ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА «ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ИНТЕГРАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ НА 1997 — 2000 ГОДЫ»

В.В.Иванов

МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АНАЛИЗА СУДОВЫХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ



Санкт-Петербург Гидрометеоиздат 2000

УДК 551.465.41

Представлены базовые сведения из области методов обработки океанографической информации с использованием персонального компьютера. Книга не претендует на всесторонний охват вопроса, который является одним из обширных, динамично развивающихся разделов экспериментальной океанографии и находится на «стыке» различных фундаментальных и прикладных дисциплин. Она предоставляет возможность проверить полученные знания путем ответов на контрольные вопросы и выполнения практических заданий.

Первая глава посвящена описанию основных зондирующих устройств, применяемых в настоящее время в практике экспедиционных океанографических исследований в России и за рубежом. Во второй и третьей главах рассмотрены существующие в настоящее время способы усвоения, хранения и оперативного использования океанографической информации, получаемой при проведении экспедиционных исследований и методы их обработки с использованием компьютерных технологий. В четвертой главе затронуты вопросы, связанные с использованием всемирной компьютерной сети Internet для информационного обеспечения океанографических исследований.

Данная книга предназначена для студентов и аспирантов гидрометеорологических специальностей, а также может представлять интерес для специалистов-океанологов, обращающихся в своей профессиональной деятельности к вопросам управления данными и их визуализации.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997 — 2000 годы».

M 1805040600-64 069(02)-2000

ISBN 5-286-01401-1

 С Центр «Интеграция», 2000 г.
Сосударственный научный центр РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ГНЦ РФ ААНИИ), 2000 г.

введение

Современные океанографические исследования и прикладные разработки немыслимы без активного применения мощных средств информационной поддержки. Эта область океанографии является достаточно молодой и, по сути, еще находится в стадии становления. В начале 1980-х годов стимулом к внедрению разнообразных средств автоматизации для обработки и анализа океанографической информации стало применение в практике судовых наблюдений измерительных приборов, позволяющих за сравнительно короткое время получать большое количество информации. К таким приборам в первую очередь следует отнести малоинерционные гидрозонды, осуществляющие высокодискретные измерения температуры, электропроводности и гидростатического давления с борта судна. Объем информации, получаемый таким прибором при единичном глубоководном зондировании, может достигать нескольких тысяч значений по каждому из параметров. Вполне понятно, что при выполнении даже небольшой серии океанографических разрезов, попадающая в руки исследователя информация не может быть эффективно обработана без привлечения средств автоматизированного контроля данных и их обработки (визуализации). Первоначально, для этих целей использовались вычислительные машины серии СМ, которые, будучи достаточно дорогими, устанавливались только на больших научно-исследовательских судах. Программное обеспечение таких ЭВМ было крайне ограниченным и позволяло осуществлять лишь непосредственный ввод данных и их редактирование. Дальнейшая обработка выполнялась уже в береговых условиях на более мощных ЭВМ, серии ЕС. Отсутствие высококачественных периферийных устройств (мониторов и принтеров с высоким разрешением) чрезвычайно осложняло задачу графического представления данных. Повсеместное внедрение в практику океанографических исследований усовершенствованных методов автоматизации обработки данных стало возможным с начала 1990-х годов, когда наметился поворот от использования громоздких ЭВМ к персональным компьютерам (ПК). Бурное развитие высокопроизводительной портативной вычислительной техники подхлестнуло разработку специализированных программных пакетов, предназначенных для обслуживания самых разнообразных сфер человеческой деятельности. Учитывая запросы потребителей и специфику машинной обработки информации, особое внимание было уделено созданию программных пакетов, обеспечивающих эффективную работу с большими объемами данных. Применительно к конкретным океанографическим задачам к их числу от-

носятся различные системы управления базами данных (СУБД) и графические пакеты, позволяющие быстро генерировать двумерные и трехмерные графические объекты (вертикальные профили, разрезы, горизонтальные карты и т.д.). В настоящее время активно развивается принципиально новый подход к использованию различных географически структурированных данных. Это так называемые геоинформационные системы (ГИС). ГИС представляют из себя интегрированные программные пакеты, предназначенные для сбора, систематизации, обработки, анализа и выдачи по запросам пользователей разнообразных знаний, координатно «привязанных» к поверхности Земли. Очевидно, что применение ГИС-технологий способно существенно повысить эффективность решения традиционных океанографических задач, а также принести пользу при внедрении результатов океанографических исследований в практику.

Предлагаемое вниманию учебное пособие призвано дать читателю базовые сведения из области методов обработки океанографической информации с использованием ПК. Пособие не претендует на всесторонний охват вопроса, который является одним из общирных, динамично развивающихся разделов экспериментальной океанографии и находится на «стыке» различных фундаментальных и прикладных дисциплин. Данный курс является сугубо практическим и предоставляет читателю возможность проверить полученные знания путем ответов на контрольные вопросы и выполнения практических заданий. Курс построен таким образом, что не требует от читателя обязательного знакомства с какимлибо алгоритмическим языком. Обязательным условием при изучении курса является лишь наличие элементарных навыков работы на персональном компьютере.

Пособие состоит из 5 глав, списка рекомендуемой литературы и приложения.

Первая глава, включающая два раздела, посвящена описанию основных зондирующих устройств, применяемых в настоящее время в практике экспедиционных океанографических исследований в России и за рубежом. Поскольку данное пособие не является техническим руководством для специалиста по приборам, а ориентировано на исследователя, в задачи которого входит грамотное применение прибора в полевых условиях, в главе достаточно кратко описаны технические принципы работы приборов и их конструкционные особенности. В то же время значительное внимание уделено описанию особенностей эксплуатации приборов в судовых условиях, подробно рассмотрен порядок действий при выполнении зондирования, охарактеризованы получаемые в результате зондирования данные и программные средства их первичной обработки и усвоения.

Во второй главе рассмотрены существующие в настоящее время способы усвоения, хранения и оперативного использования океанографической информации, получаемой при проведении экспедиционных иссле-

дований. Вводятся основные понятия, связанные с управлением данными: массив данных, база данных (БД), банк данных, информационная система. Проанализированы их взаимосвязь, назначение, архитектура и функциональные возможности. Во втором разделе главы подробно изучается специализированная океанографическая база данных HDB, описана ее структура, функции и особенности эксплуатации. Детально рассмотрены основные компоненты HDB: «ядро» (управляющая программа) БД, информационные массивы, пользовательский интерфейс, модули графического представления данных. На конкретных примерах разобраны технология загрузки, редактирование, модификация данных в БД и охарактеризованы возможности экспресс-анализа данных средствами HDB (выборка данных по заданным критериям, создание производных («дочерних») суббаз, использование графики). В третьем разделе рассматривается расширение возможностей HDB путем создания так называемых сервисных программ. Сервисные программы HDB, являющиеся внешними модулями по отношению к управляющей программе, обеспечивают весьма гибкий механизм повышения эффективности работы с базой данных, поскольку могут наращиваться и модифицироваться самим пользователем в зависимости от конкретных задач, стоящих перед ним. В разделе дается классификация сервисных программ, устанавливаются базовые принципы их применения и приводятся примеры наиболее полезных и часто применяемых сервисных программ: загрузчиков, конверторов, интерфейсов с графическими и вычислительными программами.

В четырех разделах третьей главы последовательно излагаются процедуры обработки, применяемые от момента получения «сырых» данных (измерений) до их представления в виде «конечных» продуктов (карт, числовых массивов, атласов, ГИС). Первый раздел главы обращается к чрезвычайно важной и достаточно редко затрагиваемой в литературе проблеме, возникающей при первичной обработке результатов экспериментальных океанографических исследований, так называемой фильтрации данных. Под фильтрацией понимается формальная проверка адекватности результатов измерений реальности. Поскольку практически любые данные, полученные в результате проведения натурных наблюдений или экспериментов, содержат ошибки, первичная обработка предполагает выполнение определенных действий (алгоритмов), направленных на выявление и, по возможности, устранение ошибок в данных. Следующим шагом после проверки достоверности данных является их интерполяция. методам которой, применительно к обработке океанографических данных, посвящен второй раздел главы. В разделе определены основные понятия, связанные с интерполяцией, сформулированы типичные океанографические задачи, решаемые посредством интерполяции, проанализированы преимущества и недостатки методов двумерной интерполяции, доступных в графическом пакете SURFER. Пути повышения качества

интерполяции для специфических океанографических задач рассмотрены на примере использования алгоритма многомерной классификации водных масс в районах резких горизонтальных градиентов характеристик (гидрофронтов). В третьем разделе изложены основные принципы применения программных пакетов SURFER и GRAPHER для графического представления океанографических данных. Проанализированы преимущества и недостатки графических пакетов для обработки и анализа океанографической информации. Подробно разбираются действия пользователя при построении вертикальных профилей. Т.S-диаграмм. вертикальных разрезов и карт горизонтальных распределений океанографических параметров. Особое внимание при изложении уделяется неоднозначным моментам, которые могут вызывать сложности у пользователя, впервые осваивающего данные программные пакеты. В заключении раздела приводятся базовые сведения об использовании встроенного языка Бейсик-скриптов (GSScriptor) для автоматизации часто повторяющихся графических построений. Последний раздел главы посвящен описанию «конечных» океанографических информационных продуктов — океанографических атласов и ГИС. Рассмотрены широко применяемые в настоящее время электронные океанографические атласы: океанографический атлас Мирового океана (World Ocean Atlas 1994), созданный в лаборатории климата океана Национального Центра океанографических данных (Вашингтон, США) под руководством С.Левитуса и океанографический атлас Северного Ледовитого океана (Joint US Russian Atlas of the Arctic Ocean, 1997, 1998), подготовленный в ААНИИ и ряде институтов США и Канады в рамках российско-американского сотрудничества. Помимо общего описания структуры и возможностей применения данных информационных продуктов, изложены конкретные способы выполнения выборок данных для их последующего использования. В качестве иллюстрации эффективности ГИС-технологий для решения океанографических задач рассмотрена экспериментальная версия электронного океанографического справочника (ЭОС) по морям Северо-Европейского бассейна, разработанная в ААНИИ.

Завершающая основной материал пособия четвертая глава затрагивает вопросы, связанные с использованием всемирной компьютерной сети Internet для информационного обеспечения океанографических исследований. В главе дается краткая характеристика сети Internet, описаны способы представления океанографической информации на Internet-сайтах, проанализированы существующие протоколы передачи данных и пути их использования для океанографических задач. В конце главы приводятся некоторые полезные URL-адреса.

Для закрепления материала и получения практических навыков в пособие включено шесть практических заданий, охватывающих основные разделы курса. Предполагается, что читатель выполняет практические задания по мере усвоения отдельных глав. Для выполнения заданий потре-

буются программные пакеты HDB (версия 3.10) SURFER (версия 6.02) и GRAPHER (версия 1.22).

Приводимый список литературы включает как наименования, непосредственно использованные при написании пособия, так и рекомендованные для дополнительного изучения источники.

ГЛАВА 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ СУДОВЫХ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В главе рассмотрены основные зондирующие устройства, применяемые в настоящее время в практике экспедиционных океанографических исследований в России и за рубежом. К ним относятся: обрывные температурные зонды (ХВТ) и многопрофильные зонды, позволяющие определять целый ряд параметров морской воды (CTD). Современные высокие требования к точности океанографических данных (в частности, стандарты ІОС — Международной океанографической комиссии при ЮНЕСКО) продиктованы необходимостью адекватного отражения в результатах измерений достаточно «тонких» процессов, развивающихся в толще воды. Одним из ярких примеров такого рода является тонкая термохалинная структура (ТТС) в зонах контакта водных масс с различными характеристиками гидрофронтов [7]. Характерный масштаб образующихся при этом интрузий составляет десятые доли градуса и сотые доли промилле. а линейные размеры — от нескольких метров по вертикали до десятков километров по горизонтали. При этом ТТС не относится к разряду океанографической «экзотики» поскольку, во-первых, это достаточно распространенное явление, а во-вторых, его корректное описание необходимо для объяснения и параметризации крупномасшабных процессов: перемешивания водных масс, переносов тепла и соли, конвекции и др. В качестве примера другого рода можно привести типичную задачу, возникающую при анализе долговременной изменчивости параметров глубинных и придонных водных масс. Глубинные и придонные воды Мирового океана характеризуются чрезвычайно высокой консервативностью характеристик. В силу отсутствия прямого контакта с атмосферой процессы их обновления идут крайне медленно (десятки и сотни лет). В то же время даже крайне незначительные изменения их характеристик (сотые доли градуса и тысячные доли промилле) в течение короткого временного интервала могут являться свидетельством изменения баланса факторов, ответственных за формирование глубинных и донных вод [1]. Из приведенных примеров видно, что только применение надежных зондирующих устройств с разрешением, существенно превышающим масштабы измеряемых явлений, позволяет получать данные, которые в дальнейшем могут быть уверенно использованы для анализа, расчетов и теоретических обобщений.

1.1. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ ОБРЫВНЫХ ТЕРМОЗОНДОВ

Обрывные термозонды (XBT) чрезвычайно эффективные инструменты для быстрого измерения температуры воды в верхнем 500—1000-мет-



Рис. 1. ХСТД-зонд

ровом слое. Важным достоинством этого прибора является возможность его использования на ходу судна, что позволяет за сравнительно короткий промежуток времени выполнить измерения на значительной акватории. В последние годы за рубежом налажено серийное производство обрывных зондов, позволяющих измерить не только температуру, но и соленость – ХСТD зондов (рис. 1).

Описание прибора

Стандартная конфигурация прибора включает сам обрывной термозонд — ХВТ, персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением и ленчер (пусковую установку для сбрасывания зонда в воду). Электрическая цепь между зондом и считывающим устройством замыкается при установке контейнера с зондом в ленчер. Передача информации на приемный компьютер начинается с момента касания зондом поверхности воды (вода при этом играет роль «земли»). Усвоение информации осуществляется в реальном масштабе времени. В головной части зонда помещен высокоточный термистор. Изменение температуры воды обусловливает изменение электрического сопротивления термистора по мере его опускания. Сигнал передается по кабелю на приемный компьютер, где происходит его преобразование в температуру. Внутри зонда расположены две катушки с проволокой, одна из которых компенсирует вертикальное движение зонда, а другая — горизонтальное смещение судна. Прибор позволяет осуществлять измерения температуры воды с разрешением 0,01°, точностью 0,1°, точностью привязки к глубине — 65 см при скорости судна до 15 узлов. Существуют различные модификации ХВТ зондов, позволяющие зондировать до глубины 200 — 1500 м. Глубина зонда определяется по формулам зависимости от времени свободного падения зонда. Во время зондирования эта процедура осуществляется автоматически с помощью программных средств.

Подготовка к зондированию

Для выполнения XBT-зондирований на палубе выбирается подходящая открытая площадка (желательно поближе к поверхности воды). При этом необходимо учитывать направление ветра. Ветер не должен наваливать проволоку на борт, в противном случае зашумленность профиля помехами может привести к полной его отбраковке. К этой площадке прокладывается кабель, соединяющий приемный компьютер с ленчером. При подходе судна к выбранной точке зондирования контейнер с зондом устанавливается в ленчер, и человек, выполняющий бросок, занимает позицию у борта. При прохождении судна через точку зондирования оператором приемного компьютера подается команда на выполнение броска (для оперативной связи желательно иметь портативные радиостанции на XBT площадке и в лаборатории).

При использовании ручного ленчера^{*} бросок осуществляется в следующей последовательности:

— рука с ленчером максимально выносится за борт, при этом должны соблюдаться все меры безопасности, чтобы избежать падения за борт;

— по команде оператора ленчер наклоняется вниз под углом 30—50° и за кольцо выдергивается фиксирующий штифт;

— команду об окончании зондирования подает оператор, контролирующий весь процесс зондирования по профилю на экране.

При выполнении зондирования необходимо избегать касаний проволокой борта и любых других предметов, в том числе и на морской поверхности.

В исключительных случаях (при работе в сплоченных льдах), когда открытая вода существует только в кильватерной струе судна, бросок XBT может осуществляться с кормы, за буруны винтов, хотя это не рекомендуется во всех указаниям по XBT зондированиям. Для этого зонд вынимается из контейнера и плавно (чтобы не порвать сигнальную проволоку), и сильно (чтобы зонд не попал в винты судна) забрасывается на 5—8 м. Как показывает опыт, такая техника зондирования иногда бывает единственно возможной и эффективной.

Выполнение зондирования

По мере опускания зонда сигнал непрерывно передается на приемный компьютер. После разматывания всей проволоки происходит обрыв зонда. При попадании на дно зонд продолжает передавать постоянную температуру до тех пор пока не произойдет обрыв зонда из-за движения судна. При работе на мелководье обрыв проволоки производится самим бросающим по команде оператора.

Ленчеры бывают не только ручные, но и стационарные, закрепленные у борта судна.

¹⁰

Программное обеспечение

Пакет программ усвоения и отображения данных зондирования предназначен для работы на ПК. Программный пакет включает процедуры предспусковой настройки оборудования, усвоения данных зондирования в реальном масштабе времени, сохранения данных зондирования на жестком диске, обработки данных и их графического представления. После завершения зондирования данные сохраняются на жестком диске в ASCII или двоичном формате. Удобный экранный интерфейс позволяет достаточно быстро освоить работу в программном пакете.

Необходимой процедурой является определение глубины достижения зондом дна при работе на мелководье. Определение глубины происходит по характерным всплескам на кривых распределения температуры, не всегда достаточно четким. Здесь необходим некоторый опыт и сравнение с показанием эхолота. Программное обеспечение включает все необходимые графические средства для упрощения этой процедуры: выбор фрагментов профилей, их увеличение, движущийся маркер с параллельным выводом значений для определения точной глубины.

1.2. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ ГЛУБОКОВОДНЫХ ЗОНДОВ ТИПА NEIL BROWN И SEABIRD

В настоящее время в океанографической практике принято выполнять судовые измерения основных параметров морской воды — температуры и электропроводности (солености) при помощи глубоководных зондирующих устройств. Наиболее распространенными среди них являются гидрозонды типа SeaBird (производитель: SeaBird Electronics, Inc.) и Neil Brown (один из производителей: Falmouth Scientific, Inc. (FSI)). Дополнительным аргументом в пользу использования именно этих приборов является то, что они официально утверждены Международной океанографической комиссией при ЮНЕСКО (IOC) в качестве приборов, соответствующих современным требованиям к точности океанографических данных. Указанные измерительные приборы достаточно близки между собой. В дальнейшем для их обозначения будет использоваться термин «зонд» с уточнением, в случае необходимости, о каком именно приборе идет речь.

Описание прибора

Зонд состоит из подводного модуля, на котором размещаются датчики электропроводности, температуры, давления; насоса для прокачки воды, обеспечивающего одинаковую инерционность датчиков температуры и электропроводности^{*}; дополнительных датчиков (рис.2); палубного

* У зонда Neil Brown насос отсутствует.



а

6

Рис. 2. Общий вид подводных модулей SeaBird (a) и ICTD Neil Brown (б)

модуля; персонального компьютера с программным обеспечением для усвоения и отображения данных зондирования.

Подводный модуль соединяется с палубным при помощи кабель-троса, наматываемого на барабан лебедки. Существуют также модификации, позволяющие обходиться без кабель-троса и палубного модуля, благодаря встроенному в подводный модуль запоминающему устройству. В этом случае считывание информации на ПК осуществляется после подъема зонда на борт судна. Подводный модуль помещен в металлический или пластиковый кожух, позволяющий опускать зонд до глубины 6800 м. Под кожухом



Рис. 3. Фрагмент подводного модуля SeaBird (SBE9plus)

размещено по одному датчику температуры и электропроводности, насос, обеспечивающий постоянную прокачку воды через датчики и температурно-скомпенсированный датчик давления (рис.3). Предусмотрены также дополнительные разъемы для подключения дублирующих датчиков. Подключение дополнительных датчиков для определения растворенного кислорода, флуоресценции, Ph, обеспечивается 8-канальным преобразователем. Для зондирования на глубинах свыше 6800 м существует модификация прибора в титановом кожухе. Палубный модуль SBE11plus включает интерфейсы передачи данных, устройства считывания и преобразования сигнала и записывающее устройство. Палубный модуль поставляется как отдельный блок, снабженный разъемами для соединения с кабель-тросом и ПК. Программное обеспечение SEASOFT Version 4 позволяет усвоить и отобразить данные зондирования и предназначено для работы на IBMсовместимом компьютере. Программный пакет включает процедуры предспусковой настройки оборудования, усвоения данных зондирования в реальном масштабе времени, сохранения данных зондирования на жестком диске, обработки данных и их графического представления. Предусмотрены также процедуры расчета производных параметров — солености,

Таблица 1

Параметр	SeaBird911		ICTD	
	границы измерений	точность	границы измерений	точность
Электропроводность, мСм/см	0-70	0,003	0 65	0,003
Температура,°С	-5 +35	0,001	-2+35	0,002
Давление, дБ	до 15 000	0,015%	до 10 000	0,025%

Характеристики точности измерений основных параметров

плотности и скорости звука. После завершения зондирования данные сохраняются на жестком диске в *ASCII* или двоичном формате. Удобный экранный интерфейс позволяет достаточно быстро освоить работу в программном пакете. Характеристики точности измерений основных параметров рассмотрены в табл. 1.

При работе с борта судна зонд, как правило, монтируется на специальную раму (розетту^{*}). На розетту крепятся батометры в количестве от 12 до 36 штук (в зависимости от типа розетты). В эти батометры осуществляется пробоотбор забортной воды с различных горизонтов. Команда на закрытие батометра подается оператором, осуществляющим контроль за зондированием путем нажатия зарезервированных для этого функциональных клавиш. Для дополнительного предохранения от касания дна зонд может быть оснащен подводным альтиметром, присоединенным к одному из дополнительных разъемов или пингером — небольшой металлической болванкой, подвязываемой на лине к розетте и обеспечивающей подачу звукового сигнала при касании дна.

Подготовка к зондированию

Подготовка к зондированию включает два вида работ: подготовку розетты и настройку оборудования. При подготовке розетты выполняются следующие действия:

 крышки батометров фиксируются с помощью специальных тросиков в открытом состоянии, краны для слива воды закрываются (внутри помещения);

— розетта выводится/выкатывается/выносится на палубу и подвешивается на кабель-тросе;

--- с датчиков снимаются защитные кожухи, подвязывается пингер (в случае его использования).

Настройка оборудования предусматривает запуск программы зондирования, установку времени, координат и глубины места, выбор и установку границ отображения на экране параметров зондирования.

Розетта — отдельный прибор, представляющий собой кассету для батометров.

Выполнение зондирования

После вывода зонда с розеттой за борт, они вывешиваются на несколько минут на нулевом горизонте (практически горизонт 2—3 м) для адаптации датчиков температуры и электропроводности^{*}. При резком различии в температуре воды и воздуха зонд, для лучшего приспособления к температуре воды и для освобождения датчика электропроводности от кусочков льда, перед вывешиванием на нулевом горизонте прогоняется до глубины 20—50 м и обратно. После этого начинается собственно зондирование от поверхности до дна.

Скорость зондирования обычно выбирается 1 м/с, но иногда может снижаться до 0,5 м/с (в случае сильной изменчивости вертикальной структуры). Остановка зонда осуществляется по альтиметру (пингеру) в 8—12 м от дна. В этот момент снимаются показания глубины места по эхолоту и координаты. Отбор проб осуществляется при подъеме зонда на заданные горизонты. Выбор горизонтов отбора воды обычно определяется в соответствии с конкретными задачами пробоотбора по профилям, полученным при первом проходе зонда (вниз).

После завершения зондирования (подъеме зонда на палубу) датчики закрываются чехлами с соленой водой комнатной температуры. Розетта промывается пресной водой. Пробоотбор производится в помещении лаборатории при комнатной температуре воздуха. Данные зондирования сохраняются на жестком диске ПК в заданном формате.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом при попутных XBT зондированиях учитывается движение судна? 2. Как оператор, выполняющий XBT зондирование на мелководье, определяет момент его завершения?

3. Для чего нужен пингер?

