

Анализ результатов наблюдений и методы расчета гидрофизических полей океана

УДК 551.46.08

В.С. Суетин, Г.А. Толкаченко, С.Н. Королев, А.А. Кучерявый

Оптические свойства аэрозолей и атмосферная коррекция спутниковых наблюдений Черного моря

Рассмотрены новые примеры проявления особенностей оптических свойств атмосферных аэрозолей в результатах наблюдений Черного моря из космоса. В качестве дополнительного источника информации использованы наземные измерения на станции системы *AERONET*. Показано, что и после выполненного в *NASA* обновления моделей и алгоритма атмосферной коррекции в ряде случаев получаются ошибочные результаты при определении спектральных коэффициентов яркости моря.

Ключевые слова: Черное море, аэрозоль, атмосферная коррекция, спутниковые наблюдения, коэффициент яркости моря.

Введение

Начиная с мая 2006 г. в Морском гидрофизическом институте НАН Украины функционирует наблюдательная станция наземных измерений оптических характеристик аэрозоля системы *AERONET* (*Aerosol Robotic Network*) [1], которая обеспечивает систематический сбор и обработку по унифицированным алгоритмам информации о состоянии атмосферы. Получаемые в системе *AERONET* данные обладают высокой информативностью и могут применяться при решении широкого круга научных и прикладных задач [2].

Настоящая работа посвящена изучению таких характеристик свойств аэрозоля, которые способны оказывать существенное влияние на результаты определения оптических параметров Черного моря с использованием дистанционных измерений, выполняемых космическими приборами *SeaWiFS* и *MODIS* [3].

Одним из основных этапов обработки таких данных является атмосферная коррекция. Процедура атмосферной коррекции чрезвычайно сложна, требует учета большого числа факторов, включает в себя много элементов, на практике для ее реализации применяются более или менее упрощенные методики и алгоритмы [4, 5]. Опыт показывает, что при наблюдении Черного моря во многих случаях получаемые результаты могут иметь большие ошибки [6 – 8]. До недавнего времени в *NASA* в ходе оперативной обработки данных *SeaWiFS* и *MODIS* использовалась процедура атмосферной коррекции, разра-

© В.С. Суетин, Г.А. Толкаченко, С.Н. Королев, А.А. Кучерявый, 2013

ботанная более 15 лет назад в начале осуществления проекта *SeaWiFS* [4, 9], и только в 2009 – 2010 гг. специалистами *NASA* были сделаны ее существенные обновления [5]. В связи с этим необходимо проведение дальнейших исследований, направленных на выяснение региональных особенностей влияния атмосферы при использовании космических наблюдений Черного моря. Эффективность таких исследований существенно повышается благодаря возможности привлечения данных системы *AERONET*.

Тестовые данные

Изложенные ниже результаты получены с использованием стандартных данных, хранящихся в специализированных архивах *NASA*, открытых для общего доступа через Интернет. В архиве системы *AERONET* содержится множество характеристик атмосферного аэрозоля: оптическая толщина $\tau_A(\lambda)$ для разных длин волн излучения λ , альbedo однократного рассеяния $\omega_0(\lambda)$, показатели Ангстрема α для различных сочетаний λ и т.д. [2]. Данные спутниковых приборов *SeaWiFS* и *MODIS* представляют собой продукты многоэтапной стандартизированной обработки, подготовленные в *NASA* в 2010 г. при очередном полном обновлении всего содержимого архива с использованием модернизированных моделей и алгоритмов. Рассматриваются результаты определения спектрального коэффициента яркости моря $R_{rs}(\lambda)$, концентрации хлорофилла a , оптической толщины аэрозольной составляющей атмосферы, показателя Ангстрема.

Удобными для практического использования являются ежедневные спутниковые данные третьего уровня стандартной обработки (формат *Level-3*), которые, как правило, получаются по измерениям с одного витка орбиты спутника при его пролете над Черным морем. Формат *Level-3* – это осредненные по пространственным ячейкам размером $\sim 9 \times 9$ км итоговые продукты обработки, для которых выполнены все необходимые операции преобразований, включая отбраковку плохо пригодных для использования отсчетов по ряду формальных критериев.

