

# **Автоматизированная реляционная геодисциплинарная оперативная система АРГОС**

Эффективное усвоение и использование информации о состоянии Мирового океана, объем которой с каждым годом увеличивается особенно за счет данных, полученных со спутников, возможно только на основе автоматизированных систем, позволяющих в интерактивном режиме осуществлять:

- оперативный доступ ко всей имеющейся информации;
- быстрый выбор географического объекта исследования;
- возможность решать широкий спектр прикладных задач (статистический анализ, диагностические и прогностические задачи и т.п.);
- оперативность в подключении новой информации;
- гибкость системы, предусматривающую дальнейшее развитие.

Автоматизированная реляционная геодисциплинарная оперативная система (АРГОС), как показал опыт работы последних лет, полностью отвечает этим требованиям. Она хорошо зарекомендовала себя при работе с данными, полученными традиционными контактными методами измерений (НИС, береговые станции и т.д.) [1-7], а также при проведении экологического мониторинга Балтийского моря, Бургасского залива Черного моря и Таганрогского залива Азовского моря [8-10].

## **1. Структура системы.**

Функционально система включает в себя:

- систему управления базой данных (СУБД),
- блок визуализации и первичной обработки информации (экспресс-анализ),
- моделирующую сеть.

Программные средства СУБД [11, 12] обеспечивают формирование баз данных, а также поддержание архивных баз данных с возможностью их пополнения и реструктуризации, контроль данных, поиск и отбор требуемой информации, просмотр и редактирование.

Блок экспресс-анализа [13] проводит первичную обработку и визуализацию отобранной информации в виде пространственно-временных распределений параметров для ее анализа и принятия решения.

Моделирующая сеть системы [14] в первую очередь осуществляет подготовку данных для моделирования:

- формирование сеточной области с учетом рельефа дна и береговой линии,
- интерполяцию и/или экстраполяцию в узлы сетки
- задание коэффициентов или параметров модели.

На сегодняшний день она включает в себя:

- диагностические модели динамики бароклинного океана по полю плотности и приповерхностного ветра [15, 16],
- прогностическую модель распространения и усвоения антропогенной примеси [17, 18],
- диагностические модели расчета интегральной функции тока по данным спутниковой альтиметрии [19-21],
- диагностическую модель расчета скоростей поверхностных течений [22].

Программно система реализована на языке FORTRAN и функционирует в среде MS DOS на персональном компьютере с минимальными ресурсами (оперативная память — 600 Кбайт, графический адаптер EGA и процессор 286). Работа с системой производится в диалоговом режиме посредством предоставления Пользователю на каждом уровне некоторого набора функциональных меню. Все уровни диалога, а также результаты экспресс-анализа или математического моделирования выводятся на экран дисплея на фоне реальной карты исследуемой акватории океана и могут быть скопированы в графический файл формата PCX.

## **2. Возможности системы при работе со спутниковой информацией.**

Для решения целого ряда задач необходимо привлечение принципиально новых средств и методов наблюдений за состоянием поверхности земли и океана, наиболее перспективным из которых является дистанционное зондирование океана с борта космических аппаратов. В первую очередь, это относится к спутниковой альтиметрии. В сочетании с другими данными и физическими моделями она открывает широкую перспективу перед многими науками о Земле способна дать обширную информацию о:

- морском геоиде,
- гравитационных аномалиях,
- скоростях поверхностных течений,
- высоте волн,
- скоростях ветра,

а также о любых других процессах, которые приводят к изменениям состояния поверхности моря.

С целью проведения предварительной обработки и подготовки для моделирующей сети данных, полученных с борта ИСЗ, возникла настоятельная необходимость расширения системы АРГОС с сохранением всех ее возможностей и преимуществ. Решение этой задачи стало возможным с получением Геофизическим центром РАН баз данных спутниковой альтиметрии по экспериментам GEOSAT, ERS, ГЕОИК, TOPEX/POSEIDON, а также с возможностью доступа через сеть INTERNET к другим базам данных дистанционного зондирования океана из космоса.

Особенностью баз данных спутниковой альтиметрии является то, что они в большинстве своем представлены на оптических дисках CD ROM и занимают значительный объем. Информация записана в двоичном коде в бинарном формате HEWLETT-PACKARD (HP) или VAX (PC) в виде инвертированных файлов прямого доступа.

Форматы записи разных баз данных сильно отличаются друг от друга, как и способ инвертирования. Это делает большинство информации труднодоступной для Пользователей, решающих конкретные прикладные задачи. Поэтому для подобного круга ученых в Геофизическом центре РАН было принято в настоящее время на базе системы АРГОС создается интегрированная база данных спутниковой альтиметрии [23] с единым форматом и структурой записи.

Программные средства системы обеспечивают следующие возможности:

- быстрый доступ к различным базам данных спутниковой альтиметрии с возможностью их пополнения,
- копирования и реструктуризации,
- поиск и отбор требуемой информации,
- копирование информации, подготовка данных в формате ASCII для анализа их в других прикладных

## Способ инвертирования баз данных спутниковой альтиметрии

Спутник	Тип базы данных	Способ инвертирования
ГЕОИК	геодезическая программа	время и номер спутника–носителя
GEOSAT	геодезическая программа	время
	изомаршрутная программа	время
	база точек пересечения	географические районы
ERS–1	геодезическая программа	номер полувитка
	изомаршрутная программа	изомаршрутный цикл, номер полувитка
ERS–2	изомаршрутная программа	изомаршрутный цикл, номер полувитка
TOPEX/ POSEIDON	изомаршрутная программа	изомаршрутный цикл, номер полувитка

- программах, например GRAFER или SURFER,
- экспресс-анализ отобранных данных вдоль треков и их пространственное распределение,
- вывод графической информации на экран дисплея с возможностью сохранения ее в файле формата PCX
- подготовка массивов для моделирующей сети с интерполяцией и/или экстраполяцией исходной
- информации в регулярную сетку
- расчет скоростей поверхностных течений для модели распространения и усвоения антропогенной примеси.

Поиск и отбор информации производится по любому параметру (атрибуту поиска) на основании сформированного Пользователем критерия.

Простейший критерий поиска представляет собой логическую конструкцию, построенную на основе одного поискового атрибута. Например, отбор всех записей с фиксированным значением атрибута ( $a = Const$ ) или в диапазоне ( $Const_1 \leq a \leq Const_2$ ). Далее Пользователю предоставляется возможность создавать более сложные логические конструкции путем соединения простейших критериев поиска логическими операторами *OR*, *AND*, *NOT*.