4. В какой момент запускается программа усвоения данных СТД зондирования?

5. Отбор проб осуществляется при опускании или при подъеме зонда?

Включение зонда выполняется на палубе для того, чтобы определить атмосферное давление, необходимое для введения поправки на глубину погружения.

ГЛАВА 2.

УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ: УСВОЕНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ОПЕРАТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Эффективность решения любой задачи, связанной с анализом большого количества экспериментальных данных зависит от возможности исследователя максимально сократить временные затраты на выполнение рутинных процедур, сосредоточившись на содержательной части проблемы. Это означает, что, во-первых, данные наблюдений должны быть специальным образом структурированы (объединены в некие логические блоки), во-вторых, должен существовать быстрый способ выборки данных (доступа к отдельным данным и их произвольным комбинациям). Наконец, поскольку данные наблюдений, как правило, представляют интерес не сами по себе, а как исходный материал для анализа (выполнения математических или графических операций), необходимо, чтобы средства анализа (соответствующие компьютерные программы) имелись в наличии и могли оперативно обрабатывать разнообразные конгломераты исходных данных. Последнее означает, что средства анализа должны быть интегрированы в информационную среду. Решение сформулированных задач средствами программирования составляет основное содержание управления данными, вопросам которого применительно к океанографическим данным посвящена данная глава.

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

Для того чтобы понять, каким образом реально осуществляется управление большими объемами данных, число которых в некоторых современных океанографических архивах может доходить до нескольких миллионов вертикальных профилей (архив ВНИИГМИ МЦД или МЦД-1), рассмотрим для начала традиционный пример телефонного справочника, содержащего имена, адреса и телефоны абонентов. Каждая строка в таком справочнике представляет собой *запись*, состоящую из соответствующих реквизитов. При этом (если хозяин телефонного справочника достаточно аккуратен) каждый реквизит упорядочен, т.е. занимает определенную позицию (*поле*) в пределах записи. Кроме того, группы записей в справочнике объединены в логические блоки: каждая страница или несколько подряд идущих страниц соответствуют определенной букве алфавита, с которой начинаются фамилии, размещенных на этой странице абонентов. Такое размещение информации обеспечивает очевидные преимущества для пользователя, желающего, как правило, быстро найти требуемый в данный момент телефон или адрес. По существу, описанный в примере телефонный справочник представляет собой не что иное, как прообраз *базы данных*, сформированный на бумажном носителе. Перенос информации, хранящейся в справочнике, на компьютерный диск и создание программы, способной загружать новые данные, а также осуществлять выборку и отображение на экране требуемой по *запросу* пользователя информации, означает построение полноценной базы данных, хотя и простейшей структуры.

В рассмотренном примере конструктивно введен ряд терминов, широко применяемых при манипулировании данными. Определим их более строго. Информационный массив — набор однотипных данных, который может быть представлен в виде таблицы (матрицы). Данное определение интуитивно понятно и достаточно очевидно для знакомых с основами линейной алгебры и/или программирования на алгоритмических языках высокого уровня (FORTRAN, TURBOPASCAL). В то же время оно содержит ряд важных положений, которым следует уделить внимание, применительно к океанографическим данным. Во-первых, данные, входящие в массив, должны быть одного типа, т.е. недопустимо, например, нахождение в одном и том же массиве скалярных и векторных величин (температура воды и скорость течения). Это требование распространяется и на формат данных. Возможность представления данных в виде таблицы или набора таблиц для океанографических данных выполняется практически всегда. Важно лишь оптимальным образом выбрать «модель» представления данных (структуру таблицы /таблиц), поскольку от этого выбора может существенно зависеть эффективность дальнейшей работы с ней. Забегая несколько вперед, следует отметить, что в большинстве случаев обработки судовых океанографических наблюдений наиболее эффективной формой базового массива является группа океанографических станций, объединенных по какому-либо принципу (например станции, относящиеся к одной экспедиции или выбранному району). Запись — одна строка в таблице (информационном массиве), включающая одно или несколько позиционированных полей. Например, данные, описывающие параметры морской воды на фиксированной станции. Поле — элемент данных в записи, например, значение температуры воды на фиксированном горизонте определенной станции. Наиболее важным инструментом для работы с данными является база данных. База данных (БД) — это набор логически связанных информационных массивов, обращение к которым с целью загрузки, просмотра, корректировки, выборки и выгрузки данных осуществляется при помощи системы управления базой данных (СУБД) (рис.4). Базы данных, в зависимости от их размеров и назначения, могут размещаться на различных аппаратных платформах. В дальнейшем будут рассматриваться только ПК-ориентированные БД, т.е. БД, предназначенные для работы на персональном компьютере. Существует два основных вида БД: двумерные



Рис. 4. Структура базы данных

«плоские» (flat-file) и реляционные (relation). Однако в океанографической практике используются, как правило, только последние. Важное преимущество реляционных баз данных состоит в том, что информация хранится в различных массивах, связанных между собой посредством индексов. Индекс — значение определенного поля или комбинации полей, являющееся одинаковым для связанных записей. Например, запись, содержащая призначную часть океанографической станции (время выполнения, координаты и т.д.), и запись, содержащая ряды этой же станции (измеренные горизонты, температура, соленость и др.) имеют один и тот же индекс. Использование индексов существенно повышает производительность работы, поскольку при выполнении любой содержательной операции по манипулированию данными (поиск, выборка, сортировка и др.) отпадает необходимость перемещаться по всем записям, достаточно лишь просмотреть массив индексов. Другим чрезвычайно полезным инструментом, реализуемым в реляционных БД, являются ключевые поля. Ключевое поле (ключ) — установленное поле, являющееся одинаковым для некоторой группы записей. Характерным примером ключа может служить поле, содержащее значение географической координаты (широты или долготы) океанографической станции. Из данного определения, в частности, следует, что одна запись может иметь несколько ключей (координаты, время выполнения, название судна и др.), определяемые при проектировании БД. Следует помнить, что их количество не должно быть чрезмерно большим,

поскольку это повлечет замедление работы БД. Программным ядром любой базы данных является СУБД. В настоящее время существует достаточно широкий спектр СУБД (dBASE, FOXPRO, ACCESS, PARADOX и др.), разработанных различными фирмами --- производителями программного обеспечения. Для океанографических задач практически применима любая из этих программных оболочек. Однако максимальный учет особенностей представления океанографических данных потребовал использовать оригинальный подход, результатом которого стала специализированная база гидрологических данных (HDB), разработанная в Государственном океанографическом институте и успешно применяемая в ААНИИ. Структура и возможности HDB будут подробно рассмотрены в следующем разделе. Здесь укажем лишь основные элементы СУБД и их функции, единые для всех реляционных БД. СУБД состоит из двух основных частей: программного интерфейса, который образуется из пользовательского интерфейса и запросов на получение данных, и процессора БД. Пользовательский интерфейс осуществляет взаимодействие между процессором БД и пользователем и отображает результаты этого взаимодействия на дисплее. Пользователь передает свои запросы о требуемых операциях с данными через текстовые поля, переключатели и командные кнопки экранного меню. Обратно он получает информацию о выполненных процессором действиях в текстовом и графическом окнах. Запросы — это команды специального встроенного языка, воспринимаемые процессором БД. Процессор БД обеспечивает механизмы для физического хранения данных, их считывания, обновления, поиска и индексирования.

Как следует из вышеизложенного, база данных предоставляет пользователю возможность осуществлять стандартные операции по манипулированию данными, однако формально в ней не предусмотрены средства для решения более сложных задач — специальной обработки данных и/ или их графического представления. В связи с этим, вводится (не являющееся, впрочем, официально принятым) понятие банка данных. В дальнейшем под банком данных будет подразумеваться база данных с расширенным сервисным обеспечением. Направленность сервисного обеспечения может быть различной, в зависимости от назначения банка данных. Сервисное обеспечение HDB, ориентированное на наиболее часто используемые в океанографической практике алгоритмы, а также предоставляющее возможность интегрирования HDB со стандартными графическими пакетами SURFER и GRAPHER, подробно рассматривается в последнем разделе этой главы.

С наступлением эры информационной технологии одним из приоритетных направлений стало создание *информационных систем*. В них интегрируется различная информация об окружающем мире и различных сторонах человеческой деятельности. Согласно одному из определений, «информация — это все, чем могут быть дополнены наши знания, убеждения и предположения». Получение адекватной и своевременной информа-

ции о состоянии и трансформации окружающей среды в настоящее время является по существу вопросом дальнейшего выживания человечества. Иными словами информация в современном мире является одним из важнейших ресурсов, которыми располагает современная цивилизация. Применительно к областям знания, в той или иной степени связанных с окружающей средой, существует понятие географических информационных систем (ГИС). Геоинформационная система — это комплекс компьютерных программ, предназначенный для сбора, хранения, систематизации, обработки, анализа, моделирования визуализации и выдачи по запросам пользователей пространственно-координированной (т.е. «привязанной» к поверхности Земли) информации. Среди наиболее известных программных ГИСоболочек следует указать ARCINFO, ARCVIEW, MAPINFO, WinGIS. В ГИС различного назначения содержится информация о природе и обществе, которая может быть представлена на топографических и тематических картах, планах городов, аэро- и космических снимках, справочных и других материалах о местности и происходящих на ней явлениях и процессах. В них используются математико-картографические методы, позволяющие получать пространственно-временную информацию, решать различные расчетные задачи и наглядно отображать местность и связанные с ней события [5,8]. ГИС состоят из пяти обязательных блоков:

блок ввода информации;

 — блок формирования баз данных графической и тематической (семантической) информации;

— блок визуализации;

— блок управления;

- блок вывода информации.

Входная информация, воспринимаемая ГИС, может быть двух видов: алфавитно-цифровой (текстовой) и графической. В зависимости от типа и объема информации ее ввод может осуществляться либо непосредственно с клавиатуры, либо с периферийных устройств (ВЗУ, сканер, глобальная сеть и др.). Важным этапом при создании ГИС является формирование графической БД, в основе которой лежит цифровая картографическая информация. Исходным пунктом при подготовке такой базы данных являются карты и атласы на бумажной основе, которые сканируются, а затем оцифровываются при помощи программы — дигитайзера. Это весьма трудоемкая процедура, которая требует значительных временных затрат и может быть качественно выполнена только квалифицированным специалистом. Однако однажды сформированная оцифрованная карта может в дальнейшем неоднократно использоваться. Поэтому производители ГИС-оболочек обычно включают в фирменные программные пакеты графические базы данных, содержащие набор оцифрованных карт поверхности Земли. В последнее время такого рода данные можно получить и через компьютерную сеть Internet. Применительно к океанографическим ГИС фоновым объектом любой карты является береговая линия. Если со-

здаваемая ГИС будет оперировать крупномасштабными объектами (океан, море, крупный залив), то имеющиеся уже в оцифрованном виде карты, как правило, обеспечивают достаточное разрешение для размещения на них содержательной информации. Если же речь идет о малых водных объектах (эстуарий, пролив, небольшой залив, озеро), то задачу оцифровки приходится решать в полном объеме. Простая оцифровка карты еще не обеспечивает ее правильного отображения на экране. Для этого необходимо выполнить преобразование координат в одну из принятых географических проекций. Существующие ГИС поддерживают более 30 различных проекций и обеспечивают пересчет координат при переходе от одной проекции к другой. Для океанографических задач, как правило, используются лишь три проекции: полярная стереографическая, проекция Меркатора и проекция Ламберта.

Информация на электронных картах размещается послойно. При этом соблюдается следующее правило: объект, который должен быть полностью виден на фоне другого объекта, располагается на вышележащем слое. При генерации (отрисовке) графических объектов в ГИС может применяться векторный или растровый формат. Векторный формат представления информации --- это способ математического описания объектов карты с помощью векторов фиксированной длины. В векторном формате элементарными графическими объектами являются точка, характеризующаяся своими координатами, и прямая, соединяющая две точки. В растровой графике линии, как объекта, не существует, но есть совокупность точек, которые выглядят похожими на линию. Обычно компьютер не может распознать отдельную точку линии в растровой графике, т.е. вычислить ее координаты. Растровая картинка — это точечно-ориентированный графический объект, состоящий из огромного числа разноцветных точек. В ГИС растровая графика чаще всего применяется при включении в БД графической информации спутниковых и аэрофотоснимков, ледовых карт и др. Карты стандартных океанографических параметров (температура, соленость и др.), представляемые в виде полей соответствующих изолиний, целесообразнее создавать в векторном формате. Это же справедливо и для собственно векторных карт — течений, дрейфа льда и др.

Поскольку по определению ГИС не является простым набором электронных карт, в ее комплект должны входить средства преобразования информации, позволяющие получать новые (т.е. изначально не содержащиеся в ГИС) знания. Характер и направленность этих знаний определяется целью создания ГИС и номенклатурой пользователей, на которых она ориентирована. Океанографические ГИС в первую очередь представляют интерес для специалистов, чья профессиональная деятельность связана с вопросами исследования и освоения океанов и морей, а также управленческих работников, ответственных за принятие административных решений. Это означает, что, кроме описанных модулей ввода и визуализации, ГИС должна включать модули, обеспечивающие решение разнообразных (иногда достаточно специфических) задач, которые встают перед конкретным пользователем. В океанографических ГИС можно обозначить ряд обязательных функций, наличие которых требуется практически всегда. В их число входят:

--- расчет производных полей (например, поля плотности по температуре и солености);

- построение вертикальных профилей, разрезов и TS-диаграмм;

- вырезка части карты и перенесения ее в графический файл;

— определение длин, площадей и объемов выбранных объектов;
— печать карт и производных объектов.

Более сложные задачи включают статистический анализ параметров в выбранных регионах, модельные расчеты динамики вод, балансовые вычисления.

Таким образом, понятие ГИС объединяет рассмотренные информационные объекты и включает широкий класс программных средств, реализуемых на современных ЭВМ. Рассмотрению существующих в настоящее время подходов к созданию океанографических ГИС посвящен один из разделов следующей главы.

2.2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ НDB, ЕЕ СТРУКТУРА, ФУНКЦИИ И ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ

Специализированная океанографическая база данных (HDB) была разработана в Государственном океанографическом институте (ГОИН, Москва) в 1991 г. В.Терещенковым и С.Григорьевым. Она неоднократно модифицировалась (в настоящее время в основном используется версия 3.10), однако в целом сохранила основные черты, заложенные авторами при ее разработке. В ААНИИ HDB используется для обеспечения океанографических исследований с 1992 г. и за это время зарекомендовала себя, как весьма эффективный инструмент для оперирования с большими объемами океанографических данных [4,10].

Актуальность базы данных НDB

Наличие коллекции наблюдений на океанографических станциях, постоянно пополняющейся данными новых экспедиций, настоятельно требует сервисных компьютерных программных средств по хранению и управлению этой информацией. Данная проблема не может быть удовлетворительно решена путем использования универсальных СУБД типа *dBASE*, *FOXPRO, PARADOX* по нескольким причинам. Во-первых, универсальность неизбежно влечет определенные сложности в обращении для пользователя — неспециалиста в области управления данными. Во-вторых, эти СУБД, предназначенные для создания БД, содержащих произвольную разнотипную информацию и обслуживания ситуаций типа «отдел кадров», нерациональны, так как обладают весьма низким уровнем компактификации для конкретной задачи манипулирования чрезвычайно большими

объемами однотипных данных. И наконец, самое главное, подобные базы являются «вещью в себе» в том смысле, что хранимую в них информацию пользователь не может непосредственно использовать в своих прикладных программах. Отсюда, очевидна необходимость в специализированной базе данных, удовлетворяющей условию максимальной компактности, достаточно простой в обращении и совместимой со стандартными языками программирования, например, FORTRAN.

Структура НDВ

Как и любая база данных (в смысле данного выше определения) HDB состоит из 2-х обязательных компонент: программная оболочка (СУБД); информационные массивы.

Кроме того, в стандартной конфигурации HDB имеется ряд сервисных программ, что позволяет рассматривать ее как банк данных. Однако, следуя принятому названию, в дальнейшем изложении HDB будет именоваться базой данных, за исключением специально оговоренных случаев.

СУБД HDB написана на языке *C*, незначительно использован *ASSEMBLER* и *FORTRAN*, функционирует на всех компьютерных средствах семейства *PC*, *XT*, *AT* и совместимых под управлением *MS-DOS* (начиная с версии 3.0) или Windows (начиная с 3.1), может быть легко адаптирована на любую аппаратную платформу, поддерживающую *C*-компилятор, в том числе на системы типа *UNIX*, функционирует на мониторах любого типа, удовлетворяет требованиям *ANSI* об интерактивном режиме (в том числе о немедленном *Esc*-выходе на предыдущий уровень без сбоя из любого состояния). Интерактивный режим осуществляется на английском языке.

Специализированный БД-процессор включает комплекс компьютерных программ (исполняемых exe-модулей), позволяющих осуществлять стандартные процедуры по обслуживанию алфавитно-цифровых данных: загрузку, компактное хранение, обновление, выборку и корректировку. Все указанные процедуры визуализированы через наглядный пользовательский интерфейс, что дает возможность быстрого освоения работы в среде HDB конечным пользователем. Преимуществами данной СУБД по сравнению с имеющимися аналогами (типа dBASE) являются: учет особенностей цифрового представления океанографических данных, возможность непосредственного обращения к произвольно выбранным массивам данных из пользовательских программ (без процедуры промежуточного переформатирования), компактность дискового размещения СУБД и самих данных и возможность быстрого создания «дочерних» информационных массивов. Последнее позволяет существенно оптимизировать работу, поскольку одна СУБД может обслуживать большое количество информационных массивов, обеспечивая равные сервисные возможности. Дисковая память, требуемая для размещения СУБД, составляет менее 1 Мб, потребляемый объем оперативной памяти при работе СУБД в резидентном режиме — 150 Кб, что делает возможным ее использования на ПК с процессором типа Intel-286 и выше.

Размещение данных

Логической единицей хранения информации в HDB являются данные по отдельной океанографической станции, состоящие из паспорта станции (время, координаты, метеорологическая информация, количество океанографических параметров и т.д.) и собственно гидрологических и гидрохимических данных — рядов. Записи паспортов и рядов имеют разную структуру и хранятся в различных файлах, но реляционно связаны друг с другом. Совокупность записей отдельных станций, объединенная по временному, пространственному или любому другому принципу (например данные одного рейса) образуют логический блок, описание которого хранится в специальном информационном файле. Это обеспечивает эффективность получения необходимой справочной информации по БД в целом и увеличивает скорость визуальной выборки данных, относящихся к одному рейсу или определенному району. Информационный файл вместе с файлами паспортов и рядов образуют информационный массив. Структура записи в информационном массиве не является жестко заданной apriori, а может определяться пользователем перед загрузкой исходных данных. Для этой цели формируется текстовый файл *дескриптора*, в который заносится информация о структуре записи во вновь создаваемом информационном массиве. Файлы информационного массива создаются программой-загрузчиком СУБД, преобразующим исходные данные во внутренний формат БД. Запись одной станции в формате HDB занимает в среднем 0,3 Кб, что позволяет разместить информационный массив в 100 тыс. станций на диске емкостью 30 Мб.

Функционирование HDB

Программа загрузки выполняет задачу перевода числовой и символьной информации из стандартного текстового файла во внутренний, компактный формат, описанный в предыдущем пункте. Для выполнения загрузки новых данных в БД необходимо сформировать стандартный текстовый (ASCII) файл и создать файл дескриптора (<имя информационного массива>. dsc). Файл дескриптора — это текстовый файл, в котором указывается количество и названия дополнительных параметров паспорта, а также максимальное количество рядов измерений, их названия и точность представления (обязательными параметрами паспорта, включаемыми программой-загрузчиком по умолчанию, являются: название платформы измерений (судна), время выполнения станции, ее координаты и глубина). Программа-загрузчик использует имя файла-дескриптора в качестве имени вновь создаваемого информационного массива и формирует файлы паспортов (<имя информационного массива >.h_p) и рядов (<имя информационного массива h_r) с этим же именем. Следует помнить, что программазагрузчик не поддерживает смысловой контроль загружаемых данных, что остается на ответственности пользователя. В то же время эта программа производит контроль наличия и правильности позиций данных во входном файле и выдает сообщение с номером строки ошибки в исходном файле, в случае ее обнаружения. Скорость загрузки — не менее 250 станций в минуту. По окончании работы выдается сообщение о количестве станций нового информационного массива, успешно загруженных в БД.

Управление информационными массивами, загруженными в БД, предполагает следующий стандартный набор сервиса: получение справки, просмотр, редактирование, задание логических критериев отбора, отбор, сохранение информации об отборе между сеансами. Эту задачу выполняет программа-менеджер, входящая в состав процессора БД. Для получения обзорной информации о данных, входящих в информационный массив, она создает специальный информационный файл (<имя информационного массива.i_c>), в котором содержится информация о блоках данных (как правило, конкретный рейс судна, хотя это и не обязательно). При вызове команды «Информаиия по базе» (Base Information) содержимое этого файла выдается на экран в виде списка «Название судна --- число станций». По каждому элементу списка пользователь может запросить дополнительную информацию: координаты полигона, временной диапазон, пространственное расположение станций на полигоне, основные параметры (координаты, время выполнения) отдельных станций, количество станций в заданном квадрате. Однажды созданный информационный файл сохраняется по окончанию сеанса работы. Если пользователь внес некоторые изменения в данные, то он может пересоздать информационный файл, что займет не более нескольких секунд.

Пользователь обеспечен стандартным сервисом по просмотру и редактированию всех загруженных данных. Он может просмотреть и отредактировать любой паспорт и любой ряд. Обеспечивается как последовательный просмотр, так и прямое задание номера станции. Эти действия выполняются командой «Манипулирование данными» (Base management).

Чрезвычайно полезным сервисом базы данных является возможность выбора некоторого подмножества информации. В HDB эта процедура может осуществляться двумя путями. Первый — это стандартный метод отбора по логическим критериям. Вначале пользователь должен сформировать некоторое логическое выражение — «фильтр» для отбора. Логическое выражение является произвольной комбинацией элементарных логических выражений, произвольно соединенных знаками логических операций — «И» (AND), «ИЛИ»(OR), «НЕ»(NOT). В качестве элементарного логического выражения может выступать некоторый диапазон изменения величины любого из параметров паспорта, например: географическая долгота. Пользователь задает минимальное (MIN) и максимальное (MAX) значения диапазона. При этом действуют следующие правила:

1) если MIN < MAX, то диапазоном является [MIN;MAX];

2) если MIN = MAX, то отбор будет производиться по конкретной величине;

3) если MIN > MAX, то будет производиться проверка попадания параметра в один из диапазонов [MIN; + ∞) или (- ∞ ; MAX].

Последнее обеспечивает нормальный отбор для ситуаций типа наличия линии смены дат (например: MIN = 160°, MAX = -160°). Исключение сделано для параметра «Название судна», где у пользователя запрашивается конкретная символьная константа. Дополнительным сервисом является возможность задания диапазона не только для даты (год — месяц — день), но и для любого из этих параметров отдельно. Это дает возможность сезонного отбора. Например, пользователь может отобрать все зимы или все январи. Это же допустимо и для параметра время (час — минута). Каждое созданное пользователем логическое выражение помещается в логический стек, где ему присваивается порядковый «номер выражения». На экране постоянно отражается текущее состояние стека. Максимальное число логических выражений, которое может быть помещено в стек — 19, что, как показывает опыт, более чем достаточно для обычной работы. Для исключительных случаев предусмотрена также команда «Очистить последнюю линию стека» (Erase last line), которая может быть также использована для стирания неверно введенного логического выражения. После создания логического критерия пользователь может приступить к отбору. Для того чтобы не записывать отобранные станции в новый файл, занимая тем самым дисковое пространство, используется стандартный метод суббаз. Компактность достигается за счет того, что в файлсуббазу записываются только абсолютные номера паспортов в исходном информационном массиве. При этом для пользователя программно обеспечиваются те же возможности работы с суббазой, что и с реальной базой, т.е. для него различие между суббазой и базой отсутствует. Информация, записанная в суббазу, сохраняется по окончании сеанса работы. Другой метод отбора данных, предлагаемый пользователю, это визуальный отбор. Основываясь на данных «информационного файла» пользователь может вывести в графическое окно схему расположения океанографических станций, пометить те или иные интересующие его станции (возможно из разных рейсов) и отобрать отмеченные станции в суббазу.

