматривал распределения и условия обитания гидробионтов в б. Воевода, но обошел вниманием видовое разнообразие и динамику сообществ двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого, а также тему развития аквакультуры в заливах Восток и Посыета.

Цитирование некоторых современных работ могло бы компенсировать замечания к **главе 2**. Примером может служить «Промысловая океанология Японского моря», 2008 г., Юрия Ивановича Зуенко, в которой даны оценки влияния океанологических условий на шельфе Приморья на развитие и распределение донных беспозвоночных и водорослей. При рассмотрении кислородного режима Амурского залива уместно было бы использовать кандидатскую диссертационную работу П.П. Тищенко «Сезонная гипоксия Амурского залива», 2013 г., в которой представлена информация по кислороду во все сезоны года. Кроме того, использование и цитирование работ Нины Ивановны Григорьевой весьма желательно, поскольку она в свои исследования по заливу Петра Великого посвятила проблемам разнообразия двустворчатых моллюсков, условиям их обитания в прибрежной среде, а также рассмотрела размерно-весовые характеристики моллюсков подвесного выращивания.

При моделировании продукционных характеристик в б. Воевода на открытой внешней границе соискатель использует среднегодовые значения параметров. Например, содержание кислорода для заданного участка в диссертационной работе принято равным 9.21 г/м³. В цитируемой литературе указано, что концентрации кислорода здесь в зависимости от времени года изменяются от 8 до 13 г/м³. Иначе говоря, отклонения от принятой

соискателем величины могут составлять от 11 до 44 %. В тексте необходимо было обсудить этот вопрос, насколько могут в таком случае изменяться значения выходных параметров.

В своей работе автор утверждает, что низкая урожайность *M.gigas* в центральной части б. Воевода (район II) связана с пониженным количеством доступной для гидробионтов пищи. При этом он отмечает, что в мористых участках содержание хлорофилла-а составляет около 0.5 мг/м^3 . Однако натурные данные, представленные в работе Ю. А. Барабанщикова с соавторами «Сезонные гидролого-гидрохимические исследования бухты Воевода (Амурский залив, Японское море)», цитируемой автором, демонстрируют, что во все сезоны года содержание хлорофилла-а в этом районе составляет не менее 1 мг/м^3 в придонном слое вод и не менее 2 мг/м^3 на поверхности. Необходимо было показать, как вариации хлорофилла-а могут повлиять на урожайность устрицы гигантской.

Сделанные автором выводы о распределении *M. gigas* были сопоставлены с информацией, представленной в литературе. Но при этом нет сравнения с фактическими результатами культивирования гидробионтов в б. Воевода. Также нет оценки влияния вторичной эвтрофикации на продуктивность. Очевидно, что эта проблема будет изучаться в следующем этапе исследований, что отмечается соискателем в **Заключении**.

Известно, что зостера морская может транспортировать кислород и органический углерод в осадки. В работе не показано, учитывал ли автор этот процесс в своих расчетах.

Все замечания к работе носят скорее редакционный характер, в качестве рекомендаций к тому, как можно было бы ее дополнить. Сами исследования проведены на высоком уровне, выполнен учет всех факторов, способных существенно повлиять на результат работы. Сама работа написана понятным языком и легко читается. **Автореферат** диссертации соответствует ее содержанию.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа Катрасова Сергея Валериевича «Определение районов размещения и оценка продуктивности плантаций марикультуры на основе результатов моделирования» в целом является завершённой научно-квалификационной работой. В ней изложены научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для развития страны, в частности, районирования прибрежных акваторий и оценки продуктивности марикультурных хозяйств с учетом факторов риска, связанных с экстремальным воздействием гидрометеорологических условий. Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы при реализации национальной программы долгосрочного развития Дальнего Востока (до 2030 г.), в которой одним из перспективных направлений для южных районов ДФО определена марикультура, а также региональных программ повышения эффективности, проводимой в стране государственной политики в области устойчивого природопользования.

С учетом отмеченной актуальности, научной новизны и практической значимости диссертация С.В. Катрасова является выполненной на высоком уровне работой и соответствует паспорту специальности 1.6.21 – геоэкология, полностью отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент

Старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева

Дальневосточного отделения Российской академии наук

кандидат географических наук (специальность 25.00.28 – океанология)

Тищенко Пётр Павлович 

Подпись П.П. Тищенко заверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН)

Кандидат географических наук
"26" марта 2024 г.

Шлык Наталья Васильевна

