УДК 004.651.5

GIS ИНСТИТУТА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Мельников, А.Б. Полонский, А.А. Котолупова, Е.А. Гребнева, Л.А. Мельник, М.А. Бирюкова

Институт природно-технических систем
г. Севастополь, ул. Ленина, 28
E-mail: ogorodovaa.a@mail.ru

Описывается структура современной версии геоинформационной системы Института природно-технических систем, предназначенная для обработки океанографической информации по Черному морю, которая включает около 115 тыс. гидрологических и гидрохимических станций за период с 1890 по 2013 гг. Система позволяет осуществлять выборку и анализ информации по 9 гидролого-гидрохимическим параметрам с визуализацией результатов.

Введение. Геоинформационные системы (GIS) – это класс информационных систем, интенсивно развивающихся в последние десятилетия [1 – 8]. В условиях глобального изменения климата [9 – 13] разработка подобных информационных систем морской направленности приобретает особую актуальность, поскольку морская среда представляет собой одну из важнейших частей климатической системы планеты.

В области региональных изменений климата основной целью работ было создание черноморской GIS для эффективной реализации процесса фундаментальных исследований Института природно-технических систем (ИПТС).

При создании новой GIS была использована концепция реляционных баз данных, представленных в табличном виде. Связь между таблицами осуществляется на основе пространственно-временных параметров данных: номер выборки (рейса), номер станции, широта, долгота и время отбора проб. Разработка выполнялась в среде СУБД File Maker Pro 14, что обеспечивает кросс-платформенность работы приложений (Windows, Mac OS).

Основные задачи при создании GIS ИПТС состояли в создании дружественного интерфейса и исключении элементов навигации затруднительных для конечного пользователя. Новая GIS предоставляет возможность для полноценной работы с векторной картографической информацией и генерации настраиваемых пользователем отчётов. Высокая скорость работы интерфейса обеспечивает внедрение картографической информации вставки в создаваемые отчёты в режиме реального времени.

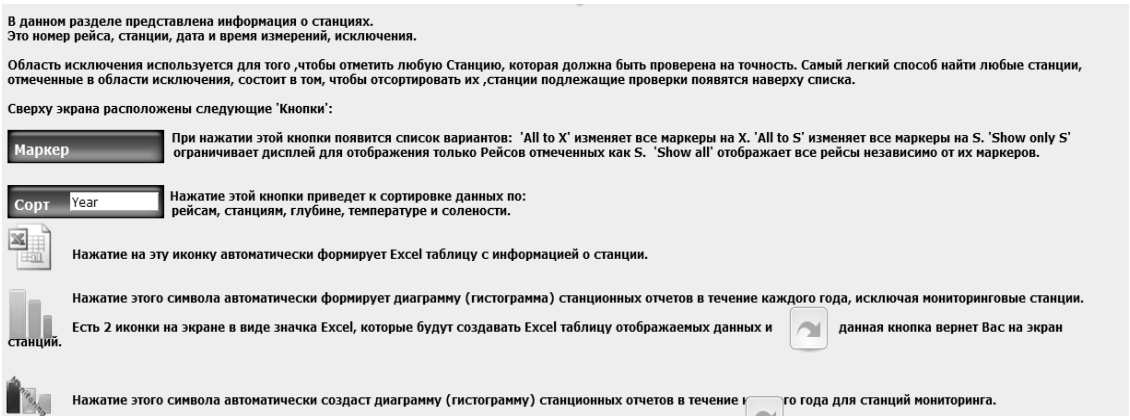
GIS ИПТС разработана в соответствии с международными требованиями к банкам данных, это касается преобразований из различных форматов, взаимной интеграции информационных систем защиты от несанкционированного доступа, контроля качества, интерполяции, анализа данных и подготовки отчетов [14 – 16]. Возможен экспорт результатов в различные форматы (*.xls, *.xlsx, *.tab, *.csv, *.dbf, *.mer, *.htm, *.xml, *.fp7, *.txt).