Закономерности формирования восходящего излучения, фиксируемого на спутнике над сушей и морем, существенно различаются, и вследствие влияния внутренней засветки в приборе данные *SeaWiFS* и *MODIS*, полученные в непосредственной близости к берегу, отбраковываются [10]. Станция *AERONET* «Севастополь» расположена на берегу, поэтому совместный анализ получаемых с ее помощью измерений и спутниковых данных можно делать только при выполнении ряда благоприятных условий. Кроме того, в зависимости от состояния атмосферы, времени суток и других факторов полнота получаемой в системе *AERONET* информации различна. Спутниковые данные при разных условиях наблюдений также могут обладать существенно различной информативностью.

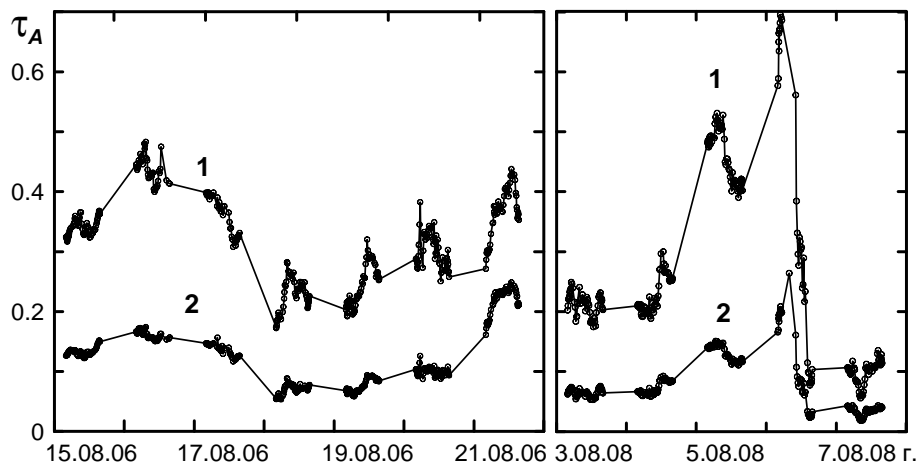
Исходя из этих ограничений, для эффективного решения поставленной задачи необходимо использовать специальным образом отобранные данные, которые удовлетворяют некоторым требованиям обеспеченности и репрезентативности. В числе таких требований, прежде всего, выступают отсутствие облачности и принадлежность атмосферного аэрозоля к представляющему

интерес для изучения типу, а также однородность его характеристик в пределах некоторой достаточно протяженной окрестности станции «Севастополь». Оптическая плотность аэрозоля при этом должна быть достаточно высокой, чтобы связанные с ним эффекты существенным образом проявлялись в восходящем излучении, но в то же время и не настолько высокой, чтобы при обработке результатов измерений происходила их автоматическая отбраковка по критериям, применяемым для выделения облачности.

По результатам предварительного просмотра архивных материалов с учетом перечисленных требований были выбраны измерения, выполненные 16, 19 августа 2006 г. и 3, 5, 7 августа 2008 г.

Характеристики атмосферы

Общие представления об особенностях состояния атмосферы в указанные дни и годы можно составить по приведенным на рис. 1 результатам измерений на станции «Севастополь» оптической толщины аэрозольной составляющей атмосферы $\tau_A(\lambda)$ для длин волн λ , равных 440 и 870 нм. В 2006 и 2008 гг. в пределах показанных интервалов времени происходили существенные вариации $\tau_A(\lambda)$, ее минимальные значения имели место 19 августа 2006 г. и 3, 7 августа 2008 г., максимальные – 16 и 21 августа 2006 г. и 5 августа 2008 г.



