

Санкт-Петербургский государственный университет

МАХОВИКОВ Алексей Дмитриевич

Выпускная квалификационная работа

Спутниковые оценки первичной продукции в Японском море и их сравнение с судовыми данными

Бакалавриат:

05.03.04 «Гидрометеорология»

СВ.5021.2017 «Гидрометеорология»

Профиль «Океанология»

Научный руководитель:

доцент Кафедры океанологии СПбГУ
к.г.н. Колдунов А.В.

Рецензент:

Руководитель Лаборатории
географии и гидрологии
ФГБНУ ИВПС КарНЦ РАН
к.г.н. Толстиков А.В.

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Общие представления о районе и объекте исследования	5
1.1. Физико-географическая характеристика Японского моря.....	5
1.2. Первичная продукция	7
1.3. Материалы и методы	9
Глава 2. Результаты.....	15
2.1. Сравнительный анализ величин первичной продукции в Японском море	15
2.2. Сравнение концентрации хлорофилла-а.....	22
2.3. Сравнение температуры и удельной оптимальной скорости фотосинтеза	28
Глава 3. Обсуждение.....	31
3.1. Сравнение концентрации хлорофилла-а с результатами других авторов	31
3.2. Сравнение оценок первичной продукции фитопланктона в Японском море с результатами других авторов.....	33
Заключение	36
Список литературы	38
Приложение №1.	40

Введение

Дистанционное зондирование земной поверхности с помощью искусственных спутников Земли является важной частью современных научных исследований. На спутниках устанавливается специальное оборудование, с помощью которого можно дистанционно получать своевременную и точную информацию в режиме реального времени. Во многих океанологических исследованиях и научных трудах используются данные, полученные с помощью спутниковых наблюдений, так как данный тип наблюдения позволяет исследовать межсезонную или межгодовую изменчивость за счет длительных серий наблюдений в одном и том же месте Мирового океана. Но при использовании данного типа данных нельзя не учитывать высокую временную дискретность и большое пространственное осреднение. Данные, полученные с помощью спутниковых наблюдений могут быть сильно искажены из-за неверно выбранного метода пересчета сигнала или излучения в искомую характеристику водных масс. Также с помощью дистанционного зондирования нельзя получить информацию о процессах, протекающих ниже верхнего поверхностного слоя вод Мирового океана. Из-за вышеперечисленных факторов судовые измерения по-прежнему остаются актуальны.

Одним из самых распространённых типов оборудования, используемых для океанологических исследований цвета океана, является спектрорадиометр. С его помощью можно получить информацию о концентрации хлорофилла-а и др. Роль хлорофилла-а состоит в поглощении световой энергии и дальнейшая ее передача для процесса фотосинтеза. Данный пигмент содержится в хлоропластах фитопланктона. Он является энергетической основой первичной продукции фитопланктона (Лобанова, 2017).

Моделирование различных процессов и явлений получило большое распространение в океанологии. Важно понимать, что любая модель отражает главные свойства исследуемого процесса или явления только с точки зрения той цели, которая была поставлена при создании данной модели. Одним из свойств модели является упрощение процесса или явления с той или иной точностью. Поскольку наука постоянно развивается, модели следуют постоянно проверять на практике: проводить верификацию. Например, это можно сделать с помощью сравнения данных полученных *in situ* и методом спутниковых наблюдений.

Первичная продукция фитопланктона – скорость синтеза органического вещества, приведенная к единице объема. Оценка ее величины является неотъемлемым этапом оценки биопродуктивности вод, поскольку фитопланктон является началом трофической цепи сообществ, обитающих в Мировом океане. Модели первичной продукции представляют собой различные способы восстановления первичной продукции с использованием судовых или спутниковых данных. Чаще всего, модели первичной продукции представляют собой функциональную зависимость фотосинтеза от подводной освещенности.

В данной работе используется модель первичной продукции ТОИ (Тихоокеанского океанологического института), которая представляет собой функцию от концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза. Модель является аналитической, в её основе лежат

биохимические циклические реакции включения света и углекислоты как субстратов фотосинтеза и процесса диффузии углекислоты из внешней среды в растительную клетку. Преимущества данной модели – ясный биологический смысл биохимических циклических реакций и максимальная упрощенность в виде трехциклического процесса: цикл включения субстрата, цикл переработки и цикл получения конечного продукта. (Звалинский, 2006, Звалинский; Тищенко, 2016)

Целью данной работы является восстановление первичной продукции фитопланктона с помощью модели ТОИ по спутниковым и судовым данным и сравнение их между собой. Для этого были поставлены следующие задачи:

1. Сформировать массивы спутниковой информации, соответствующие *in situ* данным;
2. Рассчитать параметры модели (удельную оптимальную скорость фотосинтеза, концентрацию хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза), используя различные алгоритмы, по данным спутникового зондирования;
3. Провести восстановление первичной продукции по модели ТОИ, используя спутниковые и судовые данные;
4. Сравнить результаты восстановления первичной продукции по спутниковым и судовым данным между собой и определить причину их различий.

Тема выпускной квалификационной работы была предложена ФГБУН Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук, научным консультантом выступала ассистент Кафедры океанологии к.г.н., П.В. Лобанова.

Глава 1. Общие представления о районе и объекте исследования

1.1. Физико-географическая характеристика Японского моря

В данной работе рассматривается следующий регион Мирового океана – Японское море (рис. 1.1.).

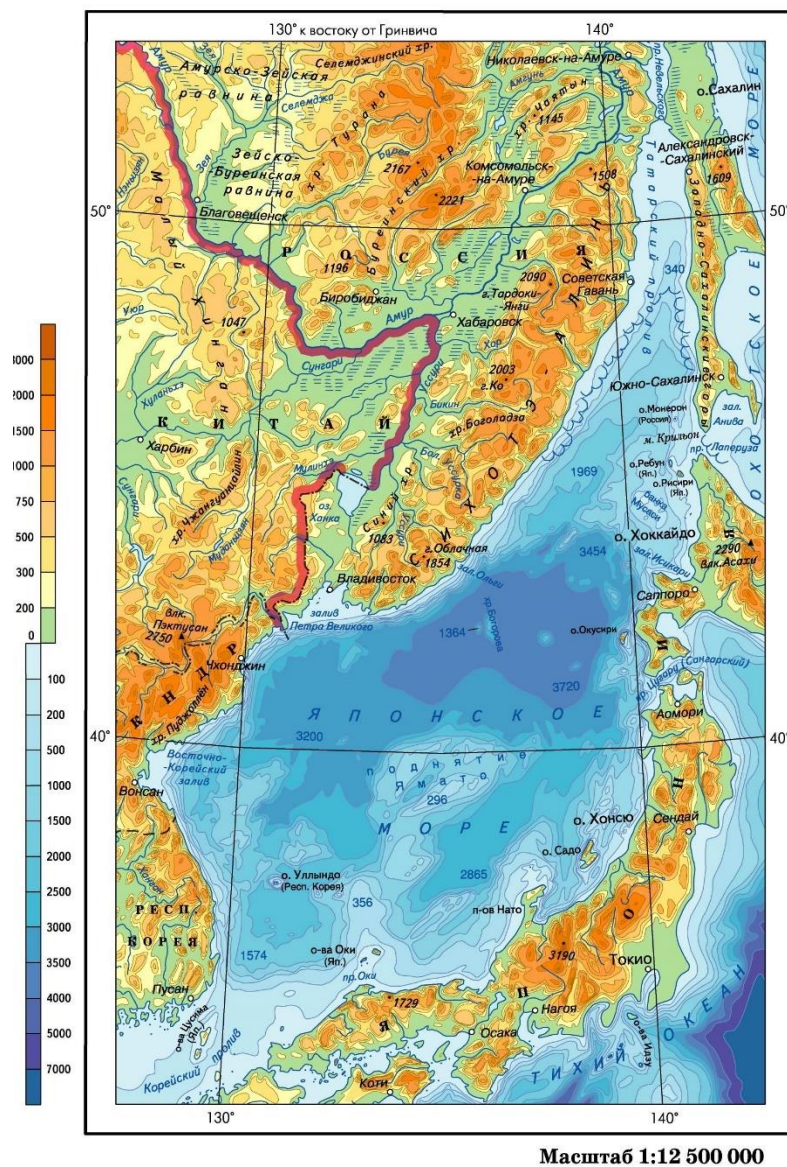


Рис. 1.1. Карта Японского моря (электронный ресурс «География»)

Прежде чем проводить какие-либо исследования и расчеты важно ознакомиться с регионом, чтобы понять его важные характеристики и особенности, которые могут повлиять на ход проведения исследования. Японское море – окраинное море на северо-западе Тихого океана, сильно вытянуто меридионально (Зуенко, 2008). Площадь – 1,07 млн км², средняя глубина – около 1750 м, максимальная глубина – выше 3700 м.

Гидрологические условия моря определяются водообменом с соседними акваториями через различные проливы: пролив Невельского и пролив Лаперуза (Охотское море), пролив Сангарский и пролив Симосэцкий (Тихий океан), Корейский пролив (Восточно-Китайское море). Японское море отличается сильным перемешиванием вследствие осенне-зимней конвекции. Прозрачность моря составляет в юго-восточной части около 30 м, в западной части – около 12 м. (Шамраев, 1980).

Цусимское течение является одним из преобладающих течений в рассматриваемой акватории. Оно несет воды Восточно-Китайского моря в Японское, которые распространяются в северо-восточном направлении, разделяясь на две ветви у возвышенности Ямато. (Добровольский, 1982). Таким образом формируется локальная вихревая циркуляция. Помимо этого, существует течение, расположенное севернее Цусимского – Восточно-Корейское течение, которое в центральной части Японского моря вливается в Цусимское течение. В северной и центральной части у берегов России формируются два циклонических круговорота – течение Шренка (у Татарского пролива) и Приморское течение. Основной поток, сформированный данными круговоротами представляет собой именно Приморское течение, которое направлено с севера на юг вдоль побережья России. (Гидрометеорология и Гидрохимия морей СССР) У берегов Северной Кореи значительная часть водных масс меняет направление на противоположное, образуя Южно-Приморское течение, а оставшиеся воды формируют Северо-Корейское течение с юго-западным направлением.

Японское море расположено в субтропической и умеренной климатических зонах. Для климата характерны муссоны – устойчивые воздушные течения, меняющие свое направление от зимы к лету на близкое к противоположному. При летнем муссоне можно наблюдать большое количество осадков и высокую влажность воздуха. В разгар лета температура повышается до 20°C на севере, до 30°C на юге. (Шунтов, 2001) При зимнем муссоне устанавливается морозная и безоблачная погода. (Истошин, 1959) - в северной части моря температура воздуха составляет -20°C, а в южной части - +5°C. (Шунтов, 2001). Важным климатообразующим фактором является наличие фронтальных зон над Японским морем. Еще в 1934 г. был выделен полярный фронт, проходящий с северо-востока на юго-запад через все море и делящий его на две части. (Uda, 1934). К концу прошлого столетия часть исследователей, занимавшихся данным вопросом, склонилось к тому, что данный фронт нужно называть субарктическим, поскольку он является продолжением фронта, расположенного на северо-западе Тихого океана. (Булгаков, 1972). Современное представление о всех фронтах Японского моря, включая и основной субарктический представлено в работе Никитина (рис. 1.2.) (Никитин, 2007).

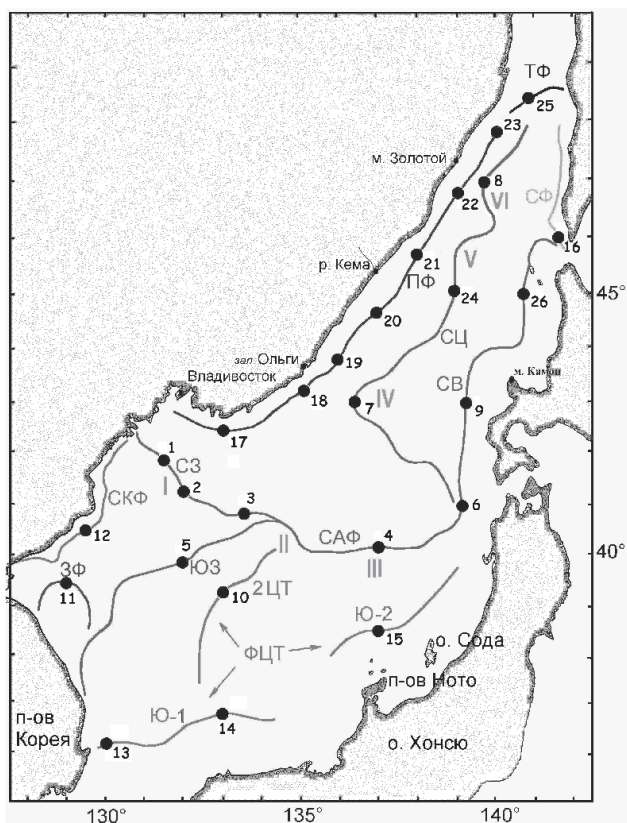


Рис. 1.2. Обобщенная схема всех поверхностных термических фронтов Японского моря (Никитин, 2007).

1.2. Первичная продукция

Концентрация хлорофилла-а в Японском море имеет ярко выраженный ход с двумя максимумами в весенний и осенний период. Наибольшие концентрации хлорофилла-а наблюдаются именно в весенний период – от 1 до 2 мкг/л. В осенний период концентрации хлорофилла-а находятся в промежутке от 0,5 до 1 мкг/л. (Зуенко, 2008; Jo et al., 2014). Весеннее увеличение концентрации хлорофилла-а связано с сильным конвективным перемешиванием зимой. Рост фитопланктона во время его весеннего цветения происходит одновременно с юга и с севера. Позже всего наблюдается максимум концентрации хлорофилла-а в открытых водах центральной части Японского моря. Осеннее цветение связано с началом интенсивного вертикального перемешивания водных масс (Зуенко, 2008).

Как уже было сказано выше: первичная продукция – скорость синтеза органического вещества, приведённая к единице объёма. Первичная продукция может быть оценена непосредственно *in situ* и с помощью разных моделей, которые могут использовать данные полученные как *in situ*, так и с помощью спутниковых наблюдений за поверхностью океана. Модели представляют первичную продукцию как функцию от различных параметров, чаще всего это – концентрация хлорофилла-а в морской воде, поскольку это главный пигмент растительных клеток, за счет которого происходит фотосинтез. Поскольку фотосинтез – преобразование энергии света в органическое вещество, свет

является главным энергетическим фактором. Свет не может распространяться от поверхности до дна, так как он быстро рассеивается, вследствие чего значения первичной продукции фитопланктона уменьшается с глубиной. И поэтому в основе моделирования первичной продукции лежит представление скорости фотосинтеза либо как функции доступной для фитопланктона солнечной радиации, либо как функции абсорбированной фитопланктоном солнечной радиации. В зависимости от выбора типа модели используются соответствующие параметры. (Лобанова, 2017).

В данной работе используется одна модель первичной продукции – модель, разработанная в Тихоокеанском океанологическом институте (Звалинский, 2006). Данная модель имеет всего три входных параметра – удельная оптимальная скорость фотосинтеза, концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза, длина дня и коэффициент, полученный умножением эффективного фотопериода долготы дня на число, полученное интегрированием световой функции по глубине.

Вышеописанная модель уже использовалась для проведения исследований первичной продукции в северо-западной части Японского моря (Звалинский и др., 2019) и в северо-восточной части (Звалинский и др., 2018). Вначале рассмотрим северо-западную часть Японского моря. Авторы статьи (Звалинский и др., 2019) получили оценки первичной продукции по судовым данным в 1,5 выше по сравнению с оценками по данным спутниковых наблюдений.

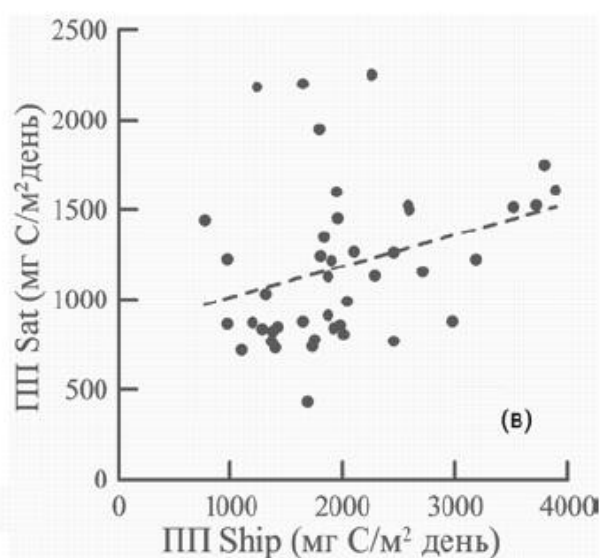


Рис. 1.3. Диаграмма рассеяния судовых и спутниковых данных первичной продукции (Звалинский и др., 2019)

Из рис. 1.3 видно, что действительно идет завышение в сторону оценок первичной продукции по судовым данным, но есть некоторые точки, где судовые оценки наоборот в два раза ниже тех, которые были получены с использованием данных спутниковых наблюдений.

В северо-восточной части Японского моря получилась примерно такая же ситуация. Оценки по судовым данным оказались уже в два раза выше.

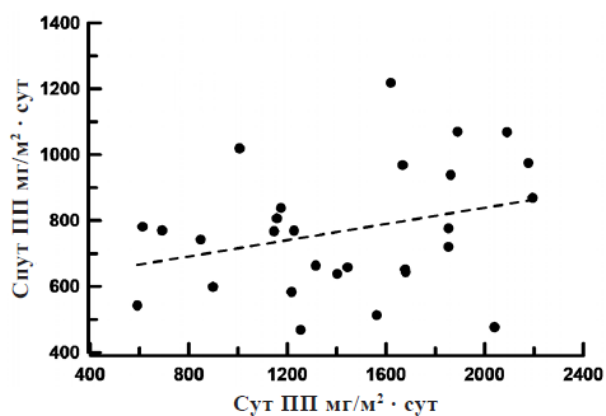


Рис. 1.4. Диаграмма рассеяния судовых и спутниковых данных первичной продукции (Звалинский и др., 2018)

На рис. 1.3 показано, что в данной части Японского моря во всех точках оценки первичной продукции либо близки друг к другу, либо значения, полученные по судовым данным, оказываются завышены.

