

А.Б. Федотов, В.В. Суслин, Г.К. Коротаев

*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь*

### ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА АССИМИЛЯЦИИ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В БИООПТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЕРНОГО МОРЯ

В работе предложен алгоритм ассимиляции спутниковых данных о спектральных характеристиках восходящего излучения морской поверхности в модели экосистемы Черного моря. В качестве данных использовались значения спектрального коэффициента яркости моря, полученные после обработки измерений цветового сканера *SeaWiFS*. Ассимиляция спутниковых данных с использованием предложенного алгоритма позволяет уточнить величины оптически активных компонент морской среды, получаемые в расчетах по междисциплинарной модели Черного моря, что в свою очередь позволяет повысить точность результатов численного моделирования экосистемы для глубоководной части Черного моря.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Черное море, спутниковые данные, ассимиляция, экологическая модель, многоканальный цветовой сканер, SeaWiFS.*

**Введение.** Спутниковая информация о поверхностных характеристиках моря, таких как температура, значения уровня, данные о цвете моря, широко используется в исследованиях, связанных с изучением состояния Черного моря [1, 2] дает представления о таких динамических явлениях как поверхностные крупномасштабные и мезомасштабные течения, синоптические вихри и зоны апвеллинга. Значительный объем и периодичность получаемой спутниковой информации наряду с построением численных экологических моделей делают ее чрезвычайно важной для построения систем непрерывного контроля состояния экосистемы Черного моря.

Проведенные исследования [3] показали перспективность использования спутниковых данных для определения поверхностной концентрации хлорофилла-«а», что позволило, используя феноменологические соотношения между концентрацией хлорофилла-«а» и содержанием органического азота в морском фитопланктоне, осуществить оценки поверхностной концентрации фитопланктона без разделения на отдельные компоненты. В то же время фитопланктон является не единственным компонентом морской среды, ответственным за рассеяние и поглощение падающей солнечной радиации и формирование восходящего излучения из верхнего слоя моря в видимом диапазоне спектра.

Представляется важным использование всей доступной информации о рассеивающих и поглощающих свойствах морской среды открытой части Черного моря в совокупности с данными, полученными с использованием многоканального цветового сканера.

**Одномерная модель экосистемы Черного моря.** Одномерная экологическая модель [4] описывает годовой ход биохимических параметров Черного

моря в виде вертикальных профилей концентраций следующих основных девяти компонент, из которых четыре являются оптически активными, а именно: две компоненты фитопланктона  $P_f(z)$  – динофлагелляты,  $P_d(z)$  – диатомовые;  $D_n(z)$  – растворенное органическое вещество,  $P_n(z)$  – взвешенное органическое вещество, и пять компонент являются оптически неактивными, это:  $A(z)$  – аммоний,  $B(z)$  – бактериопланктон, две группы зоопланктона  $H_s(z)$  – микрозоопланктон,  $H_l(z)$  – мезозоопланктон и  $Ni(z)$  – совместно описываемые нитраты и нитриты.

Изменение во времени компонент экосистемы описывается эволюционными уравнениями, в правой части которых стоят члены типа источников-стоков

$$F_i(z, t + \delta t) = F_i(z, t) + R(F(z, t)) \cdot \delta t, \quad (1)$$

где  $F_i(z, t)$  – компоненты экосистемы,  $R(F(z, t))$  – член, описывающий взаимодействие  $i$ -ой компоненты экосистемы с другими,  $F(z, t)$  – вектор с компонентами  $F_i(z, t)$ .

В качестве начальных условий задавалось равномерное по глубине от 0 м до 150 м распределение всех биохимических компонент, на поверхности моря задавались нулевые потоки всех характеристик, на глубине 150 м, соответствующей среднему положению верхней границы сероводородного слоя, значения всех компонент полагались равным нулю. Внешнее воздействие в экологической модели задано параметризованными потоками биогенов, соответствующими суммарному выносу их в Черное море такими реками как Дунай, Днепр и Днестр.

