

А.С.Кузнецов*, В.В.Долотов**, С.И.Казаков*

**Экспериментальное отделение*

Морского гидрофизического института, пгт.Кацивели

***Морской гидрофизический институт, г.Севастополь*

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Рассматриваются вопросы создания морской наблюдательной системы Черноморского экспериментального полигона (пгт.Кацивели) у южного побережья Крыма, одной из важных составляющих которой является информационная система, служащая для сохранения исторических и текущих данных наблюдений, создания базы данных, информационного обеспечения исследований. Дается краткое описание технических средств контроля среды в районе полигона, исторических архивов данных наблюдений, текущего состояния и перспектив развития информационной системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *морская наблюдательная система, уровень моря, стационарная океанографическая платформа, междисциплинарные исследования, субрегиональный информационно-аналитический центр.*

На современном этапе изучения и использования ресурсов морей и океанов информационное обеспечение проводимых исследований на основе передовых компьютерных технологий приобретает большое значение. Появление новых методов получения данных, роли междисциплинарных исследований, развитие морских информационных технологий, резкое увеличение объемов получаемой информации добавляют актуальности этому направлению работ. Насущной становится задача разработки и создания на основе современных информационных подходов систем и технологий сбора, передачи, хранения, обмена, обработки, анализа и обеспечения пользователей океанографическими данными и информацией.

Усложнение структуры и технико-технологической оснащенности морехозяйственных комплексов, необходимость проведения исследований и разведки перспективных нефтегазоносных структур в акватории Черного и Азовского морей и использование природоресурсного потенциала Азово-Черноморского бассейна ведут к возрастанию роли и увеличению использования океанографических данных и знаний при выработке разного рода рекомендаций и принятия решений. Однако значительные объемы и виды накопленной и текущей комплексной информации о состоянии морской среды все еще малодоступны широкому кругу заинтересованных пользователей, а ее разнородность и пространственно-временная изменчивость представляют определенные трудности при ее использовании в практической деятельности.

Работы по созданию таких информационных систем, центральным элементом которых являются базы океанографических данных, достаточно длительное время ведутся в МГИ и Экспериментальном отделении МГИ [1 – 7].

Создаваемые информационные системы призваны решать следующие задачи [5]:

- сбор, хранение и контроль качества океанографических данных;
- обработка и анализ, визуализация океанографических данных и информации;
- доведение до пользователей океанографических данных и информации.

Считаем возможным, в нашем случае, выделить еще одну важную задачу, решаемую в рамках создания информационной системы ЭО МГИ, а именно, спасение исторических данных наблюдений, до сих пор хранящихся на старых носителях информации (таблицы, графики, записи самописцев приборов и т.п.)

Целью данной работы является изложение вопросов связанных с формированием, развитием и поддержкой информационной системы сбора, обработки, хранения и использования океанографической, геолого-геофизической информации, с целью пополнения новыми данными наблюдений в акватории Черноморского экспериментального полигона (ЧЭП) в прибрежной зоне Южного берега Крыма.

Центральным элементом этой системы является создаваемая в ЭО МГИ база данных (БД) наблюдений за состоянием среды Черноморского экспериментального полигона. В нее входят как исторические, так и текущие данные мониторинга состояния прибрежной зоны. На сегодняшний день в базу данных загружены такие параметры, как данные *MedGLOSS*-станции (уровень моря, атмосферное давление, температура воды), уровень моря (мареограф – исторические и текущие данные наблюдений). Подготовлен программный блок для загрузки данных о динамике вод в районе океанографической платформы. Имеется еще ряд массивов исторических данных, которые планируется загрузить в базу данных.

Морская наблюдательная система ЭО МГИ. Схема ЧЭП в зоне сопряжения суши Крымского п-ова и северной части Черного моря у мыса Кикинеиз неоднократно была представлена в научных публикациях [7]. Морской полигон для проведения натурных гидрофизических экспериментов был основан фактически в 1929 г. с организацией гидрофизической станции в поселке Качивели Ялтинского района и составляет в настоящее время основу морской наблюдательной системы ЭО МГИ в зоне сопряжения суши Крымского п-ова и северной части Черного моря у мыса Кикинеиз. Площадь суши территории составляет ~ 15 га, а морская акватория у побережья – приблизительно 25 га.