1.3. Материалы и методы

В работе были использованы судовые данные, предоставленные Тихоокеанским океанологическим институтом им. Ильичева, полученные в различных экспедициях в весенний и осенний сезоны с 2000 по 2011 года на НИС «Академик М. А. Лаврентьев» и НИС «Профессор Гагаринский»: координаты и даты станций, вертикальные профили температуры для каждой станции, значения концентрации хлорофилла-а на различных горизонтах от поверхности до дна, значения удельной оптимальной скорости фотосинтеза. Названия рейсов, их временные рамки и количество станций приведено в Таблице 1.1.

Таблица 1.1. Список и сроки рейсов, используемых в данной работе.

Название рейса	Сроки экспедиции	Количество станций, сделанных во время экспедиции (<i>in situ</i>)	Количество станций с данными спутникового зондирования
Lav35	16.03 – 24.03.2005	29	9
La33	07.05 – 18.05.2004	46	15
Ga30	12.10 – 03.11.2000	61	27
La38	15.10 – 31.10.2005	58	35
La58	28.10 – 08.11.2011	46	9
Ga37	14.11 – 23.11.2003	50	31

Здесь сразу нужно уточнить, что в рейсах Ga30 и Ga37 отсутствуют данные концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза, поэтому для сравнения оценок, полученных с помощью спутниковых и судовых данных, использовались все рейсы кроме этих двух. Станций, используемых для сравнения оценок первичной продукции оказалось меньше, поскольку не во всех точках были спутниковые оценки тех или иных характеристик. Также часть станций была отфильтрована из-за неполных данных концентрации хлорофилла-а на горизонтах, что приводило к слишком высоким оценкам концентрации хлорофилла-а по судовым данным.

Схема станций всех рейсов, используемых в данной работе представлена на рис. 1.4.

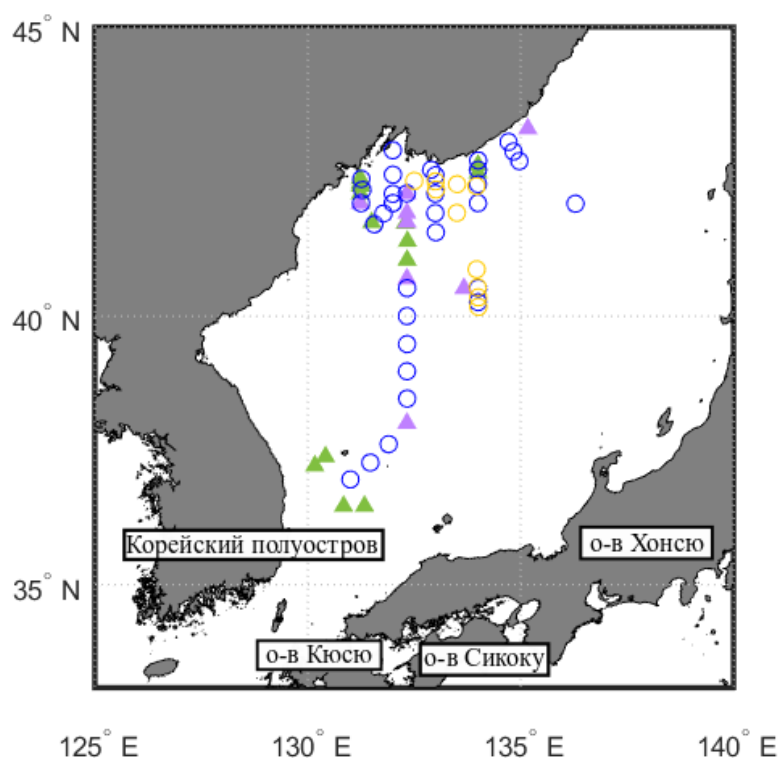


Рис. 1.4. Схема станций всех рейсов (La33 – зеленые треугольники, Lav35 – фиолетовые треугольники, La38 – синие кружки, La58 – желтые кружки), используемых в данной работе, в которых удалось восстановить первичную продукцию по спутниковым и судовым данным

Также использованы спутниковые данные температуры поверхности океана (ТПО) [$^{\circ}\text{C}$], фотосинтетически-активной радиации (ФАР) [моль квантов м^{-2} день $^{-1}$] и цвета океана: концентрация хлорофилла-а [мг м^{-3}] и коэффициент диффузного ослабления света на длине волны 490 нм ($K_d(490)$) [м^{-1}].

Данные по хлорофиллу-а и $K_d(490)$ взяты из базы данных Climate Change Initiative Colour, версия 3.1. Данные по ФАР взяты из базы данных Nasa's OceanColor WEB, данные по ТПО были взяты из базы данных PODAAC (Physical Oceanography Distributed Archive Center). Пространственная дискретность данных – 4×4 км, временная дискретность – 8 дней. Разрешение температуры – $0,01 \times 0,01$ градуса, временная дискретность температуры – 1 день.

Для расчета первичной продукции по спутниковым данным использовалась модель ТОИ (модель, разработанная в Тихоокеанском океанологическом институте) (Звалинский и др, 2006), которая представляет собой функцию от концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза:

$$PP_{POI} = chl_{tot} * 0.66 * P_{opt}^B * DL; \quad (1.1)$$

Где chl_{tot} – общая концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза [мг м^{-2}], P_{opt}^B – удельная оптимальная скорость фотосинтеза [$\text{мг С (мг Хл)}^{-1} \text{ч}^{-1}$], DL – продолжительность светового дня [ч], 0,66 – численный коэффициент, получившийся вследствие того, что эффективный фотопериод [ч] составляет около 0,8 долготы дня (DL) [ч].

Для расчета удельной оптимальной скорости фотосинтеза использовался алгоритм, предложенный в статье (Behrenfeld and Falkowki, 1997), представляющий данный параметр как функцию, зависящую от температуры поверхности океана:

$$P_{opt}^B = 1.2956 + 2.749 * 10^{-1} * sst + 6.17 * 10^{-2} * sst^2 - 2.05 * 10^{-2} * sst^3 + 2.462 * 10^3 * sst^4 - 1.348 * 10^{-4} * sst^5 + 3.4132 * 10^{-6} * sst^6 - 3.27 * 10^{-8} * sst^7 \quad (1.2)$$

Где sst – температура поверхности воды [$^{\circ}\text{C}$].

Для расчета концентрации хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза по спутниковым данным, использовались алгоритмы из статьи (Uitz et al, 2005), которые в зависимости от типа водных масс (стратифицированные или перемешанные) и концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое предполагают разные выражения:

Для стратифицированной воды:

$$\begin{aligned} chl_{tot} &= 38 * (chl_{sat})^{0.425}; \text{ при } chl_{sat} < 1,0 \text{ мг м}^{-3} \\ chl_{tot} &= 40,2 * (chl_{sat})^{0.507}; \text{ при } chl_{sat} \geq 1,0 \text{ мг м}^{-3} \end{aligned} \quad (1.3)$$

Для перемешанной воды:

$$chl_{tot} = 38 * (chl_{sat})^{0.551} \quad (1.4)$$

Где chl_{sat} – поверхностная концентрация хлорофилла, полученная с помощью дистанционного зондирования Земли.

В свою очередь, тип водных масс определялся по отношению глубины эвфотического слоя к перемешанному. При отношении меньше единицы, вода считалась перемешанной, при отношении больше единицы – стратифицированной.

Для этого, эвфотическая глубина рассчитывалась по следующим формулам (Morel, 2001):

$$Z_{eu} = 912.5 * (chl_{tot})^{-0.839};$$

при 10 м < Z_{eu} < 102 м

(1.5)

$$Z_{eu} = 426.3 * (chl_{tot})^{-0.547};$$

при 102 м < Z_{eu} < 180 м

(1.6)

Где chl_{tot} – общее содержание хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза [мг м⁻²].

Для определения эвфотической глубины по формулам (1.5) и (1.6) использовались *in situ* данные chl_a , полученные с помощью линейной интерполяции и последующего суммирования концентрации хлорофилла-а на всех горизонтах.

Глубину перемешанного слоя определяли по вертикальному изменению температуры (перемешанным считался слой с близкими значениями температуры до термоклина).

Также в данной работе рассчитывалась первая оптическая глубина – глубина от поверхности до некоторого горизонта, представляющая собой слой воды, данные о котором можно получить с помощью спутниковых измерений:

$$Z_{opt} = \frac{1}{K_d(PAR)}$$
(1.7)

Где $K_d(PAR)$ – коэффициент диффузного ослабления света во всем спектре [м⁻¹].

Коэффициент диффузного ослабления света во всем спектре был рассчитан по следующей формуле из работы Morel et al, 2007:

$$K_d(PAR) = 0.0864 + 0.884 * K_d(490) - 0.00137/K_d(490)$$
(1.8)

Сравнение спутниковых и судовых оценок первичной продукции проводилось с помощью набора математических статистик, представленных далее:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i^s - x_i^m|$$

(1.8)

$$RPD = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i^s - x_i^m}{x_i^m}$$

(1.9)

$$r = \frac{\sum(x_i^m - \bar{x}^m)(x_i^s - \bar{x}^s)}{\sqrt{\sum(x_i^m - \bar{x}^m)^2} \sqrt{\sum(x_i^s - \bar{x}^s)^2}}$$

(1.10)

Где x_i^s – параметр, полученный с помощью спутниковых данных, x_i^m – параметр, полученный с помощью измерений *in situ*, \bar{x} – среднее значение, MAE – средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error), RPD – относительная процентная ошибка (Relative Percentage Error), r – коэффициент корреляции.

Глава 2. Результаты

2.1. Сравнительный анализ величин первичной продукции в Японском море

По результатам вычисления первичной продукции была сформирована сводная таблица данных (Таблица 2.1).

Модель ТОИ, с помощью которой проводилось восстановление первичной продукции в данной работе содержит в себе всего 4 входных параметра, из которых один – коэффициент, остающийся постоянным, другой – длина дня, который является постоянной величиной для одной и той же станции вне зависимости источника данных. Таким образом, возможность определить различия оценок первичной продукции в разных экспедициях предоставляется за счет двух оставшихся параметров: удельная оптимальная скорость фотосинтеза и концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза. Также важным параметром является температура поверхности моря, поскольку, во-первых, она является одним из главных абиотических факторов среды, а во-вторых удельная оптимальная скорость рассчитывалась как функция от температуры поверхности моря, как было показано в Главе 1. Таким образом была составлена сводная таблица, куда были включены данные параметры вместе с оценками первичной продукции (Таблица 2.1).

Таблица 2.1. Средние значения оценок первичной продукции по модели ТОИ с помощью судовых (P_{ship}) и спутниковых данных (P_{sat}) ($\text{мг С м}^{-2} \text{ д}^{-1}$), удельной оптимальной скорости фотосинтеза по судовым (P^b_{ship}) и спутниковым данным ($P^b_{sat Jap}$) ($\text{мг С/мг Хл}\times\text{ч}$), температуры поверхности моря (SST_{sat}) ($^{\circ}\text{C}$) и концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза по судовым ($Chl_{eu ship}$) и спутниковым данным ($Chl_{eu sat}$) (мг м^{-2}).

<i>Рейс</i>	<i>Сроки</i>	<i>N</i>	<i>Chl_{eu ship}</i>	<i>Chl_{eu sat}</i>	<i>P^b_{shi p}</i>	<i>SST_{sat}</i>	<i>P^b_{sat Jap}</i>	<i>P_{ship}</i>	<i>P_{sat}</i>
Ga37	Ноябрь 2003	31	-	19,98± 8,10	2,5	7,31± 1,42	3,46± 0,77	-	399,06± 143,43
Ga30	Октябрь – ноябрь 2000	27	-	26,22± 5,97	2,5	12,22± 2,56	3,58± 0,69	-	630,11± 76,99
Lav35	Март 2005	9	68,08± 23,14	19,48± 2,56	4,5	3,18± 2,54	2,11± 0,57	2321,29± 731,78	329,92± 130,77
La33	Май 2004	15	46,69± 15,95	32,23± 5,82	4,5	10,17± 2,95	3,01± 0,50	1813,01± 662,13	888,24± 78,40
La38	Октябрь 2005	35	25,91± 14,66	28,32± 9,87	2,5	15,92± 2,00	3,94± 0,77	441,28± 226,59	740,76± 132,76
La58	Октябрь-ноябрь 2011	9	51,32± 8,95	27,28± 2,27	2,5	11,94± 2,87	3,46± 0,40	860,20± 141,42	620,17± 32,36

В Приложении №1 представлены все значения параметров, рассчитываемых в данной работе. Из Таблицы 1 Приложения видно, что оценки первичной продукции по спутниковым данным дают более низкие значения, за исключением рейса La38, где более первичная продукция с использованием судовых данных ниже. Также нужно отметить тот факт, что использование судовых данных увеличивает среднеквадратическое отклонение. Это может говорить о том, что пробы на хлорофилл «а» (данные которых использовались в данных расчетах) брались в разных по характеристике водных масс, но расположенных достаточно близко, чтобы спутниковые данные имели близкие значения в том или ином рейсе за счет пространственного осреднения. Максимальные значения по спутниковым и судовым данным получились в разных рейсах: 888,24 мг С/м²д для спутниковых, 2321,29 мг С/м²д для судовых, тем не менее это два весенних рейса, что соответствует годовому ходу концентрации хлорофилла-а, напрямую влияющей на первичную продукцию фитопланктона в Японском море. По оценкам первичной продукции по судовым данным видно, что значения в двух весенних рейсах намного больше значений за осенние рейсы, но, если рассмотреть оценки первичной продукции по спутниковым данным, то по ним уже нельзя сделать предположение о сильном весеннем цветении, поскольку в одном из двух весенних рейсов (Lav35) значения первичной продукции минимальные. Скорее всего, это связано с небольшим количеством станций, используемых для расчетов.

Рассматривая концентрацию хлорофилла-а в слое фотосинтеза можно заметить, что его оценки, рассчитанные по судовым данным выше, чем значения, рассчитанные с помощью данных спутниковых наблюдений. Однако, в рейсе La38, который уже упоминался в предыдущем абзаце, спутниковые оценки получились выше судовых. Таким образом, видно сильную взаимосвязь между данным параметром и итоговыми результатами оценок первичной продукции. Также у «судовой» концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза получились более высокие значения среднеквадратического отклонения. Максимальные значения составили 68,08 мг м⁻² по судовым данным и 32,23 мг м⁻² по спутниковым данным. Данные значения соответствуют тем весенним рейсам, по данным которых получились максимальные значения первичной продукции. Здесь так и должно быть, поскольку модель ТОИ, которая использовалась для восстановления первичной продукции является функцией от хлорофилла-а. Минимальные же значения составили 25,91 мг м⁻² по судовым данным и 19,48 мг м⁻² по спутниковым данным. Они тоже соответствуют тем рейсам, где оценки первичной продукции минимальны. Здесь же важно отметить, что минимальная концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза по судовым данным оказалась в рейсе La38, который один из данной выборки имеет значения первичной продукции по спутниковым данным выше, чем по судовым, хотя значения двух разных концентраций достаточно близки друг к другу и составляют 25,91 мг м⁻² и 28,32 мг м⁻².

Как уже было сказано выше, температура является важным абиотическим фактором среды, влияющим в том числе и на фитопланктон. В данной работе температура использовалась для расчета удельной оптимальной скорости фотосинтеза для восстановления первичной продукции по спутниковым данным. Значения удельной оптимальной скорости фотосинтеза для восстановления первичной продукции по судовым данным были предоставлены вместе с данными всех рейсов данной выборки. Минимальное значение температуры поверхности составило +3,18 °С в весеннем рейсе,

где получилась наибольшая средняя оценка первичной продукции по судовым данным. Максимум температуры поверхности моря составил 15,92 °С в осеннем рейсе, где значения первичной продукции по спутниковым данным выше, чем по судовым.

Вторым важным параметром, повлиявшим на оценки первичной продукции по спутниковым данным, является удельная оптимальная скорость фотосинтеза. Ее наименьшее значение составляет 2,11 мг С/мг Хл \times ч в весеннем рейсе, где и минимальная температура поверхности, и минимальные оценки первичной продукции по спутниковым данным. Наибольшее значение получилось в осеннем рейсе, где максимальная температура поверхности и значения первичной продукции по спутниковым данным выше, чем по судовым. В тех рейсах, где есть возможность сравнить оценки первичной продукции, полученные с использованием двух разных типов данных, наблюдается следующая закономерность: если удельная оптимальная скорость фотосинтеза выше по судовым данным, то и первичная продукция будет выше и наоборот. Данная закономерность не наблюдается только в одном из четырех осеннем рейсе La58, что можно объяснить высокими различиями между концентрациями хлорофилла-а в слое фотосинтеза: значения данного параметра по судовым данным в два раза выше значений, рассчитанных по спутниковым данным.

Таким образом, были рассмотрены все параметры, от которых зависят итоговые оценки первичной продукции. Теперь можно рассмотреть два сезона по отдельности, так как для сравнения доступны два весенних рейса (Lav35 и La33) и два осенних рейса (La38 и La58).

Вначале сравним два весенних рейса между собой. Для этого построим на карте все получившиеся оценки первичной продукции (рис. 2.1.).

Из рис. 2.1 видно, что максимальные значения расположены близко друг другу – напротив залива Петра Великого и составляют более 3200 мг С м⁻² д⁻¹. Расположение минимальных значений каждого рейса уже отличается: минимальные значения по данным рейса La33 получились в юго-западной части Японского моря и к западу от залива Петра Великого – значения в обоих местах составляют около 1200 мг С м⁻² д⁻¹. В целом, по карте не видно взаимного соответствия между этими двумя рейсами. Это может быть связано с слишком маленьким количеством точек, доступных для анализа. Помимо этого, сроки также могли повлиять на это, так как экспедиции проводились хотя и в соседние года, но в раннюю и позднюю весну.