Описание системы. Для удобства работы GIS пользователю предлагается информация в виде системы меню, которое связано с параллельной системой справочного материала (рис. 1, 2).

Этот подход позволяет существенно упростить выполнение сложных запросов для поиска информации различного типа, хранящейся в различных таблицах: рейсов, станций и первичных данных.

Таблица «Рейсы» содержит информацию о наименовании выборки, количестве станций в каждой выборке, времени начала и окончания работ, типе данных, с возможностью построения карт распределения станций по акватории моря и данных по каждой пробе.

Р и с. 1. Интерфейс программы



Р и с. 2. Интерфейс справочной системы

Таблица «Станции» содержит сведения о номере станции, названии судна, координатах широты и долготы, времени проведения исследований (год, месяц, число), географических глубинах и флагах качества географической информации. Раздел «Станции» содержит следующие сведения: температура, соленость, растворенный кислород, pH, PO_4, NO_3, NO_2, ALK и Si, а так же флаги качества данных по каждому из параметров. Таблица станций реляционно связана с рейсовой БД и первичными данными: возможен моментальный просмотр всей информации системы. Окно справки позволяет получать быстрые ответы на общие вопросы по программе и методам обработки данных.

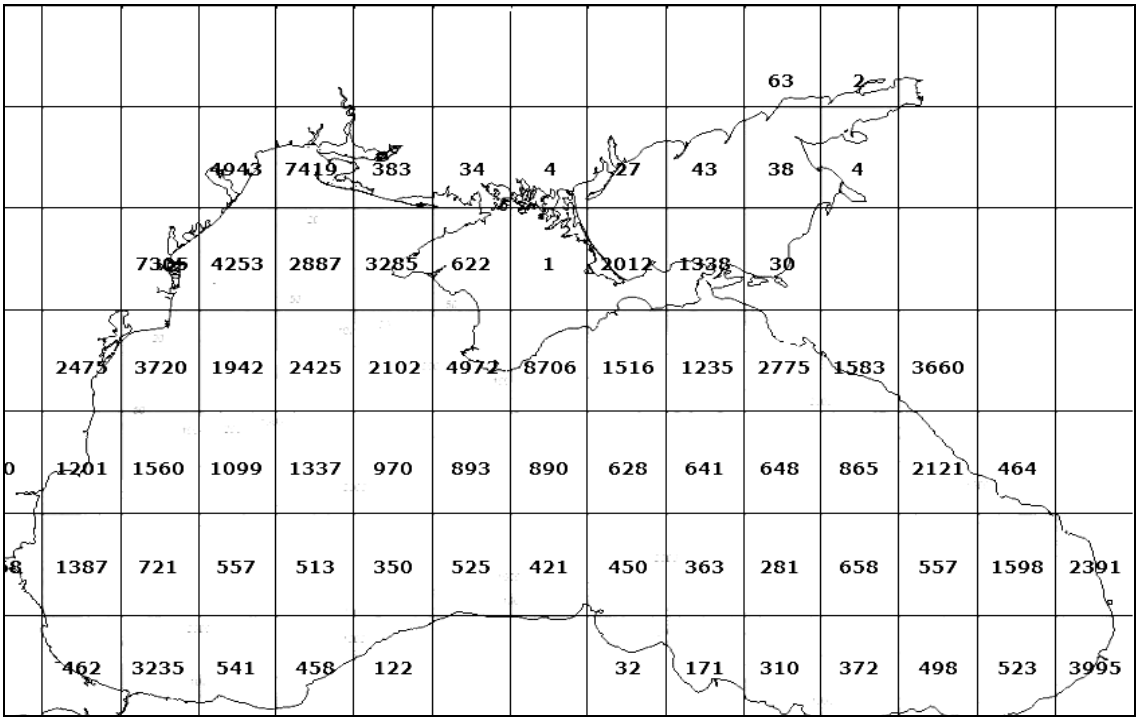
Система главным образом содержит открытые океанографические данные по Черному морю, которые были получены научно-исследовательскими судами СССР, России и Украины в период с 1890 по 2013 гг. В настоящее время база данных включает около 115 тыс. гидрологических и гидрохимических станций, информация о которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