Пользователю предоставлен также следующий сервис по обслуживанию суббаз и информационных массивов:

— создание новых информационных массивов без обращения к загрузчику. Каждую созданную им суббазу пользователь может превратить в информационный массив с новым именем для последующего использования в прикладных программах;

— слияние нескольких информационных массивов в один;

— выгрузка информации из информационного массива обратно в текстовый файл в стандартном формате.

Для обращения к данным, хранящимся в БД из прикладных программ, предусмотрены специальные процедуры, написанные на языках FORTRAN и TURBOPASCAL. Эти процедуры включаются в статусе внешних подпрограмм в прикладные (пользовательские) программные пакеты и обеспечивают их входной информацией непосредственно из информационных массивов или суббаз HDB.

Графические средства HDB

Стандартная конфигурация HDB включает средства быстрого графического представления информации. Хотя, используя только внутренние графические ресурсы HDB, невозможно генерировать сложные объекты, ряд весьма актуальных в океанографической практике задач может быть эффективно решен без обращения к внешним программным пакетам. Находясь непосредственно в среде HDB пользователь может выполнять экспресс-анализ данных, т.е. наиболее распространенные в океанографической практике действия по содержательной визуализации данных, включающие построение: вертикальных профилей; TS-диаграмм; вертикальных разрезов; карт горизонтальных распределений характеристик; диаграмм объемного анализа.

Работа в таком режиме весьма эффективна для первичного анализа вновь полученных данных, поскольку позволяет быстро оценить их научную значимость. Это особенно актуально в процессе проведения экспедиционных работ, когда такая информация может оказаться весьма полезной для оперативного внесения корректив в тактику натурного эксперимента.

Сеанс работы в HDB

Рассмотрим последовательность действий, обычно выполняемую пользователем при работе с базой данных НDB. Первое, что очевидно требуется, --- это создать новый информационный массив из своих данных. Для этого необходимо создать текстовый файл дескриптора с именем, которое будет в дальнейшем присвоено информационному массиву и расширением dsc. Образец файла дескриптора приведен в приложении 1. Следующим шагом является переформатирование имеющихся данных в соответствии с форматом загрузки (см. приложение 2). Это можно сделать двумя путями. Если исходные данные имеются только в рукописном виде проще всего непосредственно ввести их с клавиатуры в заданном формате. Если же данные уже организованы в файл, целесообразнее написать сервисную программуконвертор, осуществляющую преобразование из исходного формата в формат загрузки (сервисные программы HDB подробно рассмотрены в следующем разделе). После того как файл с данными подготовлен, запускается программа hdb.exe и на экране отображается главное меню. При работе с меню действуют следующие правила. Перемещение по пунктам меню осуществляется при помощи клавиш-стрелок и табуляции, а выбор определенного пункта завершается нажатием клавиши Enter. Альтернативный вариант — нажатие зарезервированной клавиши (для каждого из пунктов меню символ такой клавиши выделен красным цветом) одновременно с клавишей Alt. Активными являются только пункты меню, выделенные черным цветом. Переход из неактивного состояния в активное происходит автоматически в результате выполнения пользователем каких-либо операций. Например, после открытия базы данных становятся активными все пункты меню, связанные с отображением и редактированием данных. Ввод текста выполняется при открытии соответствующих окон. При этом программа не различает строчные и заглавные буквы. В названиях информационных массивов допустимы только латинские буквы и цифры. Для установки и отмены «флажков» используется клавиша Space (пробел). Запуск на выполнение выбранных операций (выход на следующий информационный уровень) происходит при нажатии клавиши Enter. Если запрашиваемая операция требует задания пользователем дополнительной информации, запуск ее на выполнение осуществляется выбором кнопки OK и нажатием клавиши Enter, после заполнения соответствующих текстовых строк (установки «флажков» и переключателей) диалогового окна. Возврат на предыдущий уровень происходит при нажатии клавиши Esc. При возникновении ошибки подается звуковой сигнал и на красном поле выдается сообщение о типе ошибки.

Если координаты загружаемых станций содержат географические секунды, перед началом загрузки следует выбрать подпункт Options в пункте Base Managment и установить «флажок» в текстовой строке Use Seconds. После этого можно приступать к загрузке данных. Для этого необходимо выбрать пункты меню Data Conversion, Create New Base. На экране появится диалоговое окно, в которое требуется ввести параметры входного набора данных: Source Name (имя файла с расширением и указанием пути, если файл находится не в директории БД), Source Format (формат входного набора данных: горизонтальный или вертикальный), Target Base (имя создаваемого информационного массива, которое должно совпадать с именем файла-дискриптора). Нажатие кнопки ОК стартует процедуру загрузки данных, которая визуализирована через информационное окно. В случае успешного выполнения загрузки на экран выдается информация о количестве загруженных станций. В противном случае, т.е. при обнаружении ошибок во входном наборе, на экран выводится номер строки входного набора, в которой обнаружена ошибка. После устранения ошибки процедуру загрузки следует повторить. Следует помнить, что загрузка новых данных в уже имеющийся информационный массив недопустима. Это приводит к потере уже имеющихся данных. Чтобы дополнить массив новыми данными необходимо использовать метод Append Current Base, который будет рассмотрен ниже.

Для работы с вновь сформированным информационным массивом требуется его открыть. Для этого в меню выбираются пункты Base Managment, Open Base. В появившемся диалоговом окне вводится имя информационного массива. Альтернативный вариант — выбор из списка уже имеющихся информационных массивов. Чтобы использовать этот способ, имя информационного массива должно быть предварительно записано в текстовый файл hdb_list.hdb. После нажатия кнопки OK все пункты меню, связанные с просмотром и редактированием данных, становятся активными. Чтобы получить сведения о количестве станций в информационном массиве их пространственных и временных границах следует выбрать пун-

кты меню Info & Selections, Base Information, Show Descriptor's List. В появившихся информационных окнах отобразится требуемая информация. Нажатие клавиши Enter выведет в графическое окно схему расположения станций. Перемещение по станциям при помощи стрелок обеспечивает получение информации о каждой конкретной станции (дата и координаты). В ряде случаев представляет интерес распределение станций по площади. Для получения такого рода информации следует воспользоваться пунктами меню Info & Selections, Map Base, Show Polygon Map. В графическом окне появится схема измерительного полигона, разбитого на прямоугольники, размер стороны которых задается в градусах широты и долготы. Переход от одного прямоугольника к другому выполняется с помощью стрелок. При нахождении курсора в фиксированном прямоугольнике в информационном окне выводятся координаты его границ и число станций, попавших в этот прямоугольник. Размер прямоугольника устанавливается в пункте Change Steps. При изменении числа станций в информационном массиве, перед запросом информации в любой из рассмотренных форм, необходимо ее обновить. Для этого предусмотрен пункт меню Update Information.

Просмотр и редактирование данных по отдельным станциям реализуется путем выбора пунктов меню Base Management, Edit Data in Base. На экране появляется диалоговое окно, указатель которого установлен на первую (последовательность станций в информационном массиве соответствует последовательности станций в загружаемом исходном файле) станцию массива. В текстовых строках диалогового окна отображаются абсолютный номер станции в массиве и все обязательные параметры паспорта. Если дополнительных параметров паспорта больше, чем два, их вывод в соответствующие текстовые окна осуществляется нажатием клавиш-стрелок. Для просмотра рядов необходимо выбрать один из альтернативных режимов просмотра — текстовый (Rows Data) или графический(Graphics). При выборе первого варианта в левой части экрана открывается второе текстовое окно, где отображаются два первых ряда. Для вывода других рядов активное окно устанавливается на заголовок ряда, и после нажатия -клавиши Enter на экран выводится меню всех имеющихся в данном информационном массиве рядов, из которых следует выбрать требуемый. Если количество горизонтов измерений на станций больше 35-ти, для просмотра нижележащих горизонтов следует воспользоваться клавишей-стрелкой или Page Down. В режиме Graphics в появившемся диалоговом окне следует описанным выше способом выбрать два интересующих параметра и задать способ построения профиля: параметр в зависимости от глубины (Parameter vs Depth) или параметр в зависимости от другого параметра (Parameter vs Parameter). После нажатия клавиши Enter на экран выводится графическое окно с заданными профилями. Перемещение вверх и вниз по профилю посредством клавиш-стрелок обеспечивает синхронное отображение соответствующей числовой информации в нижней части экрана.

Перемещение по записям (станциям) информационного массива можно выполнять либо последовательно, путем использования кнопок Next и Previous в верхней части диалогового окна, либо «скачками», путем задания конкретного номера записи, после нажатия кнопки Set (установить). Для редактирования данных паспортов и рядов необходимо установить курсор на текстовое поле изменяемого параметра и внести желаемые изменения. После этого при попытке выхода на предыдущий уровень на экране появится запрос, нужно ли сохранить внесенные изменения. Если изменения были сделаны сознательно, следует ответить утвердительно. В противном случае, а также, если выполненная редакция не соответствует формату представления откорректированного параметра, внесенные изменения будут проигнорированы.

Рассматривавшиеся до сих пор операции являются в большей степени техническими, поскольку они направлены на решение таких задач, как создание, хранение и корректировка данных. Содержательная же работа с данными предполагает в первую очередь их анализ, который может быть эффективно выполнен с использованием графического сервиса HDB. Однако, прежде чем переходить к описанию применения графических возможностей, следует остановиться подробнее на операции выборки данных, которая, как правило, необходима перед любыми графическими построениями. Простейшим способом выборки данных (формирования суббазы) является визуальная выборка. Для ее выполнения необходимо последовательно выбрать пункты меню Info & Selections, Show Descriptor's List и нажать Enter. В появившемся графическом окне следует отметить станции, которые необходимо внести в выбираемую группу. Для этой цели можно использовать клавиши-стрелки и клавишу Insert. После того как требуемые станции отмечены, три нажатия клавиши Esc переводят пункт меню Mark Selection в активное состояние. Выбор этого пункта меню выволит на экран диалоговое окно с несколькими вариантами формирования выборки. В случае, если данная выборка является первой (т.е. до этого выборок из данного информационного массива не выполнялось), единственная возможность — это формирование нового набора данных (Create New Subset). Если выборки уже выполнялись, то возможны и другие варианты — дополнение ранее созданного набора (суббазы) вновь выбранными станциями (Append Curr. Subset) и исключение выбранных станций из ранее созданной суббазы (Exclude from Curr. Subset). Используя описанные приемы, можно выполнять достаточно сложные выборки этим методом. Другой способ выборки определенной группы станций — выборка по логическим критериям. Принцип выборки по логическим критериям рассматривался выше. Напомним, что он построен на логических конструкциях, формируемых посредством связок типа «и», «или», «не». Чтобы сформировать логическую конструкцию, необходимо выбрать пункт меню Range Selection. В левой части экрана при этом появляется диалоговое окно, а в правой — информационное (логический стек). Выбор первой строки

диалогового окна (Create Expression) вызывает на экран еще одно окно, в котором отображаются все параметры паспорта плюс два производных параметра месяц года (Season-Month) и число рядов на станции (Exist of Rows). Выбор любого из параметров выводит на экран две текстовые строки, в которых предлагается указать граничные значения параметра (фильтр), по которым следует производить выборку. При этом необходимо соблюдать формат представления данных. В противном случае будет подан звуковой сигнал и появится сообщение об ошибке. Введенные граничные значения отображаются в информационном окне. Аналогичную операцию формирования элементарного фильтра можно выполнить с любым другим параметром паспорта. После того как в стек введено два или более элементарных фильтра, можно использовать кнопки Use Logical And (u), Use Logical Or (или), Use Logical Not (не) для конструирования сложных фильтров. Следует помнить, что при формировании любого более сложного фильтра всегда используется только два более простых фильтра, выступающие в роли операндов в формируемом логическом выражении. Каждому вновь введенному фильтру (элементарному или сложному) присваивается последовательный номер, отображаемый в информационном окне. Эти номера задаются в текстовых строках при создании сложных фильтров, так же как задавались границы при формировании фильтров элементарных. Формируя последовательно элементарные и сложные фильтры из различных параметров и их комбинаций, можно сформировать запрос на весьма изощренную выборку. После того как требуемое логическое выражение подготовлено, следует выбрать пункт Select в диалоговом окне и нажать Enter. Варианты создания и модификации суббазы, содержащей записи, ключевые поля которых удовлетворяют сформированному фильтру, аналогичны рассмотренным выше для визуальной выборки. Для созданной суббазы доступны все описанные выше действия по просмотру и редактированию данных. Они реализуются через выбор соответствующих пунктов главного меню и пунктов, в которых фигурирует слово Subset. Например, для редактирования данных в суббазе следует выбрать пункты меню Base Management, Edit Data in Subset. При этом, в соответствующих строках диалогового окна редактирования будут указаны абсолютный номер станции в информационном массиве и ее относительный порядковый номер в суббазе. Сформированная суббаза сохраняется в промежутках между сеансами работы с HDB. Однако при формировании новой суббазы в пределах одного информационного массива ранее созданная суббаза теряется. Чтобы этого избежать (если, например, для работы желательно иметь одновременно несколько различных фрагментов информационного массива), предусмотрена возможность сохранить ранее созданную суббазу. Для этого, после формирования суббазы, следует выбрать пункты меню Base Management, Save Subset и после появления запроса ввести произвольное имя суббазы. Затем, когда возникнет необходимость вновь обратиться к данной суббазе, достаточно использовать пункт Restore Subset и указать ее имя.

Реализация графического сервиса HDB осуществляется через пункт главного меню Applications. Возможность графического представления зависит от выбранного в суббазу фрагмента данных. Для отрисовки вертикальных профилей (Parameter vs Depth) и TS-диаграмм (TS-curve) формирования суббазы не требуется. В диалоговом окне следует только ввести абсолютный номер станции в информационном массиве. Для построения вертикального разреза (Section) какого-либо параметра необходимо предварительно сформировать суббазу, в которой будет по меньшей мере две станции. В том случае, если число станций в выбираемом фрагменте превышает две, при выборке необходимо следить за тем, чтобы у разреза не было самопересечений. Этого проще всего добиться, если использовать визуальный метод выборки. При построении карты распределения параметра на заданном горизонте (Map), выбираемые станции не должны ложиться на прямую. В этом случае будет выдано сообщение, что данных для требуемого построения недостаточно. При выполнении объемного анализа (TS Volume Analyze) ограничений на расположение станций в фрагменте нет. При выполнении трех последних видов построений необходимо вводить дополнительную информацию по запросам программы (параметр, шаг проведения изолиний, «разрыв» вертикального масштаба и др.). Реакция пользователя на эти запросы определяется его потребностями и не требует дополнительных комментариев. В случае ввода ошибочной информации, на экран выводится сообщение об ошибке и предлагается повторить выполненное действие. Отображение графических построений происходит в графическом окне, где помимо собственно графики выдается поясняющая информация. Построенные графические объекты могут быть непосредственно отправлены на принтер. Однако качество печати в данном случае не высоко, поскольку печатается просто копия экрана. Для подготовки более качественных рисунков необходимо использовать специализированные графические пакеты, которые будут рассмотрены в следующей главе. Последний пункт меню Applications --- User Defined Menu дает возможность включить в базовый сервис специфические программы пользователя, предназначенные для обработки данных, содержащихся в информационных массивах. Подробнее об этом будет сказано в следующем разделе.

Завершая описание типичного сеанса работы с HDB, необходимо остановится еще на одной возможности базового сервиса — потоковом преобразовании данных. Под потоковым преобразованием подразумеваются операции, связанные с переформатированием всех данных, содержащихся в информационном массиве или суббазе. Варианты потокового преобразования представлены под пунктом главного меню Data Conversion. Выше уже рассматривалось потоковое преобразование данных, являющееся необходимым шагом при создании нового информационного массива *Create New Base*. Кроме этого, предусмотрены следующие возможности: слияние двух информационных массивов в один (Append Current Base), создание информационного массива из суббазы (Create Base from Subset),

преобразование данных из формата HDB в алфавитно-цифровой формат, соответствующий формату загрузки (Export to ASCII). Как указывалось выше, метод Append Current Base применяется в случае, если необходимо пополнить существующий информационный массив новыми данными. При этом предусмотрена возможность проверки вновь загружаемых станций на дублирование со станциями, уже имеющимися в массиве. Создание нового информационного массива из фрагмента целесообразно в том случае, если в дальнейшем предполагается интенсивная работа с выбранным фрагментом, без обращения к остальным станциям, содержащимся в исходном информационном массиве. Обратное преобразование данных из формата HDB в алфавитно-цифровой формат (выгрузка данных) бывает необходимо при передаче данных пользователям, не имеющим HDB, а также для распечатки данных на принтере, если в арсенале пользователя отсутствует подходящая сервисная программа.

2.3. СЕРВИСНЫЕ ПРОГРАММЫ НОВ

Как уже неоднократно отмечалось, одним из важнейших преимуществ HDB является возможность непосредственного использования данных, содержащихся в информационных массивах, во внешних программных модулях, написанных на распространенных алгоритмических языках. Благодаря этому реализуется возможность общения пользователя с БД в автоматическом режиме. Технически для этого требуется включить в программный проект стандартный модуль обращения к БД. Получаемая при этом выгода тем больше, чем больше разнообразных исходных данных, содержащихся в БД, использует внешняя программа, поскольку при этом исключается необходимость выполнения трудоемких вспомогательных операций по нахождению требуемых данных, их преобразованию и структурированию. При описании структуры базы данных HDB было введено понятие сервисной программы. Настало время рассмотреть сервисные программы более подробно. Сервисная программа — это отдельный исполнимый модуль (*.exe), предназначенный для удовлетворения специальных запросов пользователя, не реализуемых программным ядром или стандартным сервисом базы данных. Сервисные программы могут быть написаны на любом из распространенных алгоритмических языков (FORTRAN, TURBOPASCAL, C). Написание сервисных программ — задача пользователя, что вполне естественно, поскольку все многообразие возможных запросов различных пользователей не может быть учтено заранее даже самым изощренным разработчиком программного обеспечения. Тем не менее, по своему функциональному назначению существующие в настоящее время сервисные программы HDB можно условно подразделить на следующие группы (рис.5):

1. Обязательные сервисные программы (программы-конверторы из произвольного символьного формата в формат загрузки HDB).

2. Программы обращения к информационным массивам HDB.



Рис. 5. Основные сервисные программы HDB

3. Программы-интерфейсы со стандартными вычислительными и графическими пакетами (SURFER, GRAPHER, STATISTICA и др.).

4. Программы контроля данных с последующей корректировкой.

5. Вычислительные программы.

6. Дополнительные информационные программы.

Рассмотрим каждую из этих групп подробнее.

Программы-конверторы

Как указывалось в предыдущем разделее, для выполнения загрузки новых данных в HDB необходимо сформировать стандартный текстовый (ASCII) файл. Для этой цели требуется переформатировать исходные данные из произвольного формата в формат загрузки. Совершенно очевидно, что когда речь идет даже о нескольких десятках станций, это можно эффективно сделать лишь программным путем. Программа, выполняющая такое преобразование данных, называется программой-конвертором. В соответствии с поставленной задачей, программа-конвертор должна включать следующие обязательные компоненты:

- блок ввода исходных данных;
- блок преобразования данных (при необходимости);

— блок вывода данных в загрузочный файл.

Принимая во внимание, что исходный файл может иметь самую экзотическую структуру, одной программой такого рода явно не обойтись. Однако, поскольку формат выгрузки в стандартный текстовый файл будет одинаковым (или почти одинаковым) для любых исходных данных, достаточно разработать базовую программу-конвертор, в которой по мере необходимости надо будет менять лишь первые два блока. Блок преобразования данных требуется включать в тело программы в том случае, если представление какихлибо параметров в исходном массиве отличается от их представления в БД. Например, если координаты станций в исходном массиве записаны с точностью до долей градуса, необходимо дробную часть преобразовать в угловые минуты. Пример загрузочного файла приведен в приложении 1.

Программы обращения к информационным массивам HDB

Программы обращения к информационным массивам поставляются в комплекте HDB в виде исходных текстов на FORTRAN77 и TURBOPASCAL. Эти модули являются обязательным элементом тела любой сервисной программы (за исключением программ-конверторов) и включаются в проект в виде подпрограмм (процедур). Они выполняют следующие функции (в скобках указано имя процедуры на TURBOPASCAL):

1) считывание информации из файла-дескриптора информационного массива — *H_GDSC (HDB3OPN)*;

2) открытие доступа к информационному массиву базы данных (суббазы) — *H_OPNB*, *H_OPNS* (*HDB3OPN*);

3) считывание данных паспорта станции — H_GPAS (HDB3GP);

4) проверку наличия заданного для считывания ряда на станции — *H_IS_R (HDBISR);*

5) считывание данных рядов станции — H_GLEV , H_GROW (HDB3GR);

6) закрытие доступа к базе данных (суббазе) — H_EXIT (HDBCLS).

Помимо указанных модулей в комплект обязательных подпрограмм входят вспомогательные процедуры и функции, обращение к которым организовано из перечисленных подпрограмм и не требует вмешательства пользователя. Все указанные подпрограммы объединены в отдельный файл — HDB3FOR.FOR (HDB3.PAS), который следует включить в проект при разработке сервисной программы. Следует иметь в виду, что при обращении к информационному массиву или суббазе, считывание данных происходит постанционно, т.е. дальнейшая выборка требуемых данных (например, солености на фиксированном горизонте) должна быть программно организована разработчиком соответствующей сервисной программы.

Программы-интерфейсы со стандартными пакетами

В том случае, когда данные из БД предполагается использовать для работы в каких-либо программных пакетах (SURFER, EXCEL, STATISTICA и др.), чрезвычайно удобно разработать так называемые сервисные программы-интерфейсы. В функцию такой программы входит преобразование данных, хранящихся в информационных массивах или выбранных в суббазу в формат, совместимый с входным форматом соответствующего программного пакета. Рассмотрим типичную конфигурацию программы-интерфейса для SURFER. Она включает следующие блоки:

— блок описания переменных;

- блок считывания данных из HDB (подпрограммы обращения к БД);

— блок выборки требуемых параметров (например, интерполяция на заданный горизонт);

— блок расчета производных параметров (при необходимости);

— блок преобразования координат в требуемую географическую проекцию (при отрисовке карты) или расчета положения станций на разрезе (при отрисовке разреза);

— блок записи данных во входной файл SURFER;

— блок расчета и записи граничного файла SURFER;

- блок расчета и записи пост-файлов SURFER.

В случае, когда требуется построение карты, необходимо дополнительно подготовить файлы координатной сетки и береговой линии.

Программы контроля данных с последующей корректировкой

Контроль и отбраковка ощибочных данных является необходимым этапом анализа натурных наблюдений, причем в случае большого количества данных эта задача является весьма трудоемкой. Оптимизация ее решения достигается путем разработки специальных сервисных программ, выполняющих формализуемые действия из числа предусмотренных в схеме контроля качества данных. При этом целесообразно после прохождения каждого пункта контроля формировать новые (фильтрованные) информационные массивы, сохраняя исходные массивы неизменными. Существующие подходы к автоматизации процедур контроля данных рассмотрены в разделе 3.1.