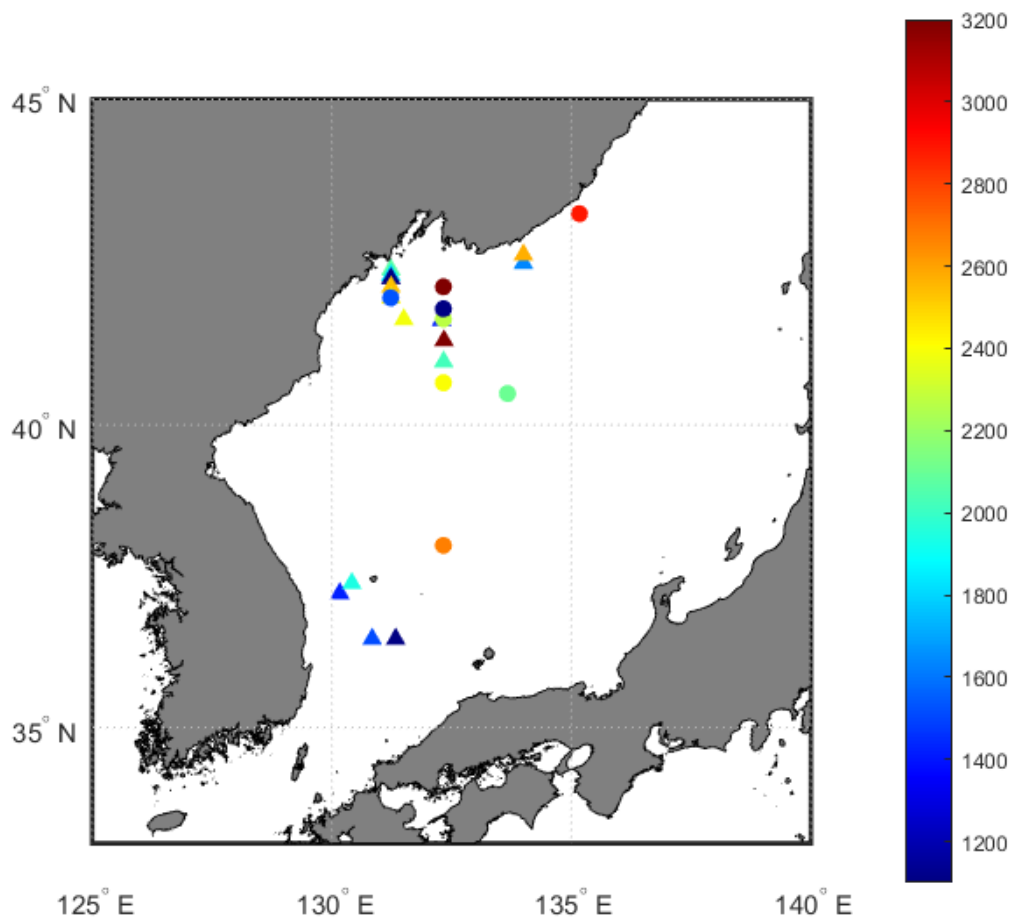


Рис. 2.1. Схема станций для рейса Lav35 ● (март 2005 г.) и La33 ▲ (май 2004 г.). Цветом выделены величины первичной продукции, восстановленной по модели ТОИ с использованием данных судовых измерений ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

Для сравнения спутниковых и судовых рассмотрим диаграмму рассеяния спутниковых и судовых данных восстановления первичной продукции (рис. 2.2.).

На рис. 2.2 показано, что судовые данные сильно превышают спутниковые оценки. Видно, что только в рейсе La33 есть две станции с близкими значениями по двум способам расчета первичной продукции. Сами значения плохо коррелируют друг с другом: коэффициенты корреляций оказываются незначимыми (p -уровень $> 0,1$) и составляют для рейсов Lav35 и La33 0,01 и 0,12 соответственно. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии связи между получившимися оценками первичной продукции по спутниковым и судовым данным по модели ТОИ для данных двух весенних рейсов. Важно уточнить, что сделать такой вывод можно только после проведения корреляции, так как была вероятность того, что данные по судовым измерениям в несколько раз выше, но имеют связь с данными по спутниковым наблюдениям, а в данном случае – связи нет.

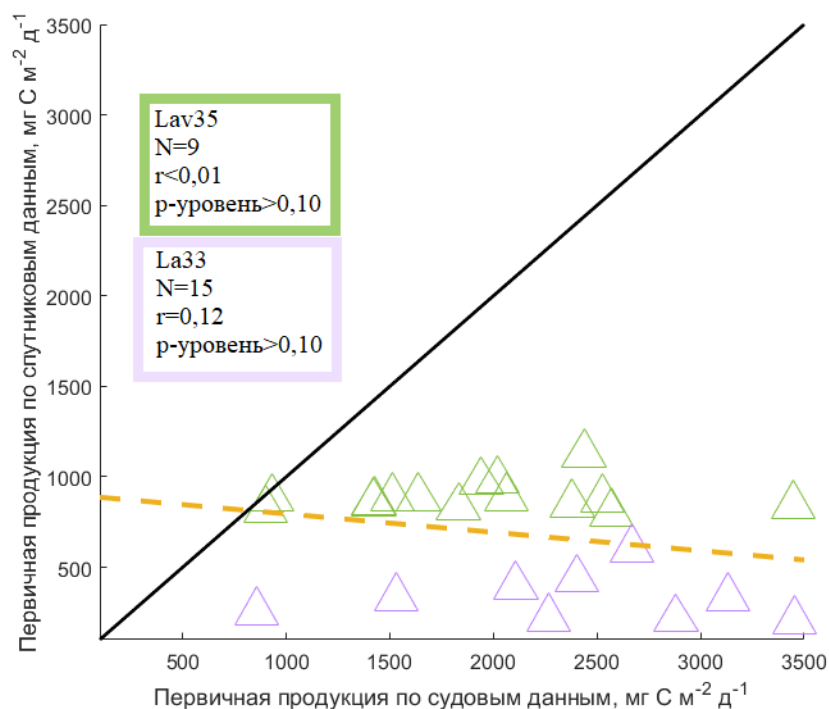


Рис. 2.2. Диаграмма рассеяния первичной продукции ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) для рейсов (Lav35 – фиолетовые треугольники, La33 – зеленые треугольники). Пунктирная оранжевая линия – линия линейной регрессии, сплошная черная линия – линия соответствия.

Теперь после проведения анализа двух весенних рейсов сравним два осенних рейса между собой. Для этого построим на карте все получившиеся оценки первичной продукции (рис. 2.3.).

Из рис. 2.3 видно, что в осенний сезон наблюдается меньшие оценки первичной продукции по сравнению с весенним сезоном. По рисунку видно, что в основном оценки первичной продукции по данным рейса La38 находятся в диапазоне от 350 до 600 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$, в то время как оценки по данным рейса La58 лежат гораздо выше: от 750 до 1000 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Возможно, это связано с тем, что осенний максимум концентрации хлорофилла-а приходится на вторую половину ноября и не попал в данный рейс (La38). Тем не менее максимальные оценки первичной продукции составили около 1400 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ и получились именно в этом рейсе La38. По данной схеме видно, что точка с максимальным значением находится прямо в заливе Петра Великого, где наиболее благоприятные условия для развития фитопланктона. Максимальное значение по данным другого рейса La58 получилось около 1100 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ в открытой части Японского моря, восточнее залива Петра Великого. Также видно, что оценки первичной продукции сильно различаются в зависимости от типа данных.

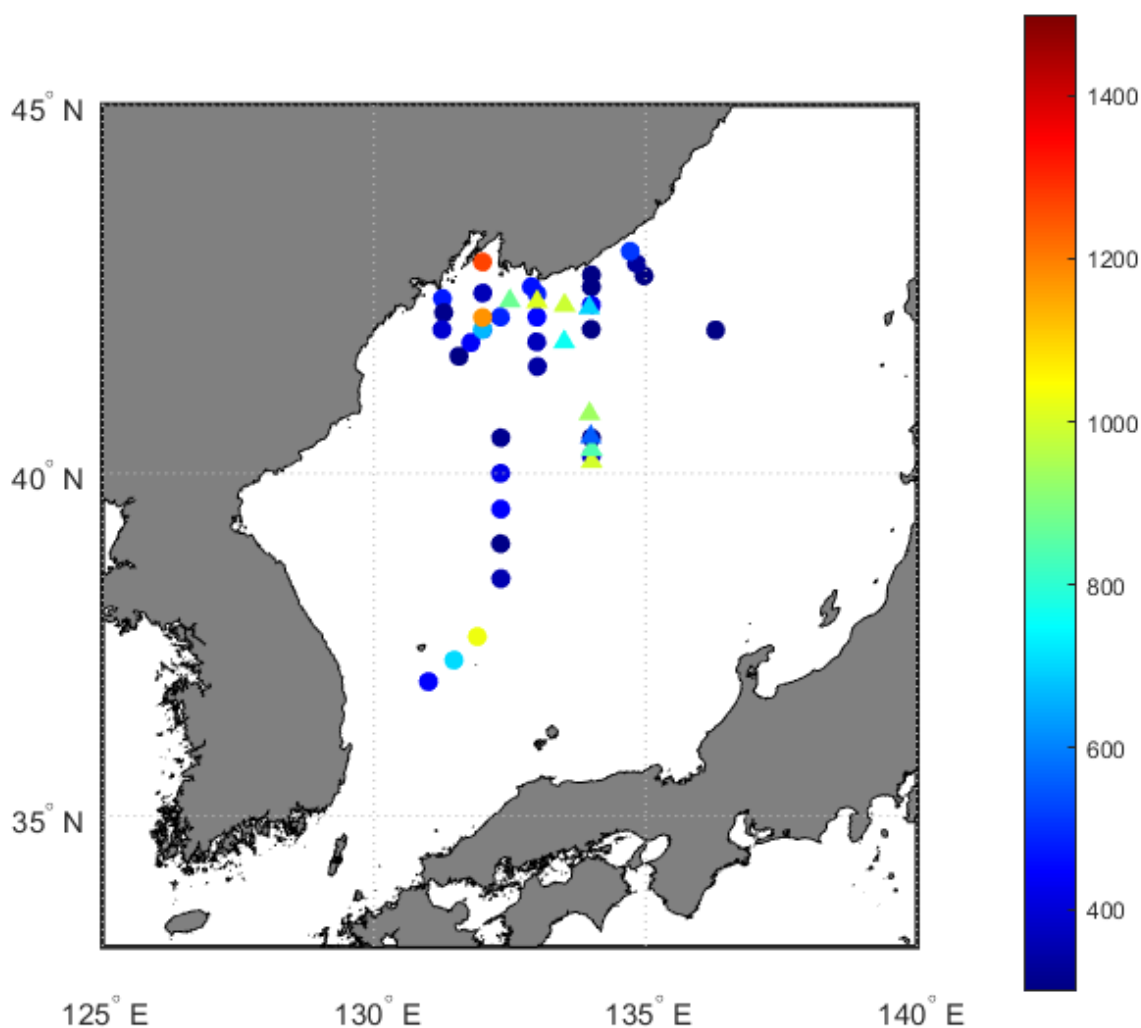


Рис. 2.3. Схема станций для рейса La38 ● (октябрь 2005 г.) и La58 ▲ (октябрь-ноябрь 2011 г.). Цветом выделены величины первичной продукции, восстановленной по модели ТОИ с использованием данных судовых измерений ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

Для сравнения спутниковых и судовых рассмотрим диаграмму рассеяния спутниковых и судовых данных восстановления первичной продукции (рис. 2.4.).

Из рис. 2.4 видно, что в целом идет завышение в сторону судовых данных. Однако, в рейсе La38 большинство станций имеет более высокие оценки, полученные по данным спутниковых наблюдений, у другого рейса La58 ситуация обратная. Видно, что в среднем данные завышены в сторону спутниковых наблюдений примерно в 1,5 раза. Коэффициенты корреляций уже значимы (p -уровень $< 0,1$) и составляют для рейсов La38 и La58 0,33 и -0,58 соответственно. Отрицательный коэффициент корреляции подтверждает отсутствие видимой связи между оценками первичной продукции из рис. 3. Также важно учитывать большой временной промежуток между экспедициями, который составил 6 лет, а два весенних рейса, которые сравнивались выше идут последовательно с разницей около года.

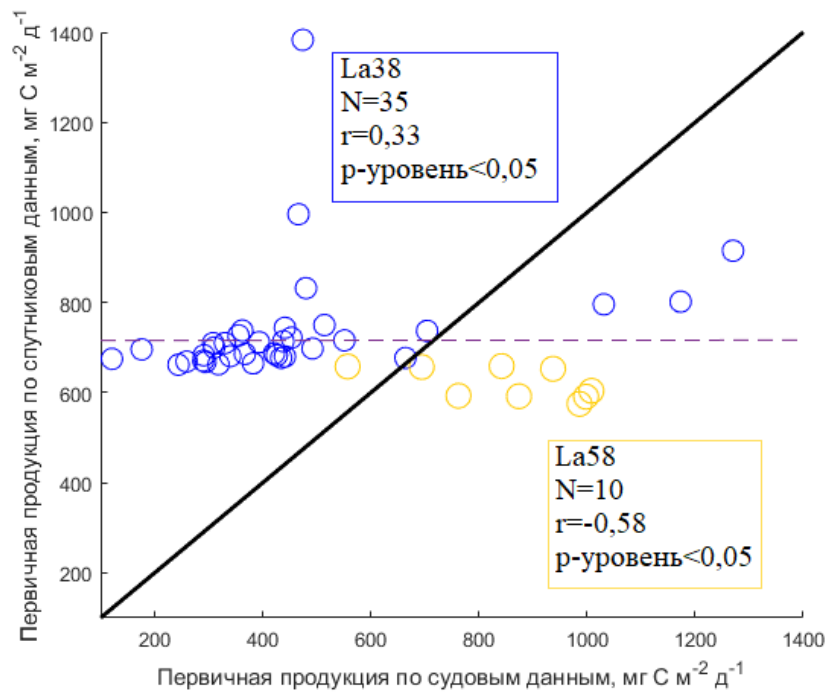


Рис. 2.4. Диаграмма рассеяния первичной продукции ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) для рейсов (La38 – синие кружки, La58 – оранжевые кружки). Пунктирная фиолетовая линия – линия линейной регрессии, сплошная черная линия – линия соответствия.

2.2. Сравнение концентрации хлорофилла-а.

Концентрация хлорофилла-а напрямую влияет на оценки первичной продукции по модели ТОИ, поскольку, как уже было сказано выше, данная модель представляет собой функцию от хлорофилла-а в слое фотосинтеза. Рассмотрим таблицу с данными концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое по всем рейсам, которые используются в данной работе (Таблица 2.2.).

Таблица 2.2. Значения средних концентраций спутникового (*Chl sat*) и *in situ* (*Chl ship*) хлорофилла-а в поверхностном слое (мг м^{-3}), средней абсолютной ошибки (MAE), относительной процентной ошибки (RPD), коэффициента корреляции (*r*), коэффициентов линейной регрессии (*S*, *I*).

Рейс	Сроки экспедиции	<i>N</i>	<i>Chl ship</i> мг/м^3	<i>Chl sat</i> мг/м^3	MAE	RPD	<i>r</i>	<i>S</i> , <i>I</i> $Y=Sx+I$
Ga37	Ноябрь 2003	31	-	$0,35 \pm 0,20$	-	-	-	-
Ga30	Октябрь – ноябрь 2000	27	-	$0,53 \pm 0,15$	-	-	-	-
Lav35	Март 2005	9	$0,40 \pm 0,09$	$0,28 \pm 0,06$	0,12	-28	0,88 ($p < 0,05$)	$Y=1,418-0,001$
La33	Май 2004	15	$0,60 \pm 0,24$	$0,73 \pm 0,22$	0,14	33	0,92 ($p < 0,05$)	$Y=0,993-0,122$
La38	Октябрь 2005	35	$0,50 \pm 0,37$	$0,56 \pm 0,32$	0,29	89	0,50 ($p < 0,05$)	$Y=0,632-0,147$
La58	Октябрь – ноябрь 2011	9	$0,67 \pm 0,15$	$0,46 \pm 0,08$	0,21	-30	0,68 ($p < 0,05$)	$Y=1,288-0,078$

По данным, представленным в Таблице 2.2, видно, что результаты расчета концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза с помощью данных спутниковых наблюдений сильно отличаются от данных концентраций хлорофилла-а в поверхностном слое, которые были получены непосредственно в рейсах. Однако, все экспедиции, по которым есть рассматриваемые данные, имеют значимые высокие коэффициенты корреляции. Их значения получились от 0,5 до 0,92. Средняя абсолютная ошибка показывает, на какую величину отличаются концентрации хлорофилла-а в зависимости от рейса. Наибольшее значение средней абсолютной ошибки – 0,29. Оно получилось по данным рейса La38 - единственный рейс, где оценки первичной продукции выше по спутниковым данным. Наименьшее значения средней абсолютной ошибки получилось по данным рейса Lav35 – 0,12, в котором идет сильное завышение судовых данных по сравнению со спутниковыми. Поскольку средняя абсолютная ошибка и коэффициент корреляции не дают нам информации о том, в какую сторону у нас отличаются величины

между собой, третий параметр, с помощью которого мы анализируем таблицу по данным концентраций хлорофилла-а в слое фотосинтеза – относительная процентная ошибка. Важно уточнить, что в данной таблице положительное значение данного параметра означает, что значения концентрации хлорофилла-а по спутниковым данным выше, и отрицательное значение означает, что больше концентрация хлорофилла-а по судовым данным. Видно, что в среднем параметры отличаются друг от друга на 30% в одну или другую сторону за исключением рейса La38, где значение относительной процентной ошибки составило 89%. Скорее всего, данное значение получилось благодаря нескольким точкам, где имеется сильное превышение спутниковых данных над судовыми.

После анализа вышеописанной таблицы проанализируем диаграммы рассеяния поверхностных концентраций хлорофилла-а в целом и по сезонам. Вначале рассмотрим общий график (рис. 2.5).