В главном офисе ЭО МГИ расположен информационно-аналитический центр, где осуществляется формирование и ведение информационных ресурсов морских метеорологических, гидрологических, океанографических и других природных условий прибрежной зоны полигона, которые поступают из центрального гидрометеорологического поста, западного берегового поста, восточного берегового поста, морского метеорологического пункта на стационарной океанографической платформе (*СОП*), пространственных измерительных антенн судовых океанографических и буйковых станций [7].

Основу наблюдательной системы ЭО МГИ составляет стационарный гидрометеорологический пост в районе юго-восточной оконечности мыса Кикинеиз, где в течение многих лет регулярно проводятся ежедневные на-

блюдения следующих характеристик окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление, характеристики облачности, атмосферные осадки и атмосферная видимость, суммарная солнечная радиация, скорость и направление ветра, характеристики поверхностного волнения, температура воды. Кроме того, квазинепрерывно регистрируются колебания уровня моря, суммарная солнечная радиация и высокоэнергетический фон солнечного космического излучения. Наблюдения выполняются круглогодично в центральном береговом посту, удаленном от уреза воды на 150 м и высоте 43 м, а также в прибойной зоне (приборная скала).

Стационарная океанографическая платформа, установленная в Голубом заливе на глубине около 30 м в удалении 500 м от берега, дает возможности измерений течений и гидрометеорологических характеристик на постоянной основе в условиях открытого моря.

На причале № 102 в непрерывном режиме с июля 2003 г. по декабрь 2011 г. функционировала стандартная *MedGLOSS* станция измерения уровня моря нового поколения, включенная в единую европейскую систему наблюдений *European Sea Level Service (ESEAS)*. В данный момент вышел из строя датчик измерения давления воды (фирма *Paroscientific Inc.*) и приобрести ему замену пока не представлялось возможным ввиду его достаточно большой стоимости.

Коротко о работе *MedGLOSS*-станции уровня моря. Время ее работы можно разбить на два временных интервала.

Исходный (первоначальный) вариант работы станции с июля 2003 по декабрь 2009 гг. Этот вариант характеризуется следующим:

- каждые 2 минуты измеряется 3 значения атмосферного давления (датчик *SETRATM*);
- каждые 30 секунд измеряется осредненное давление столба воды и температура воды;
- каждые 2 часа серия измерений давления воды с интервалом 0,5 с в течение 17 минут;
- ежечасно рассчитываются и автоматически отправляются в заданные адреса *FTP*-серверов осредненные значения уровня моря, атмосферного давления и температуры воды.

Работа станции в модернизированном варианте продолжалась с 2010 до конца 2011 гг. и ее возможности следующие:

- измерения давления столба воды с интервалом 1 мин (возможно 10 – 15 с);
- атмосферное давление измеряется каждые 15 с и используется в качестве постоянной величины в течение 15-ти секундного периода измерения давления воды;
- температура морской воды измеряется каждые 20 минут;
- создание различных файлов данных, подлежащих отправке на заданные *FTP*-серверы и хранению;
- в качестве точного времени используется системное время, которое корректируется, сверяясь с атомными часами через сеть Интернет каждые 15 с;
- работа станции в режиме реального времени;
- возможность подключения и использования определенных измерите-

лей скорости и направления ветра (при их наличии) с дискретностью 15 сек.

Разработка информационной системы. В настоящее время разработано программное обеспечение, которое позволяет:

- предварительно подготавливать данные наблюдений к необходимому формату представления;
- осуществлять предварительный контроль;
- автоматически импортировать гидрометеорологическую и гидрологическую информацию в специально разработанную базу данных;
- обеспечивать входной и выходной контроль информации;
- обеспечивать возможность предварительного анализа данных.

Для обработки информации, представленной на бумажных лентах самописца уровня моря (мареограф), была разработана специальная программа, которая позволяет подготовить исторические данные в цифровые форматы для представления их в базе данных [8]. Эта же программа может эффективно использоваться для перевода графической информации в «цифру» и для других приборов с графическим представлением информации. Для наблюдений в табличной форме необходима ручная набивка данных, что, конечно же, существенно замедляет процесс обработки.