Вычислительные программы

Это наиболее обширная группа программ. Задача вычислительных программ --- расчет некоторых производных параметров на основе данных имеющихся в БД. Простейшими представителями этой группы являются программы расчета производных гидрофизических характеристик морской воды (по формулам ЮНЕСКО). Более сложные вычислительные программы включают специальные методы статистического анализа (кластерный анализ, разложение по естественным ортогональным функциям), простейшие модельные оценки динамики вод. Эти задачи могут включать в качестве подпрограмм и описанные выше программы-интерфейсы для графического представления результатов расчетов. В принципе дальнейшее увеличение числа программ в этой группе зависит от вычислительных задач, стоящих перед конкретным пользователем. Вопрос о том, что рациональнее: писать вычислительную программу, как сервисную программу БД или наоборот, предусмотреть предварительную выборку данных из БД. их преобразование (если требуется) и запись во входной файл, для модельных расчетов не однозначен. По всей видимости, если в задаче предусмотрено большое число операций по манипулированию данными (неоднократное считывание исходных данных, запись промежуточных результатов и т.д.), то целесообразнее использовать первый вариант. Если же большая часть машинного времени затрачивается на вычислительный процесс (численное интегрирование систем гидродинамических уравнений), а считывание исходных данных является разовым, то нет смысла включать такую программу в сервис базы данных.
Дополнительные информационные программы

Получение расширенной информации о данных не всегда может быть достигнуто стандартными средствами СУБД. Преодоление этой трудности возможно путем создания программ, обращающихся не к ключевым полям паспортов, а непосредственно к файлам рядов — так называемых дополнительных информационных программ.

Любая из описанных сервисных программ может запускаться непосредственно из среды HDB. Для этого достаточно дополнить файл описания сервисных программ HDB (*hdb_menu.hdb*) двумя текстовыми строками, содержащими имя программы и имя ее *exe*-модуля.

В заключение следует отметить, что наращивание дополнительного сервиса регламентируется исключительно желанием пользователя, появлением новых задач и расчетных методов и не требует внесения каких-либо изменений в архитектуру самой БД. Последнее делает сервисные программы чрезвычайно гибким инструментом, позволяющим максимально адаптировать HDB для нужд конкретного пользователя и существенно повысить эффективность ее использования для океанографических исследований.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является минимальным целостным элементом информации по океанографической станции?

- 2. Каково оптимальное количество ключевых полей в записи?
- 3. Для чего нужен файл-дескриптора?
- 4. Что выступает в роли операндов при формировании запроса на сложную выборку?
- 5. Что является обязательным элементом большинства сервисных программ?

ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ (ЭКСПЕРИМЕНТОВ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Использовать первичные данные, получаемые в результате проведения натурных наблюдений (экспериментов) в океане для решения конкретных научных или прикладных задач, как правило, весьма затруднительно. Ведь что по существу стоит за определением «данные натурных наблюдений»? Совокупность чисел, описывающих состояние среды в момент проведения измерений. Иными словами, некая закодированная информация, расшифровать которую задача исследователя. Для того чтобы эта задача могла быть решена эффективно, ее результат был физически непротиворечив (по крайней мере в рамках границ современной науки) и мог быть осознан людьми, не являющимися узкими специалистами в данной области знания, первичные данные должны пройти несколько стадий обработки. Первым этапом, рассмотренным в предыдущей главе, является структурирование данных в виде записей информационных массивов некоторой базы данных, обеспечивающей надежное хранение, получение справочной информации и быстрый доступ к отдельным записям и их комбинациям. Обоснованность (хотя бы в методическом смысле) расчетов, заключений и прогнозов, сделанных исходя из анализа данных, будет бесспорной лишь в том случае, если данные не содержат ошибок (точнее, содержат минимальное количество ошибок). В связи с этим возникает проблема контроля качества данных наблюдений перед их использованием в любых содержательных задачах. Один из подходов к решению этой проблемы (технология контроля качества данных) изложен в первом разделе главы. Адекватное восприятие даже специалистом любой океанографической информации весьма затруднено без ее наглядного графического представления. В силу известных особенностей (географическая привязка станций, непрерывность характеристик во времени и пространстве) и сложившихся традиций, результаты океанографических наблюдений принято представлять в виде двумерных полей (на некоторой плоскости или поверхности) и одномерных графиков (пространственных или временных) распределений океанографических параметров. Однако, поскольку наблюдения на океанографических станциях на самом деле дискретны, при выполнении любых графических построений необходимо использовать процедуру интерполяции. Методам интерполяции применительно к обработке океанографических данных посвящен второй раздел главы. Практичес-

кая реализация этих методов средствами графических пакетов SURFER и GRAPHER с привлечением сервисных программ HDB описана в третьем разделе. В последнем разделе рассмотрены примеры «конечных» океанографических информационных продуктов — океанографических атласов и ГИС, предназначенных для широкого круга пользователей. Помимо общего описания структуры и возможностей применения этих информационных продуктов проденения этих информационных продуктов данных для последующего включения в пользовательские задачи.

3.1 ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА (ФИЛЬТРАЦИЯ) Данных

Практически любые данные, полученные в результате проведения натурных наблюдений или экспериментов, содержат ошибки. Природа этих ошибок весьма разнообразна. Это могут быть систематические ошибки измерительных приборов, субъективные ошибки (описки/опечатки) наблюдателей, производивших измерения, наконец ошибки, возникшие из-за сбоев оборудования при перезаписи массивов данных с одного электронного носителя информации на другой или из-за несоблюдения оператором правил использования конкретного программного обеспечения. Некоторые из этих ошибок могут быть легко выявлены и устранены, для исправления других необходимы длительные и трудоемкие процедуры фильтрации, которые далеко не во всех случаях дают положительный результат. Обработка первичных данных наблюдений предполагает выполнение определенных действий (алгоритмов), направленных на выявление и, по возможности, устранение ошибок в данных.

Устранение систематических ошибок измерительных приборов

Систематические ошибки измерительных приборов (зонлов) связаны с тем, что чувствительные датчики зондов в некоторой степени меняют свои параметры при изменении условий окружающей среды. Из-за этого один и тот же зонд будет показывать истинные (с точностью, указанной в паспорте зонда) значения температуры, электропроводности и других измеряемых параметров только при определенной, стандартной температуре и солености воды (например, 20°C и 35 ‰). При других значениях термохалинных характеристик показания зонда могут выйти за пределы требуемой точности. Для устранения этих ошибок датчики зонда проходят процедуру тарировки — контрольных замеров параметров в лабораторных условиях по всему диапазону изменчивости (желательно до и после проведения экспедиционных работ). По данным тарировки рассчитываются формулы приведения, в соответствии с которыми выполняется преобразование первичных данных. Для повышения точности определения солености (электропроводности), как правило, дополнительно к данным, полученным с помощью зонда, на каждой станции выполняется измерение солености на нескольких горизонтах при помощи солемера (например, AUTOSAL8400B). Точность солемера в несколько раз выше точности соответствующего датчика зонда, что позволяет уточнить значения электропроводности (солености), используя описанную выше процедуру тарировки.

Устранение случайных ошибок наблюдений

Устранение систематических ошибок наиболее просто реализуемый этап первичной обработки данных. По существу, эта процедура не зависит от самих данных и является достаточно стандартной. Кроме того, точность современных зондов настолько высока (при условии, что они находятся в исправном состоянии), что коррекция данных, описанная в предыдущем пункте, как правило, изменяет их значения на доли процента, хотя для некоторых экспериментов и это изменение оказывается существенным. Сложнее обстоит дело со случайными ошибками, к которым можно отнести все прочие ошибки, указанные во введении к данной теме. Если обработка первичных данных выполняется сразу же по завершении экспедиции (эксперимента), задача упрощается, поскольку в случае обнаружения сомнительных данных можно обратиться к журналам наблюдений (станционным листам), выявить причину появления ощибочных данных и, по возможности, немелленно их исправить. Если же данные являются архивными и их источник не содержит никакой мета-информации, то требуется проводить полную процедура обработки. Описание такой процедуры (технологии контроля качества), учитывающей рекомендации Международной океанографической комиссии [12] и схемы, используемые в МЦД-1 (Вашингтон) [11] приводится ниже. Алгоритмизация и программная реализация этой процедуры на языке TURBOPASCAL с использованием средств базы данных HDB разработана в ААНИИ А.А.Кораблевым.

Технология контроля качества данных

Конечной целью контроля качества данных является получение так называемых «чистых» рядов, где отсутствуют однозначно ошибочные данные, а «сомнительные» данные определенным образом маркированы и их дальнейшее использование регламентируется конкретным пользователем. Процедура проверки (отбраковки) данных выполняется в четыре этапа. Предварительный контроль заключается в автоматическом уничтожении дублированных станций и станций, которые не могут быть идентифицированы по местоположению или времени выполнения. На втором этапе проводится «грубый» (формальный) контроль по единым для всего информационного массива критериям, позволяющий ликвидировать грубые ошибки, возникающие при занесении данных и их копировании. На следующем этапе мероприятия формального контроля выполняются уже с учетом океанографических особенностей конкретной акватории (соответственно значения формальных критериев не являются едиными для всего информационного массива) и ставят своей целью устранение случайных ошибок наблюдений. Выявление систематических ошибок (из-за систематических ошибок приборов) возможно посредством валидации данных. т.е. сопоставления статистических характеристик совокупностей данных.

полученных из разных источников, близких по времени и месту выполнения наблюдений. Начиная с этого этапа целесообразно не уничтожать данные, не удовлетворяющие формальным критериям, а маркировать их, сохраняя в БД. На завершающей стадии данные проходят экспертный (субъективный) контроль, являющийся наиболее трудоемким (с точки зрения временных затрат), если объем данных значителен. Таким образом, основные мероприятия по контролю качества океанографических данных могут быть систематизированы следующим образом.

1. Предварительный контроль (устранение дублирующих и нераспознаваемых станций).

2. Контроль времени и местоположения (по пространственно-временному положению станций, относящихся к одному рейсу).

3. Контроль параметров по диапазону изменчивости (исключение грубых ошибок).

4. Контроль по локальным диапазонам изменчивости.

5. Контроль статической устойчивости (по вертикальным профилям условной плотности).

6. Контроль температуры замерзания по солености.

7. Контроль экстремумов вертикального профиля.

8. Контроль по диаграммам разброса (TS,TO, и др.)

9. Взаимоконтроль (валидация) данных, полученных из разных источников (выполняется в случае, если есть возможность выбрать сопоставимые данные, т.е. относящиеся к одному и тому же району и выполненные в одно и то же время).

10. Экспертный контроль вертикального распределения (профилей).

11. Экспертный контроль горизонтального распределения (карт).

Предварительный контроль выполняется в процессе загрузки данных в БД. Мероприятия формального контроля (п.2—6) предполагают создание специальных программ-фильтров, предназначенных для маркировки (при возможности корректировке) ошибочных данных. После прохождения отдельных этапов контроля, откорректированные данные записываются на прежнее место и при необходимости маркируются «флагом», указывающим на результат фильтрации. Таким образом, программа-фильтр, реализующая один из этапов формального контроля данных, содержащихся в информационном массиве HDB, должна включать следующие блоки:

--- блок считывания данных из HDB (подпрограммы обращения к БД);

— блок фильтрации (проверки на попадание значений в заданные диапазоны);

— блок формирования загрузочных файлов HDB («чистого» и «ошибочного»).

«Ошибочный» файл, т.е. файл, содержащий отфильтрованные станции, анализируется, на предмет возможности устранения выявленных ошибок. Исправленные станции загружаются в БД. Выполнение п. 7 и 8 удобнее всего организовать через подключение программных пакетов SURFER



Рис. 6. Пример валидации данных:

а — осредненные температурные профили, по данным российской и немецкой экспедиции (апрель 1993 г., Гренландское море); б — межгодовая изменчивость придонной водной массы в центральной части Гренландского моря

и *GRAPHER*. Информация в графическом виде выдается на экран, что существенно облегчает ее анализ.

Экспертный контроль необходим в случае сохранения после фильтрации данных, не являющихся физически обоснованными. Это достаточно трудоемкая процедура, особенно в случае, когда число «подозритель-

ных» данных велико. Кроме того, экспертный контроль не может быть полностью формализован и всегда является в некотором смысле субъективным. Уменьшение числа данных, требующих экспертного контроля, может быть достигнуто за счет применения более совершенных алгоритмов формального контроля и качественной валидации.

Эффективность валидации данных наглядно проиллюстрирована на рис. 6, где приведены осредненные профили температуры в районе Гренландского конвективного круговорота, полученные примерно в одно и то же время российской и немецкой экспедициями (рис. 6 *a*). В этом случае существование систематического отрицательного сдвига российских данных на 0,08° формально следует из более высокой точности зарубежного зондирующего оборудования (зонд Нила Брауна) и подтверждается анализом межгодовой изменчивости температуры донных вод (рис. 6 δ). Однако далеко не всегда существуют достаточно убедительные аргументы в пользу «эталонности» тех или иных данных, особенно когда речь идет об исторических архивах. В общем случае устранение систематических ошибок можно рассматривать как итерационный процесс, когда поправки на *n*+1-м шаге вычисляются на основе статистических параметров, рассчитанных на *n*-м шаге и экспертных оценок.

3.2 МЕТОДЫ ИНТЕРПОЛЯЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

При обработке данных океанографических наблюдений практически всегда приходится сталкиваться с интерполяцией. Простая (ручная) отрисовка изолиний поверхности какого-либо параметра или построение его вертикального профиля на океанографической станции подразумевает выполнение процедуры интерполяции в точки, расположенные между узлами наблюдений. В данной теме не будут детально рассматриваться теоретические аспекты интерполяции на основе строгих математических подходов. Этому вопросу посвящена общирная научная литература. Однако следует сформулировать основные понятия, связанные с этой процедурой, используемые в дальнейшем изложении. Интерполяция — это определение неизвестного значения функции, на основании некоторой совокулности ее известных значений. При этом значение искомой функции определяется внутри ломаной (поверхности), соединяющей все точки, в которых она известна (в противном случае можно говорить об экстраполяции).

Точки, в которых значения функции известны, называются точками наблюдения, а точки, в которых требуется определить значение функции точками интерполяции. Соотношение, связывающее значения функции в точках наблюдения с ее значениями в точках интерполяции (как правило, система линейных уравнений) называется интерполяционной формулой, а коэффициенты системы — весовыми множителями. Норма разности между наблюденным и интерполированным значением в некоторой точке наблюдения называется ошибкой интерполяции в данной точке. Для получения неких обобщенных характеристик точности того или иного метода интерполяции обычно используют *среднеквадратическую ошибку интерполяции*, определяемую стандартными статистическими методами. Методы интерполяции подразделяются на *точные* (ошибка интерполяции в точке наблюдения равна нулю) и *приближенные* (ошибка интерполяции в точке наблюдения не равна нулю).

В общем виде математическое определение интерполяции может быть записано в виде:

$$f(r_0) = \sum_{i=1}^{n} a_i f(r_i),$$
(1)

где $f(r_0)$ — значение функции в точке интерполяции; $f(r_i)$ — значение функции в точке наблюдения; a_i — весовой множитель.

Проиллюстрируем применение формулы (1) для простейшего случая линейной интерполяции, т.е. интерполяции, в которой выражение, стоящее под знаком суммирования является линейной функцией координат. Для одномерного пространства координат (например, пространства вертикальных профилей океанографического параметра) линейная интерполяция в точку, лежащую между двумя точками наблюдений означает, что все три точки должны лежать на одной прямой. Из линейной алгебры известно, что данное условие выполняется, если вектор, проведенный из искомой точки в одну из точек наблюдения коллинеарен с вектором, соединяющим точки наблюдения. Это означает, что определитель матрицы, построенной на базисе указанных векторов должен быть равен нулю [2]:

$$\begin{vmatrix} x_0 - x_1, y_0 - y_1 \\ x_2 - x_1, y_2 - y_1 \end{vmatrix} = 0$$
 (2)

где $r_i = (x_i, y_i); i = 0+2; y_i = f(x_i).$

После раскрытия определителя и элементарных преобразований, получаем привычную формулу одномерной линейной интерполяции:

$$f(x_0) = y_0 = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_0 - x_1), \qquad (3)$$

которая может быть переписана в форме, идентичной (1), если ввести обозначения:

$$a_1 = 1 - (x_0 - x_1) / (x_2 - x_1);$$

$$a_2 = (x_0 - x_1) / (x_2 - x_1).$$

В двумерном координатном пространстве (например, пространство полей океанографического параметра на заданном горизонте) условием линейной интерполяции, которая в этом случае будет означать нахождение искомой точки на плоскости, построенной по трем точкам наблюдения, является компланарность трех векторов. Один из этих векторов соединяет ис-

комую точку с любой из наблюденных, а другие попарно соединяют две оставшиеся точки наблюдения с первой. Приравнивание к нулю определителя соответствующей матрицы и несложные преобразования приводят к следующим соотношениям для весовых множителей в формуле (1):

$$a_{1} = \frac{(x_{3} - x_{1})(y_{2} - y_{0}) - (x_{2} - x_{1})(y_{3} - y_{0}) + (x_{0} - x_{1})(y_{3} - y_{2})}{(x_{3} - x_{1})(y_{2} - y_{1}) - (x_{2} - x_{1})(y_{3} - y_{1})};$$

$$a_{2} = \frac{(x_{3} - x_{1})(y_{0} - y_{1}) - (x_{0} - x_{1})(y_{3} - y_{1})}{(x_{3} - x_{1})(y_{2} - y_{1}) - (x_{2} - x_{1})(y_{3} - y_{1})};$$

$$a_3 = \frac{(x_0 - x_1)(y_2 - y_1) - (x_2 - x_1)(y_0 - y_1)}{(x_3 - x_1)(y_2 - y_1) - (x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}$$

которые читателю предлагается получить самостоятельно.

Общность формулы (1) означает, что большинство практически применяемых интерполяционных формул может быть представлено в этом виде. При этом сама функция может быть любым степенным полиномом. Более того, как показано в [3], эта же формула справедлива и для интерполяции, выполняемой путем разложения по любой системе «базисных» функций координат.

Как уже говорилось выше, при обработке океанографических данных практически всегда требуется применять интерполяцию. Сформулируем связанные с этим основные интерполяционные задачи:

восстановление значений параметров зондирования на фиксированных (стандартных) горизонтах;

построение вертикальных разрезов океанографических параметров;

---- построение горизонтальных карт распределения океанографических параметров;

— расчет значений океанографических параметров в узлах регулярной сетки (для задач математического моделирования и ГИС);

— восстановление пропусков во временных рядах океанографических параметров (для анализа временной изменчивости).

Рассмотрим эти задачи.

Интерполяция вертикальных профилей

Современные зонды, описанные в главе 1, позволяют получать практически непрерывный вертикальный профиль температуры, солености (электропроводности) и других, измеряемых зондом параметров. В связи с этим задача интерполяции либо снимается, либо заменяется задачей осреднения и сглаживания профиля с целью исключения тонкоструктурных эффектов. Иначе обстоит дело при обработке данных, полученных путем пробоотбора с фиксированных горизонтов и последующего лабораторного определения (например, биогенные элементы) или архивных данных, полученных

при помощи батометрических серий. В этом случае, очевидно, требуется применять какой-либо интерполяционный метод. Простейший подход рассмотренная выше одномерная линейная интерполяция оказывается вполне приемлемым, когда речь идет о верхнем квазиоднородном слое или слоях, лежащих ниже главного пикноклина. В зонах резких градиентов (сезонный пикноклин, главный пикноклин) наиболее эффективным является метод Рейнигера-Росса, называемый также методом взвешенных парабол [13], применяемый, в частности, как базовый в МШД-1. Это точный метод интерполяции, позволяющий наилучшим образом восстановить значения в точках экстремумов вертикального профиля. Идея метода состоит в аппроксимации фрагментов профиля параболой, весовые коэффициенты которой рассчитываются по значениям функции в четырех рядом лежащих точках. Поскольку парабола однозначно определяется тремя точками, это означает, что искомая кривая может интерпретироваться как средневзвешенная между двумя смежными параболами с одной общей точкой. Расчетный алгоритм метода записывается в виде:

$$f(z) = R_1 f_{P2} + R_2 f_{P1}, \qquad (4)$$

где

$$\begin{split} R_{1} &= \frac{|f_{R} - f_{P1}|}{|f_{R} - f_{P1}| - |f_{R} - f_{P2}|};\\ R_{2} &= \frac{|f_{R} - f_{P2}|}{|f_{R} - f_{P1}| - |f_{R} - f_{P2}|};\\ f_{R} &= \frac{1}{2} \bigg[f_{23} + \frac{(f_{23} - f_{34})^{2} f_{12} + (f_{12} - f_{23})^{2} f_{34}}{(f_{23} - f_{34})^{2} + (f_{12} - f_{23})^{2}} \bigg];\\ f_{P1} &= \gamma_{23}^{1} f_{1} + \gamma_{31}^{2} f_{2} + \gamma_{12}^{3} f_{3};\\ f_{P2} &= \gamma_{34}^{2} f_{2} + \gamma_{42}^{2} f_{3} + \gamma_{43}^{4} f_{4};\\ \gamma_{jk}^{i} &= \frac{(z - z_{j})(z - z_{k})}{(z_{i} - z_{j})(z_{i} - z_{k})};\\ f_{ij} &= \frac{f_{i}(z - z_{j}) - f_{j}(z - z_{i})}{(z_{i} - z_{i})}; \end{split}$$

 f_1, f_2, f_3, f_4 — значение океанографического параметра в точках $z_1, z_2, z_3, z_4,$ причем $z_1 < z_2 < z < z_3 < z_4$.

Незначительная модификация расчетных соотношений позволяет формально применить описанный метод для интерполяции в «граничные»

точки, т.е. когда $z_1 < z < z_2$ или наоборот $z_3 < z < z_4$. Однако в этом случае метод взвешенных парабол дает худший результат, чем линейная интерполяция, которую и рекомендуется использовать для таких точек.

Двумерная интерполяция

Двумерная интерполяция широко применяется для расчета значений в узлах регулярной сетки, необходимых для графического построения вертикальных разрезов и горизонтальных карт океанографических параметров, задач математического моделирования динамики вод и ГИС. В следующем разделе будет подробно изложена техника выполнения таких построений в графическом пакете SURFER, широко распространенная в океанографической практике. Здесь же мы остановимся только на собственно интерполяционных задачах, решаемых в процессе генерации графических объектов при работе в SURFER. Для выполнения построений в SURFER не требуется задавать исходные данные в узлах регулярной сетки. Достаточно лишь задать конечное число данных (в произвольных точках любой плоскости), в одном из форматов, совместимых с SURFER. При этом задача интерполяции в узлы регулярной сетки решается внутренними программными средствами SURFER, однако выбор конкретного метода интерполяции остается за пользователем. Вообще говоря, этот выбор не всегда очевиден, а зависит от поставленной цели и исходных данных. SURFER, версии 6.02 поддерживает 8 методов интерполяции. Укажем кратко основные преимущества и недостатки каждого из методов (подробнее см. SURFER Manual [14]):

1. Метод обратных расстояний (Inverse Distance) — преимущества: точный, достаточно быстрый, может обрабатывать разряженные массивы данных; недостаток: может генерировать ложные экстремумы.

2. Метод Кригинга (Kriging) — преимущества: применим к данным практически любой природы, для большинства массивов дает наилучшие результаты с линейной вариограммой (задается по умолчанию), рекомендован в руководстве SURFER, как оптимальный; недостатки: приближенный, может увеличивать/уменьшать соответствующие экстремумы, медленно работает с большими массивами.

3. Метод минимальной кривизны (Minimum Curvature) — приближенный метод, сильно сглаживающий исходные поля, но достаточно быстрый.

4. Метод ближайшей точки (Nearest Neighbor) — рекомендуется для применения к исходным данным в узлах регулярной сетки, когда дополнительная интерполяция нежелательна.

5. Метод полиномиальной регрессии (Polynomial Regression) — полезен для интерполяции данных с ярко выраженными трендами, однако мелкомасштабные особенности поля при этом теряются.

6. Метод радиальных базисных функций (Radial Basis Functions) — дает результаты, близкие к методу Кригинга.

7. Метод Шепарда (Shepard's Method) — модификация метода обратных расстояний, но требует аккуратного задания опций в зависимости от конкретного массива данных.

8. Метод линейной интерполяции (Triangulation with Linear Interpolation) — точный метод, дающий хорошие результаты, если число данных не очень велико. Недостаток метода — разрывы на границах, существенно ухудшающие вид интерполированного поля, особенно при использовании «заливки».