Кроме этого предлагается еще несколько дополнительных атрибутов поиска:

- «район»,
- «дата и время»,
- «сезон»,
- «изомаршрутный цикл»,
- «номер спутника»,
- «номер прохода для одного изомаршрутного цикла»,
- «номер орбиты».

Первый атрибут предоставляет возможность сделать выбор района исследования на реальной географической карте с точностью до 0.1 секунды. В связи с тем, что в базах данных время задано в секундах или в количестве дней и секундах от начала точки отсчета, дополнительный атрибут «дата и время» позволяет для удобства задавать время измерения в привычных терминах (число, месяц, год, час, минута и секунда). Атрибут «сезон» предназначен для отбора за определенный сезонный отрезок времени по всей базе. Другие дополнительные атрибуты поиска позволяют работать без обращения к специализированной справочной литературе.

Перед началом поиска на основании выбранного критерия, основываясь только на способе инвертирования файлов и структуры записи на CD ROM или жестком диске, составляется так называемую карту поиска. Она представляет собой последовательность

- номера пути в структуре записи,
- названия файлов, информация из которых в первом приближении удовлетворяет заданной логике поиска.

Это значительно увеличивает скорость поиска и отбора. Использование в качестве служебной информации позволяет избежать трудностей в процессе работы с CD ROM, так как система автоматически запрашивает необходимый для чтения диск.

Следует отметить, что в процессе поиска и отбора система оперирует только с номером пути, именем файла и номерами записи, вследствие чего объемы служебных файлов *S\_base\_1.dat* и *S\_base\_2.dat* с результатами отбора незначительны. При выходе из системы информация в указанных файлах сохраняется.

Важной особенностью системы является возможность многоступенчатого отбора информации. После анализа отобранной информации предусмотрена возможность поиска данных из базы данных по файлу *S\_base\_1.dat* в новый файл *S\_base\_2.dat* по любому вновь созданному или уже существующему критерию. Используя копирование служебной информации, хранящейся в файле *S\_base\_2.dat* в *S\_base\_1.dat*, можно производить неограниченное число операций отбора, причем файл с отобранной информацией и файл, по которому производился поиск, сохраняются.

После отбора система позволяет скопировать из исходной базы данных информацию либо в формате ASCII или в двоичном коде с сохранением инвертированной структуры файлов либо в режиме слияния всей информации в один файл. При этом предусмотрено выбора параметров для записи, а при записи в двоичном коде сохранение бинарного формата или проведение перекодировки данных.

Не выходя из блока поиска и отбора информации, в системе предусмотрена возможность просмотра значений параметров для каждой записи. Для баз данных, содержащих односекундный ряд измерений поверхности моря, по которому производится осреднение (эксперименты GEOSAT, ERS, TOPEX/POSEIDON), эту информацию можно получить в графическом виде (*Рис. 1*).

Блок экспресс-анализа и первоначальной обработки данных позволяет разбить отобранную информацию на треки с определением его типа (восходящий или нисходящий) и просмотреть положение каждого трека в пространстве, а также изменение любого параметра вдоль трека или на его части (*Рис. 2-4*). Для анализа пространственной структуры изучаемого параметра производится осреднение данных в узлы или центры ячеек регулярной сетки, параметры которой задаются Пользователем, с последующей визуализацией полученного поля в виде изообластей (*Рис. 5-7*).

При этом для высоты поверхности моря предусмотрена возможность провести коррекцию различных поправок, если они не были учтены при формировании базы данных (эксперименты GEOSAT, ГЕОИК и TOPEX/POSEIDON).

Дополнительные возможности системы позволяют исследовать не только высоту морской поверхности, но и проводить анализ динамической топографии и ее синоптической изменчивости относительно средней высоты поверхности океана. В сочетании со средней динамической топографией, определяемой как отклонение средней высоты морской поверхности от высоты геоида, Пользователь получает уникальную информацию для анализа динамики океана по данным спутниковой альтиметрии в различных пространственно-временных масштабах.

Таким образом, уже система АРГОС позволяет активно работать с данными спутников GEOSAT, ГЕОИК, ERS-1, TOPEX/POSEIDON [22], сохраняя все основные преимущества, которыми она обладала при работе с данными, полученными традиционными методами.

