

# ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ.

А.А. Ерошко

Морской гидрофизический  
институт НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.inf.net

*Расчеты пространственной структуры гидрологических параметров и геострофических течений на больших акваториях Черного моря с частой сеткой по глубине сопровождаются возникновением большого количества промежуточных файлов, содержащих важную информацию о распределении в пространстве и изменчивости многих характеристик исследуемых процессов. Вспомогательная база данных решает проблему сохранения и дальнейшего использования этой ценной информации.*

**Введение.** Вопросам организации хранения результатов натурных измерений параметров атмосферы и океана посвящено много работ [1,2,3]. Возникли новые направления вычислительной техники - информационные технологии, вплотную занимающиеся созданием различных баз и банков данных. В них, в основном, хранятся первичные данные.

Ключевыми параметрами там могут быть физические, химические, биологические элементы (температура, кислород, таксон); научно-исследовательские суда (проф. Колесников, проф. Водяницкий); регионы (Черное море, Средиземное море, Атлантика) и т.д. В большинстве случаев исследователь использует эту первичную информацию в конкретных рамках своей задачи. Получив результат, он каким-то образом его интерпретирует [3,4].

Файлы промежуточных результатов при переходе к следующему шагу расчетов, как правило, не сохраняются. В некоторых случаях причины потерь носят объективный характер - нет места в памяти компьютера для хранения такой информации. Но, в основном, потери происходят из-за сложностей унификации промежуточных файлов, такой, чтобы их имена и форматы записей были "понятны" всем программам обрабатывающего пакета. Не всегда можно найти простое решение этой задачи. Попытка использовать единый формат для всех промежуточных файлов обычно заканчивается неудачей. Одним из вариантов выхода из создавшегося положения является создание вспомогательной базы данных.

Структурная схема входа во вспомогательную базу данных приведена на рис. 1. Здесь Черное море условно разделено на части. Анализ исследований, выполненных разными авторами по результатам многих рейсов научных судов, показывает, что в северо-западном регионе Черного моря чаще всего проводятся исследования по различным экологическим программам, связанным с антропогенным воздействием на чистоту бассейна через стоки наиболее крупных рек, впадающих в море в этом районе.

Здесь же изучаются источники пополнения холодными поверхностными водами промежуточного слоя моря во время развития зимних конвективных процессов.



Рис.1 Структурная схема входа во вспомогательную базу данных.

В глубоководной части моря, ограниченной, например, изобатой 500 м, расположены все основные динамические структуры: Основное черноморское течение (ОЧТ) с его западным и восточным круговоротами, меандры, вихри открытого моря.

В восточной и юго-восточной части моря расположен Батумский антициклонический круговорот, отмечены и достаточно хорошо изучены прибрежные циклонические и антициклонические вихри [7].

В статье рассматриваются структурные схемы разделов вспомогательной базы данных, касающиеся глубоководной и юго-восточной частей Черного моря, для которых выполнены расчеты пространственной структуры гидрологических параметров и геострофических течений.

Вспомогательная база данных включает в себя справочный раздел, в котором содержится текстовая и графическая информация. Это - различные справочные материалы об исследуемых объектах, методики расчетов и комментарии к ним, интерпретация полученных результатов и т. д. [8].

Структурная схема раздела показана на рис. 2, где, для примера, открыт подраздел "1990 год". Справочный раздел представляет собой систему вложенных каталогов, каждый из которых содержит краткую текстовую информацию, в отдельных случаях дополненную графикой.

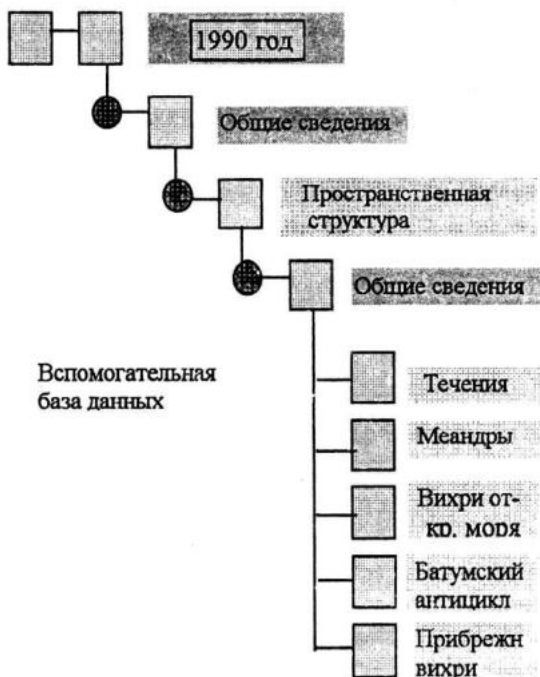


Рис. 2 Структурная схема справочного раздела.