Учитывая имеющийся опыт, можно рекомендовать для океанографических задач *Memod линейной интерполяции* или *Memod обратных расстояний*, когда требуется получить максимально точную детализацию поля, даже в ущерб его «эстетике». В случае, когда данные распределены по пространству более или менее равномерно или ставится цель получить сглаженные поля, целесообразно применять метод Кригинга. При использовании любого из указанных методов пользователь задает ряд опций, значения которых могут существенно повлиять на результат интерполяции. Общая рекомендация — вначале использовать опции, задаваемые по умолчанию. Если же результат не удовлетворяет, то можно поэкспериментировать с опциями, с целью повышения качества интерполяции.

Для выполнения двумерной интерполяции океанографического параметра с целью получения значений в узлах регулярной сетки (без отрисовки изолиний) также можно воспользоваться пакетом SURFER, записав результаты интерполяции в текстовый ASCII файл. Зная структуру этого файла его можно в дальнейшем использовать в качестве входного для задач моделирования динамики вод или ГИС. Однако такой подход не всегда рационален, а в ряде случаев просто не применим. Поэтому для этой цели рекомендуется разработка прикладной программы (FORTRAN, TURBOPASCAL или C), с использованием оптимального (для конкретной задачи) алгоритма интерполяции, например одного из методов, используемых в пакете SURFER.

Для объективного анализа метеорологических полей Р.Гандиным и Р.Каганом [3] был предложен специальный метод оптимальной интерполяции, максимально учитывающий структурные особенности полей. С определенными уточнениями этот метод может быть рекомендован и для океанографических задач. Основная особенность статистической структуры океанографических полей обусловлена тем, что океан, в отличие от атмосферы, имеет твердые боковые границы. В силу этого пространственная корреляционная функция для океана оказывается финитной, что накладывает определенные ограничения на выбор радиуса влияния. С другой стороны, водные массы, в отличие от воздушных, весьма консервативны и однородны по своим характеристикам. Значения характеристик резко меняются во фронтальных зонах, разделяющих водные массы. Из-за этого любая изотропная интерполяция на границах между водными массами приводит к необоснованному сглаживанию фронтальных градиентов. Чтобы избежать этого,

была предложена принципиальная схема интерполяции океанографических параметров, учитывающая указанные особенности. В основе этой схемы лежит метод выделения водных масс по комплексу признаков (*метод многомерной классификации*), разработанный в ААНИИ А.Кораблевым [6]. Идея метода заключается в разбиении исходной совокупности данных наблюдений, представляемых в виде векторов в пространстве признаков, с координатами, равными безразмерным значениям соответствующих параметров (температура, соленость и т.д.) на компактные подмножества (классы), содержащие максимально близкие (в смысле Евклидовой нормы) узловые точки. Отображая полученные таким способом подмножества на физическое пространство, можно получить границы водных масс.

Процедура интерполяции включает следующие шаги:

1. Выбор множества *n* точек наблюдений (*x_p* ..., *x_n*), по возможности равномерно покрывающих интересующую акваторию;

2. Выбор *m* признаков (параметров) $(y_p, ..., y_m)$, определяющих принадлежность точки наблюдения к той или иной водной массе. В качестве параметров обычно выбирают температуру и соленость, а также доступные гидрохимические характеристики (растворенный кислород, биогенные элементы и др.);

 Нормализация характеристик для каждой точки и каждого признака, согласно соотношению:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_j}{\sigma_j},$$

где $\overline{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$ — среднее значение *m*-го при знака;

 $\overline{\sigma}_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_j)}$ — среднеквадратичное отклонение *m*-го признака.

4. Расчет близости точек в Евклидовой метрике:

$$R_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (x_{ij} - x_{kj})^2} \; .$$

Расчет выполняется итерационно. На первом шаге определяется расстояние между произвольно выбранной точкой и всеми остальными и выбирается минимальное. Таким способом рассчитывается положение следующей точки. Процедура повторяется до тех пор, пока все точки не оказываются связанными в граф.

5. Разбиение графа на кластеры, на основе заданного числа водных масс, являющегося единственным внешним параметром, который должен быть задан apriori. Очевидно, что если речь идет об интерполяции в районе гидрофронта, число водных масс равняется двум. Однако в общем слу-

чае, когда требуется выполнить интерполяцию по обширной акватории, выбор числа водных масс будет вносить определенный субъективизм в результат классификации.

6. Отображение результата классификации на физическую плоскость и построение границы между водными массами.

7. Выбор точек интерполяции (например, регулярной сетки).

8. Интерполяция согласно формуле (1) с выбором точек наблюдения, исходя из принадлежности той или иной точки интерполяции к определенной водной массе.

Изложенный подход позволяет получить более реалистичные значения градиентов гидрофизических характеристик во фронтальных зонах, чем при изотропной интерполяции.

Интерполяция временных рядов

Статистический анализ структуры временных рядов океанографических параметров — типичная задача, возникающая при проведении климатических исследований. Очевидно, что для обоснованного анализа такие ряды должны быть возможно более длительными и содержать минимальное число пропусков. Хотя оба эти требования в первую очередь касаются полноты самих исходных данных, определенные действия для того, чтобы удовлетворить им, могут быть предприняты в рамках интерполяционного подхода. Поскольку в открытом океане не существует долговременных океанографических станций с неизменной географической привязкой, за исключением кораблей погоды и вековых разрезов, требуется, в первую очередь, выбрать обоснованный способ объединения точек наблюдений, в которых временные изменения параметров близки между собой. Для этой цели также используется описанный в предыдущем пункте метод многомерной классификации, позволяющий по климатическим данным выделить средние границы водных масс, т.е. океанографических объектов, характеризующихся слабой пространственной изменчивостью параметров. После их выделения производится выборка (целесообразно средствами HDB) соответствующих станций за интересующий период времени, их ранжировка по возрастанию времени выполнения и пространственное осреднение. Сформированный таким способом временной ряд, очевидно, является более полным, чем поточечный, но все же, как правило, содержит большое число пропусков. Восстановление пропущенных значений представляет достаточно сложную и до настоящего времени дискуссионную научную задачу. Широко используемый метод замены недостающих данных нормами, рассчитанными по имеющимся значениям не всегда корректен. Это связано с тем, что подобный подход нарушает естественную внутреннюю структуру временных серий и может привести к неправильной интерпретации результатов последующей обработки. Таким образом, в этом случае также целесообразно применять какой-либо из методов интерполяции. Методологической основой при осуществлении интерполяционной процедуры восстановления пропущенных

значений являются модели, основанные на учете аппроксимации особенностей внутренней квазипериодической изменчивости временных рядов. Среди этих моделей укажем три, наиболее часто применяемых: кубический сплайн, регрессия полиномов Чебышева, тригонометрическая регрессия. Эффективность применения того или иного метода зависит от статистической структуры ряда и количества (частоты) пропусков. Опыт применения указанных моделей для восстановления пропусков в рядах температуры и солености воды в Норвежском море показал, что наилучшие (в смысле минимума ошибки) результаты получаются при использовании метода тригонометрической регрессии.

Рассмотрим кратко одну из модификаций этого метода, разработанного в РГГМУ под руководством А.С.Аверкиева. Задача интерполяции формулируется для одномерного случая: имеются узлы x_a, ..., x_a, в которых известны значения $y_0 \dots y_n$. Необходимо найти значение y(x) в узле x, не совпадающем ни с одним из узлов $x_{g'}$..., x_{n} . Постулируется, что имеющиеся данные рассматриваются как функция времени. По имеющимся данным строится тригонометрический полином, аппроксимирующий ряд наблюдений с задаваемой точностью. Интерполяция производится путем введения в полином времени, соответствующей интерполируемым точкам. Этот метод отличается от классического метода Фурье тем, что коэффициенты полинома рассчитываются как коэффициенты линейной регрессии исходного ряда и тригонометрических волн. Практически это осуществляется следующим образом: первоначально рассчитывается N волн (N суммарное количество фактических и интерполируемых значений) вида $\cos(m\pi t i N)$ и $\cos(m\pi t i N)$, где t = 1+N, i = 1+N, m = 0,1+2,0. Из всех волн выбирается одна, имеющая наибольшую корреляцию с исходным рядом. Рассчитываются коэффициенты регрессии этой корреляционной связи и по ним вычисляются восстановленные значения ряда. Затем из исходного ряда вычитается восстановленный ряд. Для остатка ряда повторяется цикл поиска наиболее коррелируемой волны, находится следующий остаток и так далее до тех пор, пока среднеквадратическая величина остатка не уменьшится до заданной точности расчета. Тригонометрический полином строится путем суммирования всех найденных таким образом волн:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^{C} A_i \cos\left(\frac{m\pi t j_i}{N}\right) + \sum_{k=1}^{S} B_k \sin\left(\frac{m\pi t j_k}{N}\right) + \sum_{k=1}^{S} Fr$$
 (5)

Погрешность интерполяция (Rn) определяется величиной:

$$Rn = \sum_{i=m}^{C} A_i \cos\left(\frac{m\pi t j_i}{N}\right) + \sum_{k=l}^{S} B_k \sin\left(\frac{m\pi t j_k}{N}\right), \tag{6}$$

где A, B, F — коэффициенты, рассчитываемые методом парной корреляции; *j* — мода волнового процесса; *t* — текущая координата времени; C, S — соответственно количество косинусных и синусных волн, полученных в процессе расчета до достижения заданной точности аппроксимации ис-

ходного ряда; *M*, *L* — соответственно количество косинусных и синусных волн, необходимых для точной интерполяции пропущенных значений или для точной аппроксимации такого же временного ряда без пропусков.

Временной ряд без пропусков может быть аппроксимирован с любой заданной точностью и для него можно получить аналитическое представление в виде суммы тригонометрических волн. Однако ряд с пропусками будет всегда аппроксимирован с некоторой погрешностью. Высокая точность аппроксимации исходного ряда достигается, как правило, путем суммирования большого количества тригонометрических волн, в том числе фиктивных. В этом случае полином может описать сколь угодно сложную структуру, «натянутую» на исходные значения с любой заданной точностью. Но при этом фиктивные волны исказят истинный процесс, и интерполированные значения будут рассчитаны с большой и часто непредсказуемой погрешностью.

Кроме того, заранее неизвестны значения *M* и *L*, моды истинных и фиктивных волн и сдвиг фазы временного ряда. В связи с этим, для повышения точности интерполяции требуется возможно более точное восстановление гармонической структуры ряда. Этого можно достичь введением дополнительного условия минимизации ошибок интерполяции для каких-либо других точек с известными значениями, не участвующих в расчете коэффициентов тригонометрической регрессии.

В качестве таких точек могут быть взяты промежуточные точки временного ряда, значения в которых должны быть предварительно определены. Для этой цели целесообразно взять часть известных точек исходного ряда. При расчете коэффициентов тригонометрической регрессии на каждом шаге выполняется интерполяция значений в дополнительные точки и вычисляется среднеквадратическая погрешность такой интерполяции. По достижении заданной точности аппроксимации исходного ряда процедура расчета коэффициентов тригонометрической регрессии заканчивается. После этого определяются три искомых параметра: шаг (M+L), на котором достигнута минимальная величина среднеквадратической ошибки интерполяции ряда дополнительных значений, величина этой ошибки и коэффициент линейного тренда ошибок интерполяции (Тр). Величина Тр необходима для определения тенденции изменения ошибок интерполяции по мере повышения точности аппроксимации исходного ряда. Очевидно, что при истинном восстановлении гармонической структуры полного ряда (исходный + интерполируемый), ошибки интерполяции должны уменьшаться с повышением точности аппроксимации исходного ряда. Если это не так, то структура восстановленного ряда отличается от структуры полного ряда. Это происходит в том случае, если между истинной и восстановленной гармоническими структурам имеется сдвиг фазы. Для определения истинной фазы полного ряда проводятся серии дополнительных расчетов со сдвигом фазы. В результате выбирается такое значение m, при котором наблюдается наименьшая ошибка интерполяции в дополни-

тельных точках. После того как определены фаза и количество гармонических волн (M+L), при которых достигается наилучшая интерполяция в дополнительных точках, еще раз рассчитываются коэффициенты тригонометрической регрессии (теперь уже с учетом найденных параметров), проводится интерполяция дополнительного ряда, вся эта информация записывается в отдельный файл и может быть использована в дальнейшем для интерполяции пропусков согласно формуле (5).

Как уже отмечалось выше, метод был успешно применен для восстановления пропусков в рядах температуры и солености воды Норвежского моря. Это однако не означает, что он может считаться оптимальным для любого временного ряда. Для каждого конкретного района и океанографического параметра следует проводить специальные исследования.

3.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ SURFER И GRAPHER ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В предыдущих разделах неоднократно упоминались специализированные программные пакеты *GRAPHER* и *SURFER*, как весьма мощные инструменты для графического представления океанографических данных. Пришло время познакомится с ними более подробно. Однако, прежде чем перейти к этому, дадим их краткую характеристику и укажем преимущества и недостатки для специфических задач, возникающих в процессе обработки океанографических данных.

Программные пакеты GRAPHER и SURFER выполняют генерацию различных двумерных и трехмерных графических объектов, на основе входной информации и заданного (пользователем) способа ее представления. Они являются замкнутыми системами в том смысле, что пользователь не может по своему желанию модифицировать (дополнять) ни заложенные методы преобразования данных, ни вид их графического представления. Это, впрочем, не слишком существенное ограничение, поскольку большинство океанографических задач, при использовании специальным образом заданной исходной информации, могут быть эффективно решены имеющимися средствами GRAPHER и SURFER. Доступ к программным ресурсам GRAPHER и SURFER осуществляется через схожие пользовательские интерфейсы, реализованные в виде меню и всплывающих окон. Обрабатываемая исходная информация в принципе может быть введена непосредственно в программной среде соответствующего пакета. Однако это, как правило, крайне неэффективно, особенно, когда речь идет о больших объемах данных. Поэтому для этой цели предпочтительнее использовать программный способ, т.е. формировать исходные массивы данных во внешней программе. Чрезвычайно удобно использовать сервисные программы HDB, рассмотренные в разделе 2.3. Таким образом, говоря о преимуществах специализированных графических пакетов для океанографических задач, необходимо отметить следующие:

1. Возможность решения большинства задач графического представления океанографических данных.

2. Мощные программные ресурсы (широкий выбор методов преобразования данных и способов их представления).

3. Совместимость с различными редакторами данных (NE, EXCEL и др.).

4. Возможность импорта/экспорта графических объектов в другие *Windows*-приложения.

5.Возможность использования встроенного языка «скриптов» (SURFER) для создания «шаблонов» однотипных графических объектов.

Все это по праву выдвинуло пакеты *GRAPHER* и *SURFER* на одно из первых мест среди существующих программных пакетов аналогичного назначения, как удобный инструмент для решения задач графического представления океанографических данных. В то же время, в ряде случаев приходится отказываться от их использования. Это связано с тем, что стандартные графические пакеты:

— не эффективны при непосредственном вызове из пользовательских программ (например, для графического отслеживания модельных расчетов);

— грубо разрешают граничные районы (при использовании «бланкировки») и не имеют специального сервиса для обработки неодносвязных областей (SURFER);

— не поддерживают географических проекций (SURFER);

— не допускают графический ввод данных.

Резюмируя вышеизложенное, можно с полным основанием рекомендовать стандартные пакеты *GRAPHER* и *SURFER* для применения в повседневной океанографической практике, т.е. для решения задач, в которых требуется быстро и качественно представить информацию в графическом виде как некий конечный продукт (который может быть затем распечатан, экспортирован в другой документ и т.п.), но не планируется для использования в качестве исходной информации для дальнейших преобразований.

Принципы преобразования информации в GRAPHER и SURFER

Элементарной единицей исходной информации, воспринимаемой GRAPHER и SURFER, является запись, включающая два или более полей. Обязательные поля содержат координаты точки (две для SURFER и одна для GRAPHER) и значение параметра, соответствующее этой точке. Кроме этого, запись может включать до 253 дополнительных значений других параметров в данной точке (например, температура, соленость, растворенный кислород, координаты станции и др.). Иногда при формировании исходных данных для GRAPHER целесообразно менять последовательность полей в записи, т.е. задавать в первом поле значение параметра. Некоторые специальные файлы SURFER могут не содержать поля со значением параметра (например, файл с координатами береговой линии). Записи указанной структуры должны быть объединены во *входной файл*. Формат входного файла может быть различным. Чаще всего используется стандартный

ASCII формат, но допустимы и другие форматы, например EXCEL. Полный перечень допустимых форматов приводится в диалоговом окне соответствующей программы при запросе на открытие входного файла. Здесь еще раз следует подчеркнуть, что для создания различных входных файлов весьма полезно иметь набор соответствующих сервисных программ HDB.

Введенные данные обрабатываются соответствующими модулями программных пакетов. Результат этой обработки отображается на экране. Базовый выходной результат GRAPHER — график функции одной переменной (координаты), SURFER — поле функции, зависящей от двух переменных (координат), представленное в виде изолиний. В зависимости от желания и потребностей пользователя полученные базовые графические объекты могут далее преобразовываться, для чего предоставляется разветвленный сервис. Например, на построенное в SURFER поле температуры воды могут быть «наложены» координатная сетка, береговая линия, векторы течений, положение станций и любые другие графические объекты. Изолинии могут быть сглажены и оцифрованы. Области между изолиниями могут быть «залиты» различным цветом и т.д. Когда картина, отображенная на экране удовлетворяет пользователя или требуется прервать работу, он может сохранить выполненные графические построения в специальном файле (<имя файла.srf> для SURFER и <имя файла.grf> для GRAPHER) или напечатать рисунок на принтере. Кроме этого, в пакете SURFER предоставляется возможность экспорта графических объектов в большинство работающих под Windows графических редакторов. Рассмотрим последовательность действий, выполняемых в процессе работы с GRAPHER и SURFER для типичных задач построения вертикальных профилей и горизонтальных карт океанографических характеристик.

Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER

Для построения вертикального профиля океанографической характеристики (например: температуры воды по данным ХВТ зонда) необходимо сформировать исходный файл, записи которого содержат два поля (две колонки): температуру и глубину. Следует помнить, что принятая в океанографии ориентация вертикальной оси (сверху вниз) требует либо задания отрицательных значений глубины, либо использования специальной опции (Descending — см. ниже) для вертикальной оси. После запуска на выполнение программы graph4win.exe на экран выводится главное меню и макет страницы (пустой), где в дальнейшем будет отображаться графическая информация. Если входной файл сформирован (см. выше), следует выбрать пункты меню Graph, Line or Symbol и ввести в появившемся диалоговом окне имя подготовленного файда. После этого на экран выводится диалоговое окно, в которое необходимо ввести информацию о способе обработки данных входного файла. В GRAPHER, как и во многих других программных пакетах, действует так называемое правило умолчания (Default). Оно означает, что при запуске программы, ряду опций сразу же присваиваются некоторые рекомендованные значения, которые пользователю не нужно задавать явно. Например, по умолчанию граничные значения координатных осей задаются в соответствии с граничными значениями координаты и параметра во входном файле (изменить некоторые заданные правила умолчания можно в пункте File. Preferences главного меню). Это означает, что в рассматриваемом примере можно после появления диалогового окна оставить опции без изменений и нажать кнопку ОК. На экране появится ожидаемый график. Он пока еще далек от совершенства и его дальнейшая модификация выполняется исходя из следующего принципа: каждый элемент графика (координатная ось, сама кривая) рассматриваются программой как отдельный объект, который может быть выделен для преобразований путем установки указателя мыши на него и нажатия левой кнопки мыши. Двойное нажатие (щелчок) левой кнопки мыши позволяет войти в диалоговое окно, где можно установить требуемые значения опций, результат применения которых и отобразится на экране. В данном примере, для того чтобы придать графику традиционную форму, необходимо выполнить следующие действия:

1. Войти в диалоговое окно вертикальной оси (Y):

— установить «флажок» на опции Descending;

 ввести название оси, например «Температура (°С)» в текстовой строке *Title*;

— последовательно нажимая клавиши Edit Ticks и Edit Labels установить желаемые опции формата и шрифта представления оцифровки оси.

2. Выделить горизонтальную ось (Х):

— войти в пункт главного меню Set, Duplicate и нажать клавишу Create.

3. Войти в диалоговое окно появившейся сверху горизонтальной оси (X1):

- выполнить действия, описанные в п.1 для вертикальной оси,

за исключением установки опции Descending.

4. Выполнить п.2 для вертикальной оси.

5. Войти в диалоговое окно оси X и установить желаемые опции (например, убрать все подписи и штрихи).

6. Выполнить аналогичную операцию для оси Y1.

7. Выделить горизонтальную ось (У):

— войти в пункт главного меню Set, Grid Lines, в появившемся диалоговом окне установить «флажок» на указателе At Major Ticks и нажать клавищу OK.

8. Выполнить предыдущий пункт для оси X1.

9. Войти в температурную кривую, выбрать желаемый символ для точки наблюдения (путем установки указателя мыши на *No* в текстовом окне *Curves* и двойного щелчка).

После выполнения описанных действий на экране появится картинка, близкая к приведенной на рис.7.



Рис. 7. Вертикальный профиль температуры, построенный в GRAPHER

Построение графиков временных рядов принципиально не отличается от описанной выше процедуры. Естественно, в этом случае координатной осью (осью времени) будет ось абсцисс. Программа допускает как построение различных кривых в одном и том же координатном поле, так и построение нескольких координатных полей (с соответствующими кривыми) на одном листе. В *GRAPHER* также предусмотрены возможности сглаживания исходных кривых, с использованием 8-ми встроенных методов аппроксимации, преобразования данных по соотношениям, заданным пользователем, построения гистограмм, диаграмм разброса и дополнительный сервис текстового и графического оформления рисунка. Чтобы облегчить освоение всех возможностей пакета, в нем предусмотрен «экранный помощник», находящийся под пунктом *Help* главного меню. Используя различные методы преобразования информации и варьируя опциями, можно добиться получения информационно-насыщенных графических объектов.

Построение горизонтальных карт средствами SURFER

Построение карт океанографических характеристик — одна из весьма распространенных задач, включающая большинство стандартных приемов, применяемых и для генерации других (более простых) графических объектов, например: вертикальных разрезов или ТS-диаграмм. Прежде чем переходить к описанию конкретных действий пользователя при построении карты, необходимо кратко обсудить специфику подходов к преобразованию данных, заложенных в программном пакете SURFER. В отличие от рассмотренного ранее пакета GRAPHER, SURFER (даже в простейшем случае обработки) не просто отображает в графическом виде входную информацию, а выполняет две обязательные вычислительные процедуры: интерполяцию в узлы регулярной сетки и расчет положения изолиний. Вопросы, связанные с интерполяцией данных, применительно к пакету SURFER подробно освещались в предыдущем разделе. Организационно, для решения этой задачи программа предоставляет пользователю широкий выбор возможностей, которые реализуются через задание ряда опций в интерполяционном диалоговом окне. Здесь сразу же следует подчеркнуть, что так же, как и в GRAPHER, в пакете SURFER заложено правило умолчания, которое позволяет минимально модифицировать опции при первоначальной генерации графического объекта. Это же справедливо и при расчете положения изолиний. Важным моментом при построении карты является выбор географической проекции. Дело в том, что любой рисунок в SURFER отображается в плоских декартовых координатах Х, У (Х — абсцисса, У — ордината). В связи с этим, для того чтобы сильно не исказить форму объекта, расположенного на сферообразной земной поверхности, требуется преобразовать его координаты в какую-либо географическую проекцию. Как правило, для океанографических задач используется полярная стереографическая проекция с полюсом, совпадающим с одним из географических полюсов Земли, а для небольших по площади акваторий — проекция Меркатора. Для приполюсных районов иногда также используется проекция Ламберта. Соотношения для преобразования географических координат в плоские координаты для наиболее часто употребляемой полярной стереографической проекции записываются в виде:

$$X = R\sin(\frac{\pi}{2} - \varphi)\sin(\lambda - m_0);$$

$$Y = -R\sin(\frac{\pi}{2} - \varphi)\cos(\lambda - m_0),$$
(7)

где X, Y — плоские координаты полярной стереографической проекции, км; φ , λ — географические координаты (широта и долгота), рад.; m_0 —

меридиан, относительно которого центрируется карта, рад.; *R*=6371 — радиус Земли, км.