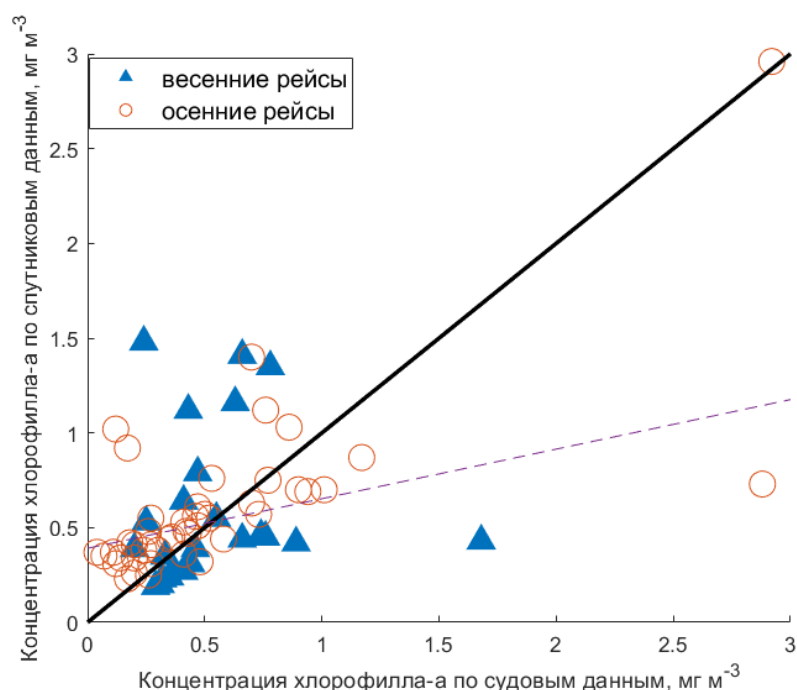


Рис. 2.5. Диаграмма рассеяния концентрации хлорофилла-а (мг м^{-3}) для всех рейсов (осенние рейсы (La38, La58) – кружки, весенние рейсы (La33, Lav35) - треугольники)). Пунктирная фиолетовая линия – линия линейной регрессии, сплошная линия – линия соответствия.

Из рис. 2.5 видно, что в целом данные хорошо соответствуют друг другу, что и подтверждается высокими значимыми коэффициентами корреляции. Также можно отметить, что у весенних рейсов присутствует 5 станций, где поверхностные оценки концентраций хлорофилла-а по спутниковым данным выше в 1,5 – 2 раза. У осенних рейсов большая часть точек лежит вблизи линии соответствия, однако их большинство находится выше данной линии, что тоже показывает превышение спутниковых данных над судовыми. Из всего этого можно предварительно заключить, что «спутниковые» оценки первичной продукции по модели ТОИ должны быть выше, поскольку данная

модель является функцией от хлорофилла-а, однако здесь важно уточнить, что параметр, представляющий хлорофилл-а в модели, является концентрацией хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, а не только на поверхности. Поэтому далее мы будем рассматривать сравнение концентраций хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза.

Посмотрим на средние концентрации хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза по всем рейсам, используемых в данной работе.

Таблица 2.3. Значения средних концентраций спутникового ($Chl_{eu\ sat}$) и *in situ* ($Chl_{eu\ ship}$) хлорофилла-а в слое фотосинтеза ($mg\ m^{-2}$), средней абсолютной ошибки (MAE), относительной процентной ошибки (RPD), коэффициента корреляции (r), коэффициентов линейной регрессии (S, I).

Рейс	Сроки экспедиции	N	$Chl_{eu\ ship}$ мг/м ³	$Chl_{eu\ sat}$ мг/м ³	MAE	RPD	r	S, I $Y=Sx+I$
Ga37	Ноябрь 2003	31	-	$19,98 \pm 8,10$	-	-	-	-
Ga30	Октябрь – ноябрь 2000	27	-	$26,22 \pm 5,97$	-	-	-	-
Lav35	Март 2005	9	$68,08 \pm 23,14$	$19,48 \pm 2,56$	48,60	-66	0,02 ($p > 0,10$)	$Y = 0,161x + 64,956$
La33	Май 2004	15	$46,69 \pm 15,95$	$32,23 \pm 5,82$	16,05	-24	0,33 ($p > 0,10$)	$Y = 0,868x + 18,720$
La38	Октябрь 2005	35	$26,15 \pm 14,59$	$28,32 \pm 9,87$	8,97	24	0,54 ($p < 0,05$)	$Y = 0,238x + 14,796$
La58	Октябрь-ноябрь 2011	9	$51,32 \pm 8,95$	$27,28 \pm 2,27$	23,86	-45	0,35 ($p > 0,10$)	$Y = 1,405x + 12,870$

Таблица 2.3 показывает те параметры, которые непосредственно используются в расчетах первичной продукции. Видно, что концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза по судовым данным намного выше за исключением рейса La38, где оба значения близки друг к другу. Из-за того, что концентрации хлорофилла-а отличаются друг от друга в 1,5-2 раза, получились высокие оценки средней абсолютной ошибки и относительной процентной ошибки. Наибольшие значения данных двух параметров получились в весеннем рейсе Lav35, что может быть связано с весенним цветением фитопланктона в Японском море: с помощью спутниковых наблюдений не удалось обнаружить сильный рост концентрации хлорофилла-а в морской воде. Минимальные значения вышеописанных параметров получились уже в осеннем рейсе La38, поскольку оценки концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза по спутниковым наблюдениям близки к судовым данным. Однако, относительная процентная ошибка составила 24%, что довольно много. Коэффициенты корреляции показали плохую связь между данным концентрациями хлорофилла-а. Единственный рейс, по данным которого получился высокий значимый коэффициент корреляции: La38. Возможно, это случилось из-за

большого количества станций, по данным которых удалось посчитать концентрацию хлорофилла-а в слое фотосинтеза и с помощью дистанционного зондирования земной поверхности, и с помощью судовых измерений. В весеннем рейсе, где получилась максимальная средняя абсолютная ошибка коэффициент корреляции близок к нулю, а в остальных рейсах они близки к 0.33, однако значение р-уровня показывает, что данные коэффициенты незначимы, следовательно нельзя делать какой-либо вывод по ним.

После анализа вышеописанной таблицы проанализируем диаграммы рассеяния концентраций хлорофилла-а в слое фотосинтеза в целом и по сезонам. Вначале рассмотрим общий график (рис. 2.6).

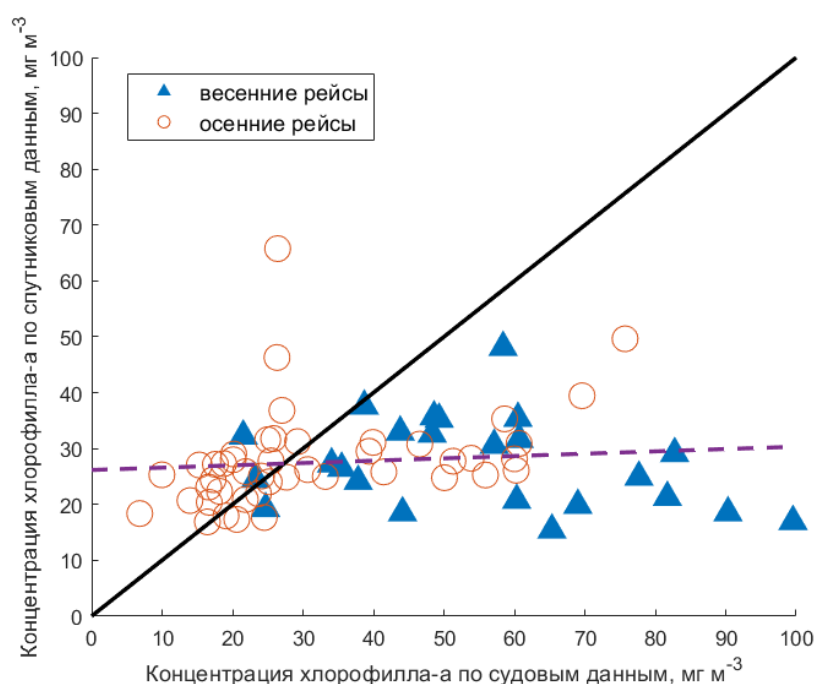
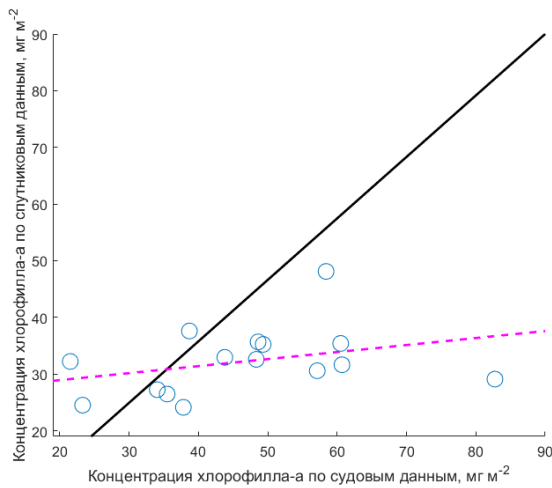


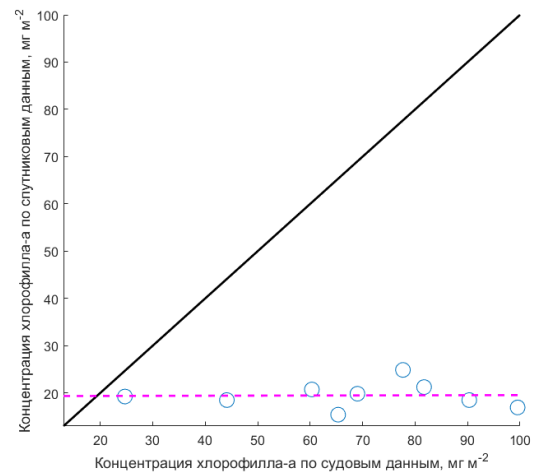
Рис. 2.6. Диаграмма рассеяния концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза (мг м^{-2}) для всех рейсов (осенние рейсы (La38, La58) – кружки, весенние рейсы (La33, Lav35) - треугольники)). Пунктирная фиолетовая линия – линия линейной регрессии, сплошная линия – линия соответствия.

Из рис. 2.6 видно, что в отличие от поверхностных концентраций хлорофилла-а наблюдаются повышенные значения по судовым данным. Также можно отметить, что значения, полученные по данным осенних рейсов, находятся ближе к линии соответствия, чем значения, полученные по данным весенних рейсов. Как уже было упомянуто выше, это, скорее связано, с плохой точностью определения весеннего роста концентрации хлорофилла-а в Японском море.

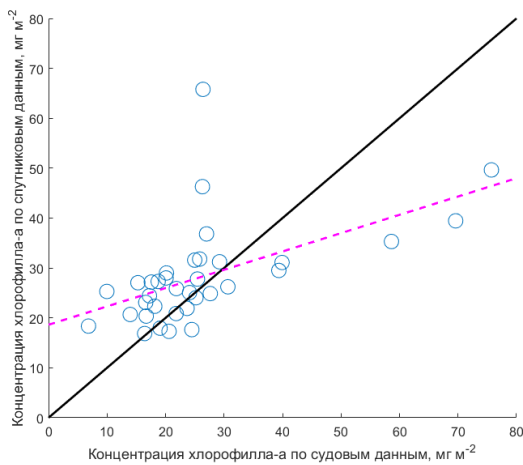
Также ниже на рисунке 2.7 (а-г) представлены диаграммы рассеяния для каждого рейса по отдельности.



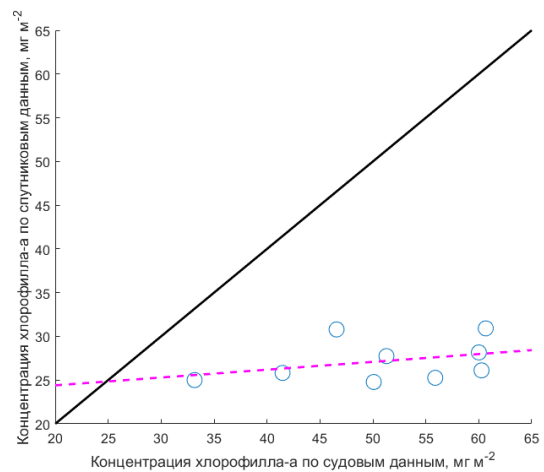
(а)



(б)



(в)



(г)

Рис. 2.7. Диаграммы рассеяния концентрации хлорофилла-а (мг м^{-2}) в слое фотосинтеза для четырех рейсов (La33 – а, Lav35 – б, La38 – в, La58 – г). Пунктирная линия – линия линейной регрессии, сплошная линия – линия соответствия.

Из рис. 2.7 видно, что действительно в каждом рейсе, кроме La38, концентрация хлорофилла-а, рассчитанная по спутниковым данным сильно занижена. Из рис. 2.7в заметно, что большинство точек лежат около линии соответствия, за счет чего и получается высокий коэффициент корреляции рейса La38, представленный в таб. 2.3. Также здесь можно отметить рис. 2.7б, где линия линейной регрессии является горизонтальной линией; и из таб. 2.3 видно, что коэффициент корреляции здесь близок к нулю, то есть.

Выше говорилось о том, что по спутниковым данным концентрации хлорофилла-а не удалось определить высокие оценки хлорофилла-а в слое фотосинтеза во время весеннего цветения. Рассмотрим рис. 2.8, на котором изображены осреднённые профили для тех четырех рейсов, по которым есть данные по судовым измерениям концентрации хлорофилла-а по глубине.

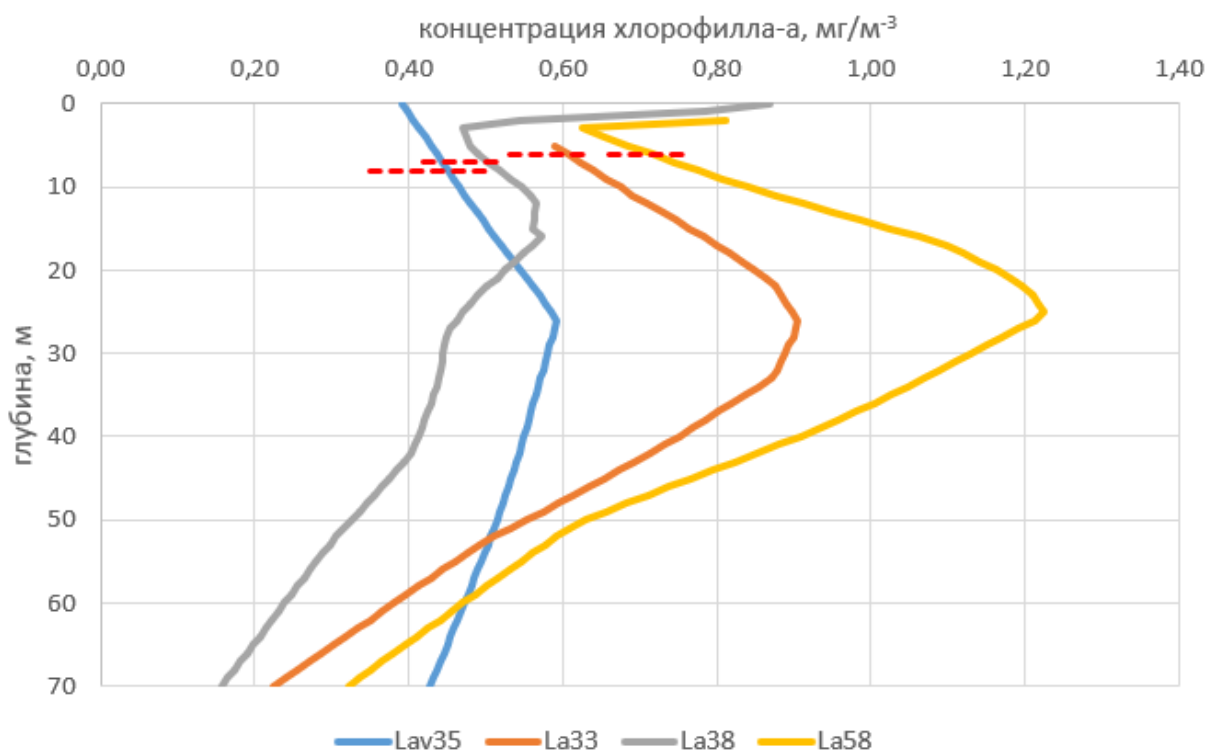


Рис. 2.8. Осреднённые для трёх рейсов (Lav35, La33, La38, La58) вертикальные профили концентраций хлорофилла-а по *in situ* данным (мг м^{-3}). Красные пунктирные линии – первая оптическая глубина, рассчитанная по формуле (1.7).

Из данного рисунка видно, что по данным всех рейсов кроме La38 максимум концентрации хлорофилла лежит ниже первой оптической глубины, в пределах которой мы можем получить значения с помощью спутниковых наблюдений. В рейсе La38 максимум концентрации приходится на поверхность, т.е. на слой воды до первой оптической глубины. Таким образом, видно, что заниженные значения по спутниковым данным получаются из-за того, что максимум концентрации хлорофилла-а лежит уже в том слое, который доступен для анализа дистанционными методами. При восстановлении концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза невозможно точно определить, какой был его максимум на глубине, поэтому итоговые концентрации, представленные в Таблице 2.3 сильно отличаются друг от друга. Данные рейса La38 показали, что если максимум хлорофилла-а лежит до первой оптической глубины, то расчет концентрации хлорофилла-а по всему слою может оказаться завышенным, из-за неверной интерполяции данных поверхностной концентрации хлорофилла-а на весь слой фотосинтеза. И, скорее всего,

именно поэтому только в данном рейсе значения первичной продукции по спутниковым данным получились выше судовых оценок.

2.3. Сравнение температуры и удельной оптимальной скорости фотосинтеза

В начале данной главы уже упоминалось, что на оценки первичной продукции в основном влияли только два параметра – концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза (она была рассмотрена выше) и удельная оптимальная скорость фотосинтеза. Поэтому для полного анализа получившихся результатов следует сравнить температуру по данным спутникового зондирования и судовых измерений.

В Таблице 2.4 представлены данные поверхностной температуры по судовым спутниковым данным.

Таблица 2.4. Значения температуры в поверхностном слое моря по спутниковым (*SST sat*) и судовым данным (*SST ship*) (°C), средней абсолютной ошибки (MAE), относительной процентной ошибки (RPD), коэффициента корреляции (*r*), коэффициентов линейной регрессии (*S*, *I*).

