

П. Д. Ломакин, А. И. Чепыженко, А. А. Чепыженко

Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОЙ ГЛУБИНЫ В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ

На базе контактных и спутниковых данных оценена информативная глубина в Керченском проливе. Эта характеристика изменяется в интервале 2 – 4 м. Она минимальна, когда в проливе преобладают насыщенные взвесью азовоморские воды, и максимальна, когда на его акватории распространены воды Черного моря с минимальной концентрацией взвешенного вещества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *информативная глубина, Керченский пролив, Черное море, Азовское море, общее взвешенное вещество*

Введение. В мировой практике гидрооптических дистанционных исследований введено понятие информативная глубина (*the penetration depth* [4]) – горизонт, глубже которого сведения о взвеси, даже при высоких ее концентрациях, не проявляются в спутниковой информации. Другими словами информативная глубина – это верхний слой воды, в пределах которого возможно оценить содержание суммарной взвеси, располагая спутниковыми данными и соответствующими контактными подспутниковыми измерениями.

В предлагаемой статье показан алгоритм расчета информативной глубины ($h_{\text{инф}}$) в Керченском проливе и приведены ее оценки для двух типичных для региона гидрологических ситуаций. Когда в проливе преобладают насыщенные взвесью азовоморские воды и, когда на его акватории распространены прозрачные воды Черного моря с минимальной концентрацией взвешенного вещества.

Исходные данные и методы исследования. Оценка информативной глубины возможна при наличии данных о концентрации взвеси, полученных инструментальными средствами, и расчетов, учитывающих эффект уменьшения вклада в принимаемый спутником сигнал нижележащих насыщенных взвесью слоев слоями, расположенными выше. То есть расчетов, позволяющих оценить эффект вертикальной сепарации выходящего из стратифицированной водной толщи оптического сигнала. При этом принимается важное допущение – свойства взвеси (размерный состав и прочие, влияющие на рассеивающие свойства факторы) не изменяются с глубиной [1].

Обсуждение результатов. Рассмотрим пример оценки информативной глубины для исследуемого региона при генеральном переносе вод из Азовского моря в Черное. То есть в ситуации, когда в проливе преобладают наиболее мутные, насыщенные взвесью азовоморские воды, и информативная глубина минимальна.

Для этого воспользуемся горизонтальными распределениями содержания ОВВ, полученными в ходе комплексной океанографической съемки Керченского пролива 5 мая 2005 г. и данными о плотности фототона $B(x, y)$ в точках выполненных станций, определенной по соответствующему космическому снимку (рис. 1, 2).