Так, в верхнем по схеме подразделе "Общие сведения" содержится информация об экспедициях и гидрологических съемках, выполненных в глубоководной части Черного моря в 1990 г.

В подразделе "Пространственная структура" содержатся сведения о сети станций: количество станций, размер ячейки сети по долготе и по широте, число горизонтов и глубина зондирования, перечисляются гидрологические и динамические параметры. Для вертикальной структуры описывается схема разрезов, их пространственное положение, протяженность и количество, также перечисляются гидрологические и динамические параметры.

В подразделах: "Течения", "Меандры", "Вихри открытого моря", "Батумский антициклон", "Прибрежные вихри" приводятся краткие сведения о конкретном исследуемом объекте.

**Источники возникновения промежуточных файлов.** В процессе расчетов пространственной структуры гидрологических параметров и геострофических течений на больших акваториях Черного моря приходится выполнять последовательность операций, показанных на блок-схеме рис.3. Рассмотрим эту последовательность подробнее.

**1. Прием исходной информации.** Осуществляется из банков или экспериментальных баз данных входными программами пакета. Принятая информация поступает на блок контроля и коррекции, в котором осуществляется исключение мелководных гидрологических станций и станций, имеющих одинаковые координаты. Затем упорядочиваются галсы путем расстановки станций в требуемой по схеме последовательности. После чего осуществляется поиск и устранение "сбойных" зондирований.

По окончании этапа возникают **промежуточные файлы**, в которых содержится информация о вертикальном распределении температуры морской воды, ее солёности и плотности от поверхности до глубины зондирования с шагом по глубине 1 м для каждой станции. Для сохранения, в виде файлов прямого доступа они направляются в раздел "Глубоководная часть" (рис. 1). Одновременно с этим в раздел справок заносится информация, характеризующая качество принятого и скорректированного материала: количество "сбойных" станций, методы их коррекции.

**2. Создание новой сети станций.** Полученная на первом этапе скорректированная глубоководная сеть станций имеет нерегулярный

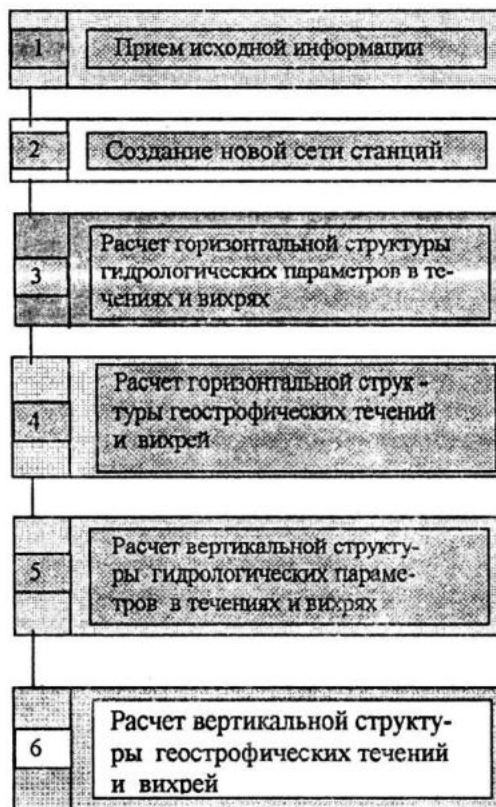


Рис. 3 Последовательность геострофических расчетов и источники возникновения промежуточных файлов.

характер и, в большинстве случаев, слишком крупную ячейку со стороной большей 20+30 миль. Чтобы в процессе расчетов получить данные для детального исследования меандров ОЧТ, циклонических и антициклонических круговоротов открытого моря, прибрежных циклонических и антициклонических вихрей, необходима частая регулярная сеть станций со стороной ячейки порядка 10 миль. Для ее создания используются различные интерполяционные методы [6].