Р и с. 1. Оптическая толщина аэрозольной составляющей атмосферы $\tau_A(\lambda)$ при $\lambda = 440$ нм (1) и $\lambda = 870$ нм (2)

Интересная особенность представленных на рис. 1 графиков состоит в том, что 16 августа 2006 г. $\tau_A(440)$ выше, а $\tau_A(870)$ ниже, чем 21 августа 2006 г. Соответственно, показатель Ангстрема α (определенный по данным *AERONET* для длин волн 440 и 870 нм) 16 августа 2006 г. в течение дня менялся в интервале 1,44 – 1,60, а 21 августа 2006 г. – в интервале 0,704 – 0,880. Таким образом, в эти два дня аэрозоль имел принципиально разные оптиче-

ские свойства. 5 августа 2008 г. показатель Ангстрема был примерно таким же, как 16 августа 2006 г., $\alpha = 1,82 - 1,89$.

Для более ясного понимания оптических свойств атмосферного аэрозоля кроме параметров $\tau_A(\lambda)$ и α полезно дополнительно учитывать еще и определяемые в системе *AERONET* спектры альbedo однократного рассеяния $\omega_0(\lambda)$. Эта характеристика интересна тем, что она содержит информацию об эффектах поглощения света частицами аэрозоля. Примеры спектров $\omega_0(\lambda)$ для некоторых из рассматриваемых нами дней приведены в таблице.

Спектры альbedo однократного рассеяния, определенные на станции *AERONET* «Севастополь»

Дата	Время (ч:мин:с)	$\omega_0(440)$	$\omega_0(675)$	$\omega_0(870)$
16.08.2006 г.	06:21:16	0,9183	0,9178	0,9163
21.08.2006 г.	07:51:32	0,9047	0,9470	0,9592
5.08.2008 г.	06:10:51	0,8406	0,7908	0,7822
	13:36:42	0,8684	0,8374	0,8201

Следует заметить, что время отсчетов $\omega_0(\lambda)$, указанное в таблице, не соответствует времени спутниковых съемок, которые проводились в эти дни примерно в 11 ч (пояснение к этой несинхронности будет приведено несколько ниже). Здесь и в таблице время дано по Гринвичу.

Спектры $\omega_0(\lambda)$, полученные 16 августа 2006 г. и 5 августа 2008 г., имеют почти одинаковую форму, тогда как $\omega_0(\lambda)$ от 21 августа 2006 г. обладают фактически противоположным спектральным ходом.

Сопоставление приведенных здесь значений α и спектров $\omega_0(\lambda)$ с известными из литературы позволяет заключить, что 16 августа 2006 г. и 5 августа 2008 г. наблюдался смешанный аэрозоль, состоявший из продуктов горения растительности или промышленных выбросов [11]. Что же касается атмосферных эффектов 21 августа 2006 г., в работе [12] показано, что в этот день они были обусловлены накрывшим значительную часть Черного моря интенсивным выносом африканской пыли.

Специфика работы системы *AERONET* состоит в том, что при отсутствии облаков измерения $\tau_A(\lambda)$ и α с шагом по времени ~ 15 мин имеются в течение всего дня. Вместе с тем даже и в полностью безоблачных условиях данные о спектрах $\omega_0(\lambda)$ в дневное время, как правило, отсутствуют. 16 и 21 августа 2006 г. такие данные есть только для раннего утра, а 5 августа 2008 г. они зафиксированы как в утреннее время, так и в послеполуденное. Это означает, что в нашем распоряжении нет строго синхронных спутниковых данных и измерений $\omega_0(\lambda)$ на станции «Севастополь». По этой причине в таблице приведены только спектры $\omega_0(\lambda)$, наиболее близкие по времени к съемкам со спутника (*Aqua*).

Тем не менее по ряду признаков можно заключить, что в рассматриваемых здесь ситуациях это обстоятельство не играет принципиальной роли. Прежде всего, различие по времени между спутниковыми наблюдениями и