Перед загрузкой входного файла в SURFER географические координаты необходимо преобразовать в плоские координаты выбранной проекции в соответствии с формулами типа (7). Это можно сделать и непосредственно в SURFER, войдя в лист данных (Worksheet) и используя процедуру преобразования (Transform) в соответствии с заданным (пользователем) соотношением, но удобнее ввести требуемую формулу преобразования непосредственно в сервисную программу подготовки данных (см. раздел 2.3). Кроме самих исходных данных, подготавливаемых в виде ASCII-файла, состоящего из трех колонок: Х-координата (горизонтальная ось), У-координата (вертикальная ось), значение параметра, требуется также подготовить файл границ района интерполяции, файл координатной сетки, файл береговой линии, файл символов (например: если требуется выводить положение станций) и файл подписей. Первые два файла — это так называемые файлы границ (*.bln), содержащие две координатные колонки. Первая запись в этих файлах, так называемая «шапка», содержит два целых числа: количество следующих далее записей с координатами и указание на способ бланкировки (1 — бланкируется (т.е. закрашивается под цвет фона) область внутри заданной линии, 0 — вне ее). Для того чтобы быть уверенным в правильности бланкировки необходимо, чтобы координаты первой и последней граничных точек совпадали. Количество блоков в одном файле, описывающих замкнутые области, может быть больше единицы. Файл координатной сетки имеет аналогичную структуру, с той лишь разницей, что координатные линии, описываемые в нем, не должны быть замкнутыми. Эти файлы являются обязательными. Два последних файла — это «пост»-файлы (*. dat). По структуре они аналогичны основному входному файлу и задаются в том случае, если требуется размещать на карте дополнительные символьные объекты. Итак, перед тем как запускать на выполнение саму программу SURFER, необходимо подготовить 4 обязательных файла:

— файл с исходными данными (<имя файла>.dat), включающий три колонки: (X, Y, параметр);

— файл границ района (<*имя файла l*>.bln), включающий две колонки и «шапку»: (X, Y);

— файл береговой линии (<*имя файла*2>.bln), включающий две колонки и «шапку» (X, Y);

— файл координатной сетки (<имя файла3>.bln), включающий две колонки и «шапку» (X, Y).

После запуска исполнимого файла surfer32.exe на экране появляется картина, сходная с той, которая отображалась при запуске GRAPHER: главное меню и макет страницы. Для выполнения построений рекомендуется использовать следующую последовательность операций (хотя она и не является обязательной).

1. Войти в пункт главного меню Map, Load Base Map, в появившемся диалоговом окне импорта файла выбрать файл береговой линии (<имя файла2>.bln), а в окне опций импорта убрать «флажок» (если он был установлен) указателя Areas to Curves. На экране появятся очертания береговой линии района.

2. Выполнить п.1 для файла координатной сетки, установив в активное состояние «флажок» указателя *Areas to Curves*. На береговую линию наложится координатная сетка.

3. Выделить для преобразования все построенные объекты, для чего войти в пункт главного меню *Edit* и выбрать подпункт *Select All*.

4. Совместить береговую линию и координатную сетку: войти в пункт главного меню *Мар* и выбрать подпункт *Overlay Maps*. На экране отобразятся совмещенные береговая линия и координатная сетка.

5. Войти в пункт главного меню Grid, Data и в появившемся диалоговом окне открытия входного файла выбрать файл с исходными данными. В интерполяционном окне задать метод интерполяции Gridding Method (в соответствии с рекомендациями предыдущего раздела) и дискретность сеточной области Number of Lines исходя из правила: расстояния между линиями сетки по обоим направлениям в указанных единицах (Spacing) не должны сильно различаться. Нажать OK. На экране отобразится предыдущий рисунок и будет подан звуковой сигнал.

6. Войти в пункт главного меню Grid, Blank и в появившемся диалоговом окне открытия входного файла выбрать сформированный SURFER файл с результатами интерполяции <*имя файла*>.grd, в появившемся следом диалоговом окне ввести имя граничного файла (<*имя файла*]>.bln), а в окне задания выходного файла — вновь <*имя файла*>.grd. На экране отобразится предыдущий рисунок и будет подан звуковой сигнал.

7. Войти в пункт главного меню *Map*, *Contour* и ввести в текстовой строке <*uмя файла*>.grd. Не меняя опций в появившемся диалоговом окне отрисовки изолиний, нажать *OK*. На экране отобразятся изолинии поверх предыдущей картинки.

8. Повторить п.4. На экране отобразится карта с совмещенными объектами.

9. Войти в пункт главного меню Map, Post и в появившемся диалоговом окне открытия «пост»-файла выбрать соответствующий файл с данными. В диалоговом окне Post Map установить вид и размер символа, а также формат, шрифт и относительное положение подписи к символу. На экране отобразятся заданные символы.

10. Повторить п.4. На экране отобразится карта с совмещенными объектами.

11. Выделить любой из объектов карты путем установки на него указателя мыши и нажатия левой кнопки. Войти в пункт главного меню *Мар, Edit Overlays* и выбрать для редактирования объект *Contours*. Внести желаемые изменения в заданные по умолчанию опции, например: заполнить



Рис. 8. Карта распределения температуры, построенная в SURFER

контуры (области между изолиниями) определенными цветами (Filled Contours — «флажок», Contour Levels, Fill, Minimum, выбрать цвет аналогично Maximum); сгладить изолинии (Smooth Contours — «флажок»); установить желаемый формат и шрифт оцифровки и т.д. На экране отобразятся внесенные изменения.

12. Повторить при необходимости п.8 для всех других объектов рисунка (координатных осей, береговой линии, координатной сетки, символов).

13. Отмасштабировать карту, для чего войти в пункт *Map, Scale* главного меню, установить «флажок» указателя Proportional и ввести желаемые размеры рисунка *X-Scale* (*Y-Scale*), *Length*.

14. Ввести текст заголовка рисунка и подписи выбранных узлов координатной сетки. Для этого войти в пункт главного меню *Draw, Text* (указатель мыши изменит свою форму), установить указатель в желаемую позицию отображения текста и нажать левую кнопку мыши. Ввести текст в появившемся на экране окне ввода текста и установить нужные опции шрифта. На экране появится заданный текст в заданном месте карты. (Если есть необходимость переместить текст в другое место экрана, достаточно просто выделить его указателем мыши и, не отпуская кнопку, передвинуть в нужную позицию).

Если все указанные действия выполнены правильно, на экране отобразится картинка, похожая на рис.8.

Необходимо сделать ряд полезных замечаний, касающихся обязательности и совместимости описанных выше лействий. Бланкировка карты не всегда способствует улучшению ее вида. Дело в том, что при бланкировке отбрасывание узлов, лежащих за границей района, приводит к «обрезанию» области, занятой изолиниями по ломанной, отрезки которой соединяют ближайшие к границе внутренние узлы. В случае, если шаг сетки не очень мал (а неоправданное измельчение шага может отрицательно сказаться на качестве интерполяции), то при заполнении контуров граница области, занятой изолиниями, может весьма отдаленно напоминать линию, заданную в граничном файле. Чтобы избежать этого, иногда бывает полезно вообще отказаться от процедуры бланкировки и «прятать» фиктивные изолинии, т.е. изолинии, выходящие за границы области, под берега или использовать граничный файл не на этапе модификации grd-файла, а через пункт Load Base Map, т.е. считать «берегом» все, что лежит вне области с данными. Следует помнить, что в случае размещения на карте любых дополнительных объектов (текста, символов) через пункт главного меню Draw, масштабирование необходимо выполнять только после выделения всех объектов и использовать для этой цели указатель мыши. В противном случае произойдут нежелательные изменения во взаимном расположении карты и введенных таким способом объектов.

Построение вертикальных разрезов

При построении вертикальных разрезов порядок действий мало отличается от описанного выше для горизонтальных карт. Основное отличие связано с формированием исходного файла. Входной файл для отрисовки вертикального разреза содержит в качестве координат относительное расстояние от исходной точки разреза до следующих точек (X) и глубину (Y). Как и входной файл для карты, его удобнее формировать в соответствующей сервисной программе HDB. Для правильного отображения разреза на экране значения глубины должны быть отрицательными. Место файла береговой линии при отрисовке разреза занимает файл контура рельефа дна, а специального граничного файла, как правило, не требуется. Таким образом, рекомендуемые для подготовки вертикального разреза действия сводятся к выполнению п. 1, 5, 7, 8—14, описанных при построении горизонтальной карты. Пример вертикального разреза, построенный средствами SURFER, представлен на рис.9.

Построение векторных карт

Довольно часто в океанографической практике встает задача отрисовки векторных карт, т.е. карт, на которых отображаются векторные ве-



Рис. 9. Вертикальный разрез температуры, построенный в SURFER

личины (скорость течения, дрейф льда и др.). Для построения таких карт в SURFER предусмотрены специальные возможности. Графически векторные величины традиционно отображают в виде направленных отрезков, размер которых пропорционален модулю векторной величины. При построении векторных карт не требуется выполнять процедуру интерполяции, что существенно упрощает алгоритм построения. Входной файл для векторный карты включает четыре колонки: две горизонтальные координаты (как и ранее), модуль вектора и его направление (в градусах). При задании направления вектора необходимо учитывать следующую особенность. В отличие от принятого в океанографии правила отсчета направления вектора по часовой стрелке (0 — на север, 90 — на восток, 180 — на юг и 270 — на запад), SURFER поддерживает математическое правило отсчета направления вектора против часовой стрелки и учитывает исходную ориентацию выбранного символа (стрелки). Таким образом, для того чтобы правильно отразить на карте направление вектора, необходимо при его задании во входном файле использовать следующее соотношение:

$$\beta = \operatorname{arcctg}(\operatorname{tg}\alpha) - \beta_0, \qquad (8)$$

где α — угол (град.) истинного направления течения; β — угол (град.) направления задаваемого во входном файле; β₀ — наименьший угол (град.) между направлением на восток (вправо) и исходной ориентацией выбранного символа (стрелки). β₀ >0, если наименьший угол отсчитывается про-



Рис. 10. Карта поля течений, построенная в SURFER

тив часовой стрелке. Файлы координатной сетки и береговой линии формируются так же, как и при построении карт изолиний.

Последовательность действий при построении векторной карты включает выполнение п. 1—4 для горизонтальной карты. Затем необходимо выполнить следующее.

Войти в пункт главного меню Map, Post и в появившемся диалоговом окне открытия «пост»-файла выбрать входной файл с направлением и скоростью течения. В диалоговом окне Post Map установить вид символа (стрелку), и в Worksheet Columns указать колонку, содержащую преобразованное, в соответствии с формулой (8), направление течения. Можно также указать в качестве колонки для подписи (Label) колонку с модулями скорости течения, хотя это и необязательно. Войдя в блок Symbol Size, необходимо поставить «флажок» в указатель Proportional, после чего кнопка Scaling становится активной. Нажатие этой кнопки выводит на экран диалоговое окно масштабирования символов. В этом окне требуется установить опции масштабирования: наименование колонки, содержащей модуль скорости течения (Worksheet Column Containing Height), и масштаб скорости (Symbol Height). После возвращения в основное графическое окно на экране отобразятся векторы скорости течения (рис.10).

Построение ТЅ-диаграмм

Еще одной традиционной графической задачей, возникающей в процессе анализа данных, является построение TS-диаграмм. Хотя TS-диаграмма по определению график зависимости температуры от солености, т.е. одномерная кривая, для ее построения по ряду причин целесообразнее использовать программный пакет SURFER. Последнее связано с тем, что TS-диаграмма становится гораздо более информативной, если наносится на поле изолиний условной плотности, которое легко построить описанными выше средствами SURFER. Последовательность выполнения постросний похожа на описанную выше для горизонтальных карт, но проше. поскольку в случае TS-диаграммы не требуется ни файла береговой линии, ни координатной сетки. Входной файл содержит три колонки. Однако роль координат в нем играют соленость (Х) и температура (У). В качестве параметра выступает условная плотность, рассчитанная по уравнению состояния [15]. Границы изменения температуры и солености выбираются таким образом, чтобы охватить весь диапазон имеющихся значений. Второй файл, который необходимо сформировать предварительно, это файл самой TS- кривой. По форме это уже знакомый нам файл границ (<имя файла>.bln). Помимо стандартной «шапки», этот файл содержит две колонки, в которых записаны пары значений солености и температуры на горизонтах измерения. Наконец третий — это «пост» файл (<имя файла>.dat), который помимо указанных двух колонок, включает также третью с глубиной измерения. Последовательность выполнения построений TS-диаграммы включает п. 2 (для файла TS-кривой), п.5, 7—14. Если диапазон измеренной температуры распространяется до точки замерзания, полезно включить в диаграмму еще одну кривую — зависимости температуры замерзания от солености. Эта зависимость также легко рассчитывается по формулам ЮНЕСКО [15], а по результатам расчета формируется файл границ, который описанным выше способом добавляется к рис.11.

Рассмотренные приемы далеко не исчерпывают потенциал программного пакета SURFER, который предоставляет еще много полезных сервисных возможностей обработки и представления данных. Они подробно изложены в руководстве по SURFER [14] и файлах помощи Help, доступных непосредственно в программной оболочке. Их освоение рекомендуется проводить последовательно, по мере возрастания сложности задач и совершенствования мастерства пользователя. В заключение отметим лишь одно чрезвычайно полезное свойство этого пакета — возможность писать «скрипты». Скрипт — это набор макрокоманд, написанных на специальном языке (сходном с Basic), интерпретируемый программой Gscriptor. Скрипт автоматизирует стандартные действия SURFER с учетом задан-



Рис. 11. TS-диаграмма, построенная в SURFER

ных опций. Написанный один раз скрипт сохраняется в виде текстового файла и может быть вызван каждый раз, когда требуется генерировать графический объект описанного в нем типа. Выгода от использования скриптов очевидна, причем она тем больше, чем чаще приходиться выполнять одинаковые по структуре графические построения (например, построение гидрологических и гидрохимических параметров на одном и том же вертикальном разрезе).

3.4 ЭЛЕКТРОННЫЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ АТЛАСЫ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

В предыдущих главах обсуждались различные аспекты получения и обработки первичных данных океанографических наблюдений, а также методы их анализа и графического представления с использованием возможностей, предоставляемых в специализированной базе данных HDB и программных пакетах *GRAPHER* и *SURFER*. При этом предполагалось, что специалисты, ответственные за получение данных и их обработку, обладают навыками работы с данными натурных наблюдений в силу того, что описанный круг задач составляет основной предмет их профессиональной деятельности. Однако часто конечный пользователь данных (ученыйтеоретик, специалист в области математического моделирования, рыбак, военный, менеджер-администратор и др.) оказывается весьма далек от частных проблем управления данными. Для такого специалиста океанографические данные представляют интерес как источник вспомогательной информации при решении своих конкретных задач. При этом также желательно, чтобы данные были соответствующим образом обобщены и представлены в удобной для восприятия форме. Отсюда возникает проблема формирования на основе обработанных данных некоего конечного продукта, который бы устроил широкий круг потенциальных пользователей, представляющих различные области научной и хозяйственной деятельности. К числу таких продуктов можно отнести электронные океанографические атласы и геоинформационные системы. В настоящее время широко известны два электронных океанографических атласа: океанографический атлас Мирового океана (World Ocean Atlas 1994), созданный в лаборатории климата океана Национального центра океанографических данных (NODC, Вашингтон, США) под руководством С.Левитуса, и океанографический атлас Северного Ледовитого океана (Joint US Russian Atlas of the Arctic Ocean, 1997,1998), выполненный в ААНИИ и ряде институтов США и Канады в рамках российско-американского сотрудничества.

Океанографический атлас Мирового океана

Атлас WOA был исторически первым. Он был опубликован в 1982 г., распространялся на магнитных лентах и предназначался для использования на ЭВМ типа IBM-360 (EC1033). Версия 1994 г., исправленная и дополненная, сформирована на CD-ROM и ориентирована на использование на персональных компьютерах. Атлас содержит:

 исходные (фильтрованные) данные наблюдений по всему Мировому океану;

 — интерполированные (осредненные) в центры одноградусных квадратов данные;

— статистические параметры (количество наблюдений, среднее и среднеквадратическое отклонение) для 5-градусных квадратов на каждом стандартном горизонте по каждому из параметров.

Интерполированные данные рассчитаны на стандартных горизонтах, м: 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500. Они включают:

— среднегодовые, среднесезонные и среднемесячные значения температуры и солености на 19 (0—1000 м) стандартных горизонтах;

 среднегодовые и среднесезонные значения температуры, солености и растворенного кислорода на 33 (0—5500 м) стандартных горизонтах;

 среднегодовые значения нитратов, фосфатов и силикатов на 33 (0—5500 м) стандартных горизонтах.

Данные наблюдений представлены в виде цифровых профилей гидрофизических параметров (общее количество около 2 млн.). Все данные, вошедшие в атлас, прошли тщательный контроль в соответствии с процедурой описанной в разделе 3.1. При этом, в соответствии с принципами МЦД-1, большая часть сомнительных, т.е. не поддающихся корректировке данных, не уничтожается, а маркируется специальным «флажком», а их дальнейшее использование регламентируется конечным пользователем. В то же время, сомнительные данные не использовались при расчетах полей в узлах регулярной сетки.

Дополнительно в комплект атласа входит его техническое описание и простое программное обеспечение (исходные *FORTRAN*-модули) для выполнения выборки данных профилей и данных в узлах регулярной сетки. Никакого графического сервиса в данном атласе не предусмотрено.

Атлас размещен на 10 компакт-дисках следующего содержания.

1. WOA94-01 — интерполированная в центры одноградусных интервалов температура воды на стандартных горизонтах. В директории \Analyzed\Temperat\ записаны файлы с именами вида TempNN.obj., содержащие среднегодовые (Temp00.obj), среднесезонные (Temp13.obj ---Temp16.obj) и среднемесячные (Temp01.obj — Temp12.obj) значения температуры. По структуре, это ASCII-файлы, состоящие из 80-ти байтовых записей, включающих 10 полей со значениями температуры в формате F8.4 (8 значащих цифр, из которых 4 после десятичной точки). Первое число в первой записи соответствует одноградусному квадрату Южного полюса, с границами 0—1°E, 90—89°S. Следующие значения соответствуют огибанию земного шара с запада на восток и смещению с юга на север на фиксированном стандартном горизонте. Таким образом, для одного стандартного горизонта предусмотрено 360 × 180 = 64800 значений температуры воды. Квадратам, где значение температуры отсутствует (берег, дно), присвоено значение -99,9990. Затем идут значения для следующего стандартного горизонта. Для выполнения выборок этих данных используется программа analyzed.for (исходный FORTRAN — модуль). Программа использует в качестве входных параметров долготу и широту, а также номер стандартного горизонта. Результат выборки --- таблица значений температуры (10x10) на заданном горизонте, в которой введенные долгота и широта соответствуют центральной ячейке. Программный код исходного модуля может быть легко преобразован для представления результатов выборки в желаемом для пользователя виде (например, записи их в файл).

2. WOA94-02. В директории \Analyzed\Salinity\ содержится интерполированная в центры одноградусных квадратов соленость воды на стандартных горизонтах. Структура файлов и способ выборки данных аналогичны рассмотренным выше для температуры. Директория 5degree включает субдиректории Temperat, Salinity и др. В этих субдиректориях записаны файлы со статистическим оценками, рассчитанными для различных параметров и периодов временного осреднения в пределах 5-градусных квадратов. Например, файлы \5degree\Temperat\Temp00n.5d, Temp00m.5d и Temp00sd.5d содержат соответственно: количество наблюдений, средние по пространству

значения и среднеквадратические отклонения для среднегодовых величин температуры воды в 5-градусных квадратах. Структура записей в этих файлах аналогична рассмотренной ранее для одноградусных квадратов, с той лишь разницей, что число значений, соответствующих одному горизонту, будет в 25 раз меньше, т.е. $72 \times 36 = 2592$. Для выполнения выборок этих данных используется программа *5degree.for* (исходный *FORTRAN* — модуль), работающая аналогично модулю *analyzed.for*.

3. WOA94-03. В директории \Analyzed, включающей субдиректории \Oxygen, \Silicate и др. содержится интерполированная в центры одноградусных квадратов значения соответствующих гидрохимических параметров. Структура файлов и способ выборки данных аналогичен рассмотренным выше.

4. WOA94-04 — WOA94-09 содержат исходные данные наблюдений, сгруппированные по территориально-генетическому признаку. Например, диск WOA94-05 содержит данные по Северной Атлантике в диапазоне широт 40—90 N (директорий \Natl4090) и по Южной Атлантике (директорий \Satl). Внутри этих директорий содержатся субдиректории, названия которых состоят из четырех цифр. Комбинация цифр названия представляет из себя номер 10-градусного квадрата, согласно классификации ВМО (Всемирной метеорологической организации). В субдиректориях находятся файлы с вертикальными профилями. В названии файла закодирован тип зондирующего устройства, с помощью которого эти данные были получены. Например, файлы вида *ctd.ol и *xbt.ol содержат данные, полученные с помощью соответственно СТD и XBT-зондов, описанных в главе 1. Полный перечень типов исходных данных, включенных в WOA, приводится в технической документации атласа. Записи в файлах с исходными данными имеют следующую структуру:

— первая запись содержит «шапку» (паспорт) станции: код страны, чье судно выполнило данную станцию, номер рейса, согласно классификации NODC, координаты (широта, долгота), время выполнения (год, месяц, день, час), номер профиля, согласно классификации NODC, число измеренных горизонтов, число измеренных параметров, коды параметров и «флаг» ошибки, если данный профиль не прошел контрольные тесты (описание «флагов» приводится в технической документации атласа);

— вторая и следующие записи содержат измеренные значения параметров в последовательности: горизонт 1, температура, соленость; горизонт 2, температура, соленость и т.д.

Для выполнения выборки профилей в комплекте атласа прилагается программа profile for (исходный FORTRAN-модуль). В качестве единственного входного параметра программа запрашивает имя исходного файла, после чего выдает на экран данные по 10 первым станциям в файле. Очевидно, что ее модификация с целью оптимизации структуры выборки и размещения данных в выводном файле (например, создания загрузочного файла HDB) не представляет труда.

5. WOA94-10 содержит данные временных аномалий температуры воды на стандартных горизонтах 0—400 м (13 уровней), рассчитанные как разность между среднегодовым значением для определенного года (1960—1990 гг.) и среднеклиматическим значением. Структура записей в файлах, каждый из которых соответствует определенному году (*Tanom_XX.obj*), аналогична рассмотренной ранее (см. описание диска *WOA94-01*).

Океанографический атлас Северного Ледовитого океана

Океанографический атлас Северного Ледовитого океана (AOA) [9] сформирован на основе массива данных наблюдений за температурой и соленостью, выполненных с 1948 по 1993 г. Помимо интерполированных данных по температуре, солености и их производных характеристик (плотность, динамические высоты, ошибки интерполяции и др.), он также содержит сведения о топографии дна, пресноводном балансе (речной сток и ледовый покров), атмосферной циркуляции, результаты модельных расчетов и мета-информацию. Исходные данные наблюдений в основном представлены результатами экспедиций 1990-х годов.

Атлас размещен на двух компакт-дисках одинаковой структуры, содержащих информацию для зимнего и летнего сезонов, соответственно. Каждый том атласа включает обзорную информацию, числовые массивы интерполированных данных, файлы с исходными данными, графические объекты и метафайлы. Обзорная информация включает общие сведения о Северном Ледовитом океане, сведения об авторах атласа и научной программе, в рамках которой он был создан. Эта информация представлена в виде компьютерного фильма с музыкальным и речевым сопровождением на русском и английском языках. Числовые массивы интерполированных данных охватывают район севернее 65° с.ш. и организованы в виде текстовых ASCII-файлов, включающих координаты узла (в проекции Ламберта) и значение соответствующего параметра. Интерполяция выполнена для центров квадратов 50×50 км на 21-м стандартном горизонте (5-4000 м) для временных интервалов 1950—1959, 1960—1969, 1970—1979, 1980— 1989 гг., и за весь период (1948-1993 гг.). Дополнительно приложены файлы, аналогичные по структуре, содержащие статистические характеристики и ошибки интерполяции. Файлы исходных данных содержат данные наблюдений российских и зарубежных экспедиций в Северном Ледовитом океане, конца 1980 — 1990-х годов, использованные при расчете значений в узлах регулярной сетки. Графические объекты, в основном, представлены картами горизонтальных распределений характеристик на стандартных горизонтах (gif-файлы). Метафайлы содержат описание техники и точности измерений измерительных платформ, пространственного расположения станций и использованных методик контроля качества данных.