В качестве базового расчета был проведен расчет от начального момента времени, соответствующего началу октября, на 900 суток, так что конец расчета соответствует концу марта. При выборе продолжительности базового расчета было принято во внимание то обстоятельство, что [3] только примерно на второй год модельного времени интегрирования параметры экосистемы выходят на квазипериодический режим, описывающий сезонную изменчивость. Кроме того, данная продолжительность расчета была выбрана в связи с обеспеченностью спутниковыми данными *SeaWiFS* (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* – прибор для наблюдения цветных полей) на конец марта 1998 года, и, главным образом, тем обстоятельством, что данный период года характеризуется резким всплеском концентрации диатомовых водорослей.

Временной ход поверхностной концентрации взвешенного органического вещества (детрита)  $P_n$  при  $z = 0$  приведен на рис. 1, отчетливо видны квазипериодические максимумы концентрации, соответствующие началу весны. В последующих численных экспериментах в качестве начальных полей были взяты поля основного расчета для момента времени 1170 суток. Начало экспериментов продолжительностью 100 суток модельного времени отмечено разрывом линии графика при  $t = 1170$  суток. Временной ход поверхностной концентрации детрита также представлен на рис. 1 на временном интервале 1170 – 1270 суток.

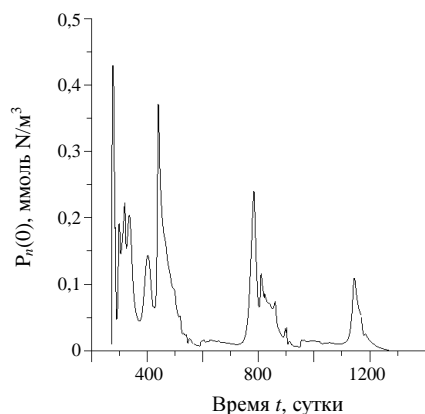


Рис. 1. Временной ход  $P_n(0)$ , рассчитанный в базовом эксперименте на 900 суток ( $t = 270 - 1170$  суток) и на 100 суток ( $t = 1170 - 1270$  суток).

Данное исследование имеет своей целью определение отклика всей системы на входящие возмущения, а также является чрезвычайно полезным при ассимиляции спутниковых данных, поступающих через незначительный временной интервал. Это позволяет различить ошибку прогноза по экологической модели, связанную с неточностью собственно модели, и отклик системы на предыдущие акты ассимиляции данных.

В контексте данной работы предполагается *a priori*, что алгоритм разрабатывается для ассимиляции информации о поверхностной концентрации оптически активных компонент морской среды при том, что посредством экологической модели осуществляется прогноз всех биохимических компонент морской среды открытой части Черного моря.

Проведенные численные эксперименты показали, что акты ассимиляции данных о концентрации оптически активных компонент относительно слабо отражаются на поведении других оптически активных компонент, но приводят к значительному отклонению значений оптически неактивных компонент от значений, рассчитанных по модели.

Характерный вид временного хода коэффициентов корреляции приведен на рис. 2. Данные зависимости в графической форме отражают отклик экологической модели на ассимиляцию данных концентрации оптически активных компонент, в частности, растворенной органики и диатомовых водорослей. Обращает на себя внимание порядок величины отклика. Единичное возмущение концентрации  $D_n$  дает положительный отклик модели в виде увеличения концентрации бактериопланктона на величину до 90 % от величины начального возмущения с запаздыванием приблизительно 10 суток модельного времени и увеличения концентрации аммония на величину около 40 % с запаздыванием приблизительно 14 суток. Правый график отражает реакцию экологической модели на возмущения поверхностной концентрации диатомовых водорослей, результаты расчетов показывают

В целях исследования поведения системы и определения ее устойчивости системы под воздействием возмущений, вызываемых процессом ассимиляции спутниковых данных в работе, был выполнен ряд экспериментов по оценке временных корреляционных характеристик экологической модели. Схема экспериментов была предложена следующая: в начальные данные экологической модели вносятся возмущения в один из рассчитываемых компонентов модели, на основании ансамбля возмущений строятся коэффициенты корреляции между возмущаемым компонентом и исследуемым. Данное

рост концентраций этих же компонент практически с одновременным запаздыванием около 15 суток, причем величина отклика существенно ниже, для аммония она не превышает 33 %, а для бактериопланктона всего 9 %.