#### 4. Примеры обработки данных спутниковой альтиметрии системой АРГОС.

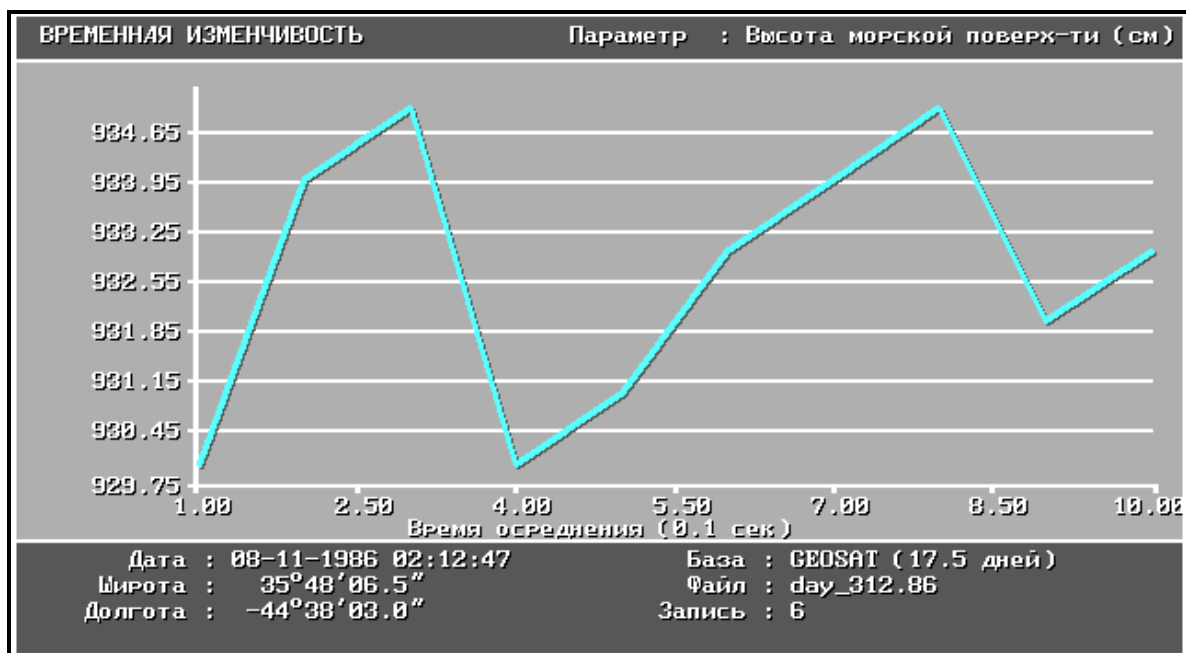
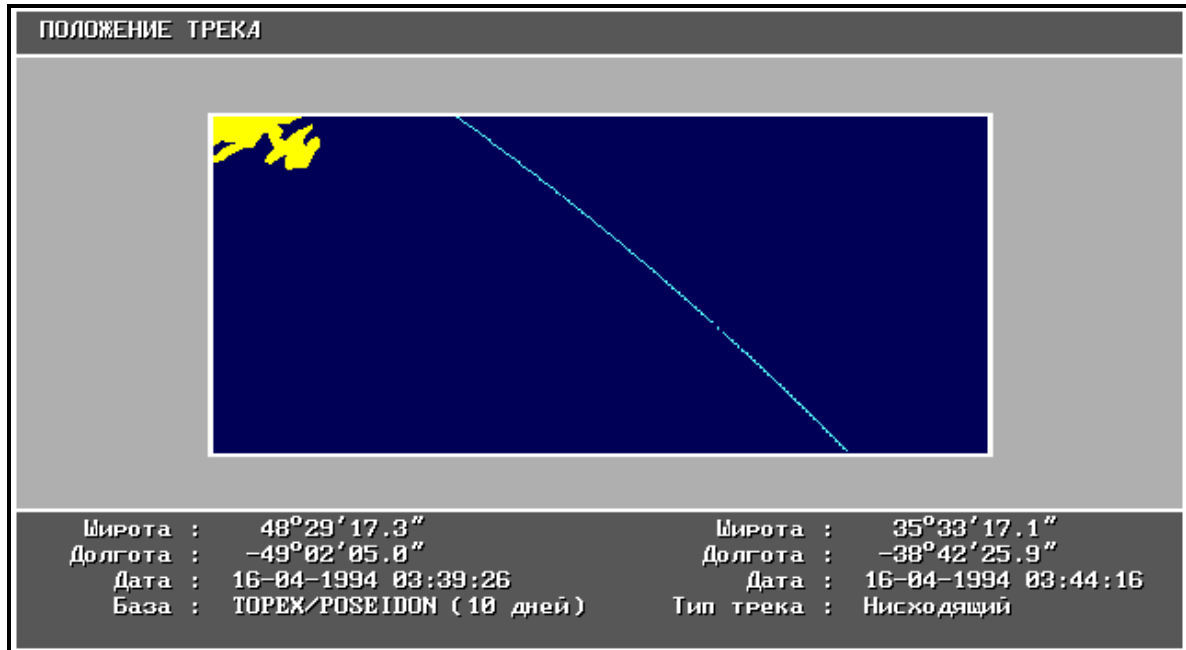
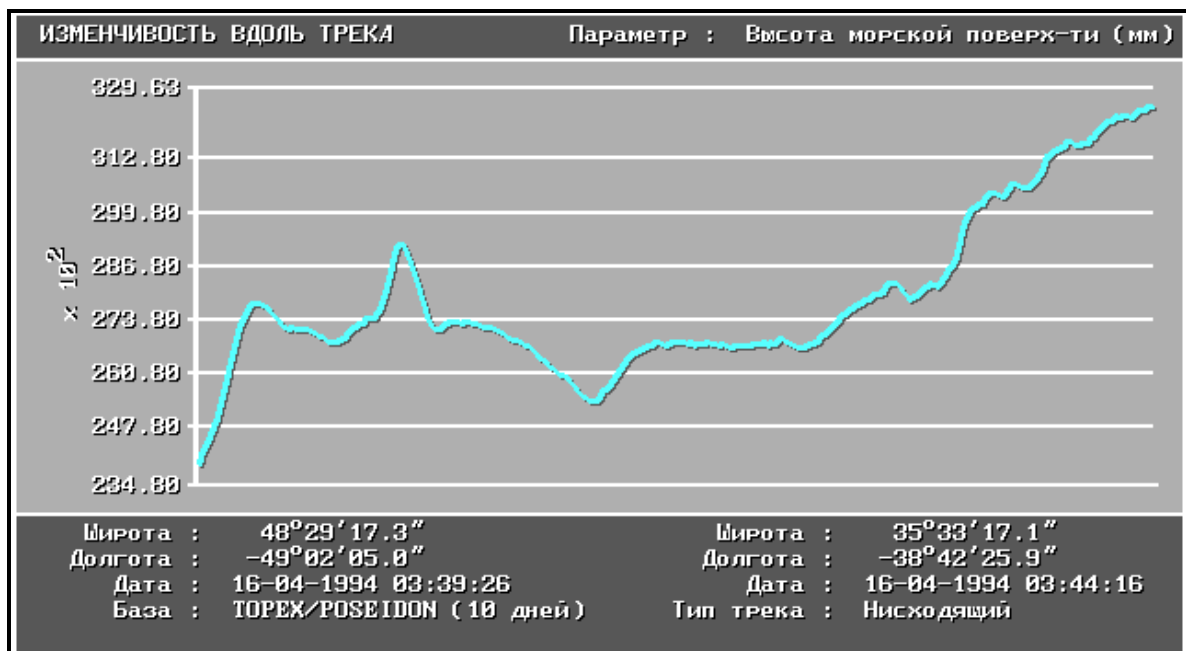


Рис. 1 Односекундный ряд высоты морской поверхности для одного из измерений изомаршрутной программы спутника GEOSAT для акватории Ньюфаундлендской энергоактивной зоны.