Информация в атласе организована на основе принципов компьютерной сети *Internet*, которые будут подробнее рассмотрены в следующей главе. Благодаря этому, перемещение по разделам атласа не составляет

особого труда даже для неподготовленного пользователя. Для пользования атласом необходимо иметь специальное программное обеспечение (так называемый web-браузер), разработанное специально для работы в Internet. Как правило, большинство современных компьютеров оснащено такими программными пакетами, но для пользователей, у которых они отсутствуют, разработчики атласа предусмотрели возможность загрузить требуемую программу прямо с компакт-диска. Инсталляционные модули webбраузеров, предназначенные для использования под различными операционными системами, вместе с инструкциями по их установке помещены в директории Mosaic. После того, как подходящий web-браузер установлен, для открытия атласа необходимо войти в директорий Atlas, выбрать файл Welcome.htm и открыть его двойным нажатием левой клавиши мыши. На экране появится заставка и меню, предлагающее на выбор вход в оглавление атласа или краткий обзор содержащейся в атласе информации на русском или английском языках (необходимо указать, что в заголовках экранных меню атласа используется английский язык). Здесь же можно войти в стандартный экранный помощник Help, содержащий полезную информацию для пользователя, впервые осваивающего данный атлас. Для того чтобы выбрать какой-либо вариант из меню, необходимо установить на требуемый пункт указатель мыши (при этом его форма меняется) и нажать левую кнопку. Перемещение по страницам атласа допустимо также с помощью кнопок Top (войти в первую страницу атласа), Contents (войти в оглавление атласа), Previous (вернутся к предыдущей странице) и Next (перейти к следующей странице), расположенных в верхней части некоторых страниц, или аналогичных кнопок, имеющихся на панели Web-браузера. Первая страница оглавления предоставляет пользователю следующие варианты выбора.

1. Введение в атлас (Introduction and Background).

2. Описание использованных при подготовке атласа методов (Description of methods).

3. Графические материалы атласа (Climatic Atlas of the Arctic Ocean).

4. Числовые материалы атласа (Digital Atlas of the Arctic Ocean).

5. Компьютерный фильм (Quick-time movies).

6. Экранный помощник (Help).

Во введении содержатся сведения о проекте, в рамках которого данный атлас был создан, его участниках; обзор климатического режима Северного Ледовитого океана; историческая справка об исследовании и освоении Арктики; копии официальных документов; перечень литературных источников и обзорные карты. Переход к любой из рубрик осуществляется описанным выше стандартным способом.

Графические материалы атласа представлены в виде карт и графиков, включающих:

--- распределения температуры, солености и плотности и их погрешностей на стандартных горизонтах (*Temperature, Salinity and Density*); — динамическую топографию, рассчитанную от поверхности 200 Дб (Dynamic Height);

— глубину залегания верхней границы атлантических вод (Atlantic Water Layer Depth);

— вертикальные профили и разрезы температуры и солености в характерных районах (*Temperature and salinity profiles and transects*);

— карты с числом фактических наблюдений (Station count maps).

Числовые материалы атласа включают:

— таблицы интерполированных значений параметров в узлах регулярной сетки, рассчитанные четырьмя различными методами, описанными в пункте *Description of methods* главного меню;

— таблицы статистических данных.

Для выполнения выборок данных из атласа необходимо разработать программное обеспечение, осуществляющее чтение и преобразование данных в нужный формат. Удобнее всего загрузить содержащиеся в атласе числовые данные в какую-либо БД (например, HDB), а затем воспользоваться готовыми сервисными программами.

Как следует из вышеизложенного, несмотря на одинаковое название (атлас), описанные информационные продукты существенно отличаются друг от друга по своей структуре и возможностям, предлагаемым пользователю. В рамках принятой терминологии (см. раздел 2.1), атлас WOA скорее является базой данных, правда с весьма ограниченным сервисом (только выборка данных), тогда как *AOA* представляет типичный пример традиционного атласа (коллекции карт) с приложенными числовыми массивами. Очевидный недостаток этих атласов — не использование широкого спектра возможностей, который предоставляет современное программное обеспечение. Реализация этих возможностей на платформе ПК может быть осуществлена путем создания океанографических геоинформационных систем, которые рассматривались в разделе 2.1. Ряд усилий в этом направлении был предпринят в ААНИИ под руководством автора настоящего курса.

Океанографическая ГИС по морям Северо-Европейского бассейна

Была поставлена задача — подготовить информационную и программную основу для создания электронного океанографического справочника (ЭОС) по морям Северного Ледовитого океана. По структуре ЭОС должен был представлять геоинформационную систему, а его направленность определялась, исходя из возможности использования широким кругом специалистов, занимающихся научно-исследовательской, изыскательской и административно-хозяйственной деятельностью в полярных регионах.

В настоящее время подготовлена экспериментальная версия ЭОС по морям Северо-Европейского бассейна. Она включает: программное «ядро» ГИС; специальным образом сформированные числовые массивы (рельеф дна, температура, соленость); вспомогательные программы подготовки данных.
Программное «ядро» (Windows-приложение gisw.exe) написано на языке FORTRAN90 (отдельные подпрограммы — на FORTRAN77) и эффективно функционирует на компьютерах типа Pentium100 или более мощных в операционной системе Windows (95, NT), при наличии цветного монитора с разрешением не хуже, чем 640×480. Интерактивный режим осуществляется на английском языке. Программные модули, входящие в ядро, выполняют следующие функции.

— Загрузка пользовательского интерфейса.

— Обработка запросов пользователя на содержание и вид выводимых на экран графических объектов.

— Ввод рельефа дна.

- Расчет области интерполяции.

— Ввод исходных данных.

— Расчет производных параметров (плотность, динамическая высота, скорость течения).

— Интерполяция (расчет изолиний).

--- Преобразование координат в заданную пользователем проекцию.

Построение изолиний и их «заливка».

Построение векторов скорости течения.

Ввод и построение контуров берегов.

— Построение координатной сетки.

---- Вывод на экран алфавитно-цифровой и графической поясняющей информации.

Обработка графических запросов пользователя.

- Расчет параметров вертикальных разрезов.

Построение профилей вертикальных разрезов.

— Переформатирование числовых массивов для SURFER.

Числовые массивы, используемые в ЭОС, содержат интерполированные (осредненные) в центры 1-градусных и 0,5-градусных квадратов данные по температуре и солености на 30 стандартных горизонтах (0-4000 м). а также соответствующим образом сглаженный рельеф дна. Район охвата — 60—83° с.ш., 30° з.д.—20° в.д. Основой для создания массивов послужила информация из различных источников, объединенная в базе океанографических данных Норвежского и Гренландского морей. Эта коллекция данных включает наблюдения с конца прошлого века до середины 1990х годов. Общее число океанографических станций после проверки достоверности и достаточности данных паспортов станций и исключения дублей, а также выполнения определенных ограничений, приводящих к сокращению общего числа станций (обязательное присутствие измерений температуры на океанографической станции, не менее трех горизонтов с наблюдениями и др.), составило 126 641. Объем собранной информации позволяет утверждать, что это наиболее полный массив данных для рассматриваемой акватории. Все данные прошли процедуру проверки в соответствии со схемой, описанной в разделе 3.1, которая была реализована в виде пакета прикладных программ проверки, интерполяции, загрузки, осреднения, визуализации данных и их выгрузки в требуемом для ЭОС формате.

Вспомогательные программы подготовки данных — это программы, позволяющие выполнять выборку и компоновку данных о глобальном рельефе дна и береговой линии. Программа преобразования рельефа дна (reltret.exe) использует в качестве входного файла числовой массив *ETOPO5*. Этот массив свободно распространяется через сеть Internet и содержит оцифрованный с 5-минутным разрешением глобальный рельеф. Программа reltret осуществляет выборку данных о рельефе дна с заданным пространственным разрешением для выбранного района, задаваемого географическими координатами его границ, и запись в двоичный файл ЭОС. Программа подготовки береговой линии (*vr_shor.exe*) осуществляет выборку контуров береговой линии из соответствующих текстовых файлов ГИС Gebco, их «склеивание» с учетом границ района и запись в двоичный файл ЭОС.

Экспериментальная версия ЭОС поддерживает следующие возможности получения информации по океанографическому режиму Северо-Европейского бассейна.

1. Просмотр, вывод на печать и графический экспорт оцифрованной карты рельефа дна (с разрешением 0,5 или 1°).

2. Просмотр, вывод на печать и графический экспорт оцифрованной карты среднеклиматической температуры воды (с разрешением 0,5 или 1°) на любом из стандартных горизонтов (0—4000 м).

3. Просмотр, вывод на печать и графический экспорт оцифрованной карты среднеклиматической солености воды (с разрешением 0,5 или 1°) на любом из стандартных горизонтов (0—4000 м).

4. Просмотр, вывод на печать и графический экспорт оцифрованной карты среднеклиматической плотности воды (с разрешением 0,5 или 1°) на любом из стандартных горизонтов (0—4000 м).

5. Просмотр, вывод на печать и графический экспорт оцифрованной карты среднеклиматической уровенной поверхности и векторов геострофических течений, рассчитанных относительно любой (стандартной) «нулевой» отсчетной поверхности (с разрешением 0,5 или 1°) на любом из стандартных горизонтов (0—4000 м).

6. Построение оцифрованных вертикальных разрезов произвольной конфигурации любой из указанных гидрофизических характеристик. Их просмотр, вывод на печать и графический экспорт.

Печать графики осуществляется через систему SURFER, средствами которой может быть выполнено дополнительное форматирование карты (разреза). Экспорт графических объектов допустим в любое приложение Windows, поддерживающее графику.

Двумя основными принципами, заложенными авторами при проектировании ЭОС, являются: максимальная простота освоения ЭОС пользователем-неспециалистом и возможность получения разносторонней, нетривиальной информации об океанографическом режиме. Эти два на первый взгляд противоречивых требования реализованы через удобный, легко воспринимаемый пользовательский интерфейс.

Общение пользователя с программой осуществляется через систему меню и диалоговых окон. Для ввода практически любой информации достаточно использовать только кнопки мыши. При запуске программы gisw.exe на экран выводится фоновое поле, по верхнему краю которого располагаются кнопки главного меню. Оно включает следующие пункты: VIEW (Просмотр), MAP (Kapma), APPLICATIONS (Приложения), SECTION (Paspes), EDIT (Pedakmuposanue). Все они, за исключением SECTION, включают подпункты, организованные в виде «всплывающих» меню. Работа начинается с выбора пункта MAP, для чего необходимо установить на него указатель мыши и нажать левую кнопку. В результате на экране появляется подменю, включающее два пункта: CLIMATE MAP(Климатическая карта) и EXIT(Завершение работы). По выбору CLIMATE MAP на экране появляется диалоговое окно, в котором пользователю предлагается указать свой запрос. Запрос включает: Район (Region); Параметр (Parameter); Горизонт (Horizont); Проекцию (Projection).

При запросе на вывод карты уровенной поверхности требуется дополнительно указать отсчетный уровень путем нажатия соответствующей кнопки (Ref. Level). При первом входе в диалоговое окно в соответствующих позициях высвечиваются параметры, заданные по умолчанию. Их изменение выполняется через разворачиваемый список с помощью клавиши мыши или путем прямого набора на клавиатуре. После нажатия клавиши ОК (Выполнить) на экране появляется требуемая карта. Вывод карты занимает 3-5 сек (для рельефа и гидрофизических параметров) и до 25 сек (для динамического рельефа) — на ПК Pentium100 при 1-градусном разрешении. Программа может выполнять построение карты в географических координатах (без преобразования), а также поддерживает две наиболее часто употребляемые для океанографических задач проекции: полярную стереографическую и проекцию Меркатора. Изображение может быть развернуто на весь экран путем нажатия кнопки Full Screen (Во весь экран), в которую можно войти через кнопку главного меню VIEW. На картах гидрофизических параметров области различных значений вылеляются разным цветом. Шкала цветов приводится для каждой карты в левом верхнем углу экрана. В верхней левой части экрана указываются: название района, наименование гидрофизического параметра и отображаемый горизонт. В правой верхней части экрана имеется три небольших просмотровых окна, в которых высвечиваются географические координаты точки стояния (град.) — широта и долгота (западная долгота обозначается знаком минус) и значение гидрофизического параметра, которые изменяются при движении указателя мыши по карте. При выводе карты уровенной поверхности в левой части экрана появляются два дополни-

тельных просмотровых окна, в которых отображается модуль вектора скорости геострофического течения и его направление. Для вывода построенной карты на печать следует войти в пункт меню APPLICATIONS, где в настоящее время имеется только одна кнопка SURFER. При нажатии этой кнопки запускается программа SURFER, которая повторяет построение имеющейся карты, но уже в среде SURFER. При желании можно выполнить дополнительное форматирование построенной карты средствами SURFER перед отправкой ее на печать. Экспорт карты выполняется через пункт главного меню EDIT, который содержит две кнопки подменю: Select All (Bыdeлить все) и Copy (Konuposamь). Эти кнопки выполняют те же функции, что и одноименные кнопки в любом текстовом редакторе, например, MSWord. Последовательное применение этих кнопок приводит к копированию в буфер Windows снимка экрана, после чего его можно внедрить как графический объект в любое Windowsприложение.

Чрезвычайно полезным сервисом, предоставляемым в ЭОС, является возможность построения вертикального разреза произвольной конфигурации для любого из имеющихся гидрофизических параметров. После появления на экране запрошенной карты (температуры, солености или плотности) пункт главного меню SECTION становится доступным. После его нажатия указатель мыши устанавливается на начало требуемого разреза и выполняется двойной щелчок левой кнопкой. Эта процедура повторяется для каждой угловой точки разреза. Когда горизонтальный профиль разреза построен, необходимо осуществить двойной щелчок правой кнопкой мыши, после чего в течение 3 сек на экран выводится распределение соответствующей характеристики в вертикальной плоскости разреза. В «координатных» просмотровых окнах в этом случае отображаются расстояние, км от начальной точки разреза и глубина, м. Угловые точки разреза маркируются вертикальными пунктирными линиями, в нижней части которых высвечиваются их географические координаты. Для вывода разреза на печать или экспорта в файл необходимо выполнить действия, указанные выше для карты.

В настоящее время возможности ЭОС ограничиваются описанными процедурами. Однако программное ядро ЭОС построено таким образом, что допускает наращивание сервиса без принципиального изменения его архитектуры. Дальнейшее развитие ЭОС предполагает усилия по трем основным направлениям.

1. Расширение номенклатуры исходных характеристик (растворенный кислород, биогенные элементы) и их производных (теплосодержание, глубина конвекции, толщина квазиоднородного слоя, водные массы и др.).

2. Охват других районов Северного Ледовитого океана, в достаточной степени освещенных данными наблюдений (Баренцево море, Карское море, Арктический бассейн).

3. Совершенствование программного обеспечения: подключение дополнительных программ построения графических объектов (построение

вертикальных профилей, *TS*-диаграмм, временных рядов и др.); обеспечение работы в многооконном режиме; подключение стандартных средств *Windows* (увеличение/уменьшение) изображения, изменение вида указателя мыши в зависимости от выполняемой функции и др.; обеспечение возможности вывода числовых данных по всей карте или выделенному району в текстовый файл произвольного формата; интегрирование ЭОС с базой данных HDB.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях требуется экспертный контроль данных?

2. Какой метод интерполяции вертикального профиля наиболее эффективен в слое ниже главного пикноклина?

3. Для чего используется метод выделения водных масс по комплексу признаков?

4. Зачем нужны граничные файлы SURFER?

5. Какое направление течения следует задать во входном файле SURFER, если истинное направление течения — 270° (на запад), а используемый символ (стрелка) направлен вверх?

ГЛАВА 4. ВОЗМОЖНОСТИ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ *INTERNET* ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как было отмечено в предыдущем разделе, электронный атлас Северного Ледовитого океана реализован в соответствии с принципами, принятыми во всемирной компьютерной сети *Internet*. Что же такое всемирная компьютерная сеть и какие преимущества она дает пользователю, работающему в области океанографических исследований?

Еще несколько лет назад сеть Internet была почти исключительно прерогативой ученых и исследователей в области современных компьютерных технологий, и даже в середине 1990 г. сервис World Wide Web (WWW) еще не существовал. Именно в это время специалистами Европейской организации по ядерным исследованиям (CERN) была разработана экспериментальная гипертекстовая система, позволяющая реализовать простейшую связь между исследователями в области физики высоких энергий. Программное обеспечение было разработано специально для Internet и впервые выпущено в свет в 1991 г. Сразу после этого сеть Internet была открыта для общего пользования. За короткий промежуток времени, прошедший после этого знаменательного события, глобальная компьютерная сеть практически опоясала земной шар и стала мощнейшим средством обмена информацией в самых различных сферах человеческой деятельности. Отсюда вполне закономерно, что для оперативного доступа к различной океанографической информации в настоящее время широко используются возможности, предоставляемые Internet.

Прежде чем переходить к описанию способов применения Internet для обеспечения океанографических исследований, следует указать основные принципы преобразования информации, принятые в сети. Большая часть информации, доступной через сеть Internet, размещается на так называемых Internet-сайтах (страницах). Пользователь сети может просмотреть сайт на экране своего компьютера, набрав его URL-адрес в соответствующем окне поисковой системы, так называемого web-браузера (Netscape Navigator, Internet Explorer и др.). Физически информация, которую пользователь видит на экране своего компьютера, находится на каком-либо сетевом сервере или аналогичном пользовательскому персональном компьютере.

Информация на Internet-сайте размещается в соответствии с правилами языка HTML (Hypertext Markup Language). HTML не является алго-

ритмическим языком программирования (как FORTRAN или C). Это, скорее, некоторый свод правил разметки текста специальными значками (теами), которые регламентируют в каком виде отображать заключенную внутри них информацию. *HTML* указывает другим программам (в первую очередь *web*-браузеру) отобразить текст и графические объекты определенным образом и создает гиперссылки к другим сетевым ресурсам. Гиперссылка содержит URL-адрес сайта (или его определенного фрагмента). Как правило, она отображается ключевым словом (сповосочетанием), выделенным синим цветом и подчеркиванием. Довольно часто для обозначения гиперссылок используются символы или графические объекты. При установке на гиперссылку указателя мыши его форма меняется. Нажатие левой кнопки мыши вызывает на экран сайт, на который указывает гиперссылка.

Сетевое программное обеспечение допускает передачу гипертекстовой, графической и звуковой информации. Возможности ее приема и адекватного представления определяются ресурсами и программным обеспечением пользовательского компьютера. «Транспортировка» информации по сети осуществляется тремя возможными путями (протоколами передачи данных): гипертекстовым протоколом (*http*); файловым протоколом (*ftp*); почтовым протоколом (*mailto*).

Каждый из этих протоколов ориентирован на определенный тип передаваемой информации. Протокол *http* выполняет передачу гипертекстов, включающих текстовую, графическую и звуковую информацию. Однако он работает сравнительно медленно и неэффективен для пересылки больших (несколько Mб) объемов данных. Для этой цели используется протокол *ftp*, предназначенный для пересылки больших файлов любой структуры. Его недостатком является то, что для просмотра переданного нерез него файла, пользовательский ПК должен иметь то же программное обеспечение, что и ПК-передатчик. Почтовый протокол (электронная почта) передает текстовую информацию, а также небольшие (до 1 Мб) файлы, включаемые в файл почты специальным образом. Он используется, в соответствии со своим названием, для быстрого обмена оперативной информацией между пользователями сети.

В соответствии с этими правилами можно успешно использовать сеть Internet для конкретных задач обмена океанографической информацией. Эти задачи условно можно подразделить на следующие группы.

1. Получение исходных данных из океанографических архивов.

2. Ознакомление с последними достижениями в океанографии и смежных дисциплинах.

3. Оперативная переписка с коллегами из других организаций (стран).

4. Получение информации о намеченных океанографических мероприятиях (конференциях, школах и т.д.).

5. Поиск вакансий в области океанографии.

6. Реклама собственных научных достижений.

7. Формирование сложных (мультимедийных) электронных документов (с использованием *Internet*-технологий организации информации).

Понятно, что для реализации указанных задач используются различные вышеперечисленные протоколы передачи данных.

Всесторонняя и полная информация об интересующем океанографическом явлении (процессе) — основа любой научно-исследовательской работы. В настоящее время Internet обеспечивает быстрый и дешевый способ сбора необходимых данных. Для начала полезно ознакомиться с последними достижениями в интересующей области. Для этой цели рекомендуется несколько возможных путей. Первый путь, наиболее основательный, предполагает следующие действия. Через имеющуюся на пользовательском ПК поисковую систему задается поиск по ключевым словам (лучше всего начинать с ключевого слова «oceanography»). После завершения выборки всех возможных адресов дальнейший поиск организуется в пределах полученной выборки с использованием дополнительных спецификаций (например, «currents»). После получения приемлемого (с точки зрения пользователя) числа адресов можно приступать к просмотру их содержимого. Достаточно обширная информация по интересующей проблеме находится непосредственно на сайтах научных журналов, печатающих статьи по океанографии, например, http://ams.allenpress.com — сайт Американского Метеорологического общества, издающего всемирно известный журнал Physical Oceanography или на сайтах компаний-производителей океанографического оборудования: http://www.falmouth.com, http://www.seabird.com, http:// www.sippican.com.Это второй путь — более быстрый. Наконец, если известны имена ученых, занимающихся интересующей Вас проблемой и названия организаций, в которых они работают, можно войти в сайты этих организаций, где, как правило, публикуются основные направления деятельности данной организации, ее последние публикации, электронные адреса работающих в ней ученых и т.д. (например: http://aari.nw.ru --- адрес Арктического и антарктического научно-исследовательского института). Обширная информация об организациях, в той или иной степени связанных с океанографическими исследованиями, содержится в сайте Скрипсовского института океанографии: http://sclib.ucsd.edu/sio/inst/part1.html.

Для получения океанографических данных (по конкретным районам или экспедициям) можно обратиться к открытым для общего пользования океанографическим архивам (например, архив Международной комиссии по исследованию морей, *ICES*, *http://ices.dk*). Пересылка самих данных осуществляется по протоколу *ftp*. Поскольку далеко не все данные публикуются в открытых архивах, бывает полезно обратиться непосредственно к исследователю, занимающемуся интересующей вас проблемой. Для этой цели лучше всего использовать электронную почту, предварительно отыскав требуемый электронный адрес в сайте организации, где работает данный специалист.

Если Вы желаете ознакомить мировое научное сообщество с собственными достижениями в области океанографии, можно разместить в сети

собственный сайт. В рамках данного курса не предполагается касаться вопросов формирования Internet-сайтов, поскольку это специальная задача, которая, тем не менее, может быть успешно решена пользователем не специалистом в области сетевых технологий после ознакомления с соответствующей литературой и при наличии необходимого для этой цели программного обеспечения. В частности, последняя версия редактора *MSWord* позволяет формировать Internet-сайты. Однако более эффективным является применение специализированных программных пакетов типа *MSFrontPage*.

ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Для закрепления материала и получения практических навыков работы с данными предлагается выполнить шесть практических заданий, охватывающих основные разделы курса. Рекомендуется выполнять задания по мере изучения отдельных глав. В каждом следующем задании, за исключением последнего, используются результаты и навыки, полученные при выполнении предыдущего задания. Для выполнения заданий потребуются программные пакеты HDB (3.10), SURFER (6.02) и GRAPHER (1.22).

5.1. ОСВОЕНИЕ РАБОТЫ С БАЗОЙ ДАННЫХ НОВ

В задачи работы входит приобретение навыков выполнения стандартных операций при работе с базой данных HDB.