Рейс	Сроки экспедиции	<i>N</i>	<i>SST ship</i> °C	<i>SST sat</i> °C	MAE	RPD	<i>r</i>	<i>S</i> , <i>I</i> $Y=Sx+I$
Lav35	Март 2005	9	2,47±2,84	3,18±2,54	0,82	170	0,94 (<i>p</i> <0,05)	$Y=0,842x+1,094$
La33	Май 2004	15	9,37±3,15	10,17±2,95	0,91	11	0,96 (<i>p</i> <0,05)	$Y=1,026x-1,069$
La38	Октябрь 2005	32	13,29±4,50	15,52±1,58	2,39	169	0,81 (<i>p</i> <0,05)	$Y=0,283x+11,761$
La58	Октябрь-ноябрь 2011	9	10,81±3,92	11,85±3,03	1,13	15	0,97 (<i>p</i> <0,05)	$Y=0,748x+3,760$

Поскольку восстановить первичную продукцию, используя два источника данных, мы можем только по данным четырех рейсов, то в данной таблице представлено только четыре рейса из шести. Из Таблицы 2.4 видно, что значения температур достаточно близки друг к другу. Здесь должна быть минимальная ошибка между спутниковыми и судовыми данными, поскольку в данной работе используется температура поверхности моря из базы данных GHRSSST, пространственное разрешение которой всего 1x1 км. Средняя абсолютная ошибка показывает, что величины в среднем различаются от 0,8 до 2,4 градусов между собой в зависимости от рейса. Максимальное значение данного параметра получилось в рейсе La38, у которого оценки первичной продукции по спутниковым данным выше судовых. Относительная процентная ошибка получилась около 170% в двух рейсах La38 и Lav35. То есть данные по спутнику завышены в 1,5 раза по сравнению с судовыми данными в этих рейсах. В двух других рейсах значение данного параметра минимально – 11% и 15%. Анализируя коэффициенты корреляции, можно сделать вывод о высокой значимой связи, поскольку коэффициенты корреляции колеблются в

промежутке от 0,81 до 0,97. Данная проверка подтверждает тот факт, что база данных для температуры поверхности моря подходит для использования в модельных расчетах.

Теперь рассмотрим соотношение данных параметров на диаграмме рассеяния (рис.2.9).

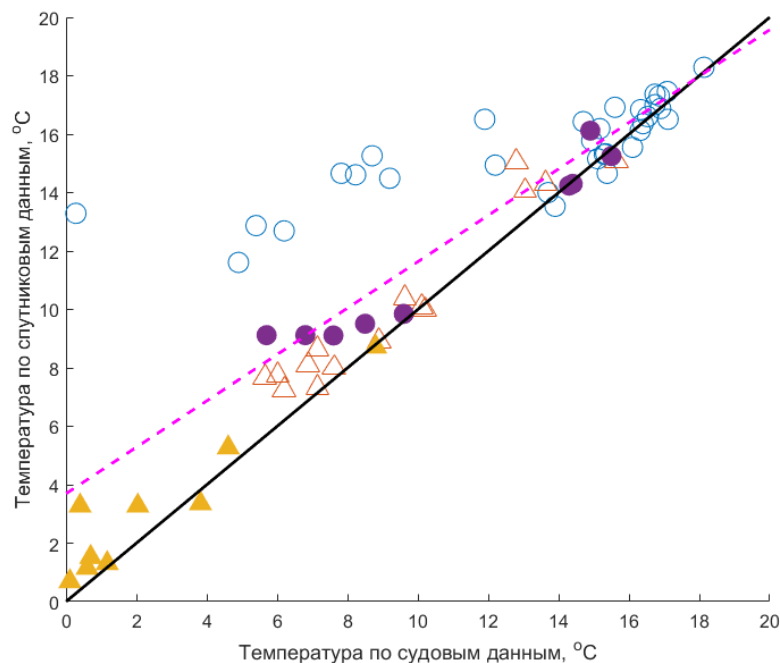


Рис. 2.9. Диаграмма рассеяния температуры поверхностного слоя (°C) для всех рейсов (La38 – кружки, La58 – закрашенные кружки, La33 – треугольники, Lav35 – закрашенные треугольники)). Пунктирная фиолетовая линия – линия линейной регрессии, сплошная линия – линия соответствия.

Из рис. 2.9 видно, что данные имеют высокую степень корреляции. Также видно, что есть небольшое завышение данных в сторону спутниковых данных. Это могло проявиться на графике из-за большого количества точек в рейсе La38, где получилось сильное превышение температуры, полученной из данных спутникового зондирования. В остальном, почти все точки лежат на линии соответствия.

Теперь можно рассмотреть данные по удельной оптимальной скорости фотосинтеза (Таблица 2.5).

Таблица 2.5. Значения удельной оптимальной скорости фотосинтеза (P^b_{sat}) и судовым данным (P^b_{ship}) (мг С/мг Хл×ч)

Рейс	Сроки экспедиции	N	P^b_{ship} мг С/мг Хл×ч	P^b_{sat} мг С/мг Хл×ч
Lav35	Март 2005	9	4,5	$2,11 \pm 0,57$
La33	Май 2004	15	4,5	$3,01 \pm 0,50$
La38	Октябрь 2005	35	2,5	$3,94 \pm 0,77$
La58	Октябрь-ноябрь 2011	9	2,5	$3,46 \pm 0,40$

Поскольку для судовых оценок первичной продукции использовалось два постоянных значения, мы не можем провести такое же сравнение как для температуры и для хлорофилла-а. Тем не менее, из Таблицы 2.5 видно, что в осенних рейсах удельная оптимальная скорость фотосинтеза оказалась намного выше судовых оценок, а в весенних рейсах уже судовые данные были выше. Данные различия можно объяснить разными методами расчета данного параметра модели. Помимо этого, на значения удельной оптимальной скорости фотосинтеза могла повлиять поверхностная концентрация хлорофилла-а, которая используется в расчете данного параметра. Но поскольку выше была показана высокая степень корреляции данных о поверхностной концентрации хлорофилла-а, скорее всего, дело именно в самом методе.

Глава 3. Обсуждение

3.1. Сравнение концентрации хлорофилла-а с результатами других авторов

Модель ТОИ, с помощью которой производится оценка первичной продукции в Японском море, представляет собой функцию от хлорофилла-а. Поэтому, при увеличении концентрации хлорофилла-а в воде будут увеличиваться и оценки первичной продукции по данной модели. В результате расчетов восстановить первичную продукцию удалось только в четырех рейсах, которые проводились в разные года, примерно в одни сезоны, но в разные даты. Таким образом, можно попытаться проанализировать ход концентрации хлорофилла-а и предположить, почему получились именно такие значения.

В статье (Jo et al, 2014) приводится ход поверхностной концентрации хлорофилла-а, полученной с помощью спутниковых данных в двух точках, которые расположены вблизи станций, где удалось оценить первичную продукцию фитопланктона.

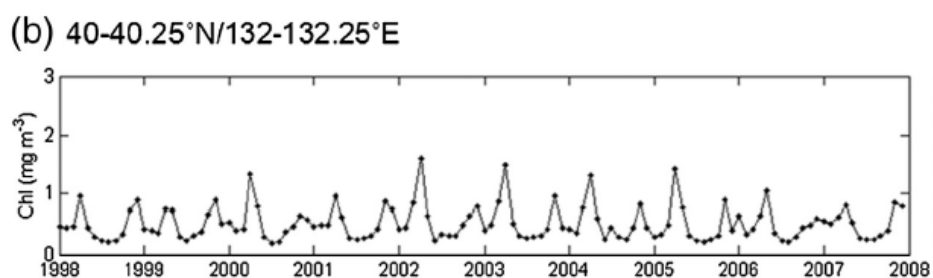


Рис. 3.1. Изменение концентрации хлорофилла-а в поверхностном слое по данным спутникового зондирования (SeaWIFS) и гистограмма средних значений концентраций хлорофилла-а в поверхностном слое в период с 1998 по 2008 год (Jo et al, 2014)

Из рис. 3.1 видно, что в данной акватории Японского моря явно заметны весенний и осенний максимум концентрации хлорофилла-а. Ближе всего к данному району точки (b) находятся несколько станций рейса La38 (октябрь, 2004 г.). Данные этого рейса в среднем имеют более высокие спутниковые оценки первичной продукции по сравнению с судовыми. Из рис. 3.1 видно, что осенью 2004 года было зафиксировано достаточно большое значение концентрации хлорофилла-а по сравнению с другими годами – около 1 мг/м^3 . Однако, данное значение зафиксировано в ноябре, а не октябре, что уже вне временных рамок рейса. Концентрации хлорофилла-а по данным спутника MODIS-Aqua составила в данном месте $0,38 \text{ мг/м}^3$, что в целом согласуется с графиком из рисунка 3.1. По судовым данным концентрация хлорофилла-а в данной точке получилась около $0,41 \text{ мг/м}^3$. В весеннем рейсе Lav35 также есть одна точка, которая располагается близко к точке (b) из статьи Jo_2014. По данным MODIS-Aqua концентрация хлорофилла в данной точке составила $0,24 \text{ мг/м}^3$, в то время как по судовым данным – $0,69 \text{ мг/м}^3$. А из рис. 3.1 видно, что среднемесячная концентрация хлорофилла-а в марте 2005 составляла около $0,4 \text{ мг/м}^3$. При сопоставлении вышеописанных концентраций хлорофилла-а важно учитывать тот факт, что на рисунке дается среднемесячное значение, по данным

спектро радиометра MODIS-Aqua суточное значение, по судовым данным – мгновенное значение. Поэтому при таком анализе мы можем только посмотреть примерный порядок значений концентраций хлорофилла-а.

Теперь проанализируем изменение концентрации хлорофилла-а по всей поверхности Японского моря. В статье (Park et al, 2019) представлено распределение средней концентрации хлорофилла-а по всей поверхности моря в период с 2003 по 2015 года – как раз тот временной промежуток, во время которого были совершены 4 рейса, рассматриваемые в данной работе.

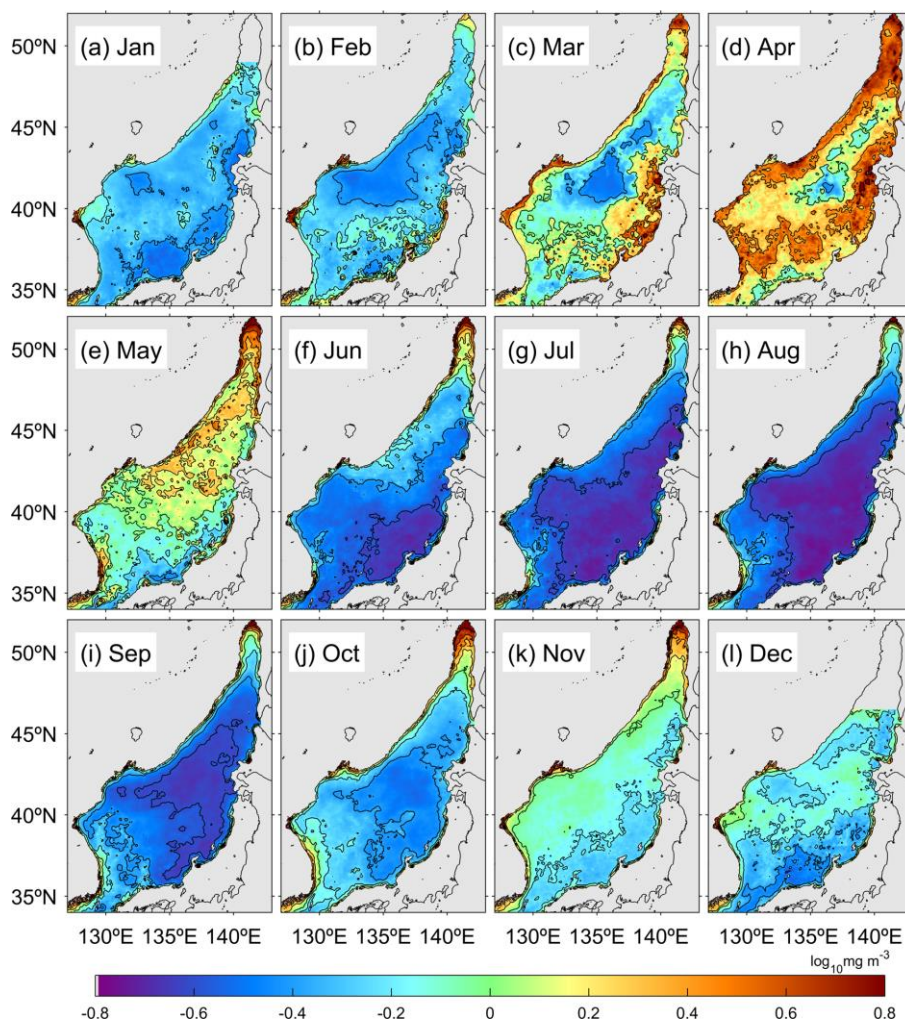


Рис. 3.2. Распределение среднемесечной концентрации хлорофилла-а по данным спектро радиометра MODIS в период с 2003 по 2015 гг. (Park et al, 2019)

Здесь следует вернуться к Таблице 2.1 и посмотреть на средние значения первичной продукции по судовым и спутниковым данным. Из Таблицы 2.1 видно, что максимальные значения по судовым данным получились в марте 2005 года, а по спутниковым данным – в мае 2004. Из рис. 3.2 видно, что максимум поверхностной концентрации хлорофилла-а наблюдается именно в апреле-мае, но в уже в марте наблюдается значения близкие к максимальным у побережий России и Японии. Таким образом, вполне закономерно, что

спутниковые оценки максимальные именно в мае, поскольку из-за большего пространственного разрешения спектрорадиометра данные могут быть немного завышены, что и подтверждает Таблица 2.2 (данные о поверхностной концентрации хлорофилла-а): в марте 2005 года более высокие оценки по судовым измерениям, а в мае 2004 уже «спутниковые» оценки превышают судовые. Также из рисунка 3.2 видно, что более высокие оценки концентрации хлорофилла-а наблюдаются именно в ноябре, а не в октябре. Следовательно, можно было ожидать по аналогии с вышеописанными рейсами более высокие значения по спутниковым данным в более позднем по времени года рейсе – La58, однако такого не наблюдается. Отчасти это можно связать с небольшой выборкой рейсов и особенностью месторасположений станций, где удалось восстановить первичную продукцию фитопланктона. Также мог повлиять тот факт, что осенью наблюдается не такой резкий рост как весной.

3.2. Сравнение оценок первичной продукции фитопланктона в Японском море с результатами других авторов.

В статье (Kang et al, 2020) представлен анализ фитопланктона по его различным размерам. Вместе с этим в данной статье дан расчет первичной продукции фитопланктона, эвфотической глубины и температуры для нескольких точек за апрель 2016 года.

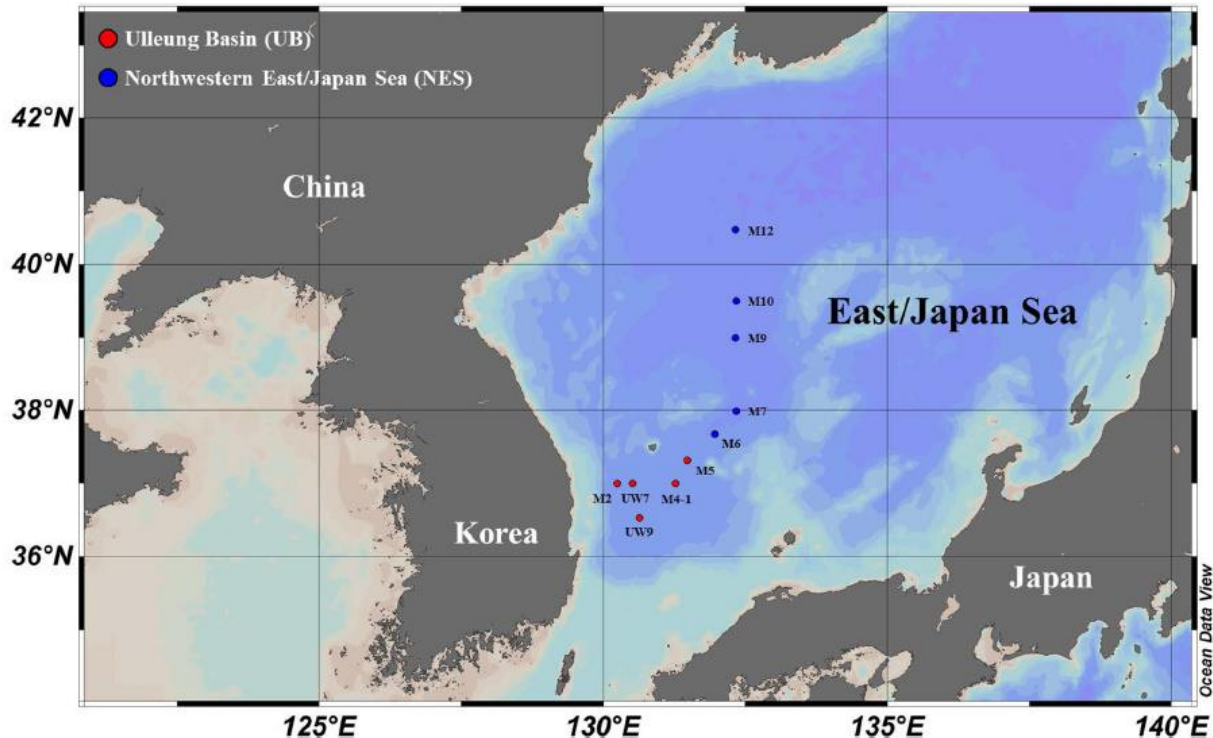


Рис. 3.3. Расположение станций на карте, на которых производился расчет первичной продукции (Kang et al, 2020)

Поскольку у нас есть только два весенних рейса, то будем искать ближайшие станции только по ним. Вначале рассмотрим рейс La33. Здесь есть четыре станции, координаты которых совпадают со станциями красного цвета из рис. 3.3. Между ними достаточно большой временной промежуток – почти месяц, тем не менее попытаемся сравнить их друг с другом. Температура поверхности на данных станциях колеблется в пределах от 12 до 14 °С по данным статьи. По судовым данным температура колеблется в пределах от 13 до 15,5 °С, а по данным спутникового зондирования – от 14 до 15 °С. В целом видно, что данные по температуре близки друг к другу. Также очевидно, что более высокие данные из рейса La33 связаны с более поздними датами проведения данных станций (начало мая против начала апреля). Глубина слоя перемешивания колеблется от 30 до 90 м по данным статьи. По результатам рейса глубина данного слоя составляет от 30 до 200 м на данных станциях, однако здесь важно уточнить, что методы определения данной глубины разные, поэтому и различия вполне допустимы. Глубины эвфотического слоя по обоим источникам лежат в пределах от 30 до 60 м. Авторы данной статьи уделяют много вниманию разного размера фитопланктона, однако если просуммировать оценки первичной продукции для большого и маленького размера, то получится дневная первичная продукция фитопланктона от 900 и до 1300 мг С м⁻² д⁻¹. По данным рейса La33 у ближайших к этим точкам четырех станций получаются оценки от 850 до 1000 мг С м⁻² д⁻¹ по спутниковым данным и от 900 до 1500 мг С м⁻² д⁻¹ по судовым данным. Таким образом видно, что порядок значений примерно один и тот же, хотя рейсы, методология и время отличаются друг от друга.