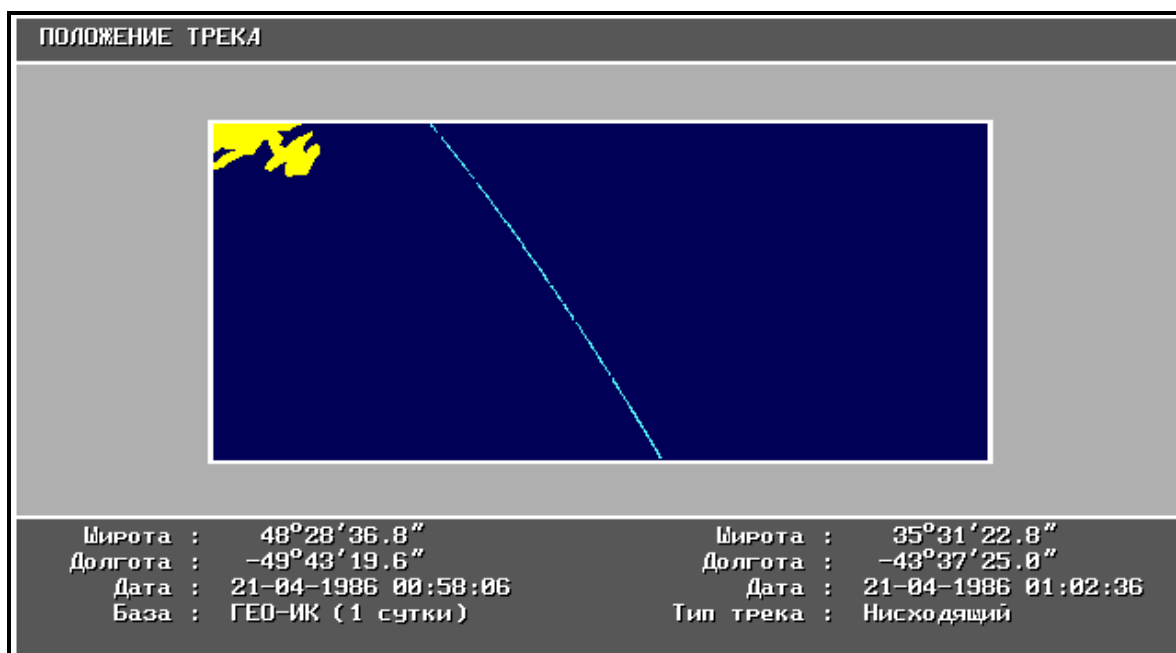


(a)

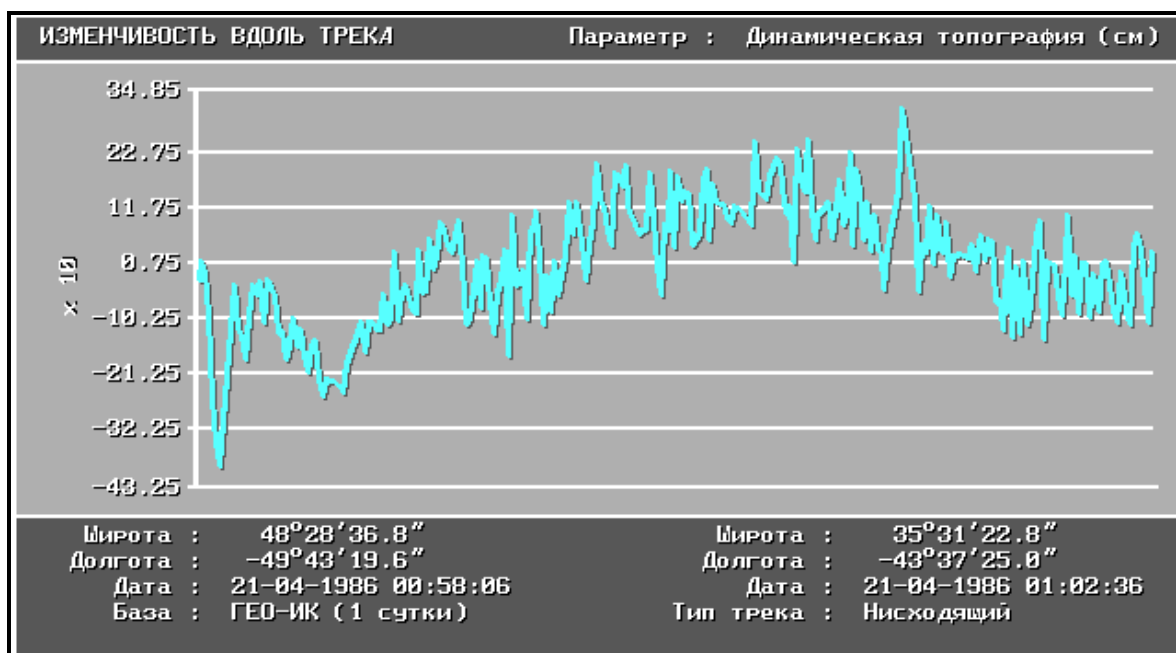


(б)

Рис. 2 Изменения высоты морской поверхности (б) вдоль одного из треков (а) 58-го изомаршрутного цикла спутника TOPEX/POSEIDON.

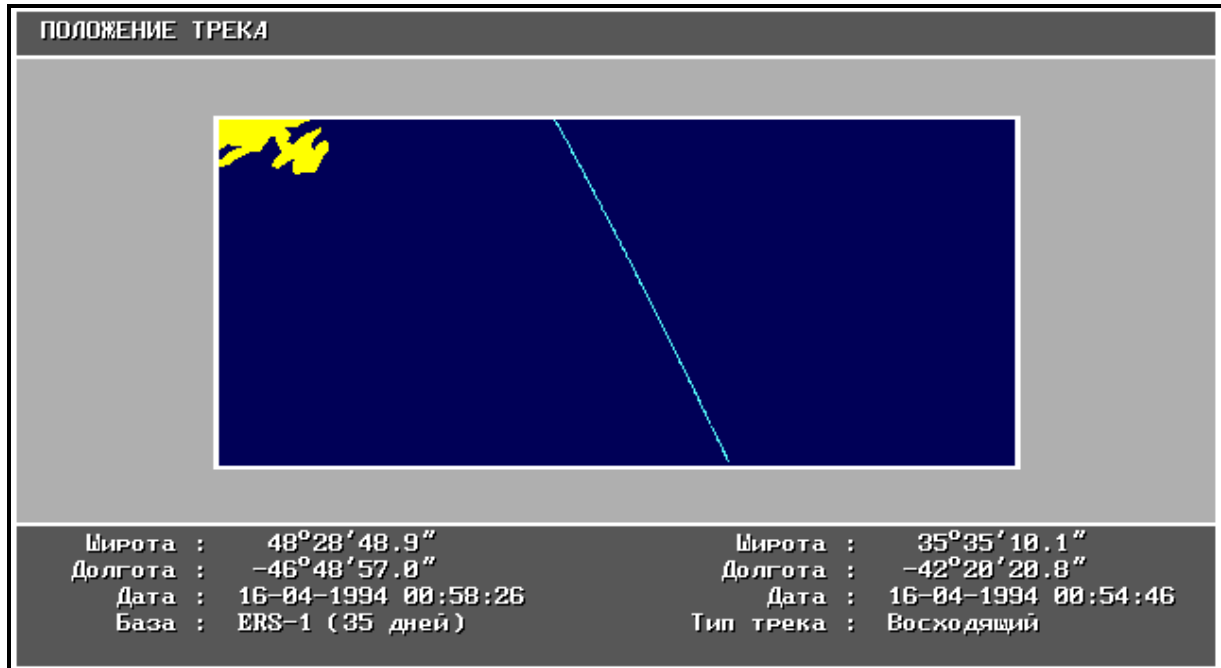


(a)