Исходными данными для выполнения работы могут послужить результаты океанографических наблюдений, имеющиеся в рукописной или электронной формах.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Преобразовать исходные данные к виду, аналогично представленному в приложении 2. (Если исходные данные уже записаны на магнитный носитель, то преобразование данных к требуемому виду целесообразно выполнить программным путем).

2. Подготовить файл дескриптора (приложение 1), соответствующий используемым исходным данным.

3. Запустить на выполнение программу hdb.exe.

4. Загрузить подготовленные исходные данные (сформировать информационный массив).

5. Открыть информационный массив.

6. Просмотреть географическое расположение станций.

7. Просмотреть распределение станций по квадратам.

8. Открыть режим просмотра и редактирования данных.

9. Внести изменения в данные паспортов и рядов, не сохраняя их.

10. Просмотреть ряды в графическом окне.

11. Выполнить визуальную выборку данных на произвольном разрезе.

12. Записать выбранные данные в суббазу.

13. Построить разрез произвольного параметра в графическом окне.

14. Выбрать данные по критерию попадания в заданный географический район и временной интервал.

15. Построить карту произвольного параметра на каком-либо горизонте.

16. Сформировать новый информационный массив из выбранных данных.

17. Выгрузить выбранные данные в АSCII файл.

Отчетным материалом являются сформированные выборки и информационный массив.

5.2. ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВИСНЫХ ПРОГРАММ НОВ

В задачи работы входит приобретение навыков в использовании сервисных программ HDB.

Исходным при выполнении работы является информационный массив, подготовленный в разделе 5.1.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Запустить на выполнение программу hdb.exe.

2. Открыть информационный массив.

3. Выполнить визуальную выборку данных на произвольном разрезе.

4. Записать выбранные данные в суббазу.

5. Запустить на выполнение программу *hdb3sec.exe* (программа-интерфейс подготовки данных для разреза *SURFER*).

6. Ввести в диалоговом режиме запрашиваемые параметры.

7. Просмотреть сформированные файлы *.bln, *.dat u *.txt, сопоставив их содержимое с описанным в разделе 3.3.

8. Запустить на выполнение программу hdb3map.exe (программа-интерфейс подготовки данных для карты SURFER).

9. Ввести в диалоговом режиме запрашиваемые параметры.

10. Просмотреть сформированные файлы *.bln, *1.bln u *.dat, сопоставив их содержимое с описанным в разделе 3.3.

11. Запустить на выполнение программу *hdb3prf.exe* (программа-интерфейс подготовки данных для вертикального профиля *GRAPHER*).

12. Ввести в диалоговом режиме запрашиваемые параметры.

13. Просмотреть сформированный файл *. dat, сопоставив его содержимое с описанным в разделе 3.3.

Отчетным материалом являются сформированные входные файлы для SURFER и GRAPHER.

5.3 ПОСТРОЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПАКЕТЕ *GRAPHER*

Задача работы — освоить построение простых графических объектов в пакете *GRAPHER*.

Исходные данные — входной файл *.*dat*, содержащий выбранные из информационного массива (раздел 5.1) и переформатированные для *GRAPHER* (раздел 5.2) данные.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Запустить программу graph4win.exe.

2. Выполнить последовательность действий, описанную в разделе 3.3.

Отчетным материалом является график вертикального профиля выбранного океанографического параметра.

5.4 ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПАКЕТЕ *SURFER*

Задача работы — освоить построение простых графических объектов в пакете SURFER.

Исходные данные — входные файлы *.*dat*, *.*bln u l**.*bln*, содержащие выбранные из информационного массива (раздел 5.1) и переформатированные для *SURFER* (раздел 5.2) данные.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Запустить программу surfer 32. exe.

2. Выполнить последовательность действий, описанную в разделе 3.3. Отчетный материал: горизонтальное распределение и вертикальный разрез выбранного океанографического параметра.

5.5 АВТОМАТИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЯ *GSCRIPTOR*

В задачи работы входит ознакомление с возможностями, предоставляемыми программой *GScriptor* для автоматизации графических построений в пакете *SURFER*.

Исходные данные: входные файлы asec.dat, asec.bln и asec.txt, содержащие выбранные из информационного массива (раздел 5.1) и переформатированные для SURFER (раздел 5.2) данные. Файл surf.inm, в котором указан путь к входным файлам.

Порядок выполнения работы следующий.

1. Открыть в любом текстовом редакторе файл surf.inm.

2. Изменить путь к входным файлам в соответствии с их фактическим нахождением.

3. Запустить программу GSmac32.exe.

4. Открыть файл sect.bas.

5. Запустить его на выполнение, выбрав в меню GScriptor пункт Start.

6. Просмотреть полученный разрез.

7. Запустить программу Gscriptor.

8. Заменить в тексте программы имена входных файлов на имена, присвоенные при построении разреза в предыдущем модуле.

9. Построить разрез, аналогичный полученному в практическом задании 4, с помощью GScriptor.

Отчетный материал: вертикальный разрез, построенный с помощью *Gscriptor*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.В., Иванов В.В. Межгодовая изменчивость глубокой конвекции в Гренландском море// Океанология. —1995. —Т. 35. —С. 45-52.

2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. —М.: Наука, 1986. —544 с.

3. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. — Л.: Гидрометеоиздат, 1976. — 359 с.

4. Иванов В.В., Кораблев А.А. Исследовательская база океанографических данных по Норвежскому и Гренландскому морям// Формирование базы данных по морским льдам и гидрометеорологии/ Под ред. В.Е. Бородачева, И.Е. Фролова. —СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. —С.19—27.

5. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Учебное пособие. —Изд.2-е, испр. и доп. — М., 1997. —155 с.

6. Кораблев А.А. Классификация водных масс и изменения их характеристик// Закономерности крупномасштабных процессов в Норвежской энергоактивной зоне и прилегающих районах/ Под ред. Г.В. Алексеева, П.В. Богородского. —СПб: Гидрометеоизпат, 1994. —С.27—40.

7. Федоров К.Н. Тонкая структура вод и океанические фронты// Избранные труды по физической океанологии. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — С.47—111.

8. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. — М.: Финансы и статистика, 1998. —218 с.

9. Arctic Ocean Atlas (AOA97), Joint US—Russian Atlas of the Arctic Ocean. Prep. by Environmental Working Group (EWG) of the Gore-Chernomyrdin Comission, CD-ROM issued by (available from) the National Snow and Ice Center (NSDIS). —Boulder, CO. http://ns.noaa.gov.atlas.

10. Ivanov V.V., Korablev A.A., Myakoshin O.I. PC-adapted oceanographic database for studying climate shaping ocean processes// Oceanology International 96. The Global Ocean — Towards Operational Oceanography, Conference Proceedings. UK, 1996. — Vol.1. — P.89—99.

11. Quality control and processing of historical oceanographic temperature, salinity, and oxygen data. NOAA Technical Report NESDIS 81. — Waschington, D.C. August, 1994.

12. Manual of quality control procedures for validation of oceanographic data. Prep. by CEC:DG-XII, MAST and IOC:IODE. UNESCO, —1993. —435 p.

13. Reiniger R.F., Ross C.K. A method of interpolation with application to oceanographic data// Deep Sea Research. —1968. —Vol. 15. —P.185—193.

14. SURFER for Windows. Version 6 User's Guide, Golden Software Inc., 1995.

15. The practical salinity scale 1978 and the International equation of sea water 1980// Tenth report of the joint panel on oceanographic tables and standards. —UNESCO, Technical papers in Marine Sciences, Paris. —1981. — № 36.

16. World Ocean Atlas 1994 and CD-ROM data sets// NODC Environmental Bulletin. —1997. —Vol. 95, № 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СТРУКТУРА ФАЙЛА-ДЕСКРИПТОРА

Структура файла–дескриптора (для примера загрузочного файла, приведенного в приложении 2)

		Количество
13		дополнительных
		параметров паспорта
Описа	ние дополнительных парам	етров паспорта
	точность представления	
идентификатор	(количество знаков	пояснение
	после десятичной точки)	
Depth	0	Глубина места
Nst	. 0	Номер станции
Time	0	Время
Lat	0	Широта
Lon	0	Долгота
Windd	0	Направление ветра
Winds	0	Скорость ветра
Tair	0	Температура воздуха
Huma	0	Влажность (абс.)
Humr	0	Влажность (отн.)
Pressure	0	Атмосферное давление
Cloudc	0	Общая облачность
Cloudi	0	Нижняя облачность
	14	Количество рядов
	Описание рядов	
temp	3	Температура
sal	3	Соленость
оху	3	Растворенный кислород
ph	3	Водородный показатель
alk	3	Щелочность
po4	3	Фосфаты
p	3	Общий фосфор
si	3	Силикаты
no2	3	Нитриты
no3	3	Нитраты
nh4	3	Аммоний
n	3	Общий азот
okisi	3	Окисляемость
h2s	3	Сероводород

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ФОРМАТ ЗАГРУЗКИ

Golden Hinde <идентификатор инф. массива> 22 11 1987 <число месяц день> 07 32 <часы минуты> 7100 800 <широта долгота> 21 <количество горизонтов> 2850 2683 859 7100 800 155 8 50 71 81 10053 7 5 <доп. параметры паспорта см. Приложение 1> 1 2 8 <номера рядов, имеющихся на данной станции> 0 4.970 35.065 131.000 < горизонт температура соленость силикаты> 8 4.960 35.063 127.000<...> 20 4.970 35.065 132.000 29 4.950 35.064 122.000 50 4.890 35.071 126.000 75 4.860 35.072 121.000 99 4.860 35.069 127.000 151 4.630 35.092 149.000 202 4.250 35.081 156.000 256 3.920 35.076 156.000 308 3.840 35.081 153.000 399 3.590 35.075 155.000 499 3.110 35.046 153.000 600 2.020 34.978 150.000 798 0.370 34.910 189.000 1003 -- 0.390 34.899 231.000 1200 -0.620 34.904 276.000 1503 -0.800 34.904 307.000 2002 -0.920 34.904 354.000 2509 -0.940 34.904 395.000 2818-0.920 34.906 394.000 Golden Hinde <следующая станция> 22 11 1987 11 56 7100 630 21 3060 2684 1328 7101 629 146 6 54 74 83 10059 7 5 12

21 5.610 35.092 29 5.540 35.089 50 5.510 35.092 75 5.270 35.090 99 5.030 35.088 151 4.950 35.083 200 4.930 35.086 250 4.590 35.081 302 4.340 35.097 405 3.940 35.095 516 3.700 35.090 606 3.290 35.060 797 1.450 34.948 1005 -0.190 34.899 1199 -0.470 34.904 1501 -- 0.730 34.908 2002 -0.890 34.905 2509 -0.920 34.905 3047 -0.900 34.906

... <следующая станция>

0 5.460 35.055 12 5.560 35.065

оглавление

Глава 2. У На 2. 2.	 ссанографических наблюдений Измерение температуры воды при помощи обрывных термозондов Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Программное обеспечение Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Подготовка к зондирования Подготовка к зондирования Выполнение зондирования Подготовка к зондирования Подготовка к зондирования Выполнение зондирования Подготовка к зондирования Выполнение зондирования Подготовка к зондирования Выполнение зондирования Спользование океанографической информации Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB 	1 1 1 d 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2
Глава 2. У Н 2. 2.	 Измерение температуры воды при помощи обрывных термозондов Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Программное обеспечение Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Измерение зондированию Выполнение зондирования подготовка к зондированию Выполнение зондирования подготовка к зондирования Описание прибора Подготовка к зондирования Выполнение зондирования Выполнение зондирования Слользование океанографической информации Основные понятия управления данными Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB 	1 1 1 1 1 1
1. Глава 2. У н 2. 2. 2.	обрывных термозондов Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Программное обеспечение 2. Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондированию Выполнение зондирования правление данными: усвоение, хранение и оперативное спользование океанографической информации 1. Основные понятия управления данными 2. Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB	d . 1 1 1 1 1
1. Г лава 2. У н 2. 2. 2.	Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Программное обеспечение 2. Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования правление данными: усвоение, хранение и оперативное спользование океанографической информации 1. Основные понятия управления данными 2. Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	<i>d</i> 1
1. Г лава 2. У н 2. 2.	 Подготовка к зондированию Выполнение зондирования Программное обеспечение Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования правление данными: усвоение, хранение и оперативное спользование океанографической информации Основные понятия управления данными Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB 	1 1 1 1 1 1
1. Г лава 2. У Н 2. 2. 2.	Выполнение зондирования Программное обеспечение 2. Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора Подготовка к зондированию Выполнение зондирования правление данными: усвоение, хранение и оперативное типользование океанографической информации 1. Основные понятия управления данными 2. Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	1 1 1 1
1. Г лава 2. У н. 2. 2.	Программное обеспечение	<i>d</i> 1
1. Г лава 2. У н. 2. 2.	 Измерение температуры и электропроводности воды при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора	d 1
Г лава 2. У н 2. 2. 2.	при помощи глубоководных зондов типа Neil Brown и SeaBir Описание прибора	d 1
Г лава 2. У н 2. 2. 2.	Описание прибора]
Глава 2. У не 2. 2. 2.	Подготовка к зондированию Выполнение зондирования правление данными: усвоение, хранение и оперативное спользование океанографической информации 1. Основные понятия управления данными 2. Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB	1 1 1 2 2
Глава 2. У не 2. 2. 2.	Выполнение зондирования	1
Глава 2. У не 2. 2. 2.	правление данными: усвоение, хранение и оперативное спользование океанографической информации	1
2. 2. 2.	 спользование океанографической информации Основные понятия управления данными Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB 	
2.2.2.	 Основные понятия управления данными Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB 	
2.	2. Специализированная океанографическая база данных HDB, ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	····· 4
2.	ее структура, функции и особенности работы Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	
2.	Актуальность базы данных HDB Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	
2.	Структура HDB Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	
2.	Размещение данных Функционирование HDB Графические средства HDB	
2.	Функционирование HDB Графические средства HDB	2
2.	Графические средства HDB	
2.	· pupit to the of the office o	
2.	Сеанс работы в НDВ	
_	3. Сервисные программы HDB	
	Программы-конверторы	
	Программы облашения к информационным массивам HDB	
	Программы-интерфейсы со стандартными пакетами	
	Программы контроля данных с последующей корректировкой	
	Вычислительные программы	;
	Дополнительные информационные программы	
Слава З. О	бработка ланных наблюдений (экспериментов)	
c	использованием возможностей компьютерной графики	
3	1. Технология контроля качества (фильтрация) данных	
-	Устранение систематических ошибок измерительных приборов	
	Устранение случайных ошибок наблюдений	4
	Технология контроля качества данных	
3	2. Метолы интерполяции, применяемые	
. 5	лля обработки океанографических данных	•••••
	Интерполяция вертикальных профилей	í

Двумерная интерполяция 4 Интерполяция временных рядов 5 3.3. Использование программных пакетов SUkFER и GRAPHER 5 для графического представления океанографических данных 5 Принципы преобразования информации в GRAFHER и SURFER 5 Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER 5 Построение вертикальных профилей средствами SURFER 6 Построение вертикальных разрезов 6 Построение вертикальных разрезов 6 Построение веторных карт 6 Построение ТS-диаграмм 6 3.4. Электронные океанографические атласы 6 и геоинформационные системы 6 Океанографический атлас Мирового океана 6 Океанографическия атлас Северо-Европейского бассейна 7 Океанографическия исследований 7 Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения 6 океанографическия исследований 7 Глава 5. Практические задания 7 S.1. Освоение работы с базой данных HDB 7 S.3. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 S.4. Построение карт горизонтальных распределений океано			
Интерполяция временных рядов 5 3.3. Использование программных пакетов SUKFER и GRAPHER для графического представления океанографических данных 5 Принципы преобразования информации в GRAFHER и SURFER 5 Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER 5 Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER 5 Построение вертикальных карт средствами SURFER 6 Построение вертикальных карт 6 Построение вертикальных карт 6 Построение векторных карт 6 Построение тS-диаграмм 6 3.4. Электронные океанографические атласы 6 и геоинформационные системы 6 Океанографический атлас Мирового океана 7 Океанографическия аглас Северного Ледовитого океана 7 Океанографическия аглас Северного Ледовитого океана 7 Океанографическия и сследований 7 Своение пработы с базой данных HDB 5 1.1. Освоение работы с базой данных профилей океанографических 8 5.3. Построение карт горизонтальных распределений 6 5.4. Построение карт горизонтальных распределений 8 5.5. Автоматизация графических построений 8 5.6.			4
3.3. Использование программных пакетов SUkFER и GRAPHER для графического представления океанографических данных Принципы преобразования информации в GRAI HER и SURFER Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER Построение вертикальных парт средствами SURFER Построение вертикальных разрезов Построение вертикальных прафические атласы и геоинформационные системы Океанографический атлас Мирового океана Океанографический атлас Северного Ледовитого океана Океанографическия ГИС по морям Северо-Европейского бассейна 7 Лава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения океанографических исследований 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 5.2. Применение сервисных программ HDB 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете GRAPHER 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5.5. Автоматизация графичес		Интерполяния россиных разор	5
5.5. Использование программных пактов в огла ГАК и Кона ГЛАК. для графического представления океанографических данных Принципы преобразования информации в GRAFHER и SURFER Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER Построение вертикальных профилей средствами SURFER Построение вертикальных разрезов Построение вертикальных прафические атласы и геоинформационные системы 0кеанографический атлас Северного Ледовитого океана Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 0кеанографический атлас Северного Ледовитого океана 0кеанографический атлас Северного Ледовитого океана 7лава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения океанографических исследований Глава 5. Практические задания 5.1. Освоение работы с базой данных НDB 5.2. Применение сервисных программ HDB 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете GRAPHER 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океано		2 3 UCTOR 20Paure Information Provide SUBFER & GRAPHER	5
При трафическию представления оксанографических дагных		ля профинеского представления океанографинеских нанинах	5
Принципы преооразования информации в ОКАТ ПЕК и SOUTEX - Построение вертикальных профилей средствами GRAPHER - Построение горизонтальных карт средствами SURFER - Построение вертикальных разрезов - Построение вертикальных разрезов - Построение вертикальных разрезов - Построение векторных карт - Построение торизонтальных разрезов - Построение торизонтальных карт - Построение торизонтальных карт - Построение векторных карт - Построение торизонтальных разрезов - (1) - - (2) - - (3.4) - - - (2) - - - - (3) - - - - - (4) - <td></td> <td>для графического представления океанографических данных</td> <td>5</td>		для графического представления океанографических данных	5
Построение вертикальных профилеи средствами <i>SURFER</i>		Принципы преооразования информации в GRATHER и SORFER	5
Построение горизонтальных карт средствами SUAPER		Построение вертикальных профилеи средствами <i>GRAFHER</i>	5
Построение вертикальных разрезов		Построение горизонтальных карт средствами SUXFER	
Построение векторных карт 6 Построение TS-диаграмм 6 3.4. Электронные океанографические атласы 6 и геоинформационные системы 6 Океанографический атлас Мирового океана 6 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 6 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 7 Океанографическия ГИС по морям Северо-Европейского бассейна 7 Океанографическия гисследований 7 Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения 7 океанографических исследований 7 Глава 5. Практические задания 8 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 8 5.2. Применение сервисных программ HDB 8 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете <i>GRAPHER</i> 8 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете <i>SURFER</i> 8 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля <i>Gscriptor</i> 8 Список литературы 8 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 8		Построение вертикальных разрезов	0
Построение ТS-диаграмм 6 3.4. Электронные океанографические атласы 6 и геоинформационные системы 6 Океанографический атлас Мирового океана 6 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 6 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 7 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 7 Океанографическия ГИС по морям Северо-Европейского бассейна 7 Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения 7 океанографических исследований 7 Глава 5. Практические задания 8 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 8 5.2. Применение сервисных программ HDB 8 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете <i>GRAPHER</i> 8 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете <i>SURFER</i> 8 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля <i>Gscriptor</i> 8 Список литературы 8 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 8		Построение векторных карт	6
3.4. Электронные океанографические атласы и геоинформационные системы 6 Океанографический атлас Мирового океана 6 Океанографический атлас Северного Ледовитого океана 7 Океанографическия ГИС по морям Северо-Европейского бассейна 7 Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения 7 океанографических исследований 7 Глава 5. Практические задания 7 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 7 5.2. Применение сервисных программ HDB 7 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете GRAPHER 8 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 8 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля Gscriptor 8 Список литературы 7 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 8		Построение TS-диаграмм	6
и геоинформационные системы		3.4. Электронные океанографические атласы	
Океанографический атлас Мирового океана		и геоинформационные системы	6
Океанографический атлас Северного Ледовитого океана		Океанографический атлас Мирового океана	6
Океанографическая ГИС по морям Северо-Европейского бассейна 7 Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения океанографических исследований		Океанографический атлас Северного Ледовитого океана	7
Глава 4. Возможности глобальной сети Internet для обеспечения океанографических исследований Глава 5. Практические задания 5.1. 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 5.2. 5.2. Применение сервисных программ HDB 5.3. 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических 6 5.4. Построение карт горизонтальных распределений 7 6 5.4. Втоматизация графических параметров в пакете SURFER 8 5.5. Автоматизация графических построений 7 с использованием модуля Gscriptor 7 Список литературы 7 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 7		Океанографическая ГИС по морям Северо-Европейского бассейна	7
океанографических исследований	Глава 4.	Возможности глобальной сетн Internet для обеспечения	
Глава 5. Практические задания 5 5.1. Освоение работы с базой данных HDB 5 5.2. Применение сервисных программ HDB 5 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических 6 лараметров в пакете GRAPHER 5 5.4. Построение карт горизонтальных распределений 6 океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.5. Автоматизация графических построений 5 с использованием модуля Gscriptor 5 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 5		океанографических исследований	7
5.1. Освоение работы с базой данных HDB 5.2. 5.2. Применение сервисных программ HDB 5.3. 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических 5.3. параметров в пакете GRAPHER 5.4. 5.4. Построение карт горизонтальных распределений 5.4. океанографических параметров в пакете SURFER 5.5. Автоматизация графических построений 5.5. с использованием модуля Gscriptor 5.5. Приложение 1. Структура файла-дескриптора 5.5.	Глава 5.	Практические задания	8
5.2. Применение сервисных программ HDB 5 5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете GRAPHER 5 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля Gscriptor 5 Список литературы 5 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 5		5.1. Освоение работы с базой данных HDB	8
5.3. Построение вертикальных профилей океанографических параметров в пакете GRAPHER 5 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля Gscriptor 5 Список литературы 5 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 5		5.2. Применение сервисных программ HDB	8
параметров в пакете GRAPHER 1 5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля Gscriptor 5 Список литературы 5 Приложение 1. Структура файла-дескриптора 5		5.3. Построение вертикальных профилей океанографических	
5.4. Построение карт горизонтальных распределений океанографических параметров в пакете SURFER 5 5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля Gscriptor 5 Список литературы Приложение 1. Структура файла-дескриптора		параметров в пакете GRAPHER	8
океанографических параметров в пакете SURFER		5.4. Построение карт горизонтальных распределений	
5.5. Автоматизация графических построений с использованием модуля <i>Gscriptor</i>		океанографических параметров в пакете SURFER	8
с использованием модуля <i>Gscriptor</i>		5.5 Автоматизация графических построений	
Список литературы		c использованием молупя Gscriptor	۶
Приложение 1. Структура файла-дескриптора	Concor	THE REAL PRODUCTION MODIFIED CONTRACTION CONTRACTOR	ş
Приложение 1. Структура фанла-докринтора	TINK TOWN	ин түрө туры мина 1. Отрудстура файда-дескоридтора	ş
	TIMERON	mr 1, $r p r r p r p r p r p r p r p r p r p$	s

91

~

ИВАНОВ Владимир Владимирович

МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АНАЛИЗА СУДОВЫХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Редактор: Н.П.Муравьева Оригинал-макет и обложка: А.А.Меркулов

ЛР № 020228 от 10.11.96

Подписано в печать 30.11.2000. Печать офсетная. Печ. л. 5,75.

Формат 60 × 90 1/16 Тираж 1000 экз.

Гидрометеоиздат, 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38