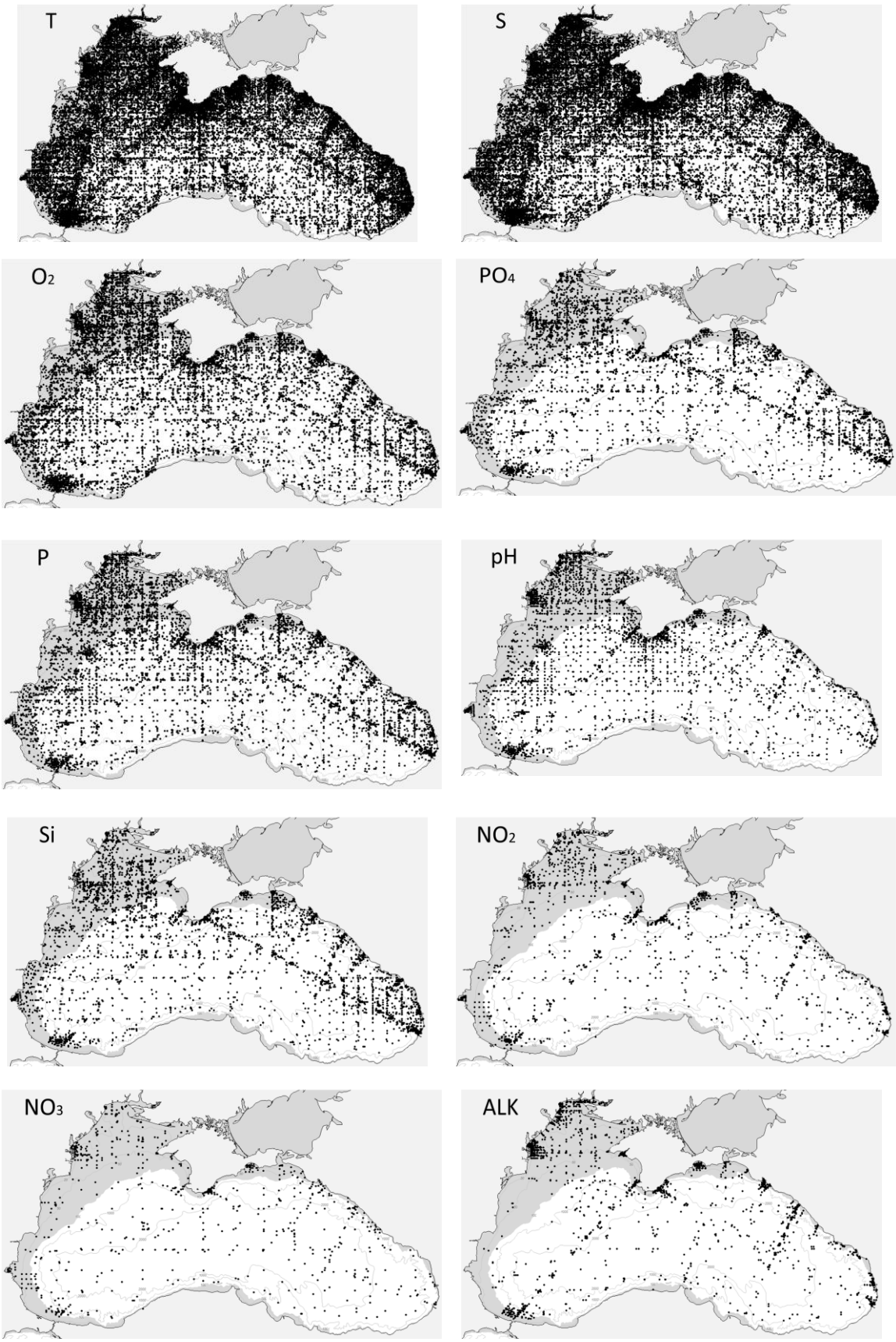
Основные гидролого-гидрохимические данные по Черному морю в GIS ИПТС