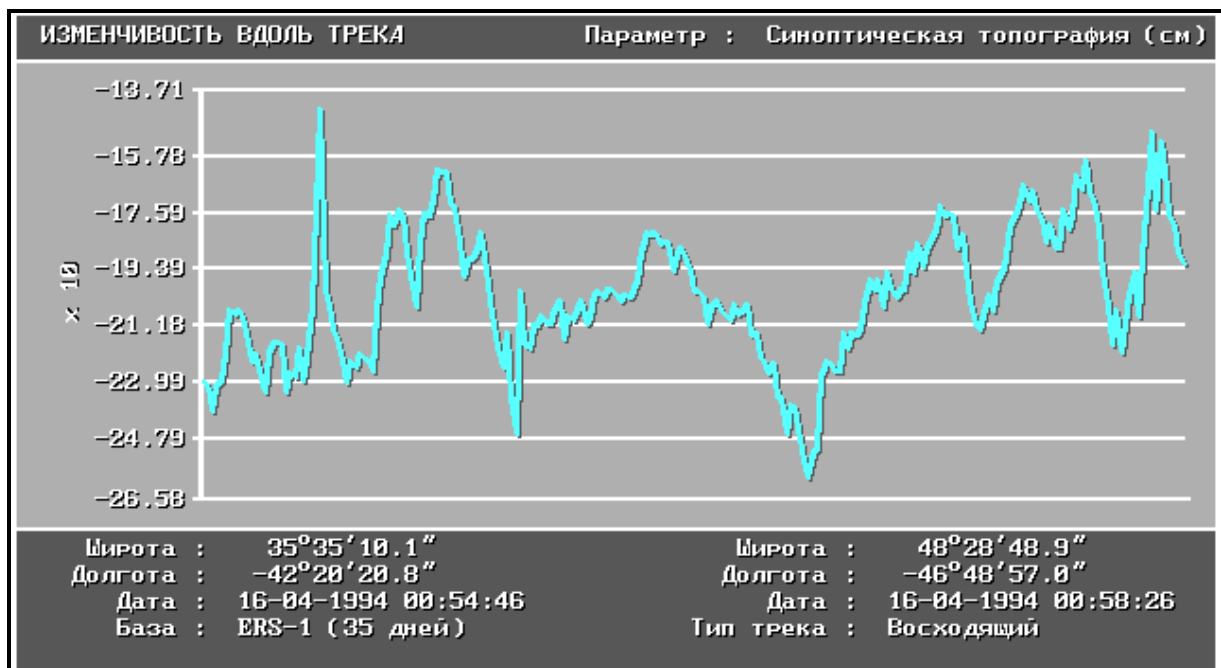


(б)

Рис. 3 Изменения динамической топографии (б) вдоль одного из треков (а) спутника ГЕОИК.



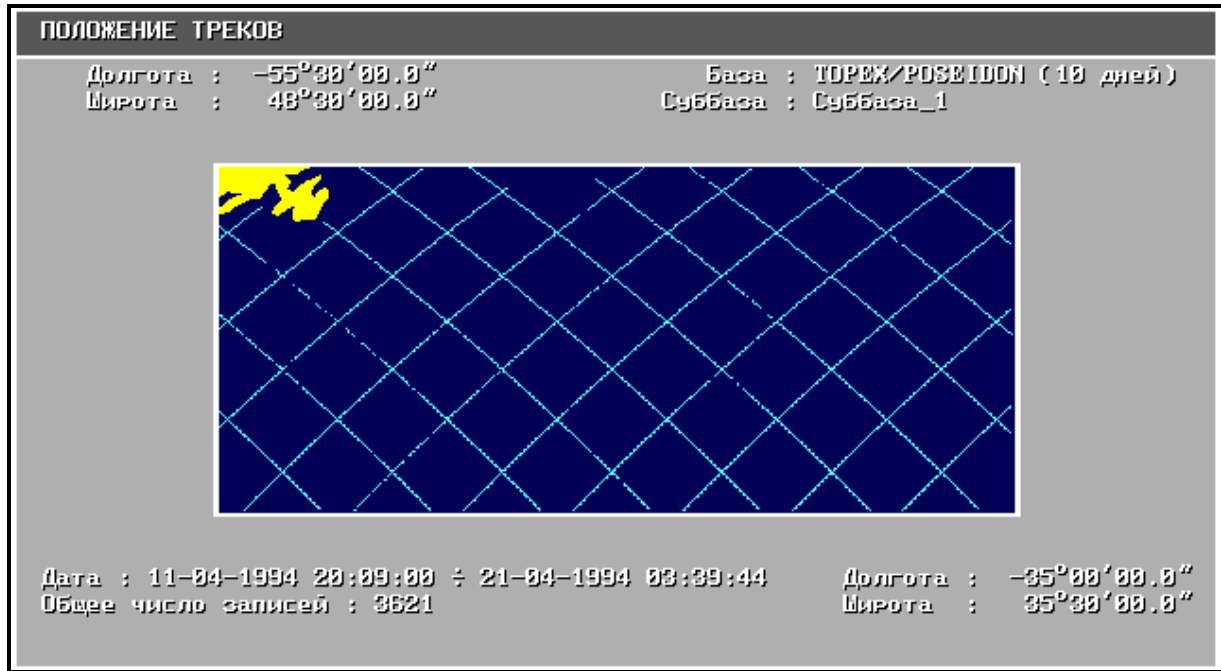
(a)