Требования к базе данных. При разработке концепции структуры базы данных ЭО МГИ были определены основные требования, которым она должна удовлетворять. А именно:

- организация нескольких отдельных баз данных для сохранения:
 - ✓ результатов измерения уровня моря (данные поплавкового мареографа и новой *MedGLOSS*-станции);
 - ✓ различной гидрометеорологической информации;
 - ✓ гидрологической информации;
 - ✓ других параметров;
- поддержка в середине каждой базы данных двух категорий измерений – периодических (интервал несколько часов) и квазинепрерывных (с интервалом несколько минут);
- периодическая автоматическая проверка наличия новой информации с подключением к существующей базе данных и ведение архива «освоенных» данных;
- ведение журнала событий с записями всех действий, выполненных БД в автоматическом режиме с фиксацией времени;
- автоматическое сохранение журнала событий за каждый день работы с архивированием по результатам месяца;
- поддержка нескольких языков программного интерфейса;
- обеспечение входного контроля данных с возможностью автоматической корректировки и записью нарушений и внесенных исправлений в журнал событий;
- обеспечение необходимых ревизионных и аналитических возможностей программы без прерывания работы основного сервиса.

Структура и организация БД. Коротко изложим структуру и организацию БД на примере усвоения данных измерений уровня моря двумя приборами – мареографом (обработка бумажных диаграммных лент) и *MedGLOSS*-станции. В настоящее время эти базы данных наиболее про-

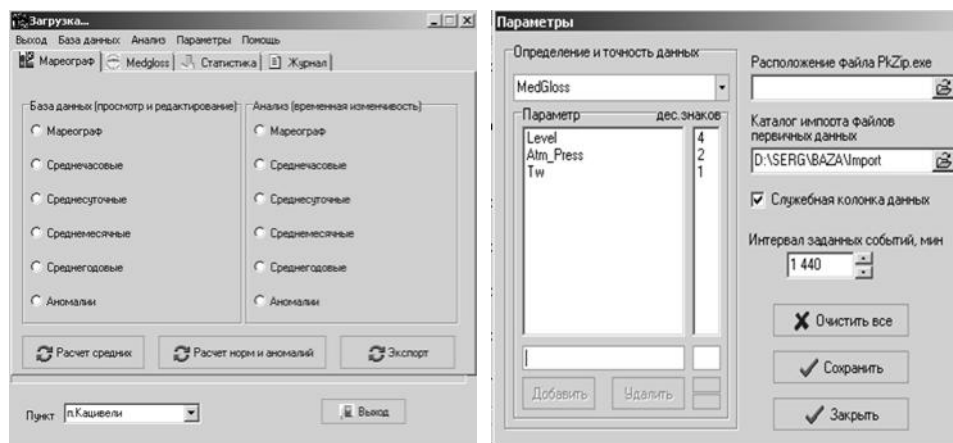
тестированы и развиты в ЭО МГИ.

Основное меню программы представлено двумя основными позициями: "База данных" и "Анализ", позволяющими, соответственно, просматривать содержимое базы и анализировать данные, а так же рассчитывать осредненные характеристики, нормы и аномалии, производить экспорт данных БД. В качестве дополнительных функций имеется меню "Параметры", в котором реализована возможность настройки параметров БД, формата представления данных, размещения необходимых директорий и т.д. (рис.1).

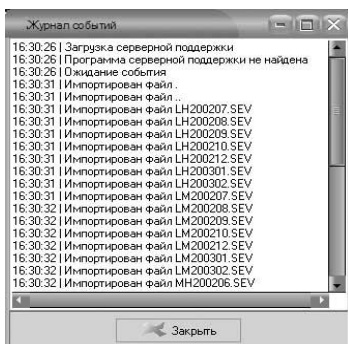
Помимо меню интерфейс программы содержит окно текущего журнала событий (рис.2). Файл журнала событий представляет собой текстовый файл, записываемый для каждой даты и состоящий из строк, в каждой из которых записано время события и его характеристика. Журнал формируется автоматически и не подлежит редактированию.