Параметр	Года	Кол-во станций
Температура	1890 – 2013	113 143
Соленость	1890 – 2013	96 212
O2	1910 – 2013	36393
pH	1910 – 2013	25495
PO4	1934 – 2013	20092
NO3	1956 – 2013	3028
NO2	1934 – 2013	13599
ALK	1913 – 2013	14618
SI	1955 – 2013	18577

Наибольшее число станций выполнено по данным о измерениях температуры, солености, кислороду, pH, PO_4, кремния и фосфора. Следует отметить неравномерное распределение данных по акватории моря (рис. 3, 4). Количество станций по квадратам (рис. 3) изменяется от 32 (анатолийский берег Турции) до 8706 станций (Юго-Восточное побережье Крыма).

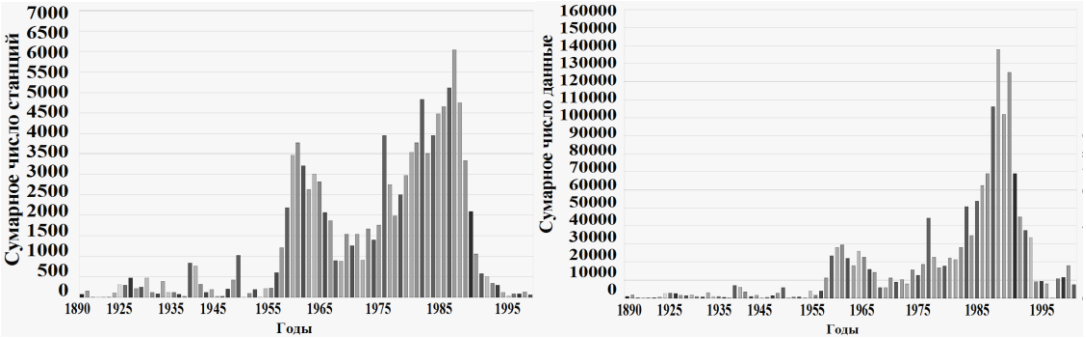


Р и с. 3. Пространственное распределение гидрохимических и гидрологических станций в квадратах 60′x 60′



Р и с. 4. Пространственное распределение гидрологических и гидрохимических станций по температуре (T), солености (S), кислороду (O_2), PO_4, P, pH, Si, NO_2, NO_3, ALK

Исследования Черного моря начались с конца 19-го века, но до 1920-х годов они были не систематичными и ограничивались прибрежной полосой вдоль берегов СССР от Одессы до Батуми шириной до 50 миль (в редких случаях – до 70 миль) [17]. Как видно из рис. 5, *а* и *б* регулярные наблюдения в Черном море начались с середины 1950-х годов.

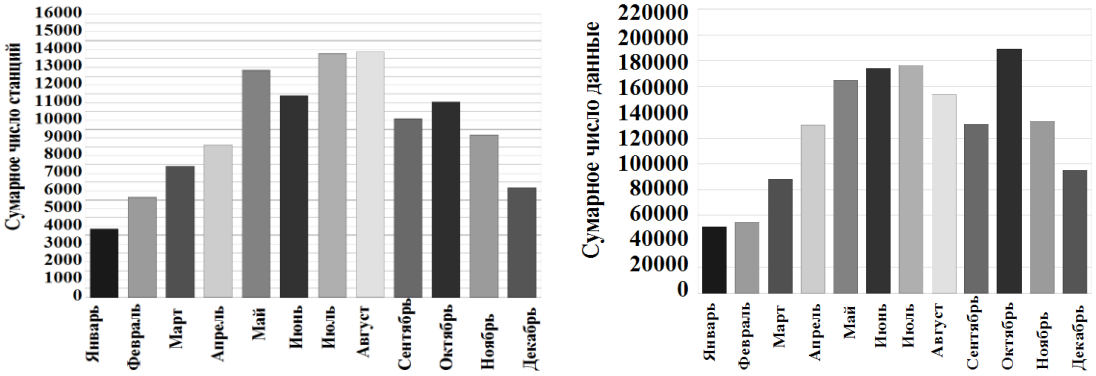


а) б)