По окончании этапа снова возникают промежуточные файлы, содержащие информацию о температуре, солености, плотности и координатах интерполированных станций. Дискретность по глубине та же, что на первом этапе - 1 м. Файлы заносятся во вспомогательную базу, раздел "Глубоководная часть", для хранения и последующего использования, а в раздел справочников заносится информация о параметрах новой сети станций.

**3. Расчет горизонтальной структуры гидрологических параметров в течениях и вихрях.** Промежуточные файлы, полученные на 2 этапе, считываются из вспомогательной базы данных с помощью управляющих программ и в качестве входных используются обрабатываемыми программами 3 этапа. Здесь рассчитываются горизонтальные распределения гидрологических параметров для всех 100 горизонтов исследуемой акватории Черного моря. Расчет выполняется в 500 метровом слое с дискретностью по глубине между горизонтами 5 м.

Промежуточные файлы для каждого горизонта, возникшие на этом этапе, содержат сведения о номере станции, ее координатах, температуре, солености, плотности. Они заносятся в раздел "Горизонтальная структура ОЧТ", показанный на рис. 4. Раздел устроен по схеме вложенных каталогов. Информация в нем хранится в виде файлов прямого доступа с унифицированными именами. Формат записи задается внешним файлом и может быть изменен по выбору исследователя.

На этом этапе проводятся работы с графическим пакетом SURFER. С помощью пакета создаются \*.grd файлы, представляющие собой интерполированную регулярную сеть, в узлах которой находятся значения исследуемого гидрологического параметра.

По \*.grd файлам строятся и сохраняются в разделе "Горизонтальная структура ОЧТ" карты горизонтального распределения этих параметров. При этом имеется возможность в диалоговом режиме работы с ПЭВМ изменить параметры сети, если предложенные компьютером не устраивают исследователя.

Построенные таким образом \*.grd файлы конвертируются в файлы с расширением \*.dat,

получив тем самым статус новых промежуточных файлов.

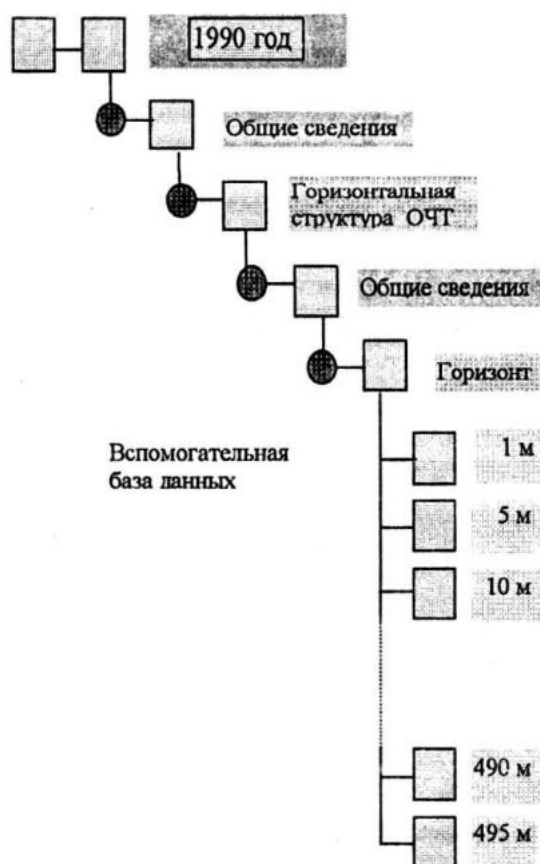


Рис. 4 Схема раздела "Горизонтальная структура ОЧТ".

Для исследования горизонтальной структуры Батумского антициклонического круговорота, циклонических и антициклонических вихрей открытого моря, прибрежных вихрей, в начале на общей расчетной схеме определяется акватория, занимаемая конкретным вихрем. Затем с помощью управляющих программ из раздела "Горизонтальная структура ОЧТ" считывается необходимая информация.

В заданном исследователем формате она заносится в разделы вспомогательной базы данных, созданные для работы с вихревыми структурами: "Батумский антициклон", "Горизонтальная структура" или "Вихрь", "Горизонтальная структура". Разделы построены по системе вложенных каталогов, их схемы показаны на рис. 5 и рис. 6.

Полученная информация используется для построения карт горизонтальных распределений температуры, солености, плотности на всех горизонтах. Карты также хранятся в этих разделах и используются в качестве итоговых отчетных материалов или промежуточных результатов, необходимых в дальнейших исследованиях.