События текущих суток отображаются в основном окне программы и их можно пролистать с помощью полос скроллинга. Для удобства просмотра событий любой журнал, в том числе и текущий можно вызвать в отдельное окно, используя команды меню.

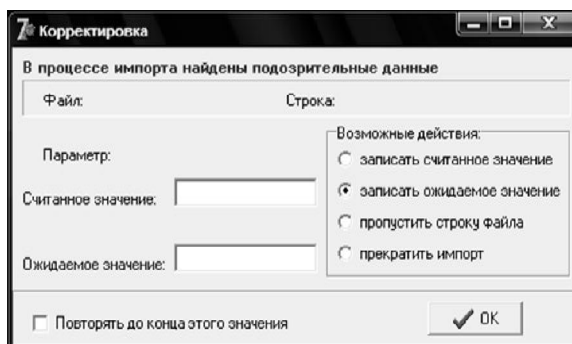
В процессе импорта (загрузки данных в БД) выполняется первичный контроль импортируемых данных на предмет наличия нереальных значений.



Р и с . 1. Основное окно и окно настройки параметров БД.



Р и с . 2. Формат отображения журнала событий.



Р и с . 3. Информационное окно первичного контроля.

Проверку проходят данные о дате и времени загружаемых данных. В случае выявления «нереальных», ошибочных данных появляется окно, где пользователю предлагается принять одно из возможных решений, которые указаны на рис.3.

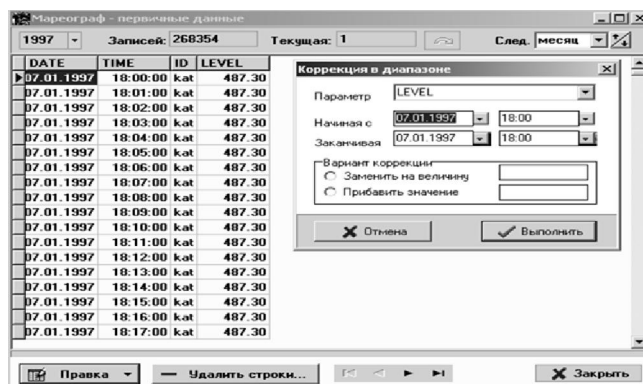
Работа с БД. Основным форматом хранения данных в БД является формат *.db* программы "Paradox". БД «Мареограф» представляет собою данные по уровню моря с дискретность 1 минуту, а БД «MedGLOSS» – это данные уровня моря, атмосферного давления и температуры воды с дискретностью 1 час.

База данных предоставляет следующий сервис:

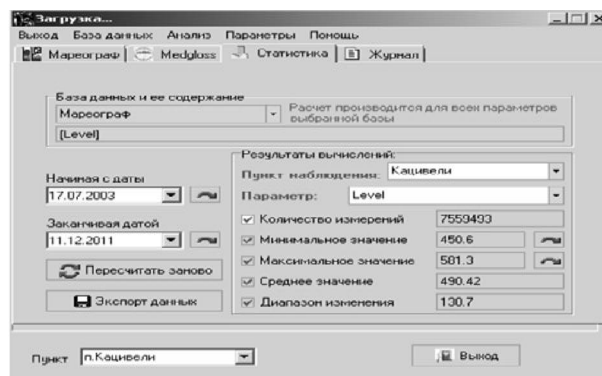
- просмотр содержимого базы;
- просмотр характеристик базы с элементами статистики;
- режим правки данных непосредственно в таблице данных или в заданном диапазоне времени, выход на соответствующую строку таблицы данных из графического режима;
- анализ временных трендов с возможностью сохранения данных в текстовый и (или) графический файл;
- выборка необходимых данных по заданному критерию;
- представление экспортированных данных в текстовый или Exel-файл;
- осреднения исходных данных (часовые, суточные, месячные, годовые значения);
- расчет среднемесячных норм и аномалий по ряду параметров;
- графическое представление результатов с сохранением графиков.

