

УДК 551.46.08

В.В. Долотов, Н.В. Инюшина, Т.В. Чудиновских

## **Электронные атласы расчетных гидрофизических полей и результатов натурных наблюдений за содержанием нефти в Черном море, совмещенные в рамках единой оболочки**

В рамках проекта Украинского научно-технологического центра (УНТЦ) *An Interdisciplinary Operational Prediction Model of Consequences of Oil Floods in a Marine Environments* разработаны два электронных атласа. Первый содержит расчетные поля температуры и солености, а также характеристик течений в Черном море, полученные с использованием численной модели Демышева – Коротаева на базе трехмерной сетки. Второй атлас включает практически полный набор результатов натурных наблюдений (1977 – 2002) за содержанием нефтяных углеводородов в морской воде. Оба атласа используют одну и ту же высокофункциональную оболочку, позволяющую выбирать набор представляемых иллюстративных материалов на базе многослойной масштабируемой карты.

Известно, что наиболее удобной формой представления географической (в том числе океанографической) информации являются атласы. В последнее время очень популярны электронные атласы [1 – 3], которые, в отличие от традиционных, имеют массу преимуществ:

- простота и низкая стоимость тиражирования;
- минимальная трудоемкость обновления;
- возможность рассылки с использованием электронных средств связи;
- отсутствие ограничения на количество представленной информации.

Помимо этого, основным достоинством электронных атласов является интерактивность, т.е. взаимодействие с пользователем, что, помимо обеспечения настройки на конкретного пользователя, позволяет программно реализовать взаимосвязь информации различного вида: текстовой, графической, табличной, картографической и др. Возможны различные варианты представления одних и тех же материалов в зависимости от предпочтения пользователя и характеристик компьютера (например величины и разрешения монитора). В электронном исполнении легко реализуется возможность переключения различных комбинаций слоев карт, которая максимально воплощена в географических информационных системах (ГИС) – электронных системах более высокого уровня.

Описываемые атласы, несмотря на кажущееся отсутствие связи, представляют собой один из основных результатов работ, выполняемых в рамках проекта УНТЦ в 2003 – 2005 гг. Целью проекта является разработка математических алгоритмов расчета возможных последствий загрязнения Черного моря нефтяными углеводородами.

Основой математических алгоритмов является модель Демышева – Коротаева [4], позволяющая рассчитывать трехмерные поля температуры, солености и векторных характеристик течений в Черном море на основе горизонтальной сетки из 3128 ячеек и 44 вертикальных уровней с дискретностью 1 сут.

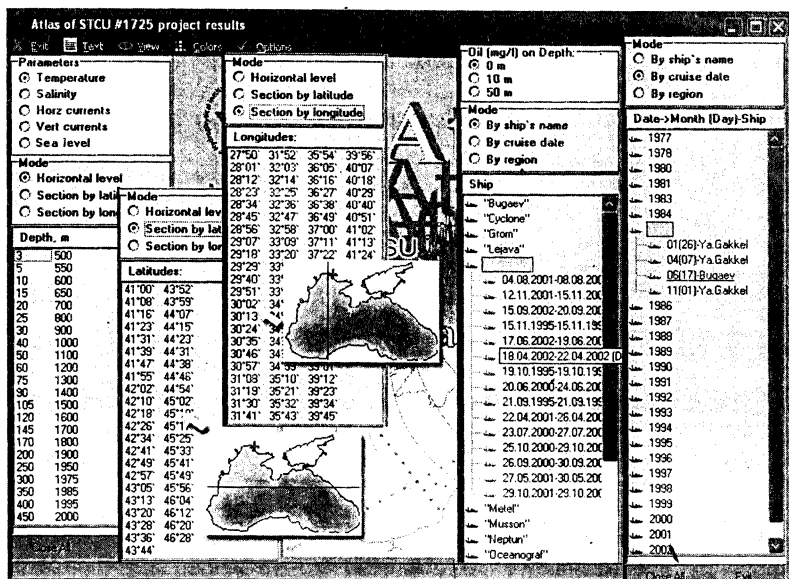
Результаты моделирования процессов трансформации нефти с учетом динамики вод оцениваются сопоставлением с измеренными значениями ее концентрации в морской воде в 1977 – 2002 гг. с использованием научно-исследовательских судов. При этом база данных натурных наблюдений продолжает пополняться в первую очередь результатами более ранних исследований. Карты распределения нефти в пределах изученных акваторий также включены в состав атласов.

