

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ПОЛЯРИЗОВАННОГО СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НАД ОКЕАНОМ С УЧЕТОМ ПЕРВИЧНО-ПРОДУКЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ\*

Т.В. Русскова

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

Предлагается подход, позволяющий моделировать перенос поляризованного солнечного излучения над океаном с учетом первично-продукционных показателей его поверхностного слоя и ветрового волнения методом Монте-Карло. Исследуется зависимость рассчитанных в соответствии с этим подходом значений альbedo океана от условий освещения, скорости приводного ветра и первично-продукционных характеристик. Обсуждаются особенности углового распределения интенсивности излучения на уровне верхней границы атмосферы, выявленные при разных условиях численного эксперимента. Получены оценки погрешностей расчета вектора Стокса и степени поляризации, обусловленных пренебрежением взаимодействием света с поверхностным слоем водной среды при решении векторного уравнения переноса.

**Ключевые слова:** *солнечная радиация, поляризация, отражение света, океан, фитопланктон, дистанционное зондирование, метод Монте-Карло.*

### Введение

В настоящее время возможности проведения наземного и спутникового мониторинга атмосферы, а также получения оперативной информации об энергетических характеристиках солнечного излучения существенно расширились благодаря обновлению приборной базы и запуску спутников с лучшим техническим оснащением. Для эффективной обработки и корректной интерпретации поступающих с измерительных приборов данных необходима разработка и дальнейшее развитие соответствующего программно-алгоритмического обеспечения. Важным, а в ряде случаев единственно возможным математическим средством поляриметрических исследований атмосферы и поверхности Земли является векторная модель переноса солнечного излучения.

Ряд задач пассивного дистанционного зондирования до сих пор решается в предположении упрощенной модели атмосферы и поверхности (горизонтально однородная изотропная деполяризирующая поверхность, пренебрежение взаимодействием света с поверхностным слоем океана, пренебрежение поляризаций света и др.), что в отдельных ситуациях может приводить к неверной интерпретации измерений. Поскольку большинство из ранее разработанных различными группами исследователей радиационных кодов недоступны для непосредственного использования, для решения теоретических и экспериментальных задач требуется разработка оригинальной модели, базирующейся как на ранее реализованных, так и новых алгоритмах. При этом каждая вновь разрабатываемая модель должна обладать возможностями, среди которых следует отметить особо точный учет: 1) многократно рассеянного излучения, 2) отражательной способности поверхности Земли в зависимости от направлений наблюдения и освещения, а также типа поверхности, 3) вертикальной изменчивости оптических характеристик реальной атмосферы, 4) поляризации солнечного излучения.

В течение последних лет неизменно возрастает интерес к переносу поляризованного излучения в системе «атмосфера – океан» в связи с использованием поляризации в методах спутникового и лазерного зондирования атмосферы и океана. Отдельного внимания заслуживает случай моделирования переноса поляризованного солнечного излучения над океаном с учетом ветрового волнения и процессов взаимодействия света с водной средой. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что данную задачу нельзя считать окончательно решенной, а сопутствующие исследования – завершенными. В частности, требуют развития и последующей валидации алгоритмы, обеспечивающие учет первично-продукционных показателей поверхностного слоя водных сред и позволяющие решать как прямые, так и обратные задачи дистанционного зондирования рассматриваемой системы.

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-77-10022, <https://rscf.ru/project/19-77-10022/>.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>