Просмотр содержимого БД для исходных данных производится в границах заданного года, осредненные данные просматриваются во всем временном диапазоне (рис.4). В этом же диалоговом окне реализована возможность правки данных непосредственно в таблице либо в заданном диапазоне времени. Кроме того, реализована возможность удаления конкретных данных (строк) в БД.

С целью получения информации о содержимом БД в программе реализована возможность получения простейших статистических характеристик выбранных данных. Пункт меню «Статистика» дает возможность получить



Р и с . 4. Окно просмотра и правки содержимого БД.



Р и с . 5 . Окно статистического анализа.

информацию по выбранной базе, выбранному параметру, за конкретный временной срок о количестве измерений, минимальном, максимальном и среднем значении, диапазоне изменения. Так же удобна функция быстрого перехода в режим просмотра и коррекции данных в таблицах БД. В случае изменения данных БД (пополнение, корректировка данных и т.д.), предоставляется возможность пересчета статистики, характеристики которой сохраняются в БД (рис.5).

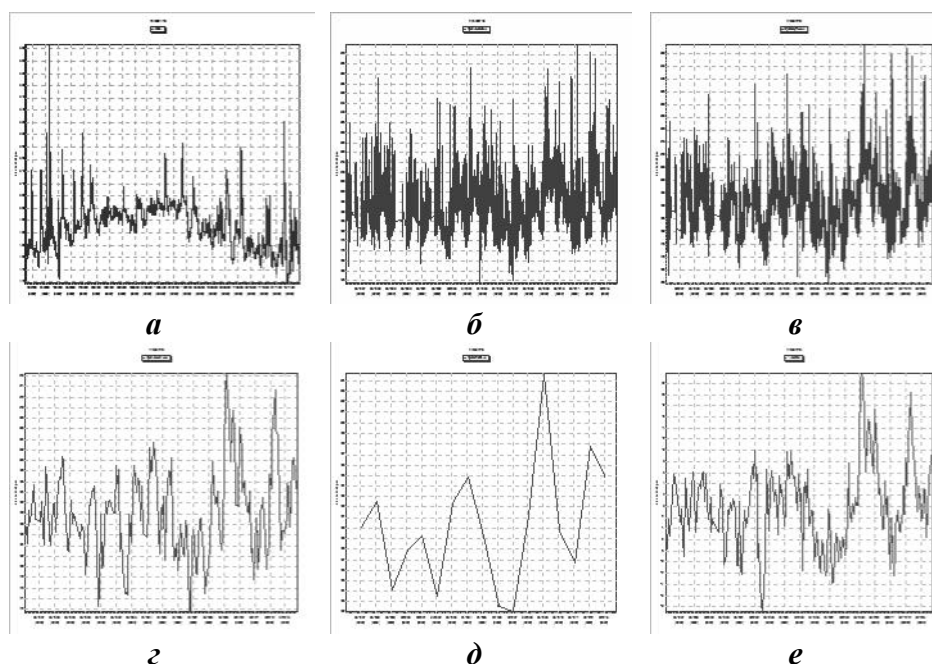
В БД реализована возможность графического представления временных рядов наблюдений. Возможно изменение параметров каждого графика, включая размер и цвет точек, а также цвет и толщину линий. Кроме того, возможна настройка оси при выполнении щелчка мыши на ней, а также увеличение участка графика, выделяя его прямоугольником. Возможно также наложение сетки по любой оси. Легенда для полученного графика формируется автоматически.

Щелчком мыши по графику можно перейти на соответствующие данные в табличном представлении данных БД. Эта функция очень удобна при визуальном просмотре графиков исходных данных с целью обнаружения бракованных, ошибочных данных. После перехода в соответствующее место в таблице, возможна коррекция значений, удаление неверных данных либо перезагрузка откорректированных данных в БД.

Как уже отмечалось, БД «MedGLOSS» содержит наблюдения за тремя параметрами. Для удобства предварительного анализа данных в этой базе реализована возможность графического отображения одновременно двух параметров на одном графике с оцифровкой по двум вертикальным осям.

Построенные графики можно сохранять, а так же экспортировать в текстовые файлы. После выполнения процедур получения данных с различным временным осреднением, так же возможно их представление в виде графиков (рис.6).