У другого рейса Lav35 есть близкие точки, где удалось рассчитать первичную продукцию, к станциям синего цвета из рисунка 3, а точнее к станции M12 (рис. 3.). Характеристики данной станции из статьи Charac_2020 следующие: глубина слоя перемешивания 37 м, эвфотическая глубина – 24 м, температура поверхности моря – 4 °С, первичная продукция фитопланктона – около 550 мг С м⁻² д⁻¹. По данным станций рейса Lav35 в двух станциях, близких к станции M12 глубина слоя перемешивания составила 26 м и 50 м. Такие значения плохо согласуются со значением 37 м. Эвфотическая глубина составила 26 м и 29 м, что уже ближе к значению станции M12. Оценки же первичной продукции оказались около 400 мг С м⁻² д⁻¹ по спутниковым данным и около 2000 мг С м⁻² д⁻¹ по данным судовых измерений. Таким образом, можно сказать, что и здесь у нас наблюдается связь по нескольким характеристикам, однако явно выбивается глубина слоя перемешивания и оценки первичной продукции по судовым данным – это можно связать с удаленностью станции M12 от станций рейса Lav35.

Как уже было сказано в введении к данной работе – получать оценки первичной продукции возможно не только в рейсах на судне, но и с помощью различных моделей. В статье (Ji et al, 2019) представлено сравнение двух модельных данных оценок первичной продукции в Японском море. В данной статье все море поделено на три района: северная часть – севернее 40° с.ш., юго-западная часть (у Корейского пролива), юго-восточная часть (у побережья Японского моря). По результатам четырех рейсов, используемых в данной работе, есть станции только в первых двух районах. Рассмотрим среднемесячные получившиеся оценки первичной продукции фитопланктона в данных районах по модели.

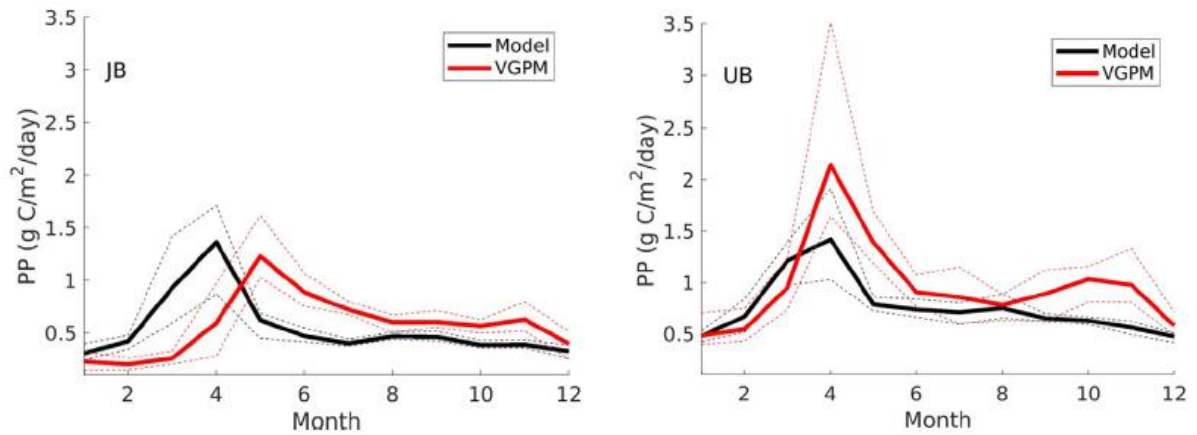


Рис. 3.4. Среднемесячные значения дневной первичной продукции фитопланктона по модели VGPM (красная линия) и модели СбРМ (черная линия). Слева – северная часть Японского моря. Справа – юго-восточная часть Японского моря (Ji et al, 2019)

Если обратиться к рис. 2.1, на котором показаны оценки первичной продукции по данным весенних рейсов, то можно увидеть, что более высокие оценки получились в северной части Японского моря. Но из рисунка 3.4 следует, что более высокие значения первичной продукции во время весны мы должны наблюдать как раз в юго-западной части Японского моря. Здесь опять следует упомянуть, что у нас мало станций для анализа и большие временные промежутки для того, чтобы можно было уверенно сказать, где, скорее всего, получились неверные данные. Если мы обратимся к рисунку 2.3, то мы увидим похожую картину, что и с весенними рейсами. Более высокие значения получились недалеко от залива Петра Великого – в северной части Японского моря, а не в юго-западной.

Заключение

Результаты восстановления первичной продукции показали, что величина первичной продукции, рассчитанная с использованием спутниковых данных, оказалась ниже оценок, полученных с использованием судовых данных, в среднем в 2,5 раза, за исключением одного рейса La38, где оценки первичной продукции, рассчитанные по судовым данным, оказались в среднем в 1,5 ниже оценок, полученных по спутниковым данным. Коэффициент корреляции оказался низким как между оценками первичной продукции, рассчитанной с использованием судовых и спутниковых данных, так и концентрациями хлорофилла-а в слое фотосинтеза, полученными по судовым и спутниковым данным, но высокие значения данного параметра были получены при сопоставлении поверхностных концентраций хлорофилла-а. Средняя абсолютная ошибка и относительная процентная ошибка оказались максимальными при сравнении поверхностных концентраций хлорофилла-а в рейсе La38, где спутниковые оценки оказались выше. Однако, при анализе концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза значения вышеупомянутых статистических параметров в рейсе La38 были наоборот минимальны. В остальных рейсах, где судовые оценки первичной продукции выше, относительная процентная ошибка концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза составила от -24% до -66%, а средняя абсолютная ошибка – от -8,97 до 48,60 мг/м² при средних значениях от 26,15 до 68,08 мг/м². Сравнения концентрации хлорофилла-а в поверхностном и в слое фотосинтеза показали, что коэффициент корреляции между судовыми и спутниковыми данными уменьшается в два раза и в некоторых рейсах теряет значимость при переходе от поверхностного слоя к слою фотосинтеза.

Сравнение температур поверхности моря по судовым и спутниковым данным также показало сильную положительную связь с минимальными значениями средней абсолютной ошибки (около 1 °C), однако относительная процентная ошибка оказалась высокой из-за значений температуры близким к нулю и большого разброса температур в рейсе La38.

С помощью диаграмм рассеяния было показано, что концентрация хлорофилла-а по спутниковым данным недооценивается (рейсы Lav35, La33, La58) либо переоценивается (рейс La38). Для того, чтобы определить причину данных отличий в разных рейсах, были построены осредненные профили концентраций хлорофилла-а по горизонтам с использованием только судовых данных. После определения средней оптической глубины для каждого из четырех рейсов, стало ясно, что в трех рейсах, где спутниковая концентрация оказалась ниже судовой, максимум концентрации хлорофилла-а лежит ниже данной глубины, вследствие чего концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза занижается. В рейсе La38, где произошла переоценка концентрации хлорофилла-а с использованием спутниковых данных, максимум концентрации хлорофилла-а находится на поверхности, из-за чего концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза завышается.

Таким образом, было показано, что вероятным источником ошибки в оценках, использующих спутниковые данные, стала концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза, поскольку и температура, и поверхностная концентрация хлорофилла-а имеют высокие значимые коэффициенты корреляции: от 0,81 до 0,97 для температуры и

от 0,50 до 0,92 для поверхностной концентрации хлорофилла-а. В то время, как коэффициенты корреляции для концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза оказались в промежутке от 0,02 до 0,54; при этом часть из них оказалась не значимой. А поскольку концентрация хлорофилла-а в слое фотосинтеза, оцениваемая с помощью спутниковых наблюдений, рассчитывалась путем интегрирования поверхностной концентрации хлорофилла-а, полученной из спутниковых баз данных, по глубине, то именно этот алгоритм послужил причиной ошибки.

В обсуждении показано, что оценки первичной продукции, получившиеся в данной работе согласуются с результатами других авторов. Значения на станциях, расположенных недалеко друг от друга получились близкими. Кроме того, оценки концентрации хлорофилла-а в слое фотосинтеза и в поверхностном слое, получившиеся в данной работе по судовым и спутниковым данным, отражают годовой ход концентрации хлорофилла-а, описанный в статьях.

В заключение можно сказать, что по результатам данной работы видно, насколько может изменяться первичная продукция фитопланктона с использованием судовых и спутниковых данных по модели ТОИ в различных ситуациях. Если максимальное значение концентрации хлорофилла-а лежит в поверхностном слое, то получаются завышенные спутниковые оценки и, наоборот, если максимальное значение лежит ниже первой оптической глубины, то спутниковые оценки оказываются заниженными. Также видно, что в Японском море наблюдается максимум концентрации хлорофилла-а весной (в марте), а к лету она начинает падать. Осенний же максимум концентрации хлорофилла-а (в ноябре) выражен не так явно и его значение может сильно изменяться в разные года. Кроме того, показано, что несмотря на большое пространственное осреднение, спутниковые данные можно использовать для восстановления первичной продукции в Японском море по модели ТОИ с некоторыми ограничениями.

Список литературы

- Булгаков Н. П. Субарктический фронт в северо-западной части Тихого океана / Н. П. Булгаков. – Владивосток: АН СССР, 1972. – 153 с.
- Васильев А. С. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 8. Японское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия / А. С. Васильев, А. Н. Косарев, Ф. С. Терзиев. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2003. – 392 с.
- Добровольский А. Д. Моря СССР / А. Д. Добровольский, Б. С. Залогин. – Москва: издательство Московского Государственного Университета, 1982. – 192 с.
- Звалинский В.И., Лобанов В.Б., Захарков С.П., Тищенко П.Я. Хлорофилл, замедленная флуоресценция и первичная продукция в северо-западной части Японского моря осенью 2000 г. // *Океанология*. – 2006. – Т. 46. – №.1. – С.27 - 37
- Звалинский В.И., Лобанова П.В., Тищенко П.Я., Лобанов В.Б. Оценка первичной продукции северо-восточной части Японского моря на основе судовых и спутниковых данных // *Известия ТИНРО*. – 2018. – Т.195
- Звалинский В.И., Лобанова П.В., Тищенко П.Я., Лобанов В.Б. Оценка первичной продукции северо-западной части Японского моря на основе судовых и спутниковых наблюдений // *Океанология*. – 2019. – Т. 59. – №.1. – С.45-55
- Звалинский В. И., Тищенко П. Я. Моделирование фотосинтеза и роста морского фитопланктона // *Океанология*. – 2016. – Т.56. – №4. – С.577-591
- Звалинский В. И. Формирование первичной продукции в море // *Известия ТИНРО*. – 2006. – Т.147. – С.276-302
- Зуенко, Ю.И. Промысловая океанология Японского моря: монография / Ю. И. Зуенко. – Владивосток: ФГУП ТИНРО-центр, 2007. – 227 с.
- Истошин Ю. В. Японское море / Ю. В. Истошин. – Москва: Государственное издательство географической литературы, 1959. – 86 с.
- Лобанова, П.В. Спутниковые алгоритмы оценки первичной продукции в водах с различными океанологическими условиями (на примере Северо-восточной Атлантики и Японского моря): дис. канд. геогр. наук: 25.00.28: защищена: утв. 17.10.2018/ Лобанова Полина Вячеславовна. – СПб, 2017. – 389 с.
- Никитин А. А., Юрасов Г. И. Поверхностные термические фронты в Японском море // *Известия ТИНРО*. – 2007. – Т.148
- Шамраев Ю. И. Океанология / Ю. И. Шамраев, Л. А. Шишкина. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 378 с.
- Шунтов В. П. Биология дальневосточных морей России. Том 1 / В. П. Шунтов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 580 с.
- Behrenfeld MJ, Falkowski PG Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration // *Limnology and Oceanography*. – 1997. – №. 42. – С.1 - 20
- Ji R., Jin M., Li Y., Kang Y-H., Kang C-K. Variability of primary production among basins in the East/Japan Sea: Role of water column stability in modulating nutrient and light availability // *Progress in Oceanography*. – 2019. – №178. doi: 10.1007/978-3-319-22720-7_10
- Jo C. O., Park S., Kim Y. H., Park K-A., Park J. J., Park M-K., Li S., Kim J-Y., Park J-E., Kim

J-Y., Kim K-R. Spatial distribution of seasonality of SeaWiFS chlorophyll-a concentrations in the East/Japan Sea // *Journal of Marine Systems*. – 2014. – №139. – С. 288 – 298. doi: 10.1016/j.jmarsys.2014.07.004

Kang J. J., Jang H. K., Lim J-H., Lee D., Lee J. H., Bae H., Lee C. H., Kang C-K., Lee S. H. Characteristics of Different Size Phytoplankton for Primary Production and Biochemical Compositions in the Western East/Japan Sea // *Frontiers in Microbiology*. – 2020. – Vol.11. doi: 10.3389/fmicb.2020.560102

Morel A., Huot Y., Gentili B., Werdell P.J., Hooker S.B., Franz B.A. Examining the consistency of products derived from various ocean color sensors in open ocean (Case 1) waters in the perspective of a multi-sensor approach// *Remote Sensing of Environment*. 2007. – Vol. 111 (1). – С. 69-88. doi:10.1016/j.rse.2007.03.012

Morel A., Maritorena S. Bio-optical properties of oceanic waters: A reappraisal // *Journal of Geophysical research*. – 2001. – Vol.106. – №C4. – С. 7163 - 7180

Oceanography of the East Sea (Japan Sea) / Choi J. K., Noh J. H., Orlova T., Park Mi-Ok, Lee S. H., Park Y-J., Son S., Stonik I., Choi D. H. – Springer, Cham, 2015. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-22720-7_10

Park J-E., Park K-A., Kang C-K., Kim G. Satellite-Observed Chlorophyll-a Concentration Variability and Its Relation to Physical Environmental Changes in the East Sea (Japan Sea) from 2003 to 2015 // *Estuaries and Coasts*. – 2020. – №43. – С. 630 – 645

Uda M. Hydrographical studies based on simultaneous oceanographical surveys made in Japan Sea and in its adjacent waters during May and June 1932 // *Records of oceanographic works in Japan*. – 1934. – Vol.6. – №1. – С. 19-107

Uitz J., Claustre H., Morel A., Hooker S. B. Vertical distribution of phytoplankton communities in open ocean: An assessment based on surface chlorophyll // *Journal of Geophysical research*. – 2006. – Vol.111. – C08005. – С. 1 – 23. doi:10.1029/2005JC003207

Электронный ресурс «География». – 2021. URL: <https://geographyofrussia.com/>
Climate Change Initiative. – 2021. URL: <https://esa-oceancolour-cci.org/>

Ocean Color WEB. – 2021. URL: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>

The Group for High Resolution Sea Surface Temperature. – 2021. URL: <https://www.ghrsst.org/>

Приложение №1.