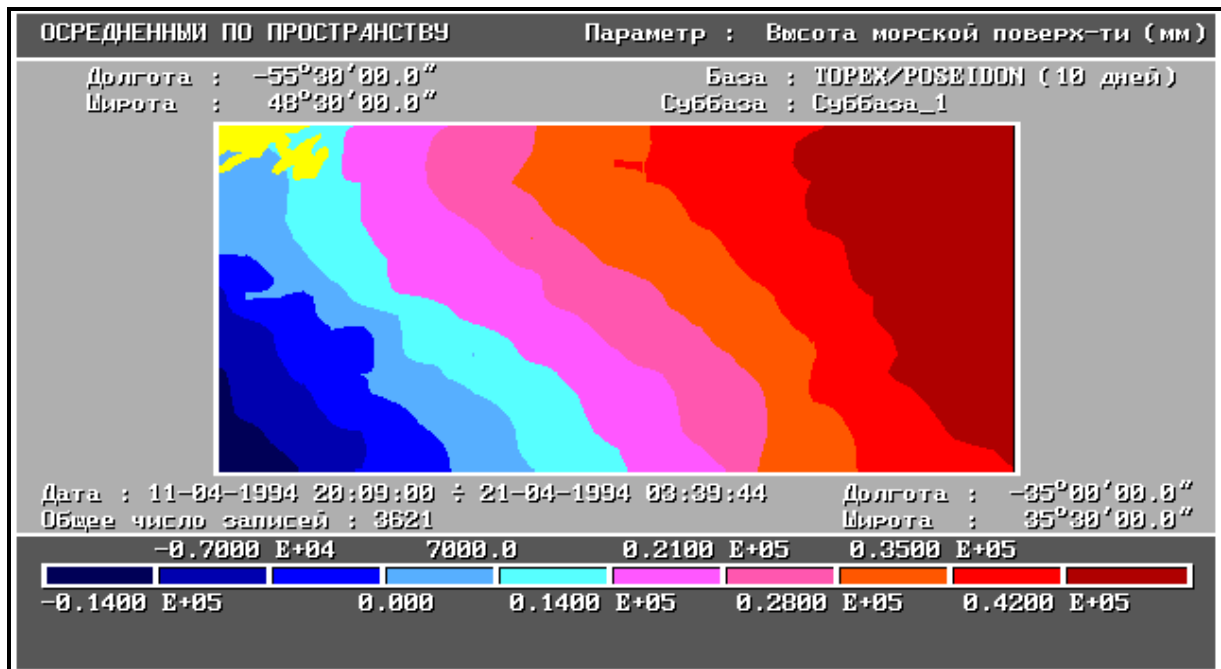
(б)

Рис. 4 Синоптические изменения высоты морской поверхности относительно средней высоты океана (б) вдоль одного из треков (а) 168-го орбитального цикла спутника ERS-1.



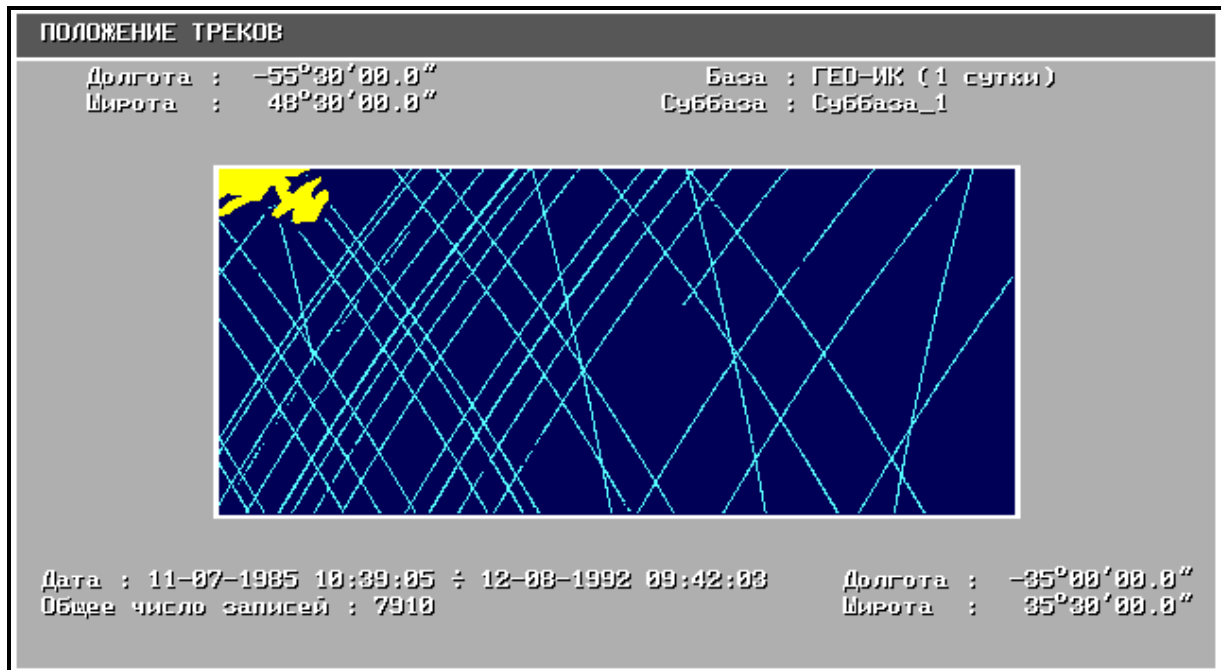


(a)

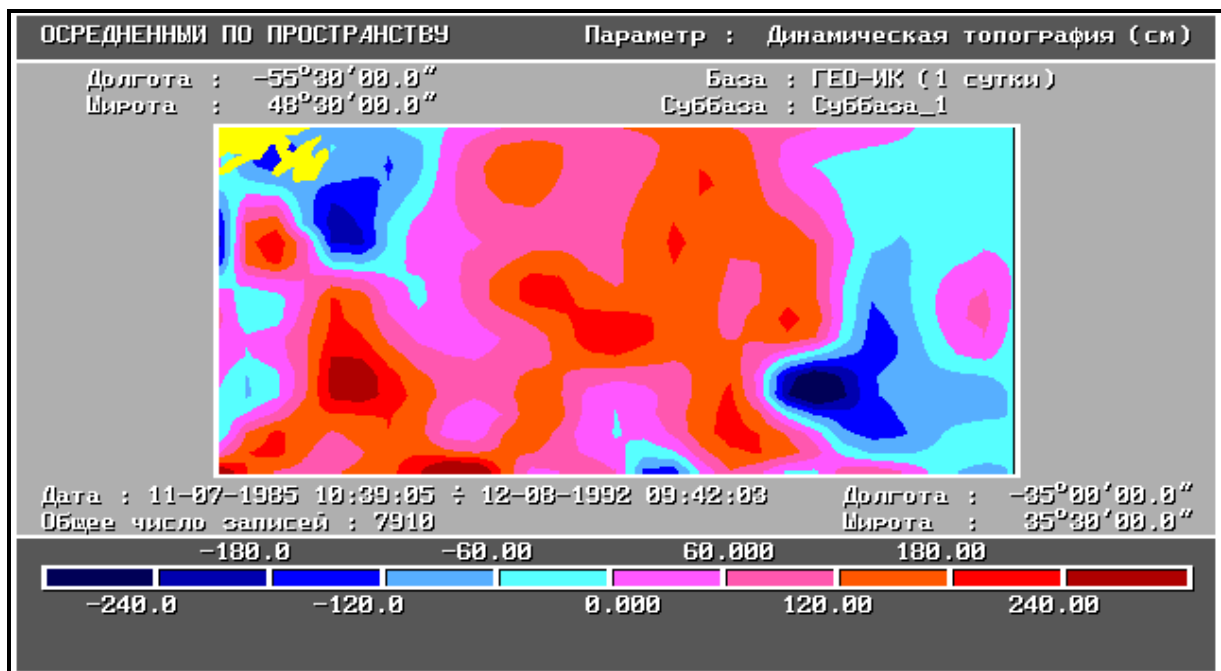


(б)

Рис. 5 Поле высоты морской поверхности (б), осредненной по узлам одноградусной регулярной сетки, по данным (а) 58-го изомаршрутного цикла спутника TOPEX/POSEIDON.