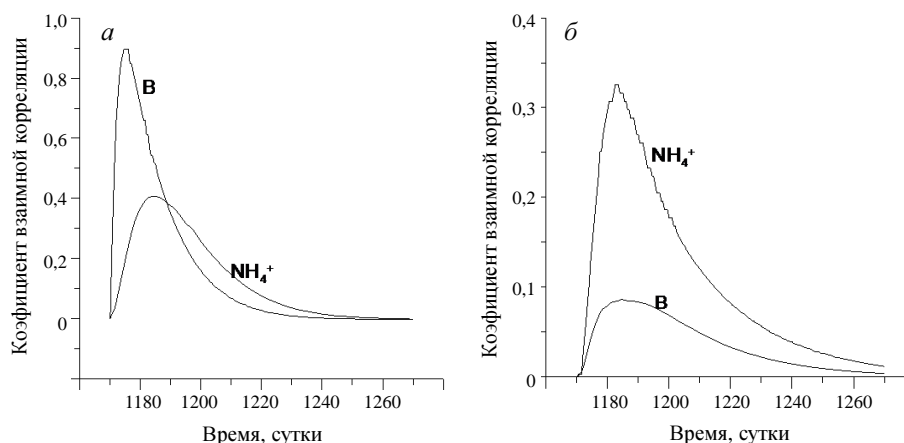


Рис. 2. Коэффициент взаимной корреляции концентрации оптически неактивных компонент морской среды: аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) и бактериопланктона (B) с начальными возмущениями: *a* – концентрации растворенного органического вещества  $D_n$  ( $z = 0$ ); *b* – поверхностной концентрации диатомовых  $P_d$  ( $z = 0$ ).

Проведенный эксперимент важен с точки зрения оценки обратного отклика экологической модели на рост концентрации оптически неактивных компонент. Численные расчеты по оценке коэффициентов корреляции концентрации оптически активных компонентов модели и начального возмущения оптически неактивных, в частности, аммония и бактериопланктона, показали, что данный коэффициент корреляции за все время эксперимента не превышает величины 0,1 % и данный обратный эффект в экологической модели при ассимиляции спутниковых данных может не приниматься во внимание.

Более интересным представляется влияние возмущений концентрации одного из оптически активных компонентов морской среды на концентрацию остальных оптически активных компонентов. Наиболее чувствительной в этом контексте экологическая модель оказалась по отношению к возмущениям поверхностной концентрации диатомовых. Здесь уместно подчеркнуть, что численные эксперименты были проведены для модельного весеннего периода цветения диатомовых, когда начался процесс резкого уменьшения их концентрации.

Приведенные на рис. 3 графики позволяют сделать вывод о незначительном влиянии возмущений начальной концентрации диатомовых на концентрацию растворенной органики. Естественным в ходе отмирания диатомовых представляется отклик экологической модели в виде роста концентрации детрита на величину до 11 % с постепенным возвратом к невозмущенному состоянию. Следует уделить внимание тому, как ведет себя поверхностная концентрация

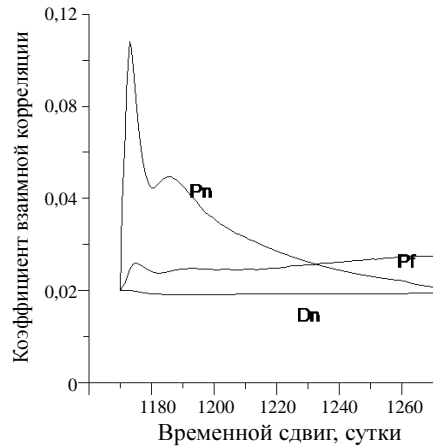


Рис. 3. Коэффициент взаимной корреляции концентрации оптически активных компонент морской среды: детрита  $P_n$ , динофлагеллят  $P_f$  и растворенной органики  $D_n$ .

Перспектива подобных исследований связывается с применением дистанционных методов измерений и, прежде всего, с измерениями спектра восходящего излучения верхнего слоя моря в его видимом диапазоне. Для этого необходимо смоделировать взаимосвязь этого спектра с концентрациями оптически активных компонент морской среды.