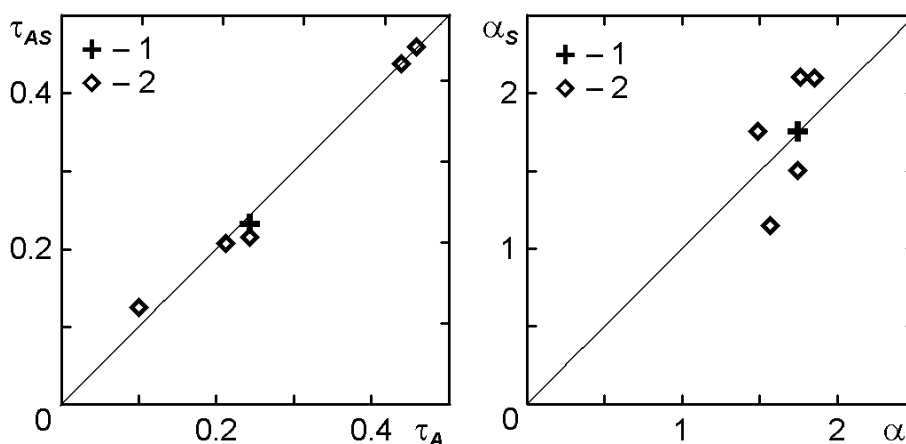
данными *AERONET* не превышает 5 ч. Кроме того, на рис. 1 хорошо видно, что в течение каждого из рассматриваемых дней величины $\tau_A(\lambda)$ остаются почти постоянными. Детальный анализ показывает также, что имеющиеся в эти дни спектры $\omega_0(\lambda)$ для более раннего утреннего времени практически совпадают с данными из таблицы. А для 5 августа 2008 г. в архиве есть еще и спектры $\omega_0(\lambda)$ для более позднего послеполуденного времени, которые тоже, по существу, не отличаются от приведенных в таблице. Таким образом, вполне логично предположить, что 16 августа 2006 г. и 5 августа 2008 г. аэрозоль по своему типу в течение дня не менялся.

Как уже было отмечено, необходимо учитывать также невозможность прямого пространственного совмещения спутниковых наблюдений и показаний установленной на берегу станции *AERONET*. Однако если выполняется условие однородности атмосферы в пределах достаточно протяженной области, то вполне допустимо рассматривать спутниковые данные, относящиеся к участку моря на некотором удалении от берега. Сопоставление результатов определения атмосферных параметров из космоса и по данным *AERONET* для 16, 19 августа 2006 г. и 3, 5, 7 августа 2008 г. приведено на рис. 2. При построении диаграмм данные *AERONET* были осреднены по времени в течение каждого дня, а спутниковые измерения осреднялись в пределах прямоугольного участка размером $\sim 25 \times 25$ км с координатами центра $\sim 33,2^\circ$ в. д., $44,2^\circ$ с. ш. Чтобы отличить космические данные об оптической толщине аэрозоля и показателе Ангстрема, здесь и ниже в обозначениях для них добавляется индекс *S*. На рис. 2, а через τ_A и τ_{AS} обозначена оптическая толщина аэрозоля при $\lambda = 440$ нм. В архиве спутниковых данных имеются $\tau_{AS}(\lambda)$, определенные по показаниям приборов *SeaWiFS* и *MODIS* только при λ , равных 865 и 869 нм соответственно. Поэтому с целью более корректного сопоставления с данными *AERONET* для $\lambda = 440$ нм приведенные на рис. 2, а значения τ_{AS} были вычислены через $\tau_{AS}(865)$, $\tau_{AS}(869)$ и имеющиеся в архиве показатели Ангстрема. Рассматривать $\tau_A(\lambda)$ при $\lambda > 800$ нм не очень интересно, так как это уже не видимый, а инфракрасный диапазон спектра. Что же касается α и α_S , их значения в архивах *NASA* определены для сочетаний длин волн 440 – 870, 443 – 865 и 443 – 869 нм по данным *AERONET*, *SeaWiFS* и *MODIS* соответственно.

Отметим также, что вследствие отбраковки спутниковых данных при слишком высоком уровне сигнала в рассматриваемом участке моря на рис. 2 отсутствуют измерения, выполненные 21 августа 2006 г., а для 19 августа 2006 г. на каждой из диаграмм имеются по две точки, которые получены по данным приборов *SeaWiFS* и *MODIS*.