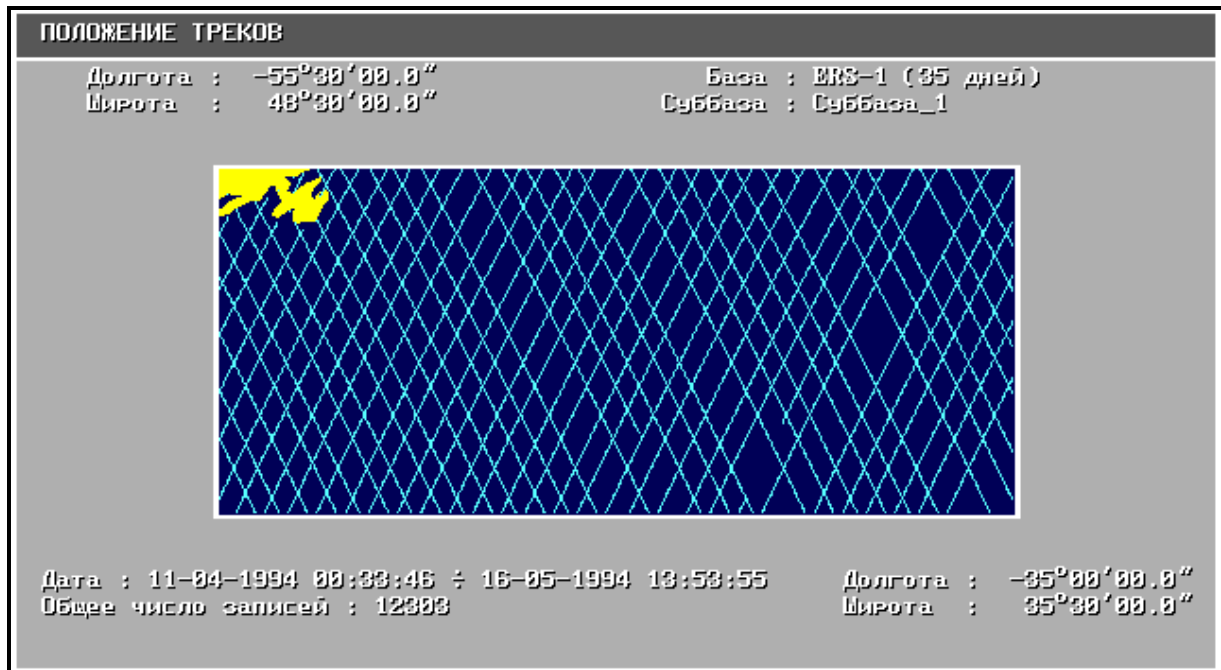


(a)

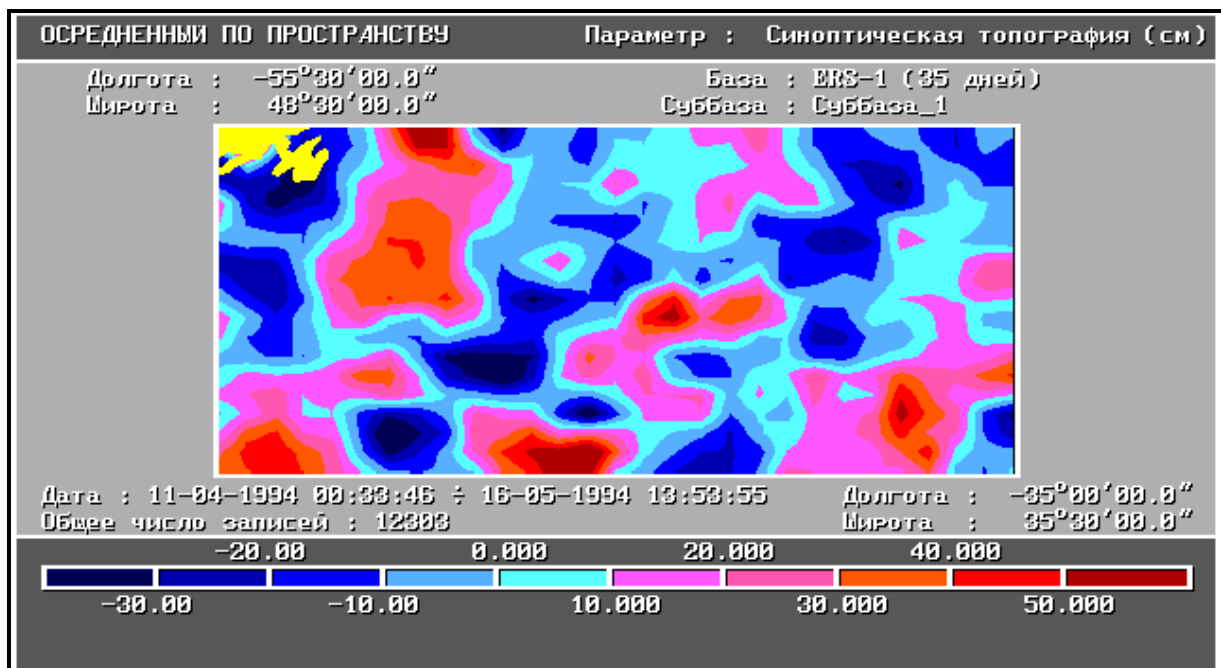


(б)

Рис. 6    Динамическая топография (б) по данным спутника ГЕОИК (а), осредненным по узлам одноградусной регулярной сетки.



(а)



(б)

Рис. 7 Поле синоптических изменений высоты морской поверхности относительно средней высоты океана (б) по данным 168-го орбитального цикла спутника ERS-1 (а), осредненное по узлам одноградусной регулярной сетки.