**Модель коэффициента яркости моря.** Спектральный коэффициент яркости моря  $\rho_w$  на длине волны  $\lambda$  с учетом профиля по глубине  $z$  суммарного поглощения и обратного рассеяния света в морской воде, следуя работе [5], рассчитывался по формуле

$$\rho_w(\lambda) = \gamma \cdot \int b_b(\lambda, z) \exp\left(\frac{a(\lambda, z)}{\mu_1} \cdot z\right) \exp\left(\frac{a(\lambda, z)}{\mu_2} \cdot z\right) dz, \quad (2)$$

$\gamma$  – константа, равная  $0,12 \text{ стер}^{-1}$ ,  $b_b(\lambda, z)$  – спектральный коэффициент обратного рассеяния света морской водой ( $\text{м}^{-1}$ ) на глубине  $z$ ;  $a(\lambda, z)$  – спектральный коэффициент поглощения света морской водой ( $\text{м}^{-1}$ ) на глубине  $z$ ;  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – средние косинусы передней и задней половины индикатрисы рассеяния, равные 1 и 0,5 соответственно.

Рассмотрим подробнее параметризацию  $a(\lambda, z)$  и  $b_b(\lambda, z)$  оптически активных параметров, входящих в экологическую модель [4]. Коэффициент обратного рассеяния света морской водой является суммой двух компонент

$$b_b(\lambda, z) = b_{bw}(\lambda) + b_{bp}(\lambda, z), \quad (3)$$

где  $b_{bw}(\lambda)$  – спектральный коэффициент обратного рассеяния света чистой морской водой, который мы считали не зависящим от  $z$  и задавали согласно

динофлагеллят при возмущении концентрации диатомовых. Для величины  $P_f$  не наблюдается возврат к невозмущенному состоянию экосистемы. Система переходит к новому состоянию, отклонение концентрации  $P_f$  от невозмущенного состояния не превышает 2%, тем не менее, данный эксперимент позволяет утверждать об адаптивности экологической модели по отношению к ассимиляции данных о концентрации диатомовых. Представленная модель описывает изменчивость концентраций биохимических компонент верхнего слоя Черного моря, при этом важно отметить, что экспериментальное измерение концентраций этих компонент является чрезвычайно трудоемким процессом.

[6];  $b_{bp}(\lambda, z)$  – спектральный коэффициент обратного рассеяния света частицами взвеси на глубине  $z$ .

Спектральная зависимость  $b_{bp}(\lambda, z)$  определялась следующим выражением:

$$b_{bp}(\lambda, z) = b_{bp}(\lambda_{00}, z) \cdot \left( \frac{\lambda}{\lambda_{00}} \right)^{-n}, \quad (4)$$

где  $b_{bp}(\lambda_{00}, z)$  – коэффициент обратного рассеяния света частицами взвеси на опорной длине волны  $\lambda_{00}$  на глубине  $z$ ;  $\lambda_{00}$  – опорная длина волны, равная 555 нм;  $n$  – показатель, характеризующий спектральную зависимость  $b_{bp}(\lambda, z)$ , равный 1. Заметим, что центр пятого спектрального канала (СК) цветового сканера *SeaWiFS* [7] равен 555 нм.

Профиль  $b_{bp}(\lambda_{00}, z)$  от  $z$  является функцией следующих параметров экологической модели

$$b_{bp}(\lambda_{00}, z) = \alpha_1 \cdot (P_n(z) + P_f(z) + P_d(z)) + \beta_1, \quad (5)$$

где  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  – константы модели, оцененные по спутниковым данным и результатам расчета экологической модели для весны (март: цветение) и конца лета (отсутствие цветения: август), равные  $0,0591 \text{ м}^2/\text{мМоль N}$  и  $1,38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^{-1}$  соответственно;  $P_n$  – концентрация детрита в мМоль N/м<sup>3</sup>;  $P_f$  – концентрация динофлагеллят в мМоль N/м<sup>3</sup>;  $P_d$  – концентрация диатомовых водорослей в мМоль N/м<sup>3</sup>;  $b_{bp}(\lambda_{00}, z)$  имеет размерность м<sup>-1</sup>.