Р и с. 5. Многолетнее распределение станций (а) и данных (б)

Наибольшее число измерений выполнено в середине 1980-х годов. С середины 1990-х годов количество регулярных рейсов резко уменьшилось. Наиболее обеспеченными наблюдениями являются северо-западная часть Черного моря и вековые разрезы м. Херсонес – Босфор, Ялта – Батуми, м. Сарыч (Южный берег Крыма) – г. Инеболу (анатолийский берег Турции), а также разрезы Инеболу – Констанца, Констанца – Севастополь. Наименее обеспечены данными центральная и южная части Черного моря.

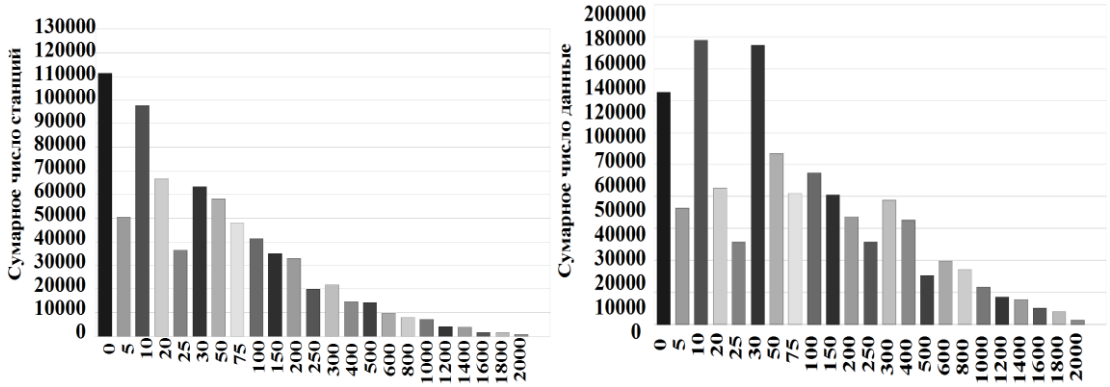
По месяцам количество измерений распределено также неравномерно. Наименьшее число наблюдений выполнено в январе, а наибольшее – в октябре (рис. 6).



а) б)

Р и с. 6. Распределение гидролого-гидрохимических измерений по месяцам:
а) станции, б) данные

С глубиной количество станций резко снижается (рис. 7), что приводит к снижению статистической значимости результатов анализа, а так же к уменьшению числа параметров, для которых могут быть построены обеспеченные карты среднемесячных и среднесезонных значений. Расчет числа станций строился по диапазонам: данные для горизонта 0 м содержат данные в слое 0 – 5 м и т.д. Как видно из рис. 7, глубже 50-ти метров количество измерений снижается примерно в 1,5 раза по сравнению с поверхностью.



Р и с. 7. Распределение количества гидрохимических и гидрологических станций по глубине

Система автоматизированного контроля качества океанографических данных GIS основана на применении автоматического и ручного режимов контроля качества данных, что позволяет использовать его при первичном и при автоматическом программном контроле качества: поиск дублей; проверка местоположения станции (попадание на берег или ошибочные глубины). В системе каждое измерение имеет свой флаг качества. Система флагов качества широко применялась в мире и является международным стандартом [14] (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Используемая система флагов

Флаг качества	Описание
0	не проверено
1	верно
2	правдоподобно
3	сомнительно
4	неверно
5	исправлено
6	ниже порога измерений
7	выше порога измерений
8	интерполяция
9	нет данных

В рамках системы (GIS) ИПТС имеется возможность оперативного построения 80-ти диаграмм, характеризующих сезонную, межгодовую, междесятилетнюю изменчивость всех параметров по глубине и географическому положению.