4. Расчет горизонтальной структуры геострофических течений и вихрей. В основе расчета геострофических течений используется динамический метод. В нем в качестве исходного параметра используется плотность морской воды. В работе [6] показано, что при автоматизированном способе расчета геострофических течений наиболее приемлем покомпонентный метод.

При этом, в конце этапа образуются файлы, содержащие информацию о динамическом рельефе, о величине и направлении меридиональной компоненты скорости геострофического течения, о величине и направлении зональной компоненты скорости геострофического течения, о модуле и направлении геострофического течения.

В виде файлов прямого доступа они заносятся в разделы "Горизонтальная структура", показанные на рис. 4 - для ОЧТ, на рис. 5 - для Батумского антициклона и на рис. 6 - для исследуемого вихря. По перечисленным выше параметрам с помощью пакета SURFER строятся карты горизонтальных распределений рассчитанных динамических полей. Карты хранятся в этих же разделах вспомогательной базы данных.

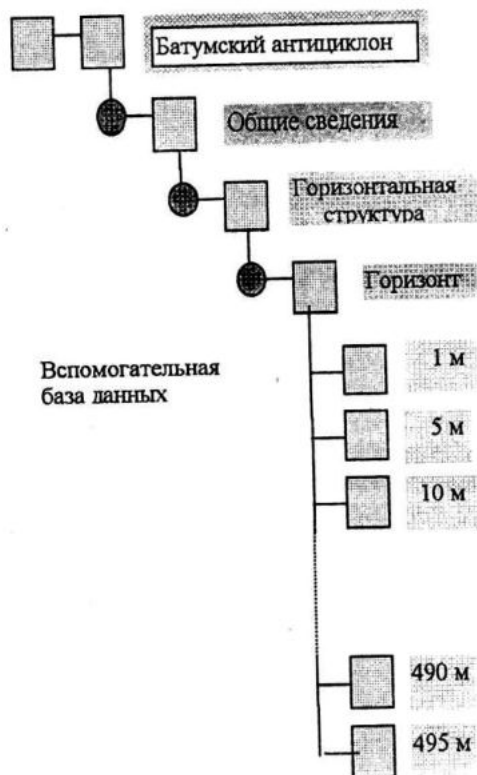


Рис. 5 "Батумский антициклон" (горизонтальная структура).

В разделах зарезервировано место для файлов и карт, построенных для всех динамических параметров на 100 горизонтах.

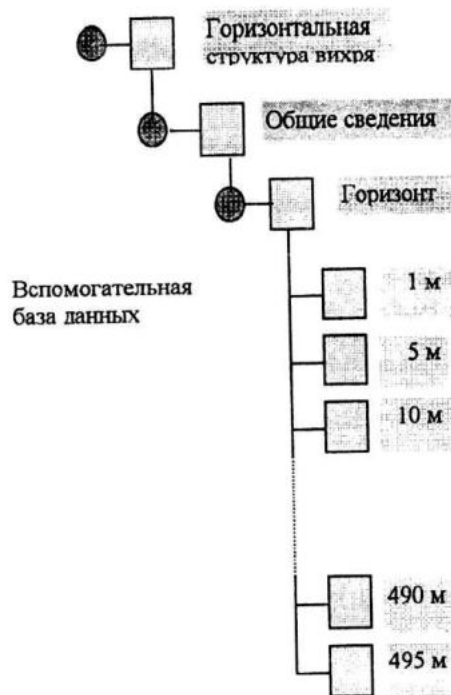


Рис. 6 Схема раздела "Горизонтальная структура вихря".

В действительности строится столько карт, сколько необходимо для проведения исследований выбранного объекта. Исходные данные для построения остальных остаются в базе и могут использоваться при решении других задач.

5. Расчет вертикальной структуры гидрологических параметров в течениях и вихрях. Для изучения крупномасштабных объектов, например, ОЧТ используется полная расчетная схема, охватывающая всю глубоководную часть Черного моря. По ней составляется схема разрезов. В нашем случае - это меридиональные разрезы по каждому градусу восточной долготы и зональные разрезы по каждому градусу северной широты. Для съемки 1990 г число разрезов равно 16, а для съемки 1992 г. - 17. Разрезы выполняются в глубоководной части моря, ограниченной 500 м изобатой, поскольку в геострофических расчетах за "нулевую поверхность" принята горизонтальная плоскость на глубине 500 м.

