

Оценки коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в океане по данным дрейфтеров: проблемы картирования и параметризации

Д.А. Лыжков¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Интерес к исследованию процессов турбулентной диффузии и перемешивания в океане обусловлен в первую очередь определяющей ролью турбулентности в формировании гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и иных полей в океанской среде. Поскольку разрешить турбулентные вихри разного масштаба, которые непосредственно осуществляют обмен теплом, массой, импульсом и различного рода активными и пассивными примесями в океане в рамках глобальных климатических конечно-разностных численных моделей океана технически невозможно ни сейчас, ни в обозримом будущем, становится актуальной проблема параметризации коэффициентов вертикального и горизонтального турбулентного обмена.

Реализация Глобальной дрейфтерной программы, которая стартовала в 1979 г. и продолжается по сей день, открыла новые возможности изучения процессов горизонтального турбулентной диффузии в океане. В работах [1]-[2] был разработан метод, позволяющий рассчитать по данным дрейфтеров оценки коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии K на регулярной сетке, нечувствительные к маскирующему эффекту сдвига средней скорости течения (так называемый метод меньшего из главных компонентов тензора диффузии Девиса [3]), и построены карты K в Тихом и Атлантическом океанах. За последнее десятилетие, прошедшее со времени публикации результатов данных работ, объем дрейфтерных данных более чем утроился и было достигнуто более равномерное покрытие всей акватории Мирового океана (за исключением полярных областей с ледяным покровом). В свете открывшихся новых возможностей для исследований одной из целей являлось получение по данным дрейфтеров оценок коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в Индийском океане в квадратах $2^\circ \times 2^\circ$ и анализ полученных пространственных распределений K в зависимости от особенностей поля поверхностных течений, что было недоступно ранее из-за недостаточного количества дрейфтерных данных.

Необходимость модификации использовавшегося в [1]-[2] метода расчета коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в океане по данным дрейфтеров также была вызвана недавним открытием эффекта подавления коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в сильных океанских течениях. И, наконец, потребовалась коррекция методики расчета коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии по данным дрейфтеров в связи с недавней публикацией [4]. В ней было показано,

что только около 30% данных, собранных в рамках Глобальной дрейфтерной программы, были получены от дрейфтеров с плавучим якорем, расположенным на глубине 15 м под поверхностью моря, тогда как в среднем 70% времени «жизни» дрейфтеры существуют без плавучего якоря. Поскольку в последнем случае динамика дрейфтера существенно изменяется, то было решено разбить весь массив данных на подмассивы данных дрейфтеров с плавучим якорем и без плавучего якоря и рассматривать эти подмассивы отдельно.

С учетом вышеперечисленных обстоятельств было проведено исследование процессов горизонтальной турбулентной диффузии, в результате которого была предложена и реализована модификация разработанного ранее [1]-[2] метода расчета коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии K по данным дрейфтеров для адекватного учета сезонного хода средних океанских течений, эффекта подавления горизонтальной диффузии в сильных океанских течениях и возможности потери дрейфтером плавучего якоря. Предложено рассмотрение двух коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии: максимального K_{\max} , соответствующего интегрированию лагранжевой автокорреляции скорости в пределах первого положительного участка, и асимптотического K_{∞} при больших значениях сдвига по времени. K_{\max} важен для описания роста дисперсии трассера на малых временных масштабах, K_{∞} — на больших временных масштабах. По рассчитанным оценкам были построены карты K_{\max} и K_{∞} в верхнем квазиоднородном и поверхностном слоях Мирового океана, а также рассмотрены различные возможности параметризации коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии в океане.

Полученные в результате исследования карты коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в Мировом океане и разработанный подход к его параметризации могут быть использованы при моделировании океанской циркуляции и процессов переноса примесей (в частности, антропогенных и терригенных загрязнений).

Литература

1. Zhurbas V., Oh I.S. Lateral diffusivity and Lagrangian scales in the Pacific Ocean as derived from drifter data. – J. Geophys. Res. – 2003. – V. 108(C5). – P. 3141–3149.
2. Zhurbas V., Oh I.S. Drifter-derived maps of lateral diffusivity in the Pacific and Atlantic Oceans in relation to surface circulation patterns. – J. Geophys. Res. – 2004. – V. 109. – C0501.
3. Davis R.E. Modeling eddy transport of passive tracers. – J. Mar. Res. – 1987. – V. 45. – P. 635–666.
4. Lumpkin R., Grodsky S.A., Centurioni L., Rio M.-H., Carton, J.A., Lee, D. Removing spurious low-frequency variability in drifter velocities. – Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. – 2013. – V. 30. – № 2. – P. 353–360.