Суммарный коэффициент поглощения света состоит из трех слагаемых

$$a(\lambda, z) = a_w(\lambda) + a_{CDM}(\lambda, z) + a_{ph}(\lambda, z), \quad (6)$$

где  $a_w(\lambda)$  – спектральный коэффициент поглощения света чистой морской водой, который не зависит от глубины  $z$  и задается согласно [8];  $a_{CDM}(\lambda, z)$  – спектральный коэффициент поглощения растворенным органическим веществом на глубине  $z$ ;  $a_{ph}(\lambda, z)$  – спектральный коэффициент поглощения фитопланктоном на глубине  $z$ .

Спектральная зависимость  $a_{CDM}(\lambda, z)$  имеет следующий вид

$$a_{CDM}(\lambda, z) = a_{CDM}(\lambda_{01}, z) \cdot \exp(-S \cdot (\lambda - \lambda_{01})), \quad (7)$$

где  $a_{CDM}(\lambda_{01}, z)$  – коэффициент поглощения растворенным органическим веществом на опорной длине волны  $\lambda_{01}$  на глубине  $z$ ;  $\lambda_{01}$  – опорная длина волны, равная 490 нм и соответствующая третьему СК цветового сканера *SeaWiFS*;  $S$  – константа, равная  $0,018 \text{ нм}^{-1}$ , согласно [9].

Профиль  $a_{CDM}(\lambda_{01}, z)$  от  $z$  задается следующим выражением

$$a_{CDM}(\lambda_{01}, z) = \alpha_2 \cdot D_n(z) + \beta_2, \quad (8)$$

где  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  – константы модели, равные 0,0225 м<sup>2</sup>/мМоль N и 0,026 м<sup>-1</sup>;  $D_n(z)$  – концентрация растворенного органического вещества в мМоль N/м<sup>3</sup>

Константы  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  найдены из предположения существования связи между  $D_n(0)$  и  $a_{CDM}(\lambda_{01}, 0)$ , где значения концентрации  $D_n(0)$  брались из экологической модели для весны и марта, а значения  $a_{CDM}(\lambda_{01}, 0)$  из спутниковых данных за 1998 г. для этих же месяцев.

Параметризация  $a_{ph}(\lambda, z)$  имеет следующий вид

$$a_{ph}(\lambda, z) = a_{ph}^*(\lambda) \cdot C_a(z), \quad (9)$$

где  $a_{ph}^*(\lambda)$  – удельный спектральный показатель поглощения фитопланктона задавался согласно работе [10],  $C_a(z)$  – концентрация хлорофилла-«а» на глубине  $z$  в мг/м<sup>3</sup>.

Переменная  $C_a(z)$  является функцией параметров экологической модели

$$C_a(z) = \alpha_3 \cdot (P_f(z) + P_d(z)) + \beta_3, \quad (10)$$

где  $\alpha_3$  и  $\beta_3$  – константы модели, равные 3,0 мг  $C_a$ /мМоль N и 0 мг  $C_a$ /м<sup>3</sup> соответственно, найденные исходя из данных биохимической модели для весны (марта) и лета (августа) и *in situ* измерений, выполненных в 1998 г. Чуриловой Т.Я. [11] в те же месяцы;  $P_f(z)$  – концентрация динофлагеллят на глубине  $z$ , в мМоль N/м<sup>3</sup>;  $P_d(z)$  – концентрация диатомовых водорослей на глубине  $z$ , в мМоль N/м<sup>3</sup>.

В работе были использованы коэффициенты яркости моря  $\rho_w$  в шести СК 412, 443, 490, 510, 555 и 670 нм, полученные в результате обработки измерений цветового сканера *SeaWiFS* [7] за 1998 г. Эти данные были проинтерполированы на 4-х км сетку с 2-х недельным осреднением.

Чтобы минимизировать грубые ошибки атмосферной коррекции, из массива исключались спектры  $\rho_w$ , которые обладали следующими свойствами:

- $\rho_w < 0$  для любого СК;
- измерения были сделаны в зоне блика;
- в ближайших узлах сетки ( $\pm 1$  узел сетки) находился объект повышенной яркости, в нашем случае облачность.