Исходной информацией для расчета и построения карт разрезов служат файлы, полученные на 3 и 4 этапах (рис.3) и хранящиеся в разделах "Горизонтальная структура" (рис.4,5,6). Оттуда они считываются управляющими программами и поступают на обработку.

В результате получаем новые промежуточные файлы, в которых содержится информация о вертикальном распределении вдоль разреза следующих гидрологических параметров: температуры морской воды, солёности, плотности. Файлы содержат и оси координат: вертикальная ось - глубина, горизонтальная ось - расстояние вдоль разреза.

В виде файлов прямого доступа они поступают в раздел "Вертикальная структура ОЧТ". Вместе с ними туда заносятся карты разрезов, построенные с помощью пакета SURFER по всем гидрологическим параметрам для всех разрезов. Структурная схема раздела показана на рис.7.

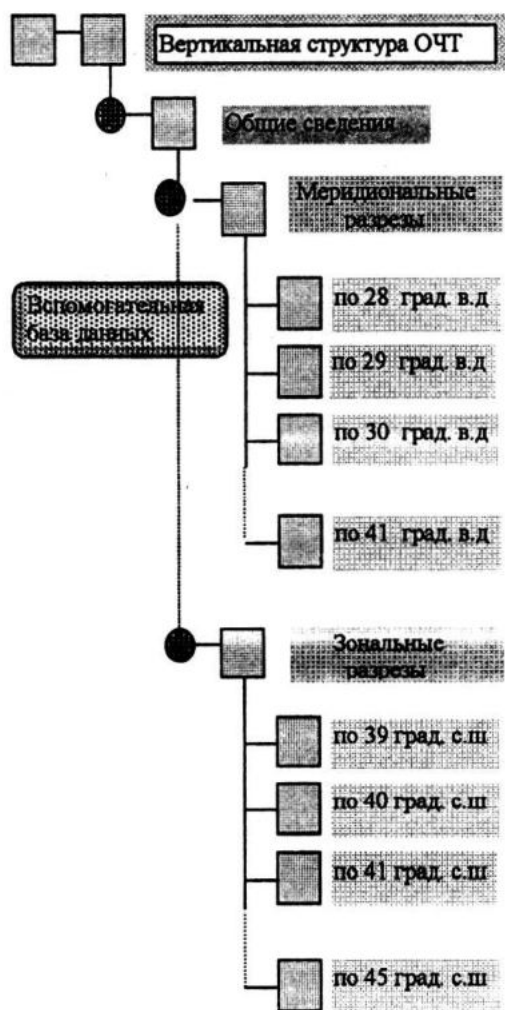


Рис. 7 Схема раздела "Вертикальная структура ОЧТ".

Раздел включает в себя как меридиональные, так и зональные вертикальные разрезы по соответствующим градусам долготы и широты.

Для расчета и построения вертикальных разрезов по гидрологическим параметрам в циклонических и антициклонических вихрях в начале необходимо определить акваторию, занимаемую конкретным вихрем. После этого управляющие программы вспомогательной базы данных производят считывание информации из разделов "Горизонтальная структура" Батумского антициклона или исследуемого вихря и заносят ее в виде файлов прямого доступа в раздел "Вертикальная структура вихря", схема которого показана на рис.8.

6, Расчет вертикальной структуры геострофических течений и вихрей. Здесь используются динамические параметры, полученные на 4 этапе расчетов и хранящиеся разделах: "Горизонтальная структура" (рис. 4,5,6). С помощью управляющих программ они считываются оттуда и заносятся в разделы "Вертикальная структура ОЧТ" и "Вертикальная структура вихря" (рис. 7,8).

Файлы, используемые для расчета и построения карт разрезов в общей цепи расчетов являются промежуточными и содержат информацию о динамической высоте, меридиональной компоненте скорости геострофического течения, направлении меридиональной компоненты, зональной компоненте скорости геострофического течения, направлении зональной компоненты, модуле скорости геострофического течения и его направлении.

Для расчета вертикальной структуры Основного черноморского течения используется полная расчетная схема [6]. Меридиональные разрезы строятся по каждому градусу восточной долготы, зональные - по каждому градусу северной широты. Разрезы рассчитываются по всем перечисленным выше динамическим параметрам. Координатными осями служат: глубина и расстояние вдоль разрезов. По окончании расчетов с помощью графического пакета SURFER строятся карты разрезов. Вся полученная информация хранится в разделе "Вертикальная структура ОЧТ" (рис. 7).