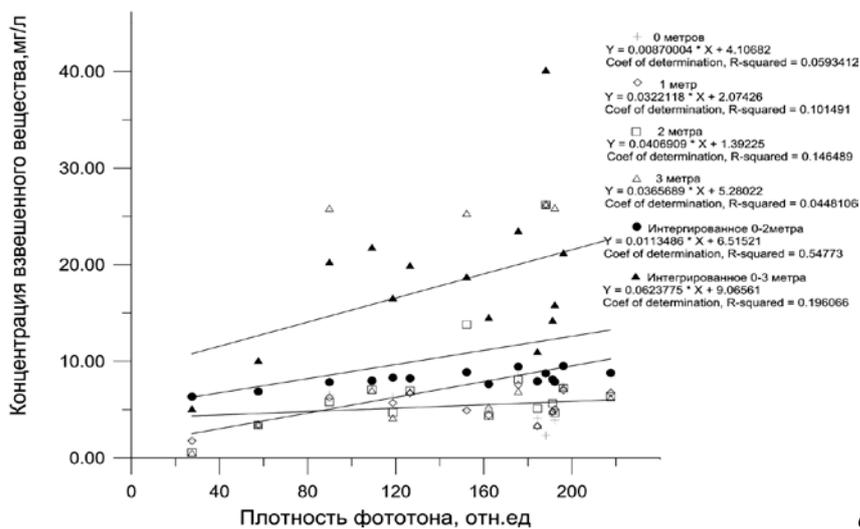
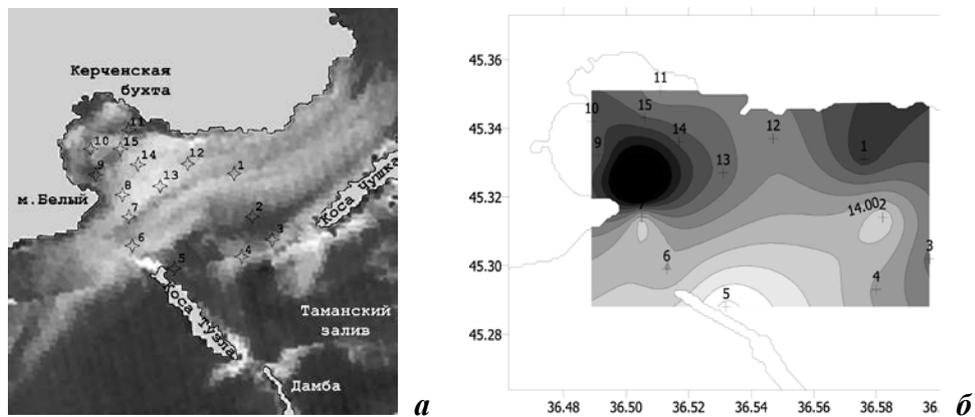
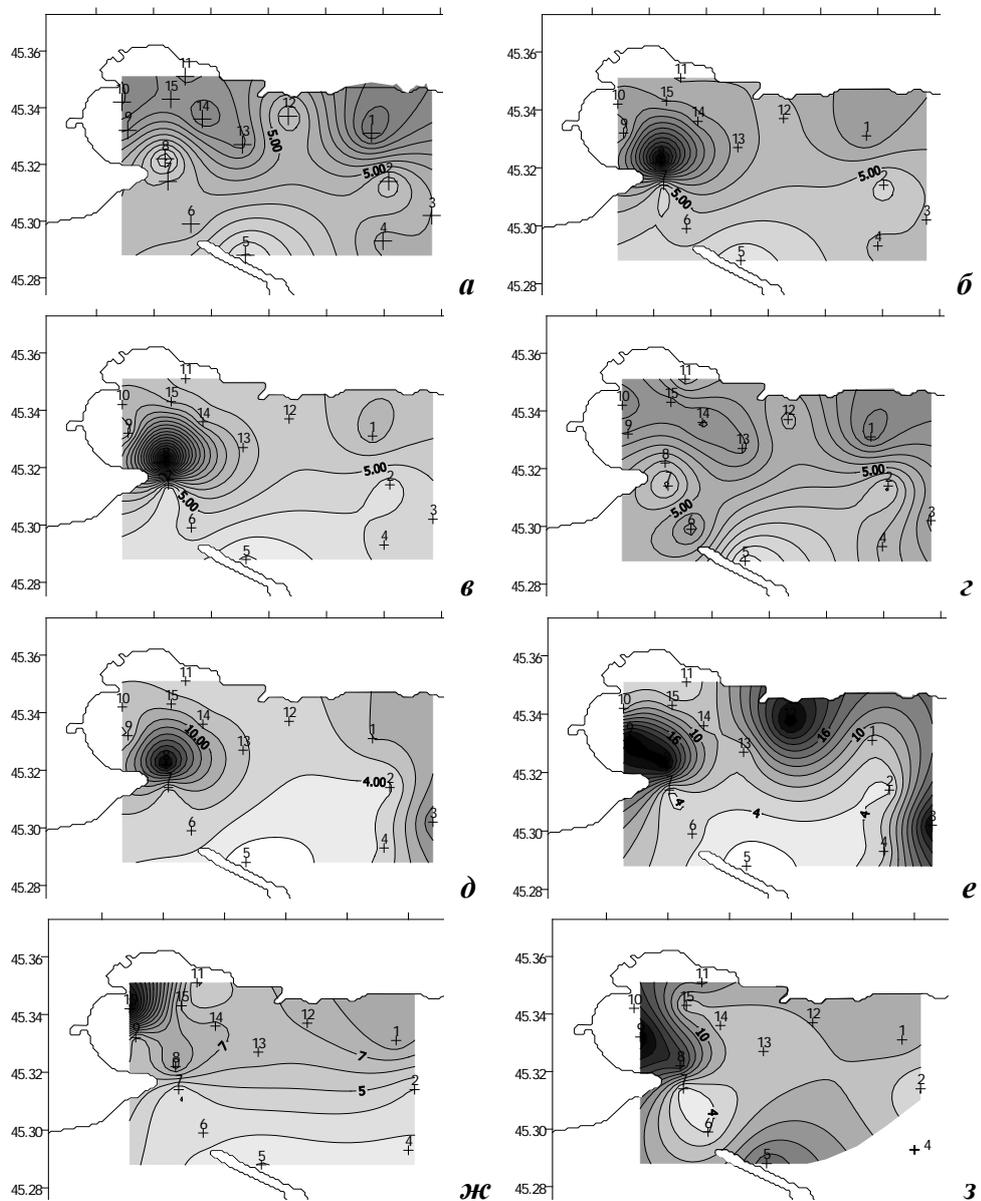


Рис. 1. Снимок с ИСЗ «TERRA» акватории Керченского пролива с отметками станций (а); интегральное распределение концентрации ОВВ в слое 0 – 2 м с учетом вертикальной стратификации и ослабления спутникового сигнала вышележащими слоями (б); корреляционная зависимость между плотностью фототона на спутниковом снимке и распределением содержания ОВВ на горизонтах 0; 1; 2; 3 м, а также интегральным распределением ОВВ в слоях 0 – 2 и 0 – 3 м (в).