Рис. 2 показывает, что результаты определения характеристик аэрозоля в системе *AERONET* и по спутниковым измерениям не противоречат друг другу. Для оптической толщины аэрозоля совпадение почти идеальное (рис. 2, а). Некоторое расхождение имеет место для показателя Ангстрема (рис. 2, б), однако оно не нарушает основной закономерности, состоящей в повышенном уровне α в указанные дни по сравнению с 21 августа 2006 г., когда в атмосфере над Черным морем наблюдалась африканская пыль. Наи-

большее отличие α_s от α зафиксировано 7 августа 2008 г. (нижняя точка на диаграмме рис. 2, б), тогда как в другие дни это отличие можно считать пренебрежимо малым. Заметим, что в ситуациях с низким уровнем $\tau_A(\lambda)$ небольшие отличия в α не могут играть критической роли.

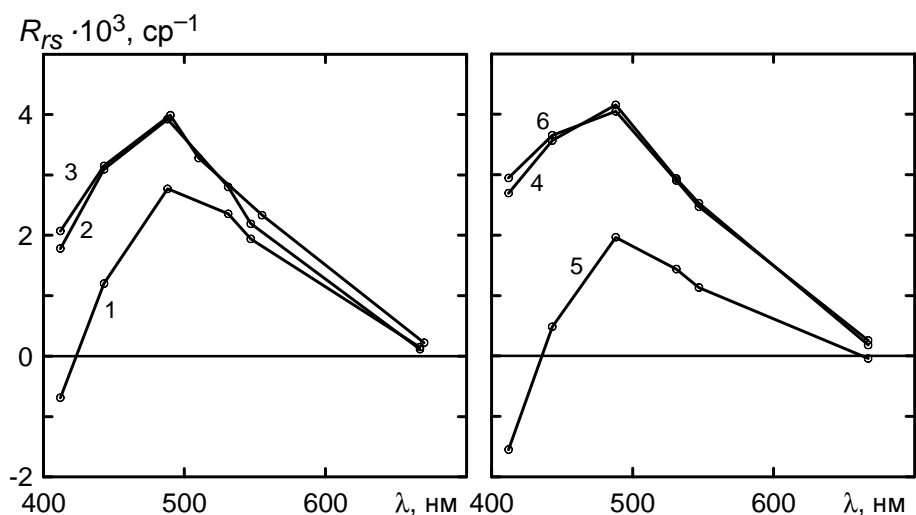


Р и с. 2. Соотношение между результатами определения характеристик атмосферного аэрозоля по данным *AERONET* (τ_A , α) и по спутниковым измерениям (τ_{As} , α_s): 1 – *SeaWiFS*, 2 – *MODIS*

В целом показанные на рис. 2 данные говорят о том, что на рассматриваемом участке моря атмосферный аэрозоль по своим оптическим свойствам был таким же, как над станцией «Севастополь». Таким образом, использование этого участка для выполнения анализа полученных в результате атмосферной коррекции спутниковых наблюдений спектров $R_{rs}(\lambda)$ является вполне оправданным.