**Рабочая оболочка атласов.** Традиционно атлас содержит текстовую информацию и набор графических иллюстраций, при этом первая доступна через меню, а вторая – с помощью интерактивного содержания (рис. 1), оригинального для каждого вида атласа. Текстовая информация построена с использованием гиперссылок и позволяет перемещаться между отдельными блоками и отображать необходимые по тексту иллюстрации.

© В.В. Долотов, Н.В. Инюшина, Т.В. Чудиновских, 2006

В случае представления результатов расчетов содержание (левая часть рис. 1) включает соответствующий набор параметров, а также варианты их отображения (горизонтальное сечение или вертикальный разрез). В обоих случаях при передвижении указателя мыши по списку возникает плавающее окошко, помогающее ориентироваться в координатах разреза.

При работе с атласом натуральных наблюдений (правая часть рис. 1) содержание представлено в виде списка, включающего наименования судов, даты начала рейса и описание региона исследований. Содержание сортировано по любому из этих параметров. Во всех случаях подсказка отражает период выполнения работ.



Р и с. 1. Виды содержания атласов

Оба атласа используют два вида информации: заранее подготовленные иллюстрации и интерактивные рисунки, формируемые во время просмотра. При этом имеется возможность изменять цвета интерактивных элементов. Так, изменению поддаются цвета контура моря, минимального и максимального векторов скорости, а также цвет отображения точек отбора проб в судовых наблюдениях. Любой текстовый блок или иллюстрацию, естественно, можно сохранить или распечатать.

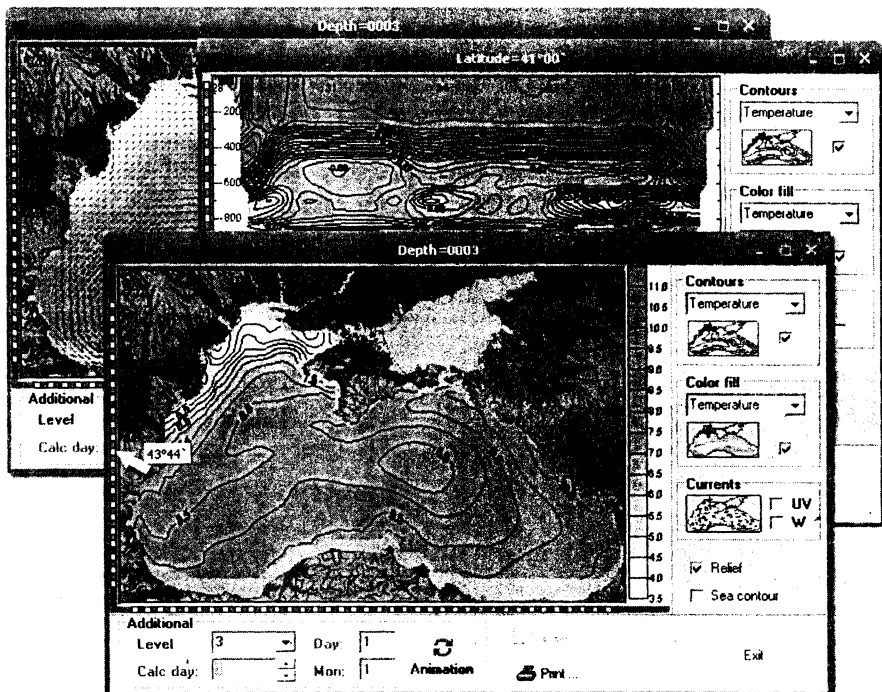
В целом оба атласа выполнены в виде автоматически запускающегося компакт-диска.