#### 4. Литература

1. *Ефремов С.А., Кабанов М.И., Кеонджян В.П., и т.д. К вопросу об автоматизации обработки и интерпретации результатов океанографических исследований.* //Метеорология и гидрология, 1988, № 9, с. 129-135.
2. *Кабанов М.И., Кеонджян В.П., Стефанцев Л.А. Автоматизированная реляционная геофизическая оперативная система — АРГОС. (Основные принципы и реализация).* //Исследование роли энергоактивных зон океана в короткопериодных колебаниях климата. /Под ред. Г.И. Марчука. — Итоги науки и техники. Серия: «Атмосфера, океан, космос — Программа «Разрезы», т. 8 — М.: ВИНТИ, 1987, с. 407-414.
3. **Математические и системные средства обработки и моделирования океанологических полей.** //Труды ГОИН, вып. 191. /Под ред. В.П. Кеонджяна. — М.: Гидрометеоздат, 1988. — 140 с.
4. *Ефремов С.А., Кеонджян В.П., Шмельков Б.С. Выделение особенностей пространственной структуры фронтальной зоны Гольфстрима на Ньюфаундлендском полигоне с использованием автоматизированной реляционной геофизической оперативной системы (АРГОС).* //Исследование роли энергоактивных зон океана в короткопериодных колебаниях климата. /Под ред. Г.И. Марчука. — Итоги науки и техники. Серия: «Атмосфера, океан, космос — Программа «Разрезы», т. 8. — М.: ВИНТИ, 1987, с. 386-401.
5. *Ефремов С.А., Кеонджян В.П., Стефанцев Л.А. Экспресс-анализ структуры гидрологических полей средствами автоматизированной реляционной геофизической оперативной системы (АРГОС).* //Климат, взаимодействие океана и атмосферы, космическая океанология. Тезисы докладов III съезда советских океанологов. 14-19 сентября 1987, Ленинград. — Л.: Гидрометеоздат, 1987, с. 116-117.
6. *Ефремов С.А., Резников М.В. Результаты расчета циркуляции в районе Ньюфаундлендской банки в период эксперимента НЬЮФАЭКС-88.* //Локальное взаимодействие океана и атмосферы в Ньюфаундлендской энергоактивной области (НЬЮФАЭКС-88). /Под ред. С.С. Лаппо. — М.: Гидрометеоздат, — 1990, с. 72-80.
7. *Григорьева Н.В., Кабанов М.И., Лебедев С.А. «АРГОС — «Разрезы» — перспективы развития.* //Исследования в области взаимодействия океана и атмосферы. /Под ред. А.Е. Михинова. — Итоги науки и техники. Серия: «Атмосфера, океан, космос — Программа «Разрезы», т. 13. — М.: ВИНТИ, 1990. — с. 229-240.
8. *Кеонджян В.П., Кабанов М.И., Лебедев С.А., и т.д. Структура и возможности автоматизированной системы «Региональный экологический мониторинг морской среды».* //Геохимия, 1993, № 5, с. 760-767.
9. *Keondjian V.P., Kudin A.M., Borisov A.S. Practical ecology of sea regions — concepts and implementation.* //Geo Journal, 1992, <sup>1</sup> 27.2, p. 159-168.
10. **Практическая экология морских регионов. Черное море.** /Под ред. В.П. Кеонджяна, А.М. Кудина, Ю.В. Терехина. — Киев: Наук. думка, 1990 — 252 с.
11. *Григорьев С.В., Кабанов М.И., Стефанцев Л.А. Структура базы океанографических данных и блока поиска информации системы АРГОС.* //Актуальные проблемы развития океанографической информации. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 22-26 мая 1989 г. — Обнинск, 1989. — с. 303-304.
12. *Григорьева Н.В., Григорьев С.В., Кабанов М.И. Блок загрузки информации системы АРГОС.* //Актуальные проблемы развития океанографической информации. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 22-26 мая 1989 г. — Обнинск, 1989. — с. 300.

13. *Ефремов С.А., Кабанов М.И., Кеонджян В.П., Лебедев С.А.* **Визуализация океанографической информации на ПЭВМ типа IBM PC/XT, AT в системе АРГОС.** //Актуальные проблемы развития океанографической информации. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 22-26 мая 1989 г. — Обнинск, 1989. — с. 302-303.
14. *Ефремов С.А., Кеонджян В.П., Резников М.В., и т.д.* **Моделирующая сеть системы АРГОС для ПЭВМ типа IBM PC/XT, AT.** //Актуальные проблемы развития океанографической информации. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 22-26 мая 1989 г. — Обнинск, 1989. — с. 301-302.
15. *Шмельков Б.С.* **Диагностическое моделирование крупномасштабной циркуляции океана в качестве элемента моделирующей сети системы АРГОС.** //Актуальные проблемы развития океанографической информации. Тез. докл. Всесоюз. совещ. 22-26 мая 1989 г. — Обнинск, 1989. — с. 305.
16. *Шмельков Б.С.* **Диагностическое моделирование океанической циркуляции в многосвязных областях с использованием автоматизированной реляционной геофизической оперативной системы (АРГОС).** //Климат, взаимодействие океана и атмосферы, космическая океанология. Тезисы докладов III съезда советских океанологов. 14-19 сентября 1987, Ленинград. — Л.: Гидрометеоздат, 1987, с. 260.
17. *Ефремов С.А., Кеонджян В.П., Леоненко О.И.* **Экологический мониторинг как задача численного моделирования.** //Океанографические аспекты охраны морей и океанов от химических загрязнений. Материалы Всесоюзного научного симпозиума. — Одесса 3-6 октября 1988 г. — М.: Гидрометеоздат, — 1990, с. 57-63.
18. *Леоненко О.И.* **Численное моделирование эволюции неконсервативной примеси в морской среде:** Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. — М., 1996. — 124 с.
19. *Кеонджян В.П., Лебедев С.А.* **Модель расчета функции полных потоков по данным спутниковой альтиметрии.** //Метеорология и гидрология, 1992, № 7, с. 75-80.
20. *Лебедев С.А.* **Возможности диагностического анализа динамики океана по данным спутниковой альтиметрии:** Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. — М., 1997. — 132 с.
21. *Lebedev S.A.* **The Diagnostic Analysis of Baroclinic Ocean Dynamics by Satellite Altimetry Data.** //XXII General Assembly of the EGS, Nice, France, 20-24 April, 1998.
22. *Лебедев С.А.* **Возможности автоматизированной реляционной геодисциплинарной оперативной системы АРГОС при работе со спутниковой информацией.** //Метеорология и гидрология, 1996, № 2, с. 110-115.
23. *Medvedev P.P., Lebedev S.A., Tyupkin Yu.S.* **An Integrated Data Base of Satellite Altimetry Data for Fundamental Geoscience Research.** //Proceedings of the First East-European Symposium on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS'97). — St.-Petersburg, September 2-5, 1997. — St.-Pb.: St.-Petersburg University, 1997, p. 95-96.