**Восстановление поверхностных концентраций оптически активных компонентов морской среды по спутниковым данным о спектральном коэффициенте яркости моря.** Экологическая модель позволяет получать вертикальные профили оптически активных компонентов морской среды. С использованием методики предыдущего раздела были построены модельные спектры восходящего излучения морской поверхности для центральной части Черного моря для модельного времени, соответствующего

концу марта, что позволило сравнить измеренные значения спектрального коэффициента яркости моря с рассчитанными.

Невязки спектра для  $j$ -го спектрального канала определяются по модельному спектру  $Sm_j$  и поступившим спутниковым данным  $Sd_j$  как

$$\delta S_j = Sm_j - Sd_j . \quad (11)$$

По модельным поверхностным концентрациям оптически активных компонент  $F_i(0)$  и модельному спектру  $Sm$  строится корреляционная матрица невязок  $SF_{ij}$

Невязки концентраций оптически активных компонент  $\delta F_i$  определяются путем решения системы линейных уравнений  $\delta S_j = \sum SF_{ij} \cdot \delta F_i$  (суммирование по индексу  $i$ ).

Коррекция оптически активных компонент осуществляется по всей глубине

$$F_i^*(z) = F_i(z)(1 + \delta F_i/F_i(0)) . \quad (12)$$

Результаты осуществления ассимиляции по предлагаемой методике продемонстрированы ниже. На рис. 4 приведены спектры восходящего излучения морской поверхности Черного моря для конца марта в сравнении с данными *SeaWiFS*.

Сплошной линией изображены спектры, полученные по вышеприведенной методике: спектр, построенный с использованием концентраций оптически активных компонент, рассчитанных по экологической модели на конец марта модельного времени.

Крестиками отмечены спутниковые данные о спектральном коэффициенте яркости моря в шести каналах. Применение процедуры ассимиляции спутниковых данных через расчет невязок оптически активных компонентов позволяет построить скорректированные концентрации этих компонентов, и, соответственно, скорректированный спектр поверхностного излучения.

Представленные графики (см. рис. 4, *а*) показывают удовлетворительную работу алгоритма по восстановлению концентраций оптически активных компонентов при использовании данных по каналам в диапазоне 443 – 555 нм.

График, приведенный на рис. 4, *б* показывает только формальную работу алгоритма, это связано с сильным поглощением солнечной радиации на длинах волн 412 и 670 нм растворенным органическим веществом и чистой водой соответственно, что обуславливает отсутствие информации о концентрации хлорофилла-«*а*» в спутниковых данных по этим каналам.



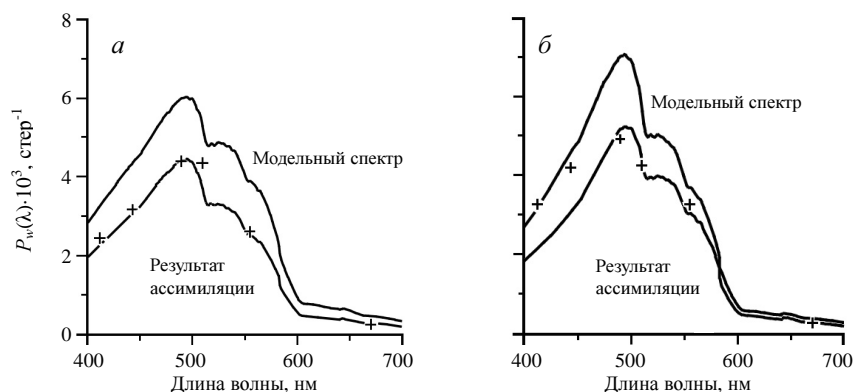


Рис. 4. Сравнение спектров коэффициента яркости моря, построенных по модельным и скорректированным концентрациям оптически активных компонентов, крестиками отмечены спутниковые данные, при корректировке использованы данные по каналам: *a* – 443, 490, 510, 555 нм; *б* – 490, 510, 555, 670 нм.