Таблица 1. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, P_{b opt} - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	P _{b opt}	PP sat
Ga37	1	43,24	131,83	9,57	-	-	-	-	0,90	6,91	-	-	-
Ga37	2	43,18	131,85	9,58	-	-	-	-	0,83	6,96	-	-	-
Ga37	3	43,11	131,80	9,59	-	12	-	-	0,79	7,04	-	-	-
Ga37	4	43,04	131,68	9,59	-	-	-	-	0,51	7,15	-	-	-
Ga37	5	42,95	131,57	9,60	-	22	-	-	0,46	7,29	-	-	-
Ga37	6	42,83	131,54	9,61	-	26	-	-	0,73	7,45	-	-	-
Ga37	7	42,70	131,66	9,62	-	50	-	0,48	0,53	7,54	25,33	2,87	462
Ga37	8	42,58	131,50	9,63	-	50	-	0,45	0,49	7,83	24,45	2,97	462
Ga37	9	42,43	131,50	9,61	-	11	-	0,25	0,27	7,81	17,88	3,60	409
Ga37	10	42,33	131,52	9,62	-	-	-	0,22	0,19	7,92	16,66	3,83	405
Ga37	11	42,17	131,46	9,60	-	53	-	-	0,11	7,67	-	-	-
Ga37	12	41,91	131,50	9,62	-	53	-	-	0,10	8,77	-	-	-
Ga37	13	41,67	131,49	9,64	-	49	-	-	0,12	10,50	-	-	-
Ga37	14	42,17	131,99	9,56	-	52	-	0,17	0,08	6,71	14,31	4,01	363
Ga37	15	42,37	132,00	9,55	-	50	-	0,20	0,14	6,50	15,70	3,64	360
Ga37	16	42,50	132,00	9,53	-	51	-	0,26	0,34	6,38	18,26	3,21	369
Ga37	17	42,67	132,00	9,52	-	52	-	0,60	0,43	6,20	28,55	2,48	446
Ga37	18	42,82	132,00	9,51	-	35	-	1,44	0,51	6,03	46,40	2,14	623
Ga37	19	42,95	132,00	9,49	-	31	-	-	0,53	5,88	-	-	-

Таблица 2. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. - номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat
Ga37	20	42,64	132,33	9,52	-	46	-	0,28	0,25	6,14	18,69	3,10	364
Ga37	21	42,50	132,34	9,53	-	51	-	0,24	0,12	6,26	17,42	3,29	361
Ga37	22	42,37	132,33	9,55	-	21	-	0,19	0,09	6,33	15,40	3,65	354
Ga37	23	42,12	132,34	9,57	-	52	-	0,16	0,08	6,28	14,00	3,95	350
Ga37	24	41,75	132,33	9,57	-	52	-	0,17	0,11	6,28	14,31	3,88	350
Ga37	25	41,37	132,33	9,60	-	21	-	0,25	0,10	8,28	17,69	3,73	419
Ga37	26	41,00	132,34	9,63	-	23	-	0,24	0,11	9,07	17,29	3,96	435
Ga37	27	41,00	134,00	9,60	-	15	-	-	0,16	8,24	-	-	-
Ga37	28	41,33	134,00	9,57	-	51	-	-	0,16	7,68	-	-	-
Ga37	29	41,67	134,00	9,54	-	21	-	0,13	0,17	8,23	12,10	5,25	400
Ga37	30	42,00	134,00	9,51	-	20	-	-	0,16	7,40	-	-	-
Ga37	31	42,28	134,00	9,49	-	23	-	-	0,14	9,11	-	-	-
Ga37	32	42,54	133,99	9,46	-	22	-	-	0,19	8,87	-	-	-
Ga37	33	42,72	134,00	9,42	-	23	-	0,23	0,15	7,72	17,03	3,72	394
Ga37	34	42,85	134,00	9,40	-	28	-	0,17	0,14	7,40	14,49	4,17	375
Ga37	35	42,98	134,34	9,39	-	33	-	0,20	0,13	7,65	15,79	3,94	385
Ga37	36	43,12	134,71	9,38	-	14	-	0,23	0,13	8,46	16,73	3,94	408
Ga37	37	43,28	135,00	9,36	-	28,00	-	0,26	0,14	8,73	17,98	3,78	420
Ga37	38	43,09	134,99	9,38	-	21	-	0,23	0,14	9,37	16,73	4,12	427
Ga37	39	42,83	135,01	9,41	-	21	-	-	0,14	8,89	-	-	-
Ga37	40	42,58	135,00	9,43	-	21	-	0,15	0,13	10,40	13,55	5,18	436
Ga37	41	42,33	135,00	9,42	-	22	-	-	0,13	9,54	-	-	-

Таблица 3. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat
Ga37	42	42,04	134,98	9,45	-	-	-	-	0,15	8,79	-	-	-
Ga37	43	42,00	133,17	9,39	-	49	-	-	0,10	4,84	-	-	-
Ga37	44	42,25	133,17	9,37	-	20	-	0,17	0,10	5,10	14,49	3,42	306
Ga37	45	42,52	133,18	9,34	-	3	-	0,21	0,14	5,19	15,93	3,19	313
Ga37	46	42,63	133,17	9,33	-	3	-	0,23	0,15	5,08	16,94	3,01	314
Ga37	47	42,50	132,00	9,35	-	71	-	0,35	0,16	5,58	21,37	2,72	358
Ga37	48	42,67	132,00	9,33	-	51	-	0,96	0,26	5,44	37,14	2,15	491
Ga37	49	42,84	132,00	9,31	-	31	-	1,18	0,30	5,31	41,72	2,07	530
Ga37	50	42,96	132,00	9,30	-	32	-	0,47	0,38	5,23	25,07	2,42	373

Таблица 4. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_mix - глубина слоя перемешивания, Z_eu - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z_mix	Zeu	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat
Ga30	2	43,0758	131,9985	10,99	-	23	-	-	-	16,06	-	-	-
Ga30	3	42,9981	132,0001	11,00	-	29,6	-	-	-	15,98	-	-	-
Ga30	4	42,8354	132,0028	11,00	-	29,6	-	0,87	0,12	15,84	35,12	3,26	830
Ga30	5	42,6649	132,0041	11,01	-	31	-	0,47	0,09	15,71	25,07	3,68	671
Ga30	6	42,2223	132,0928	10,98	-	2,1	-	0,31	0,08	14,71	19,93	4,15	599
Ga30	7	42,4324	131,9961	10,97	-	19,9	-	0,50	0,09	14,805	26,02	3,60	678
Ga30	8	42,7054	132,503	10,96	-	31,2	-	0,73	0,13	16,27	31,87	3,36	775
Ga30	9	42,5348	132,5391	10,96	-	30,8	-	0,58	0,10	15,825	28,14	3,51	714
Ga30	10	42,3931	132,5314	10,97	-	31,5	-	0,55	0,12	15,245	27,28	3,54	699
Ga30	11	42,2437	132,5372	10,97	-	2,3	-	0,28	0,12	13,985	18,79	4,28	583
Ga30	12	42,1175	133,7431	10,93	-	3,1	-	0,13	0,06	15,385	12,27	6,19	548
Ga30	13	42,3142	133,7589	10,93	-	2,6	-	0,38	0,08	15,08	22,33	3,89	627
Ga30	14	42,486	133,7555	10,92	-	2,6	-	0,39	0,08	15,085	22,70	3,86	631
Ga30	15	42,609	133,7504	10,91	-	19,7	-	0,56	0,10	14,415	27,51	3,50	693
Ga30	16	42,733	133,7502	10,91	-	9,6	-	-	-	14,765	-	-	-
Ga30	17	42,8228	133,8168	10,91	-	10,8	-	-	-	14,885	-	-	-
Ga30	18	42,8865	133,8616	10,90	-	12,4	-	-	0,22	14,23	-	-	-
Ga30	19	43,1105	135,6093	10,85	-	24	-	0,20	0,06	14,345	15,70	4,92	553
Ga30	20	43,3492	135,4365	10,84	-	25,3	-	0,46	0,07	13,335	24,81	3,61	640
Ga30	21	43,4915	135,3497	10,83	-	25,5	-	-	0,10	12,615	-	-	-

Таблица 5. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. - номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, P_{b opt} - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat - первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	P _{b opt}	PP sat
Ga30	22	43,5847	135,3024	10,83	-	30,4	-	-	-	12,305	-	-	-
Ga30	23	43,6717	135,248	10,82	-	20,1	-	-	-	13,095	-	-	-
Ga30	24	44,2931	135,8337	10,80	-	19,8	-	-	0,10	10	-	-	-
Ga30	25	44,3635	135,8679	10,74	-	2,1	-	-	-	11,59	-	-	-
Ga30	27	44,653	136,8721	10,73	-	26,2	-	0,64	0,10	11,935	29,62	3,23	678
Ga30	28	45,4574	137,3095	10,69	-	10,2	-	-	-	12,6	-	-	-
Ga30	29	46,0994	138,6312	10,61	-	23	-	-	0,12	11,68	-	-	-
Ga30	30	47,1462	138,9286	10,56	-	11,2	-	-	0,25	11,36	-	-	-
Ga30	31	47,002	139,1144	10,57	-	26,7	-	-	0,13	11,365	-	-	-
Ga30	32	46,8701	139,3048	10,57	-	28,2	-	-	0,10	11,505	-	-	-
Ga30	33	46,7682	139,4535	10,58	-	25,6	-	-	0,11	11,16	-	-	-
Ga30	34	46,6786	139,5916	10,58	-	23,7	-	-	0,11	11,045	-	-	-
Ga30	35	42,8988	136,9335	10,21	-	51,5	-	-	0,16	12,48	-	-	-
Ga30	36	42,8802	135,8848	10,17	-	24,3	-	0,44	0,08	12,26	24,25	3,57	580
Ga30	37	42,8714	133,859	10,17	-	19,4	-	-	-	-	-	-	-
Ga30	38	42,7363	133,7522	10,13	-	9,5	-	-	-	4,395	-	-	-
Ga30	39	42,6	133,7557	10,14	-	20	-	-	0,10	7,14	-	-	-
Ga30	40	42,5163	133,7554	10,15	-	25,4	-	-	0,11	7,375	-	-	-
Ga30	41	42,3192	133,7428	10,16	-	2,5	-	-	0,12	7,11	-	-	-
Ga30	42	42,1242	133,7293	10,18	-	3,1	-	-	0,11	7,67	-	-	-

Таблица 6. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	chl	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat
Ga30	43	41,8995	133,6974	10,19	-	26,3	-	0,71	0,10	8,885	31,43	2,82	596
Ga30	44	40,6968	133,6033	10,23	-	50,1	-	-	0,08	12,815	-	-	-
Ga30	45	40,6954	133,3328	10,23	-	25	-	-	0,09	13,155	-	-	-
Ga30	46	40,6937	133,117	10,23	-	26,1	-	-	0,09	13,075	-	-	-
Ga30	47	40,7005	132,9098	10,23	-	26,4	-	-	0,10	12,915	-	-	-
Ga30	48	40,7589	132,9629	10,22	-	100,3	-	-	0,15	12,965	-	-	-
Ga30	49	40,8197	132,8106	10,22	-	25,1	-	-	0,11	13,025	-	-	-
Ga30	50	40,8935	132,5824	10,21	-	23,8	-	-	0,09	13,395	-	-	-
Ga30	51	40,9848	132,3327	10,21	-	24,7	-	-	0,11	13,35	-	-	-
Ga30	52	41,4667	132,4695	10,14	-	25,3	-	0,38	0,09	10,17	22,31	3,50	522
Ga30	53	41,7222	132,5288	10,12	-	25,7	-	0,36	0,11	10,22	21,53	3,58	515
Ga30	54	41,9326	132,5777	10,11	-	25,2	-	0,63	0,15	10,42	29,45	3,09	606
Ga30	55	42,1262	132,6396	10,09	-	2,4	-	0,53	-	10,705	26,89	3,24	580
Ga30	56	42,2842	132,7153	10,08	-	50,1	-	0,55	0,12	11,03	27,43	3,25	593
Ga30	57	42,4626	132,7193	10,07	-	24,9	-	0,56	0,17	11,01	27,68	3,23	595
Ga30	58	42,6383	132,7167	10,06	-	10,4	-	-	0,34	10,07	-	-	-
Ga30	59	42,3376	132,0058	10,04	-	2,7	-	0,57	0,14	10,145	27,98	3,12	578
Ga30	60	42,4966	131,9991	10,03	-	1,9	-	1,26	0,29	9,85	43,14	2,69	767
Ga30	61	42,6653	131,9996	10,01	-	10,1	-	0,55	0,33	10,09	27,39	3,14	569
Ga30	62	42,857	132	10,00	-	10,8	-	0,71	0,34	9,205	31,43	2,86	594
Ga30	63	43,0264	132,0089	9,99	-	10,4	-	-	-	10,315	-	-	-

Таблица 7. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} / Z _{mix}	chl	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
Lav 35	1	38,05	132,33	11,82	77,68	26	24	0,9	0,46	0,72	0,10	8,72	24,88	3,09	600	2667
Lav 35	3	38,50	132,33	11,86	123,80	50	16	0,3	-	0,90	0,11	8,37	-	-	-	-
Lav 35	4,2	42,17	131,23	11,89	46,86	100	36	0,4	-	0,40	0,08	2,09	-	-	-	-
Lav35	5,2	42,00	131,23	11,94	90,32	150	21	0,1	0,27	0,09	0,08	3,28	18,50	2,27	330	3132
Lav 35	6,2	42,00	131,23	11,94	44,13	26	38	1,5	0,27	0,30	0,07	3,28	18,50	2,27	330	1530
Lav 35	7	41,67	132,33	11,94	65,33	102	27	0,3	0,19	0,38	0,06	1,52	15,41	1,77	215	2265
Lav 35	8	42,17	132,33	11,94	99,54	500	19	0,0	0,23	0,37	0,06	1,15	16,94	1,53	204	3452
Lav 35	9	41,83	132,33	11,94	24,70	25	62	2,5	0,20	0,19	0,06	1,31	19,25	1,65	250	857
Lav 35	12,5	40,67	132,33	11,99	69,01	50	26	0,5	0,31	0,83	0,08	5,27	19,84	2,76	433	2403
Lav 35	13	40,50	132,52	11,99	73,95	50	25	0,5	-	0,39	0,07	4,76	-	-	-	-
Lav 35	14	40,50	132,67	12,04	78,82	41	23	0,6	-	0,13	0,07	3,88	-	-	-	-
Lav 35	15	40,50	132,84	12,04	46,31	27	37	1,4	-	0,26	0,07	4,04	-	-	-	-

Таблица 8. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
Lav 35	16	40,50	133,00	12,04	46,53	50	36	0,7	-	0,31	0,08	4,25	-	-	-	-
Lav 35	19	40,51	133,50	12,04	67,44	50	27	0,5	-	0,68	0,08	4,60	-	-	-	-
Lav 35	20	40,50	133,67	12,04	60,33	26	29	1,1	0,24	0,69	0,07	3,36	20,74	2,39	393	2108
Lav 35	21	40,50	133,83	12,04	68,81	50	26	0,5	-	0,36	0,07	3,00	-	-	-	-
Lav 35	22	41,00	134,00	12,08	79,66	53	23	0,4	-	0,30	0,06	3,52	-	-	-	-
Lav 35	23,4	41,50	134,00	12,08	55,30	53	31	0,6	-	0,16	0,06	1,90	-	-	-	-
Lav 35	24	42,00	134,00	12,09	64,49	50	28	0,6	-	0,28	0,06	2,45	-	-	-	-
Lav 35	25	42,33	134,00	12,14	64,49	51	28	0,5	-	0,15	0,06	1,32	-	-	-	-
Lav 35	26	42,53	134,00	12,14	56,49	52	31	0,6	-	0,14	0,06	1,02	-	-	-	-
Lav 35	27	42,66	134,00	12,14	59,00	25	30	1,2	-	0,14	0,06	0,78	-	-	-	-
Lav 35	28	43,29	135,17	12,14	81,71	51	23	0,4	0,35	0,49	0,07	0,69	21,25	1,25	213	2881
Lav 35	29	43,25	135,30	12,14	105,17	201	18	0,1	-	0,58	0,06	1,00	-	-	-	-
Lav 35	30	43,10	135,50	12,14	87,00	55	22	0,4	-	0,44	0,06	1,62	-	-	-	-
Lav 35	31	42,87	135,87	12,14	89,14	50	21	0,4	-	0,37	0,05	1,83	-	-	-	-
Lav 35	32	42,58	136,29	12,19	47,05	22	36	1,6	-	0,14	0,06	2,39	-	-	-	-
Lav 35	33	42,17	136,33	12,18	82,82	50	22	0,4	-	0,27	0,06	2,88	-	-	-	-
Lav 35	34	42,33	135,50	12,19	54,23	52	32	0,6	-	0,59	0,06	2,11	-	-	-	1919

Таблица 9. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_mix - глубина слоя перемешивания, Z_eu - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z_mix	Zeu	Zeu/Z_mix	chl	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
la33	1	37,26	130,17	13,82	35,49	100	46	0,5	0,52	0,24	0,22	15,05	26,48	3,58	864	1424
la33	2	37,43	130,42	13,83	48,34	201	35	0,2	0,76	0,63	0,16	14,06	32,60	3,27	972	1942
la33	3	36,50	131,33	13,77	23,30	32	65	2,0	0,36	0,25	0,08	14,32	24,51	3,95	879	932
la33	5	36,50	130,84	13,77	37,83	32	43	1,4	0,34	0,20	0,07	15,09	24,13	4,02	881	1513
la33	7	36,51	130,34	13,80	41,04	50	40	0,8	-	0,32	0,08	15,49	-	-	-	1645
la33	9	35,83	130,17	13,76	38,21	51	43	0,8	-	0,33	0,08	16,03	-	-	-	1526
la33	10	35,83	130,68	13,76	21,80	76	69	0,9	-	0,18	0,08	15,87	-	-	-	871
la33	11	37,00	131,00	13,86	22,74	12	66	5,5	-	0,24	0,14	14,39	-	-	-	916
la33	12	37,33	131,33	13,89	55,57	20	31	1,6	-	0,32	0,14	14,39	-	-	-	2241
la33	13	37,59	131,90	13,93	41,64	3	40	13,3	-	0,29	0,10	14,08	-	-	-	1685
la33	14	38,00	132,34	13,96	34,80	4	46	11,6	-	0,41	0,11	13,58	-	-	-	1411
la33	15	38,50	132,33	14,00	20,43	1	73	72,6	-	0,38	0,11	13,13	-	-	-	831
la33	16	39,00	132,33	14,07	30,77	3	51	17,2	-	0,28	0,14	12,48	-	-	-	1257
la33	17	39,50	132,34	14,11	48,09	3	35	11,8	-	0,43	0,18	11,65	-	-	-	1970
la33	18	40,00	132,34	14,14	36,24	4	45	11,2	-	0,31	0,16	11,11	-	-	-	1489
la33	19	40,25	132,34	14,16	24,72	1	62	61,9	-	0,32	0,14	10,73	-	-	-	1017
la33	20	40,50	132,33	14,18	53,19	12	33	2,7	-	0,50	0,08	10,27	-	-	-	2191
la33	21	40,75	132,33	14,24	21,84	1	69	68,6	-	1,00	0,14	10,46	-	-	-	903
la33	22	42,52	131,23	14,42	52,77	2	33	16,4	-	0,99	0,12	-	-	-	-	2209