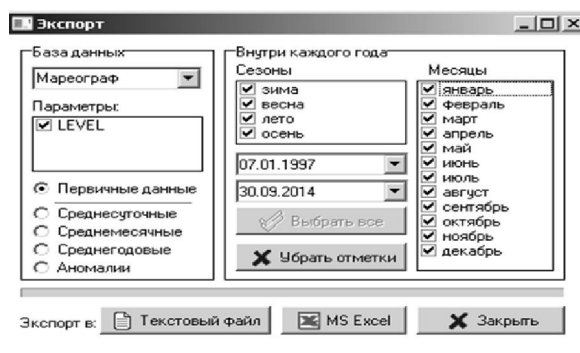
Важной функцией любой БД является возможность удовлетворять запросы пользователей на получение тех или иных данных, хранящихся в БД, для дальнейшей их обработки. В рамках БД ЭО МГИ эта функция реализована следующим образом. В основном окне программы (рис.1) расположена кнопка «Экспорт», при нажатии которой открывается окно экспорта данных БД, изображенное на рис.7.



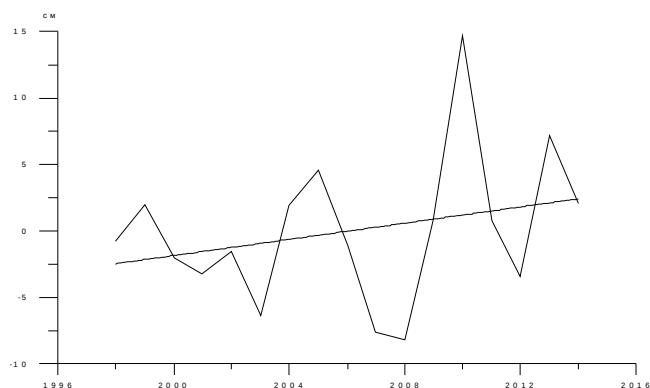
Р и с . 6 . Графическое представление данных БД «Мареограф» (уровень моря, см, 1997 – 2014 гг.): уровень моря, 1999 г. (а); среднечасовые (б); среднесуточные (в); среднемесячные (г); среднегодовые (д) значения; среднемесячные аномалии (е).

В этом окне пользователю предоставляется возможность «оформить» запрос на экспорт данных из БД. Выбираются вид БД (в нашем случае это «Мареограф» либо «MedGLOSS») и требуемый параметр, задается вид данных (первичные или осредненные данные), можно задать сезоны года, месяцы, временной интервал данных, либо выбрать все. После формирования запроса предоставляется возможность экспорта выбранных данных в текстовый либо Excel-файлы. В дальнейшем выбранные ряды можно использовать для последующей обработки другими различными программами.

На рис.8 в качестве примера приведены результаты дальнейшей обработки экспортированных данных. Посчитаны годовые аномалии уровня моря и линейный тренд на временном отрезке 1998 – 2014 гг. Очевидна тенден-



Р и с . 7 . Вид окна экспорта данных БД.



Р и с . 8 . Временной ход годовых аномалий уровня моря (мареограф, см) и линейный тренд.

ция роста уровня моря со скоростью порядка 3 мм/г. Эта величина несколько больше приведенной в литературе (например, [9]). Заметно, что основной вклад в рост уровня дают данные 2010 г., года весьма аномального по осадкам, стоку рек, уровню моря. Поэтому, учитывая незначительную, для данного анализа, длину ряда в 17 лет, нельзя с полной уверенностью говорить о статистической значимости данной оценки. Дальнейшая обработка диаграммных лент мареографа, загрузка данных в БД со временем даст возможность получить более достоверные и значимые оценки.

Перспективы развития информационной системы ЭО МГИ. Таким образом, ЭО МГИ обладает материально-технической базой и научным потенциалом для развития современной морской наблюдательной системы на Черноморском экспериментальном полигоне у южной оконечности Крымского полуострова.