Расчет вертикальной структуры геострофических течений в циклонических и антициклонических вихрях производится после определения акватории моря, которую они занимают. Формируются файлы, содержащие станции, входящие в меридиональные разрезы. Аналогичная операция выполняется для широтных разрезов. Эти данные заносятся в раздел "Вертикальная структура вихря" в соответствии с номером разреза.

Дальнейшая обработка осуществляется по той же методике, что рассмотрена для ОЧТ. Карты вертикального распределения динамических параметров хранятся в разделе "Вертикальная структура вихря" (рис. 8), а общие сведения о разрезах для ОЧТ и вихрей заносятся в

виде текстовой и графической информации в справочный раздел вспомогательной базы данных.

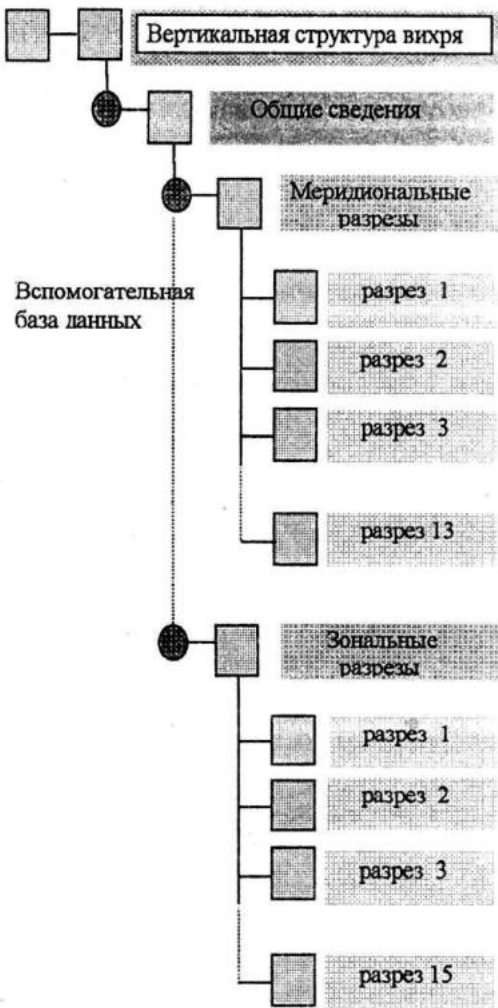


Рис. 8 Схема раздела "Вертикальная структура вихря"

**Выводы.** Основное достоинство создаваемой вспомогательной базы данных заключается в следующем:

1. В ней формируются в виде файлов прямого доступа и хранятся промежуточные файлы, возникшие в ходе геострофических расчетов в глубоководной части Черного моря.

2. Они могут быть использованы автономно для углубленного исследования выбранного динамического объекта.

3. Их можно использовать при решении различных гидрофизических задач: перенос тепла и массы течениями, распространение загрязняющих веществ по акватории моря и т.д.

4. С их помощью можно выполнять численные эксперименты в Черном море.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еремеев В.Н., Суворов А.М., Владимиров В.Л. Концепция национальной системы сбора, передачи, хранения, анализа и обеспечения пользователей океанологической информацией. //Сб. "Океанологические информационные системы, базы и банки данных и знаний". - Севастополь, МГИ НАН Украины, 1993. с.6-68.

2. Океанологические информационные системы. - Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1993, - 102 с.

3. Системы, основанные на океанологических знаниях и данных. Под ред. В.Н. Еремеева и А.М. Суворова. - Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 1995. -160 с.

4. Долотов В.В. Концепция интеграции данных натуральных исследований в рамках единой географической информационной системы. //Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. - Севастополь, 2001. с.242-249.

5. Долотов В.В. Информационно-поисковая система для хранения океанографической информации. //Комплексные экологические исследования Черного моря. - Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 1995, с.205-211.

6. Ерощко А.А. Об одном способе расчета горизонтальной и вертикальной структуры геострофических течений в Черном море по базам экспериментальных данных. //Системы контроля окружающей Среды 2000. - Севастополь 2001. -с.212-222.

7. Титов В.Б. Экспериментальные данные о меандрировании Основного Черноморского течения. // Океанология, 1993. Т33, N4, с.521-526.

8. Шумаков П.В. Delphy 3 и созданис приложений баз данных. - М: Нолидж, 1998. -704 с.,ил.