Таблица 10. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. - номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
la33	23	42,43	131,23	14,41	49,33	12	35	2,9	0,84	0,66	0,08	8,11	35,24	2,63	881	2064
la33	24	42,35	131,23	14,40	43,80	3	38	12,8	0,71	0,76	0,08	7,76	32,95	2,65	830	1832
la33	25	42,30	131,23	14,40	21,52	2	70	34,8	0,68	0,55	0,09	7,67	32,23	2,67	816	900
la33	26	42,17	131,24	14,39	60,51	12	29	2,4	0,85	0,89	0,07	8,00	35,41	2,61	876	2528
la33	27	42,00	131,24	14,37	58,40	2	30	15,0	1,74	1,68	0,08	8,64	48,11	2,46	1121	2437
la33	28	41,66	131,50	14,34	57,13	4	31	7,7	0,60	0,41	0,10	8,92	30,59	2,93	847	2380
la33	29	41,65	132,29	14,37	34,06	15	47	3,2	0,46	0,46	0,07	10,08	27,25	3,30	853	1422
la33	30	41,33	132,34	14,35	82,75	24	22	0,9	0,62	0,43	0,14	9,98	29,10	3,05	840	3448
la33	31	41,00	132,34	14,32	48,60	12	35	2,9	0,86	0,78	0,17	10,40	35,68	2,90	978	2021
la33	32	41,15	131,50	14,36	49,80	3	34	11,5	-	0,45	0,09	9,85	-	-	-	2077
la33	33	41,15	131,70	14,36	49,54	21	35	1,6	-	0,40	0,11	10,27	-	-	-	2066
la33	34	41,15	131,97	14,36	42,89	3	39	13,0	-	0,61	0,13	10,08	-	-	-	1789
la33	35	41,15	132,25	14,36	75,25	12	24	2,0	-	-	0,12	10,26	-	-	-	3138
la33	36	41,15	132,50	14,36	83,77	2	22	11,1	-	0,48	0,13	10,29	-	-	-	3494
la33	37	41,15	132,74	14,36	24,54	3	62	20,7	-	0,33	0,11	10,49	-	-	-	1024
la33	38	41,15	132,99	14,36	57,60	12	30	2,5	-	0,40	0,08	10,15	-	-	-	2402
la33	39	41,15	133,25	14,39	41,34	2	40	20,1	-	0,49	0,07	10,47	-	-	-	1728
la33	40	40,00	134,00	14,29	34,65	3	47	15,5	-	0,38	0,08	12,63	-	-	-	1438
la33	41	40,33	134,01	14,32	22,72	12	66	5,5	-	0,26	0,08	10,92	-	-	-	945

Таблица 11. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Широта	Долгота	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} / Z _{mix}	chl	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
la33	42	40,67	133,99	14,35	59,05	3	30	9,9	-	1,10	0,08	10,26	-	-	-	2461
la33	43	41,00	134,00	14,38	60,47	3	29	9,7	-	1,09	0,06	9,97	-	-	-	2525
la33	44	41,34	134,00	14,44	44,39	11	38	3,4	-	1,24	0,09	9,86	-	-	-	1861
la33	45	41,67	134,00	14,47	52,50	2	33	16,4	-	0,86	0,10	9,00	-	-	-	2206
la33	46	42,00	134,00	14,50	74,46	3	25	8,2	-	1,83	0,09	8,67	-	-	-	3135
la33	47	42,33	134,00	14,53	78,16	12	24	2,0	-	1,18	0,09	8,20	-	-	-	3297
la33	48	42,53	134,00	14,58	38,70	11	42	3,9	0,98	0,47	0,11	7,31	37,60	2,45	885	1638
la33	49	42,66	134,00	14,59	60,69	12	29	2,4	0,65	0,66	0,16	7,24	31,63	2,62	798	2571

Таблица 12. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. - номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
La38	1	132,00	42,92	10,90	37,07	16	44	2,8	-	1,52	0,18	15,91	-	-	-	667
La38	2	132,00	42,82	10,91	59,30	12,36	30	2,4	-	0,31	0,15	15,92	-	-	-	1067
La38	4	132,00	42,50	10,92	20,09	17,4	74	4,2	0,49	0,27	0,09	16,43	28,00	3,66	738	362
La38	5	132,00	42,33	10,92	35,84	10,9	45	4,2	-	0,36	0,08	17,58	-	-	-	646
La38	6	132,00	42,17	10,93	23,40	26,3	65	2,5	-	0,12	0,08	17,90	-	-	-	422
La38	7	132,00	42,00	10,89	30,66	20,9	52	2,5	0,42	0,18	0,08	17,37	26,23	3,80	716	551
La38	8	131,26	42,42	10,87	26,40	11,4	59	5,1	2,64	0,17	0,13	16,51	65,79	2,93	1383	474
La38	9,2	131,28	42,23	10,88	17,25	25,1	84	3,3	0,35	0,24	0,08	16,88	24,43	3,99	700	310
La38	10	131,25	42,00	10,89	21,85	22,7	69	3,0	0,41	0,20	0,08	17,46	25,88	3,83	712	393
La38	11	131,56	41,63	10,91	23,68	26	64	2,5	0,27	0,30	0,07	17,31	21,91	4,33	683	426
La38	12,1	132,32	41,01	10,88	18,72	26,6	78	2,9	-	0,21	0,07	17,26	-	-	-	336
La38	13	132,34	41,50	10,87	18,14	23,9	80	3,4	-	0,26	0,09	16,67	-	-	-	325
La38	14	132,33	41,83	10,85	17,35	10	83	8,3	-	0,23	0,10	16,52	-	-	-	311
La38	15	132,33	42,17	10,79	27,65	30,8	56	1,8	0,37	0,36	0,08	16,92	24,87	3,94	698	492
La38	16	133,01	41,49	10,82	19,07	25,6	77	3,0	0,17	0,14	0,07	16,19	17,94	5,32	681	340
La38	17	133,00	41,83	10,81	20,60	25,4	72	2,8	0,16	0,20	0,07	15,78	17,31	5,55	686	367
La38	18	133,00	42,17	10,79	25,46	10,4	60	5,8	0,48	0,43	0,09	14,94	27,79	3,65	722	453
La38	19	133,00	42,49	10,78	27,01	2,3	57	25,0	0,93	0,41	0,09	14,49	36,83	3,18	832	480
La38	20	132,90	42,58	10,73	26,31	10,6	59	5,5	1,32	0,73	0,10	14,61	46,30	3,04	996	466

Таблица 13. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. - номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_mix - глубина слоя перемешивания, Z_eu - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z_mix	Zeu	Zeu/Z_mix	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
La38	21	134,00	42,88	10,71	17,60	1,9	82	43,3	0,63	0,46	0,09	-	31,25	-	-	311
La38	22	134,00	42,74	10,72	9,97	10,7	133	12,4	0,38	0,11	0,07	15,31	25,30	3,89	696	176
La38	23	134,00	42,58	10,73	6,83	10,6	182	17,2	0,18	0,12	0,07	15,55	18,36	5,19	675	121
La38	24	134,00	42,33	10,74	24,50	25,6	62	2,4	0,16	0,48	0,07	16,36	17,66	5,41	677	434
La38	25	134,00	42,00	10,75	16,43	25	87	3,5	0,15	0,07	0,07	16,60	16,87	5,70	683	291
La38	27	135,17	42,00	10,71	11,14	25,8	121	4,7	-	0,09	0,07	17,00	-	-	-	197
La38	28	135,17	42,50	10,68	13,73	25,9	101	3,9	-	0,05	0,07	17,12	-	-	-	242
La38	29	134,97	42,73	10,67	16,70	24,3	86	3,5	0,23	0,04	0,07	16,13	20,37	4,66	668	294
La38	30	134,83	42,90	10,67	18,74	2,5	78	31,2	0,46	0,27	0,08	15,26	27,30	3,70	710	330
La38	31	134,72	43,06	10,66	29,23	10,3	54	5,2	0,63	0,58	0,08	14,66	31,24	3,41	750	514
La38	32	134,62	43,17	10,61	22,66	2,3	67	28,9	-	0,90	0,09	13,40	-	-	-	396
La38	33	135,23	43,49	10,59	26,50	13,5	58	4,3	-	0,55	0,09	12,49	-	-	-	463
La38	34	135,33	43,40	10,59	24,35	10,6	63	5,9	-	0,55	0,08	13,12	-	-	-	426
La38	35	135,44	43,33	10,60	22,56	12,3	67	5,4	-	0,22	0,07	14,26	-	-	-	394
La38	36	135,64	43,14	10,56	18,71	23	78	3,4	-	0,23	0,07	14,39	-	-	-	326
La38	37	135,97	42,86	10,57	17,83	25,2	81	3,2	-	0,18	0,06	15,30	-	-	-	311
La38	38	136,29	42,59	10,54	18,37	24,3	79	3,3	-	0,12	0,06	14,99	-	-	-	319
La38	39,4	136,29	41,99	10,57	16,62	25,7	86	3,4	0,31	0,26	0,06	15,33	23,10	4,16	671	290
La38	40	134,00	41,00	10,58	14,69	25,9	96	3,7	-	0,20	0,06	14,30				256
La38	41	134,00	40,50	10,60	13,96	16,6	100	6,0	0,24	0,17	0,06	14,66	20,69	4,57	662	244
La38	42	134,00	40,25	10,62	21,82	10	69	6,9	0,24	0,20	0,06	15,16	20,88	4,55	665	382

Таблица 14. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
La38	43	134,00	40,00	10,63	18,03	33,4	81	2,4	-	0,29	0,06	16,27				316
La38	44	132,34	40,50	10,60	18,16	9,5	80	8,4	0,29	0,27	0,07	14,00	22,34	4,24	663	318
La38	45	132,33	40,00	10,59	24,10	26,5	63	2,4	0,38	0,41	0,07	16,51	25,07	3,92	687	421
La38	46	132,33	39,50	10,61	25,20	25,1	61	2,4	0,34	0,35	0,08	17,01	24,04	4,04	680	441
La38	47	132,33	39,00	10,64	17,57	25,6	82	3,2	0,45	0,42	0,09	16,84	27,18	3,72	710	308
La38	48	132,34	38,50	10,66	20,16	24,7	73	3,0	0,53	0,47	0,10	18,29	29,01	3,56	727	355
La38	49	132,34	38,00	10,65	24,04	-	63	-	-	0,57	0,11	18,49	-	-	-	422
La38	50	131,90	37,66	10,67	58,62	-	30	-	0,84	0,76	0,17	20,17	35,31	3,20	796	1031
La38	51,2	131,47	37,32	10,68	39,92	-	41	-	0,62	0,94	0,11	20,16	31,10	3,36	737	704
La38	52	131,00	37,00	10,70	24,99	-	61	-	0,65	0,53	0,12	20,20	31,58	3,34	744	441
La38	53	130,60	36,57	10,72	30,55	-	52	-	-	0,58	0,11	20,71	-	-	-	540
La38	54	131,56	41,63	10,29	15,28	0,01	93	9262,9	0,45	0,12	0,15	13,53	27,05	3,64	669	259
La38	55	131,78	41,82	10,28	25,83	77	60	0,8	0,66	0,70	0,19	13,29	31,79	3,31	714	438
La38	56	132,00	42,00	10,22	39,37	0,01	42	4186,9	0,55	0,90	0,12	12,69	29,51	3,40	677	664
La38	57	132,00	42,16	10,21	69,60	0,01	26	2595,9	1,09	2,88	0,12	12,87	39,45	3,01	802	1173
La38	60	132,00	42,66	10,18	93,07	4	20	5,1	0,72	0,33	0,30	12,22	33,08	3,17	705	1564
La38	61	132,00	42,84	10,17	68,71	15,6	26	1,7	1,78	2,54	0,24	11,86	48,58	2,78	906	1153
La38	62	132,00	42,92	10,17	75,71	2,67	24	9,1	1,88	2,92	0,44	11,61	49,65	2,75	915	1270

Таблица 15. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
1a58	14	132,00	42,42	10,33	148,72	3	14	4,67	0,54	0,72	0,105	12,59	29,21	3,41	680	2534
1a58	15	132,00	42,31	10,33	118,12	3	15	5,00	0,47	0,59	0,094	13,41	27,55	3,59	675	2014
1a58	16	132,50	42,39	10,33	51,28	20	16	0,80	0,48	0,77	0,118	9,12	27,74	3,13	592	874
1a58	37	133,00	42,54	10,28	79,53	25	37	1,48	-	1,3	0,114	8,39	-	-	-	1348
1a58	38	133,00	42,51	10,28	65,83	3	38	12,67	-	1,22	0,102	8,51	-	-	-	1116
1a58	39	133,00	42,46	10,28	80,11	2	39	19,50	-	1,06	0,107	8,74	-	-	-	1359
1a58	68	131,59	42,37	10,20	74,54	3	68	22,67	-	0,49	0,112	13,44	-	-	-	1255
1a58	69	131,59	42,21	10,21	65,57	49	69	1,41	-	0,56	0,097	14,66	-	-	-	1105
1a58	70	131,59	42,08	10,22	56,24	24	70	2,92	-	0,52	0,103	13,96	-	-	-	948
1a58	71	131,59	41,96	10,23	77,78	49	71	1,45	-	0,51	0,100	13,66	-	-	-	1313
1a58	72	131,58	41,83	10,24	51,10	24	72	3,00	-	0,28	0,100	13,51	-	-	-	863
1a58	73	131,58	41,71	10,24	48,84	25	73	1,00	-	0,23	0,101	13,29	-	-	-	825
1a58	74	131,98	41,84	10,24	97,36	50	74	1,48	-	0,45	0,096	13,85	-	-	-	1644
1a58	75	132,00	41,99	10,23	74,87	25	75	3,00	-	0,57	0,096	14,12	-	-	-	1263
1a58	76	132,00	42,17	10,21	50,95	25	76	3,04	-	0,59	0,093	14,60	-	-	-	859
1a58	77	132,42	41,52	10,21	34,18	3	77	25,67	-	0,55	0,092	13,19	-	-	-	576
1a58	78	132,00	41,62	10,21	56,37	3	78	26,00	-	0,49	0,093	13,35	-	-	-	949
1a58	81	132,25	41,78	10,16	64,19	25	81	3,24	-	0,46	0,126	13,98	-	-	-	1076
1a58	84	132,50	41,94	10,15	66,83	3	84	28,00	-	0,37	0,141	12,61	-	-	-	1119

Таблица 16. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
la58	85	132,50	42,10	10,14	63,91	3	85	28,33	-	0,62	0,121	12,28	-	-	-	1069
la58	86	132,51	42,25	10,13	221,34	3	86	28,67	-	1,5	0,176	11,69	-	-	-	3698
la58	87	133,00	42,38	10,07	60,66	3	87	29,00	0,62	1,17	0,130	9,11	30,91	2,94	604	1008
la58	88	133,02	42,24	10,08	60,01	3	88	29,33	0,49	0,86	0,155	9,51	28,16	3,15	591	998
la58	89	132,98	42,07	10,10	76,28	25	89	3,56	-	0,68	0,162	10,35	-	-	-	1271
la58	90	133,00	41,83	10,11	44,42	3	90	30,00	-	0,44	0,101	11,86	-	-	-	741
la58	91	133,46	40,80	10,18	55,86	26	91	3,50	-	0,13	0,101	14,38	-	-	-	938
la58	92	134,00	39,83	10,24	58,25	50	92	1,84	-	0,87	0,111	18,00	-	-	-	984
la58	93	134,01	39,99	10,20	65,93	15	93	6,20	-	0,86	0,113	18,30	-	-	-	1109
la58	94	134,01	40,17	10,18	50,08	10	94	9,40	0,37	0,46	0,096	16,12	24,78	3,95	659	842
la58	95	134,01	40,34	10,17	33,16	25	95	3,80	0,37	0,47	0,091	15,25	25,00	3,92	658	557
la58	96	133,99	40,52	10,16	55,89	25	96	3,84	0,38	0,26	0,088	14,24	25,26	3,86	653	937
la58	97	133,97	40,84	10,14	41,47	26	97	3,73	0,40	0,52	0,095	14,30	25,82	3,80	657	694
la58	98	133,97	41,22	10,07	41,20	26	98	3,77	-	0,53	0,095	13,55	-	-	-	685
la58	99	134,01	41,55	10,05	52,00	26	99	3,81	-	0,51	0,090	12,44	-	-	-	862
la58	100	133,99	41,83	10,03	44,37	26	100	3,85	-	0,56	0,093	12,36	-	-	-	734
la58	101	134,02	42,17	9,97	62,52	9	101	11,22	-	0,72	0,099	10,93	-	-	-	1028
la58	102	133,96	42,30	9,92	60,26	9	102	11,33	0,41	0,5	0,097	9,85	26,11	3,37	575	986
la58	103	133,98	42,51	9,90	91,50	24	103	4,29	0,47	0,69	0,104	9,72	27,66	3,22	582	1495

Таблица 17. Данные всех параметров, использованных в курсовой работе, где № Ст. -номер станции, DLength - длина дня, chl tot ship - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по судовым данным, Z_{mix} - глубина слоя перемешивания, Z_{eu} - глубина эвфотического слоя, chl - концентрация хлорофилла-а в поверхностном слое по спутниковым данным, Kd(490) - коэффициент диффузного ослабления света в воде на длине волны 490 нм по спутниковым данным, SST - температура поверхности океана, chl tot sat - концентрация хлорофилла-а во всем слое фотосинтеза, рассчитанная по спутниковым данным, chl ship - концентрация хлорофилла-а в первой оптической глубине, рассчитанная по судовым данным, Pb opt - удельная оптимальная скорость фотосинтеза, PP sat – первичная продукция, рассчитанная по спутниковым данным, PP ship - первичная продукция, рассчитанная по судовым данным. Красным отмечены станции, на которых концентрация хлорофилла-а по судовым данным является недостоверной из-за большого промежутка между измеренными горизонтами. Данные станции не использовались при анализе оценок первичной продукции.

Рейс	№ Ст.	Долгота	Широта	Dlength	chl tot ship	Z _{mix}	Z _{eu}	Z _{eu} /Z _{mix}	chl sat	chl ship	Kd(490)	SST	chl tot sat	Pb opt	PP sat	PP ship
1a58	104	134,00	42,59	9,90	73,86	10	104	10,40	0,44	0,56	0,103	9,33	26,93	3,22	567	1206
1a58	105	134,00	42,67	9,89	55,10	10	105	10,50	0,55	0,38	0,111	8,92	29,41	2,99	574	899
1a58	106	134,25	42,80	9,88	57,22	10	106	10,60	0,53	0,56	0,105	8,87	28,96	3,01	569	933
1a58	107	134,17	42,50	9,90	84,89	2	107	53,50	0,48	0,53	0,101	9,90	27,79	3,23	587	1387
1a58	108	133,50	42,58	9,90	58,86	10	108	10,80	0,50	0,82	0,130	8,75	28,26	3,04	561	961
1a58	109	133,51	42,33	9,92	46,57	3	109	36,33	0,61	1,01	0,110	9,12	30,79	2,94	593	762
1a58	110	133,51	42,08	9,90	51,28	3	110	36,67	0,46	0,69	0,102	10,93	27,36	3,39	606	837
1a58	111	133,50	41,83	9,91	53,86	25	111	4,44	0,50	0,7	0,105	12,82	28,26	3,50	647	881