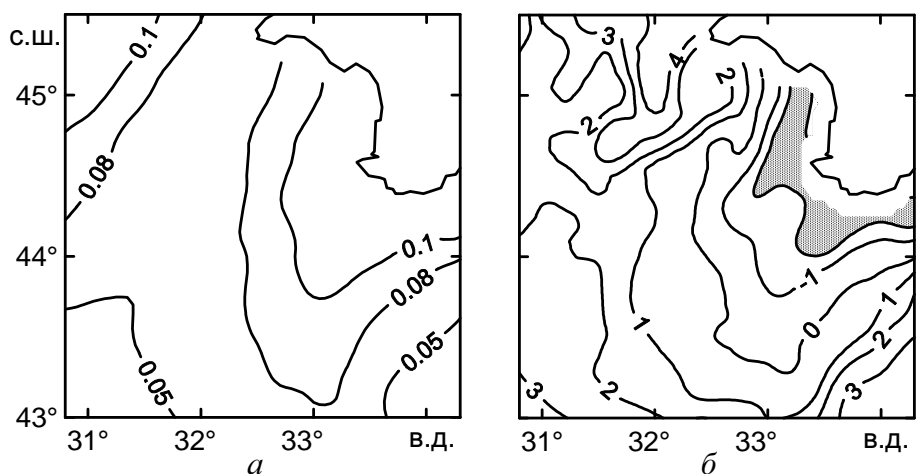
Параметры моря

Соответствующие показанным на рис. 2 точкам спектры $R_{rs}(\lambda)$ приведены на рис. 3. Прежде всего, здесь легко увидеть, что в зависимости от $\tau_A(\lambda)$ полученные по спутниковым измерениям $R_{rs}(\lambda)$ принципиально различаются. По своей форме эти спектры, определенные при чистой атмосфере (19 августа 2006 г., 3 и 7 августа 2008 г.), почти одинаковы, они являются вполне обычными для открытой части Черного моря в летний сезон. В этих спектрах $R_{rs}(\lambda) > 0$ при всех λ , т. е. нет очевидных проявлений атмосферных искажений. С другой стороны, 16 августа 2006 г. и 5 августа 2008 г. (при высоком уровне τ_A) $R_{rs}(412) < 0$, что является следствием атмосферных искажений, поскольку отрицательные R_{rs} не имеют физического смысла. Аналогичная закономерность отчетливо проявляется и в пространственном распределении этих величин.



Р и с. 3. Спектральные зависимости $R_{rs}(\lambda)$, полученные по данным *MODIS* 16, 19 августа 2006 г. (1 и 2), 3, 5, 7 августа 2008 г. (4, 5, 6) и *SeaWiFS* 19 августа 2006 г. (3)

В качестве примера на рис. 4 показаны схематические карты распределения $\tau_{AS}(869)$ и $R_{rs}(412)$, полученные по данным прибора *MODIS* 5 августа 2008 г. Здесь были взяты эти величины, поскольку именно они входят в число продуктов стандартной операционной обработки спутниковых данных в архиве *NASA*, а атмосферные искажения при повышенных значениях $\tau_{AS}(\lambda)$ сильнее проявляются в коротковолновом участке спектра.



Р и с. 4. Результаты определения оптической толщины аэрозоля при $\lambda = 869$ нм (а) и величины $R_{rs}(412) \cdot 10^3 \text{ ср}^{-1}$ (б) по данным *MODIS* от 5 августа 2008 г. Заштрихована область $R_{rs}(412) < -0,002 \text{ ср}^{-1}$

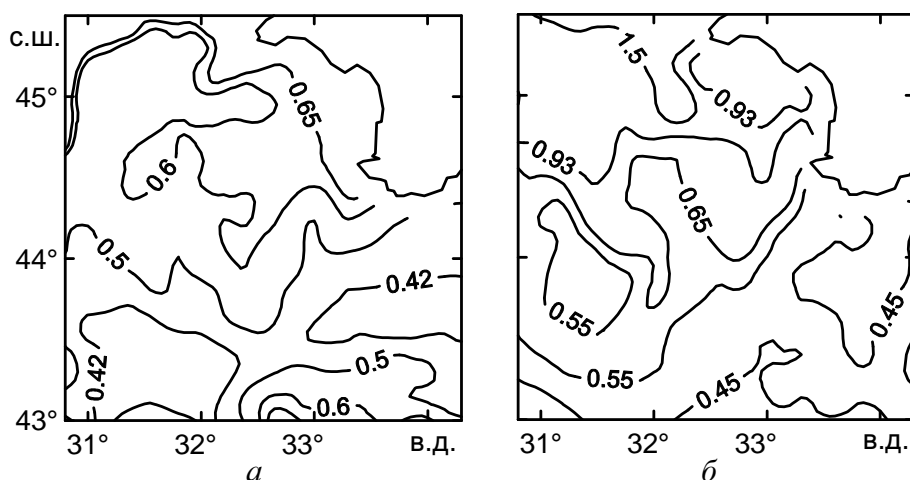
На рис. 4, *a* отчетливо выделяется широкий и протяженный «язык» с повышенным уровнем $\tau_{AS}(869)$, накрывающий юго-западную часть Крыма и распространяющийся почти до середины моря. Соответственно в поле $R_{rs}(412)$ (рис. 4, *b*) получаются отрицательные значения этой величины, они лишены физического смысла и являются следствием и признаком атмосферных искажений. За пределами этого «языка» $\tau_{AS}(869)$ имеет низкий уровень, а $R_{rs}(412) > 0$.