**Структура и содержание атласов.** Иллюстративный материал представлен в виде четырехслойных масштабируемых композиций (рис. 2, 3). Два первых слоя отображают пространственные распределения в виде цветовой заливки и изолиний соответственно, третий слой – контур моря либо стилизованный рельеф суши по выбору пользователя. Последний слой, в зависимости от вида атласа, выводит величины векторов течений либо схему распределения станций на полигоне исследований.

Каждый из элементов изображения, а также совокупность отображаемых параметров выбираются пользователем.

Все пространственные распределения построены с использованием программы *Surfer 7.0* фирмы *Golden Software Inc.* в векторном формате файлов.

**Расчетные гидрофизические поля.** Атлас расчетных гидрофизических полей включает набор иллюстраций в виде горизонтальных сечений и вертикальных разрезов распределений температуры и солёности на сетке  $76 \times 43$  горизонтальных ячейки и расчетных горизонтах в соответствии с [4]: 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105, 120, 145, 170, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 1950, 1975, 1985, 1995 и 2000 м.



Р и с. 2. Варианты представления расчетных полей

Иллюстрации горизонтальных сечений позволяют дополнительно накладывать векторы горизонтальных скоростей, также рассчитанных для всех указанных горизонтов. В дополнение к этому атлас включает карты уровня моря и распределения вертикальных скоростей на всех расчетных горизонтах.

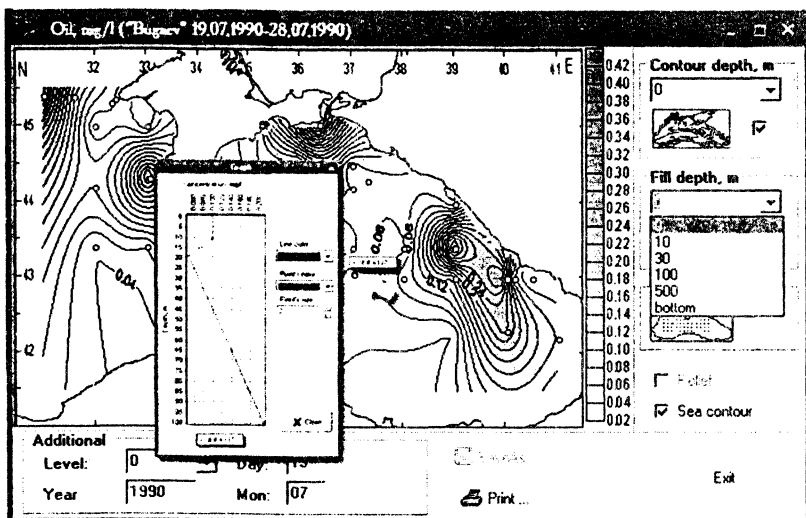
Таким образом, полный набор включает 143792 распределения температуры и солёности в каждый из 365 дней условного года, т.е. свыше 52,5 млн иллюстраций для каждого из этих параметров. Полученные иллюстрации могут быть источником следующих для любых заданных расчетных суток и горизонтов.

Кроме того, имеется возможность быстрого перехода от горизонтальных сечений к вертикальным разрезам и обратно с использованием автоматически масштабируемых шкал (стрелка на рис. 2). Каждое деление шкалы соответствует расчетной координате, отображаемой при наведении на него указателя мыши, а щелчок на нем приводит к переходу на заданный разрез. Возможен также обратный переход.

**Нефтяные углеводороды.** Принцип построения иллюстраций распределения концентрации нефти аналогичен описанному выше, однако их масштаб определяется районом исследований, а список параметров заменен на список горизонтов, индивидуальный для каждой съемки.

Кроме этого, как отмечалось выше, один из слоев отображает точки станций (рис. 3). Они представлены в виде интерактивного элемента, позволяющего не только отобразить номер станции, но и дополнительно получить профиль вертикального распределения концентрации нефти.

В настоящее время в атласе содержатся иллюстрации по результатам 21081 измерения (1977 – 2002) в 880 рейсах 95 научно-исследовательских судов на 7264 станциях, включая прибрежные наблюдения. База данных постоянно пополняется в первую очередь результатами более ранних измерений, что получает свое отражение и в атласе.