Заключение. Современная версия GIS ИПТС представляет собой систему реляционных баз данных, непрерывно пополняемую данными новых рейсов. Новое программное обеспечение соответствует современным международным требованиям, предъявляемым к подобным системам с использованием следующих базовых функций:

- обеспечение инсталляции новых данных с предварительным контролем качества и преобразованием в ряд принятых форматов;
- хранение, выборки, визуализации результатов;
- определение расчетных гидролого-гидрохимических характеристик морской среды;
- возможность подключения модулей климатического анализа данных;
- выдача справочной и описательной информации.

Разработанная GIS может быть использована для решения задач оперативной океанографии и климатических исследований, а также для обеспечения различных пользователей необходимой информацией по гидрологии и гидрохимии Черного моря. GIS ИПТС основана на исторической базе данных, содержащей в настоящее время результаты измерений с 1890 по 2013 гг. и периодически пополняемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Годин Е.А., Суворов А.М., Халиулин А.Х.* Разработка концепции интегрированной многоцелевой компьютерной геоэкоинформационной системы зоны сопряжения суши и моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон. 2001. Т. 4. С. 134.
2. *Еремеев В.Н., Суворов А.М., Годин Е.А.* Разработка концепции национальной многоцелевой морской геоинформационной системы Украины // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: МГИ НАН Украины, 1998. С. 118–121.
3. *БОД* МГИ: Развитие методов и средств ведения баз данных / А.Х. Халиулин, Е.А. Годин, А.В. Ингеров [и др.] // Системы контроля окружающей среды. Севастополь, 2007. С. 83–87.
4. *Годин Е.А., Суворов А.М.* Морские информационные системы и технологии // Развитие наук и технологий в Морском гидрофизическом институте за 75 лет. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. С. 501–544.
5. *The oceanographic* data bank of the Mairne Hydrophysical Institute / V. Eremeev, E. Andrushenko, E. Godin [et al.] // Marine Data and Information Systems IMDIS-2008. Book of Abstracts. P. 66.
6. *Долотов В.В.* ГИС и натурные наблюдения-проблемы и решения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон. 2005. Т. 13. С. 227.
7. *Star J., Estes J.* Geographic Information Systems. An Introdaction. Prentice Hall. 1990. 303 p.
8. *Vorontsov A., Mikhailov N.* Use of Geographic Information System for analysis and interpretation of marine environmental data // Proc. Intern. Symposium on Information Technology in Oceanography ITO-98. Goa, India: NIO, 1998. P. 213.
9. *PCC* Fourth Assessment Report (AR4) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. 104 p.
10. *IPCC* Fourth Asse0ssment Report (AR4) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. 104 p.
11. *IPCC* IV Assessment Report. 2007. 114 p.
12. *IPCC* V. Climate Change 2013. The physical science basis // Working Grope I Contribution to the V Assessment Report to the Intergovernmental Panel to the Climate Change. 2013. 222 p.
13. *Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б.* Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике // Морской гидрофизический журнал. Севастополь. 2004. № 4. С. 19–38.
14. *План* и программа осуществления ОГСОС на 1996 – 2003 гг. МОК Техническая серия 43, Юнеско, 1996.
15. *Использование* базы данных (HYDRO_IPTS) в океанографических исследованиях / Л.А. Мельник, В.В. Мельников, М.В. Коваленко [и др.] // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2016. Вып. 3 (23). С. 42–51.
16. *База* метаданных ИПТС по экспедиционным исследованиям в Черном море / М.В. Коваленко, В.В. Мельников, Л.А. Мельник [и др.] // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2015. Вып. 1 (21). С. 28–32.
17. *Виноградов К.А.* Очерки по истории отечественных гидробиологических исследований на Черном море. Киев: АН УССР. 1958. 155 с.