Что же касается 16 августа 2006 г., в этот день во всем рассматриваемом районе наблюдались высокие значения $\tau_{AS}(869)$ и выполнялось условие $R_{rs}(412) < 0$. И наоборот, 19 августа 2006 г., 3 и 7 августа 2008 г. над большей частью моря была очень чистая атмосфера и выполнялось условие $R_{rs}(412) > 0$.

Считается, что эффективность использования космических наблюдений может быть повышена за счет комплексной обработки измерений, получаемых одновременно по всем спектральным каналам спутникового прибора [13]. Но для этого необходимо, чтобы атмосферная коррекция для всех λ выполнялась без ошибок. Приведенные примеры говорят о том, что даже и после обновления используемый в *NASA* алгоритм далеко не всегда дает хорошие результаты.

Ранее в упрощенных алгоритмах предполагалось, что для выполнения атмосферной коррекции достаточно определить спектры $\tau_A(\lambda)$, однако реальные механизмы формирования излучения в системе море – атмосфера оказываются намного сложнее, что и может приводить в ряде случаев к неоднозначным результатам при определении оптических параметров моря по измерениям из космоса даже при использовании более совершенных алгоритмов. Приведенные в таблице спектры $\omega_\lambda(\lambda)$ указывают на существенное поглощение света частицами аэрозоля, а, как известно, эффекты поглощения плохо учитываются в алгоритмах атмосферной коррекции [4, 16].

В заключение отметим, что в эти периоды времени в рассматриваемом районе моря не происходило каких-либо аномальных процессов, которые могли бы экстремальным образом сказаться на результатах определения $R_{rs}(\lambda)$. На рис. 5 схематически показаны карты концентрации хлорофилла *a* (C_a) в приповерхностном слое моря для тех дней, когда атмосфера была очень чистой. Числовые значения C_a были определены по универсальному алгоритму, используемому в *NASA* для стандартной обработки данных глобальных наблюдений. Вследствие дополнительного вклада со стороны растворенного в воде органического вещества в Черном море эти значения, как правило, оказываются несколько завышенными [14, 15]. Тем не менее приведенные карты отражают обычное летнее пространственное распределение C_a в рассматриваемом районе моря, и на них нет существенных проявлений атмосферных искажений.



Р и с. 5. Результаты определения концентрации хлорофилла a ($\text{мг}\cdot\text{м}^{-3}$) по данным *SeaWiFS* от 19 августа 2006 г. (а) и *MODIS* – от 3 августа 2008 г. (б)

Выводы

Проведенный совместный анализ данных системы *AERONET* и спутниковых наблюдений Черного моря позволяет яснее понять, каким образом реальные свойства атмосферного аэрозоля проявляются в результатах стандартной операционной обработки оптических наблюдений моря из космоса. Рассмотренные примеры показывают, что и после выполненного в *NASA* обновления моделей и алгоритма атмосферной коррекции при определении спектральных коэффициентов яркости моря в ряде случаев получаются ошибочные результаты.

Система *AERONET* может служить полезным источником информации для повышения достоверности интерпретации спутниковых данных с учетом специфических особенностей атмосферы в регионе Черного моря.

Авторы выражают благодарность группе обработки спутниковой информации *NASA GSFC* (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>) и коллективу проекта *AERONET* (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>) за предоставленную возможность использования эмпирических материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толкаченко Г.А., Holben B.N., Ли М.Е., Коротяев Г.К. Автоматизированная система контроля параметров атмосферы // Системы контроля окружающей среды. Средства и информационные технологии. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – С. 24 – 32.
2. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I. et al. AERONET – a federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Rem. Sens. Environ. – 1998. – 66. – P. 1 – 16.
3. McClain C.R., Hooker S.B., Feldman G.C. et al. Satellite data for ocean biology, biogeochemistry, and climate research // EOS Trans., AGU. – 2006. – 87, № 34. – P. 337 – 343.