Суть метода заключается в следующем. Между полем яркости спутникового сигнала $B(x, y)$ и горизонтальными распределениями концентрации взвеси ОВВ (x, y, z) последовательно, начиная с верхнего горизонта, рассчитывается коэффициент корреляции $R(z)$. Здесь x, y – координаты станций; z – горизонт наблюдения ОВВ; в данном случае $z = 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5$ м. Далее в ряду $R(z)$ определяется максимум, а точка максимума соответствует искомой информативной глубине. В данном случае она равна 2 м.

Прямые регрессии и коэффициенты корреляции показаны на врезке рис.2, в. Видно, что теснота корреляционной связи нарастает от поверхности с глубиной, и на горизонте 2 м коэффициент корреляции максимален $R = 0,15$, далее он уменьшается.



Р и с . 2 . Распределение ОВВ (мг/л) для горизонтов 0 (а); 0,5 (б); 1 (в); 1,5 (г); 2 (д); 3 (е); 4 (ж); 5 (з) м.

Интегральное содержание ОВВ в слое информативной глубины, показанное на рис.2, б, довольно хорошо коррелирует с полем яркости спутникового сигнала. Теснота связи этих полей оценивается значимым коэффициентом $R = 0,55$. Для слоя 0 – 3 м коэффициент корреляции становится малозначимым и резко уменьшается до 0,20 (рис.2, в).

То есть информативная глубина для ситуации, когда в проливе преобладают наиболее мутные азовоморские воды, оценивается верхним слоем толщиной около 2 м.

Аналогичный расчет, выполненный нами для ситуации с преобладанием на акватории Керченского пролива менее насыщенных ОВВ черноморских вод, показал, что в подобных условиях информативная глубина равна, примерно, 4 м.

На основании этих результатов можно утверждать, что в Керченском проливе на базе современных спутниковых оптических методов интегральное содержание ОВВ более или менее достоверно можно оценивать только в верхнем слое вод толщиной около 2 м. Придонный слой вод пролива, где сосредоточено основное количество ОВВ, пока не доступен для количественной оценки содержания этого вещества при помощи оптических спутниковых данных.

Отметим, что сейчас сформировалось качественно новое направление, позволяющее решать задачи профилирования взвеси в водной среде дистанционными методами, базирующееся на создании лидарных систем [2, 3, 5, 6]. К сожалению, в океанографии космические лидары пока используются крайне редко.

Заключение. Показано, что в Керченском проливе информативная глубина изменяется в интервале 2 – 4 м. Она минимальна, когда в проливе преобладают насыщенные взвесью азовоморские воды и максимальна, когда на его акватории распространены воды Черного моря с минимальной концентрацией взвешенного вещества.

На базе современных спутниковых оптических методов интегральное содержание взвешенного вещества более или менее достоверно можно оценивать только в верхнем слое вод толщиной 2 – 4 м. Придонный слой пролива, где сосредоточено основное количество ОВВ, пока не доступен для количественной оценки содержания этого вещества при помощи оптических спутниковых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Поважный В.В., Бердников С.В., Кушир В.М., Чепыженко А.А.* Взвешенное и растворенное вещество в прибрежной зоне Южного берега Крыма по данным контактных и дистанционных измерений // *Вісник СевНТУ.* – 2014. – вып.153. – С.121-133.
2. *Пожиленкова П.В., Анонасенко А.Д., Филимонов В.С.* Адсорбция растворенного органического вещества на минеральной взвеси в водоемах различного типа // *Электронный журнал «Исследовано в России».* <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/139.pdf>. – С.1568-1576.
3. *Спиридонова Е.О.* Океанологические исследования Керченского пролива в течение двух последних десятилетий: Дис. ...канд. географ. наук. – Севастополь: МГИ НАНУ, 2010. – 147 с.
4. *Степняк Ю.Д., Башкирцева Е.В.* Морфология и литодинамика о.Коса Тузла по данным дистанционных наблюдений // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа.* – 2009. – вып.20. – С.100-107.
5. *Федоровский А.Д., Порушкевич А.Ю., Чепыженко А.А., Якимчук В.Г.* Региональные алгоритмы исследования морских акваторий по данным космической съемки на примере Керченского пролива // *Екологічна безпека та природокористування.* – Київ, 2013. – вип.12. – С.33-42.

6. *Хайлов К.М.* Экологический метаболизм в море.– Киев: Наукова думка, 1971.– 250 с.

Материал поступил в редакцию 14.05.2016 г.

P.D.Lomakin, A.I.Chepyzhenko, A.A.Chepyzhenko

ESTIMATION OF THE INFORMATIVE DEPTH IN THE KERCH STRAIT

On the basis of contact and satellite data the informative depth in the Kerch Strait is estimated. This parameter is varied in the range of 2 – 4 m. It is minimum, when saturated suspension Azov water is dominated in the strait, and it is maximum when the Black Sea waters with minimum concentration of suspended matter are propagated on the water area of strait.

KEYWORDS: informative depth, the Kerch Strait, the Black Sea, the Sea of Azov, the total suspended matter