Р и с. 3. Визуальное представление распределений содержания нефти

**Возможности атласов.** Суммируя описанное выше, следует отметить, что атласы представляют собой две отдельные информационные системы. Расчетная часть, несомненно, будет полезной для специалистов, изучающих динамику вод Черного моря, а также для оценки процессов вертикального и горизонтального переноса и их моделирования.

При работе с расчетными данными возможно:

- выводить пространственные распределения любого из заданных параметров на любом расчетном горизонте или разрезе в виде изолиний и/или цветовой заливки для каждого из дней условного года;
- представить распределение одного из параметров в виде изолиний на фоне цветового распределения другого параметра;
- наложить на выбранное сочетание распределений горизонтальные векторы скорости течений;
- представить совокупную иллюстрацию на фоне контура моря заданного цвета или стилизованного рельефа суши;
- оперативно переключаться на другие пространственные разрезы, расчетный горизонт или день;
- включать и отключать изображение отдельных составляющих иллюстрации.

Атлас натурных наблюдений позволяет:

- просматривать распределения нефтяных углеводородов на различных горизонтах в масштабе сетки станций каждой съемки в виде изолиний и/или цветовой заливки;
- накладывать сетку станций на полученное распределение;
- получать график вертикального распределения содержания нефти на каждой станции.

Кроме того, возможен запуск атласов в демонстрационном варианте с ограниченным набором иллюстраций, что позволяет сократить объем информации, в частности в целях рекламы.

**Перспективы совершенствования.** Описанная разработка не является законченной и предусматривает, помимо количественного пополнения результатов натурных наблюдений, реализацию следующих дополнительных возможностей:

- комплектование атласа расчетных данных иллюстрациями, построенными относительно шкалы условной плотности, принятой в настоящее время в большинстве океанологических исследований;
- дополнение того же атласа иллюстрациями вертикальных разрезов, построенных до ограниченных фиксированных глубин, что позволит, в частности, детальнее описать наиболее интересную структуру верхнего слоя вод, включая термоклин;

– дополнение расчетных результатов модулем анимации на основе временной последовательности с возможностью сохранения ее в целом либо в виде отдельных кадров.

Работа выполнена при поддержке проекта №1725 УНТЦ. Данные по содержанию нефти представлены Морским отделением Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института (УкрНИГМИ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еремеев В.Н., Суворов А.М., Годин Е.А. и др.* Электронные морские карты и атласы // Океанологические информационные системы, базы и банки данных и знаний. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1993. — С. 75 – 83.
2. *Романов А.С., Долотов В.В., Внуков Ю.Л.* Электронный атлас гидрохимии Севастопольской бухты // Устойчивое развитие территорий юга России и Украины: эволюция, функционирование и ресурсы. Вып. 1. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. — С. 126 – 130.
3. *Репетин Л.Н., Горячкин Ю.Н., Долотов В.В.* Электронные атласы гидрометеорологических и гидрохимических условий прибрежных регионов Черного моря // Тезиси доповідей Другої Всеукраїнської наукової конференції «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія», 24 – 26 листопада. — Київ: Ніка-Центр, 2003. — С. 134 – 135.
4. *Демьшев С.Г., Кныш В.В., Коротаев Г.К.* Численное моделирование сезонной изменчивости гидрофизических полей Черного моря // Морской гидрофизический журнал. — 2002. — №3. — С. 12 – 27.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,  
Севастополь

Материал поступил  
в редакцию 15.05.05

ABSTRACT Main results of STCU project «An Interdisciplinary Operational Prediction Model of Consequences of Oil Floods in a Marine Environment» are represented in two electronic atlases. The first atlas consists of calculated temperature and salinity fields and also current parameters in the Black Sea obtained using the numerical model of Demyshev-Korotaev and based on the three-dimensional grid. The second one includes a full set of results of experimental observations of oil content in seawater carried out in 1977 – 2002. Both atlases are supplied with multi-year scalable maps permitting to select a set of parameters represented as transparent layers.