**Заключение.** Таким образом, разработанный алгоритм ассимиляции концентрации оптически активных компонентов: двух составляющих фитопланктона, растворенного органического вещества и взвешенного органического вещества позволяет корректировать модельные значения данных параметров и может быть применен в трехмерной междисциплинарной модели для всей открытой части Черного моря.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорофеев В.Л., Коротаев Г.К. Ассимиляция данных спутниковой альтиметрии в вихререзающей модели циркуляции Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – №1. – С. 52-68.
2. Korotaev G.K., Oguz T., Nikiforov A.A. et al. Seasonal, interannual and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from assimilation of altimeter data into a reduced-gravity model // J. Geophys. Res. – 2003. – Vol. 108, № С4. – P.3122/doi:1029/2002JC001508.
3. Дорофеев В.Л., Коротаев Г.К., Суевин В.С., Сухих Л.И. Ассимиляция спутниковых изображений цвета моря в междисциплинарной модели экосистемы Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2008. – Вып. 16. – С. 323-332.
4. Дорофеев В.Л., Огуз Т., Коротаев Г.К. Моделирование биологической изменчивости Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2005. – Вып. 12. – С. 71-82.
5. Корчемкина Е.Н. Определение концентраций пигментов фитопланктона в морской воде по данным дистанционных и контактных оптических измерений: дисс. ... канд. физ.-мат. наук / Морской гидрофизический институт, Севастополь, 2012. – 157 с.

6. *Smith R.C., Baker K.S.* Optical properties of the clearest natural waters (200-800 nm). // *Appl. Opt.* – 1981. – Vol. 20. – P. 177-184.
7. *Feldman G.C., McClain C.R.* Ocean Color Web, SeaWiFS Reprocessing R2009.1, NASA Goddard Space Flight Center. Eds. Kuring N., Bailey S.W., <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. – 2009.
8. *Pope R.M., Fry E.S.* Absorption spectrum (380-700 nm) of the pure water. II. Integrating cavity measurements // *Appl. Opt.* – 1997. – Vol. 36. – P. 8710-8723.
9. *Churilova T.Ya., Suslin V.V., Berseneva G.P., Pryahina S.F.* Parametrization of light absorption by phytoplankton, non-algal particles and coloured dissolved organic matter in the Black Sea // *Current Problems in Optics of Natural Waters: Proc. 4th Int. Conf. (Nizhny Novgorod, September 11 – 15, 2007)*. – Nizhny Novgorod. – 2007. – P. 70-74.
10. *Bricaud A., Babin M., Morel A. et al.* Variability in the chlorophyll-specific absorption coefficients of natural phytoplankton: Analysis and parameterization // *J. Geophys. Res.* – 1995. – Vol. 100, № C7. – P. 13321-13332.
11. *Чурилова Т.Я., Берсенева Г.П., Георгиева Л.В.* Изменчивость био-оптических характеристик фитопланктона в Черном море // *Океанология*. – 2004. – Том 44, № 2. – С. 208-221.

Матеріал поступив в редакцію 25.11.2012 г.

**АНОТАЦІЯ** У роботі запропонований алгоритм асиміляції супутникових даних про спектральні характеристики висхідного випромінювання морської поверхні в моделі екосистеми Чорного моря. Як дані використовувалися значення спектрального коефіцієнта яскравості моря, отримані після обробки вимірів колірною сканера *SeaWiFS*. Асиміляція супутникових даних з використанням запропонованого алгоритму дозволяє уточнити величини оптично активних компонентів морського середовища, отримувані в розрахунках по міждисциплінарній моделі Чорного моря, що у свою чергу дозволяє підвищити точність результатів чисельного моделювання екосистеми для глибоководної частини Чорного моря.

**ABSTRACT** In the paper has been developed the satellite data assimilation algorithm on the spectral characteristics of the upward radiation of the sea upper layer in a model of the ecosystem of the Black Sea. The data received by the *SeaWiFS* instrument. Assimilation of satellite data with the use of the proposed algorithm allows to specify the values of optically active component of the marine environment, received in the calculation of interdisciplinary models of the Black Sea, which in its turn allows to increase the accuracy of the results of the numerical simulation of the ecosystem for a deep-water part of the Black Sea.