Сформирована базовая структура морской наблюдательной системы ЭО МГИ, которая включает:

- распределенную техническую сеть измерителей метеорологических характеристик приповерхностного слоя атмосферы над сушей и над морем и колебаний уровня морской поверхности;
- локально распределенную по акватории ЧЭП и на СОП сеть специальных гидрологических станций, антенные наборы измерителей течений, градиентно-распределенных измерителей температуры, других океанологических комплексов;
- морской научно-информационный центр для формирования и ведения баз данных по морским метеорологическим, гидрологическим, гидродинамическим и другим природным условиям прибрежной зоны.

Созданная информационная система усваивает данные мониторинга окружающей среды, позволяет предварительно подготавливать данные наблюдений к необходимому формату представления, осуществлять предварительный контроль и автоматически импортировать гидрометеорологическую и гидрологическую информацию в специально разработанную БД с обеспечением контроля качества информации, возможностью предварительного анализа.

В качестве дальнейших шагов по развитию системы предполагается следующее:

- развитие и поддержка работоспособности морской наблюдательной системы ЭО МГИ на ЧЭП у южной оконечности Крымского п-ова;
- постепенный переход на новые современные измерительные приборы и комплексы, которые существенно увеличат количество и качество получаемых данных, позволят автоматизировать процессы наполнения новых структурных блоков БД наблюдениями;
- развитие структуры и программно-математического обеспечения БД для усвоения различных параметров наблюдений;
- продолжение и активизация работы по сохранению исторических данных наблюдений;
- восстановление работоспособности *MedGLOSS*-станции уровня моря, включение в ее состав рекомендованного измерителя скорости ветра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.
2. *Суворов А.М., Годин Е.А., Халиулин А.Х.* Разработка концепции интегрированной многоцелевой компьютерной геоэкологической системы зоны сопряжения суши и моря Азово-Черноморского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С.134-139.
3. *Суворов А.М., Годин Е.А.* Морские информационные системы и технологии // Развитие морских наук и технологий в Морском гидрофизическом институте за 75 лет.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004.– С.501-543.
4. *Еремеев В.Н., Халиулин А.Х., Годин Е.А. и др.* Проблемно-ориентированная геоинформационная система Черного моря // Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012.– С.8-31.
5. *Еремеев В.Н., Халиулин А.Х., Ингеров А.В., Жук Е.В., Годин Е.А., Пластун Т.В.* Современное состояние банка океанографических данных МГИ НАН Украины: программно-математическое обеспечение // Морской гидрофизический журнал.– 2005.– № 2.– С.54-66.
6. *Казаков С.И., Берестовая Е.В., Омельченкова Н.П.* Формирование и описание банка океанографических данных ЭО МГИ АН УССР. Методы и результаты контроля океанографической информации // Труды ВНИИГМИ-МЦД.– 1987.– вып.138.
7. *Иванов В.А., Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С.* Развитие субрегиональной информационно-аналитической системы научного центра междисциплинарных исследований НАН Украины на базе Черноморского экспериментального полигона «Кацивели» // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010.– вып.21.– С.10-24.
8. *Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С.* Использование современных компьютерных технологий для автоматизации усвоения данных самопишущих измерительных приборов // Морской гидрофизический журнал.– 2013.– № 2.– С.72-79.

9. Богуславский С.Г., Ковешников Л.А., Казаков С.И., Кубряков А.И. Возможные экологические последствия повышения уровня Мирового океана и Черного моря в предстоящем столетии // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С.67-79.

Материал поступил в редакцию 20.11.2014 г.

АНОТАЦІЯ Розглядаються питання створення морської наглядової системи Чорно-морського експериментального полігону (пгт.Кацівелі) біля південного узбережжя Крима, однією з важливих складових якої є інформаційна система, що служить для збереження історичних та поточних даних спостережень, створення бази даних, інформаційного забезпечення досліджень. Дається короткий опис технічних засобів контролю середовища в районі полігону, історичних архівів даних спостережень, поточного стану та перспектив розвитку інформаційної системи.

ABSTRACT The problem of creation of the marine observation system of the Black Sea experimental polygon (Katsiveli) off the southern coast of Crimea is considered. The information system, which is important component of it, serves to preserve the historical and current *in situ* data, to create a database, to provide research by information. The technical means for environment control near polygon is briefly described, the historical *in situ* data archives is observed, the information system current state and prospects of development is given.