

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Кондрика Дмитрия Вячеславовича на тему: «Разработка комплекса алгоритмов спутниковой оценки изменения содержания неорганического углерода в ареалах цветения *Emiliana huxleyi* в арктических и субарктических морях», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 «Океанология»

Диссертационная работа Кондрика Дмитрия Вячеславовича направлена на создание алгоритмов количественной оценки площадей цветений кокколитофор *Emiliana huxleyi*, а также продукции взвешенного неорганического углерода и изменений в парциальном давлении углекислого газа в водах арктических и субарктических акваторий, подверженных различному влиянию среды.

Актуальность исследования объясняется необходимостью изучения углеродного цикла в системе «атмосфера-океан» на примере явления цветения микроводорослей *E. huxleyi*, производящих CaCO_3 в процессе кальцификации, с одной стороны, и выделяющих CO_2 в ходе этого процесса, с другой стороны, и, таким образом, оказывать определенное влияние на изменения климата.

Научная новизна работы заключается в том, что на основе спутниковых данных впервые произведена оценка площадей цветений *E. huxleyi*, получены количественные оценки суммарного содержания неорганического углерода (в форме кальцита) в цветениях *E. huxleyi*, разработан алгоритм количественной оценки изменений парциального давления CO_2 в воде, и, наконец, впервые созданы модели, учитывающие совокупное влияние физических параметров водной среды на процесс образования цветений *E. huxleyi* в полярных и субполярных акваториях.

Практическая значимость полученных в работе результатов объясняется возможностью использования разработанных автором методик/алгоритмов количественного учета влияния цветений *Emiliana huxleyi* на углеродный цикл системы атмосфера-океан при создании глобальных климатических моделей.

Достижение заявленных в работе целей выполняется последовательным решением поставленных задач.

В Главе 1 «Описание вида *Emiliana huxleyi*, влияние факторов среды на формирование областей его цветения» подробно охарактеризован объект исследования – кальцифицирующий фитопланктон *Emiliana huxleyi*, строение его клеток и кокколитов, рассмотрены особенности жизненного цикла клеток и их влияния на цикл неорганического углерода. Здесь же сделан анализ параметров окружающей среды

(температура, соленость, приходящая солнечная радиация, стратификация водных масс и др.) и определен набор показателей, оказывающих влияние на существование и развитие цветений указанного вида водорослей.

В Главе 2 «Краткая характеристика районов исследования» приведены необходимые сведения о физико-географических характеристиках исследуемых морей, климате, термохалинной структуре, пресноводном балансе и др. особенностях. Показаны различия условий среды арктических и субарктических акваторий (Северное, Норвежское, Гренландское, Баренцево и Берингово моря), в которых изучались цветения *Emiliana huxleyi*.

Глава 3 «Разработка и применение алгоритма спутниковой идентификации областей цветений *Emiliana huxleyi* и анализ их пространственно-временной динамики» посвящена разработке и практическому применению алгоритма автоматической идентификации и оконтуривания областей цветений *E. huxleyi* с учетом всех особенностей формы оптического спектра. Автором выявлены закономерности распространения цветений в морях Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана, обусловленные направлением течения Гольфстрим, тогда как в Беринговом море подобной динамики развития цветений не обнаружено. Предложенный алгоритм (в отличие от ранее используемых в тех же целях подходах) отличается более высокой точностью идентификации ареала цветений *E. huxleyi* с последующим определением их площади.

В Главе 4 «Численная оценка суммарной продукции взвешенного неорганического углерода цветениями *Emiliana huxleyi*» подробно изложена разработанная автором методика расчета суммарной продукции неорганического углерода (с применением спутниковых данных по цвету океана), производимого цветениями *E. huxleyi*, по глубине перемешанного слоя в областях цветений. С использованием нового методологического подхода оценено среднегодовое содержание взвешенного неорганического углерода в водах исследованных акваторий и показаны существенные различия этого показателя в Северном, Норвежском, Гренландском, Баренцевом и Беринговом морях.

Глава 5 «Определение вклада цветений *Emiliana huxleyi* в парциальное давление CO_2 в воде ($p\text{CO}_2$)» представляет принципиально новую методику расчета изменений парциального давления CO_2 в воде, обусловленных цветениями *E. huxleyi*. Предложенный алгоритм расчета позволил автору оценить максимальный прирост $\Delta p\text{CO}_2/(p\text{CO}_2)_b$, обусловленный цветениями *E. huxleyi*, в водах всех исследованных акваторий.

В Главе 6 «Исследование влияния физических параметров водной среды на процесс формирования и развития цветений *Emiliana huxleyi*» детально изложена методика и результаты применения статистического моделирования методом Random Forest Classifier.

Этот подход позволил оценить степень влияния каждого параметра водной среды (температура, соленость, скорость течения, глубина слоя Экмана, фотосинтетически активная радиация) и расположить исследуемые показатели по степени их значимости для формирования и развития цветений *E. huxleyi* в водах всех исследованных в работе акваторий.

В разделе «Заключение» на основе всех полученных в работе результатов даны развернутые выводы, которые соответствуют поставленным задачам и, в целом, заявленным защищаемым положениям.

Достоверность полученных результатов обоснована (1) использованием широко известных спутниковых продуктов, содержащих в себе большие объемы данных с высоким пространственным и временным разрешением и покрытием, и (2) их высокой статистической значимостью.

Следует отметить большой личный вклад автора, самостоятельно разработавшего и применившего на практике все алгоритмы, использованные в ходе выполнения работы.

По тексту диссертации можно сделать замечание. На стр. 61 в Гл. 4 автор пишет: «Это повышение, в свою очередь, способно оказывать влияние, как на углеродный цикл в системе атмосфера-океан, так и на химизм водной среды». «Химизм» - это не научный термин. По-видимому, автор подразумевает «химический состав» водной среды.

Диссертационная работа написана хорошим языком, отчетливо видна логика изложения материала, снабжена многочисленными ссылками на соответствующие зарубежные и отечественные публикации.

Заключение. Диссертация Кондрика Дмитрия Вячеславовича на тему: «Разработка комплекса алгоритмов спутниковой оценки изменения содержания неорганического углерода в ареалах цветения *Emiliania huxleyi* в арктических и субарктических морях» представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Кондрик Дмитрий Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 - «Океанология». Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

д. г.-м. н., профессор кафедры геоморфологии СПбГУ
с возложенными обязанностями заведующего кафедрой
20 июля 2020 г.

В.Ю. Кузнецов