4. *Gordon H.R.* Atmospheric correction of ocean color imagery in the Earth Observing System era // *J. Geophys. Res.* – 1997. – 102, № D14. – P. 17081 – 17106.
5. *Ahmad Z., Franz B.A., McClain C.R. et al.* New aerosol models for the retrieval of aerosol optical thickness and normalized water-leaving radiances from the SeaWiFS and MODIS sensors over coastal regions and open oceans // *Appl. Opt.* – 2010. – 49, № 29. – P. 5545 – 5560.
6. *Суетин В.С., Королев С.Н., Суслин В.В., Кучерявый А.А.* Проявление особенностей оптических свойств атмосферного аэрозоля над Черным морем при интерпретации данных спутникового прибора SeaWiFS // *Морской гидрофизический журнал.* – 2004. – № 1. – С. 69 – 79.
7. *Суетин В.С., Королев С.Н., Суслин В.В., Кучерявый А.А.* Проявления атмосферных искажений в данных спутникового прибора SeaWiFS в окрестности океанографической платформы в Кацивели летом 2002 г. // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. – Вып. 11. – С. 174 – 183.
8. *Суетин В.С., Королев С.Н., Суслин В.В., Кучерявый А.А.* Уточненная интерпретация данных наблюдений Черного моря спутниковым прибором SeaWiFS осенью 1998 г. // *Морской гидрофизический журнал.* – 2008. – № 2. – С. 68 – 79.
9. *Gordon H.R., Wang M.* Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: a preliminary algorithm // *Appl. Opt.* – 1994. – 33, № 3. – P. 443 – 452.
10. *Barnes R., Holmes A., Esaias W.* Stray light in the SeaWiFS radiometer // *NASA Techn. Memo.* 104566. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. – 1998. – 31. – 76 p.
11. *Dubovik O., Holben B.N., Eck T.F. et al.* Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations // *J. Atmos. Sci.* – 2002. – 59. – P. 590 – 608.
12. *Суетин В.С., Королев С.Н., Суслин В.В., Кучерявый А.А.* Проявления пылевого аэрозоля в результатах оптических наблюдений Черного моря из космоса // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – Вып. 16. – С. 202 – 211.
13. *IOCCG (2000) Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex, waters.* Sathyendranath, S. (ed.), Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, No. 3, IOCCG, Dartmouth, Canada. – 140 p.
14. *Суетин В.С., Суслин В.В., Кучерявый А.А. и др.* Особенности интерпретации данных дистанционных оптических наблюдений Черного моря с помощью прибора SeaWiFS // *Морской гидрофизический журнал.* – 2001. – № 2. – С. 71 – 80.
15. *Суетин В.С., Суслин В.В., Королев С.Н., Кучерявый А.А.* Оценка изменчивости оптических свойств воды в Черном море летом 1998 года по данным спутникового прибора SeaWiFS // *Там же.* – 2002. – № 6. – С. 44 – 54.
16. *Li L., Fukushima H., Frouin R. et al.* Influence of submicron absorptive aerosol on Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) – derived marine reflectance during Aerosol Characterization Experiment (ACE) – Asia // *J. Geophys. Res.* – 2003. – 108, № D15. – 4472, doi:10.1029/2002JD002776, 2003.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь

Материал поступил
в редакцию 12.09.11
После доработки 19.10.11

АНОТАЦІЯ Розглянуті нові приклади проявів особливостей оптичних властивостей атмосферних аерозолів у результатах спостережень Чорного моря з космосу. Як додаткове джерело інформації використані наземні вимірювання на станції системи *AERONET*. Показано, що й після виконаного в *NASA* оновлення моделей та алгоритму атмосферної корекції у ряді випадків виходять помилкові результати при визначенні спектральних коефіцієнтів яскравості моря.

Ключові слова: Чорне море, аерозоль, атмосферна корекція, супутникові спостереження, коефіцієнт яскравості моря.

ABSTRACT New examples of manifestations of the atmospheric aerosols' optical features revealed in the results of the Black Sea observations from space are considered. The land-based measurements from the AERONET station are used as an additional source of information. It is shown that in some cases determination of spectral remote sensing reflectance of the sea yields erroneous results even after the models and the algorithm for atmospheric correction were updated in NASA.

Keywords: Black Sea, aerosol, atmospheric correction, satellite observations, remote sensing reflectance of the sea.