

# КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СБОРА, ОБРАБОТКИ, КОНТРОЛЯ, АНАЛИЗА И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ - АССОКА

**В.П. Евстигнеев, В.А. Наумова,  
\*М.П. Евстигнеев**

Севастопольская гидрометеорологическая  
морская обсерватория  
г. Севастополь, ул. Советская, 61  
*e-mail: vald\_e@rambler.ru*  
\*Севастопольский национальный  
технический университет  
г. Севастополь, ул. Университетская, 33

*В работе обсуждаются вопросы автоматизированной обработки, контроля качества и хранения режимных данных гидрометеорологических наблюдений в рамках компьютерных систем. Представлены результаты разработок комплекса систем АССОКА (Морская гидрометрология), АССОКА (Гидрология), АССОКА (Метеорология), решающих производственную задачу по автоматизированной обработке данных основных видов наблюдений для морских подразделений Государственной гидрометеорологической службы Украины.*

**Введение.** Гидрометеорологические данные – это значения физических величин, характеризующих состояние атмосферы и гидросфера. Сбор данных измерений о состоянии атмосферы и гидросфера выполня-

ется с двумя основными целями: 1) составление прогнозов и предупреждений об опасных явлениях погоды; 2) изучение гидрометеорологического режима и закономерностей, обуславливающих те или иные его изменения в многолетнем разрезе [1, 2]. В соответствии с этими двумя целями гидрометеорологическая информация делится на оперативную и режимную. Оперативная информация поступает с наблюдательных пунктов в кратчайшие сроки и сразу же используется в прогностической работе. Режимная информация накапливается в архивах и используется для расчетов всевозможных многолетних характеристик, а также для разработки и верификации прогностических схем [1]. В настоящей работе будет рассмотрен вопрос об автоматизированной обработке режимных данных.

Государственная гидрометеорологическая служба Украины является государственной службой, обеспечивающей систематический сбор первичной информации наблюдений со станций и постов, расположенных по всей территории Украины, а также обработку и хранение данных по единым методикам и стандартам. Условно цикл движения гидрометеорологических данных представлен на рисунке 1.

На этапах сбора, обработки и хранения информация преобразуется в строгом соответствии с руководящими документами.



Рисунок 1 – Цикл движения гидрометеорологических данных

Единство методик, критериев и форматов хранения может обеспечить сопоставимость данных за различные периоды времени в общем историческом ряду. Следует отметить, что каждый этап преобразования информации сопровождается обязательным контролем качества данных.

Вследствие большого числа элементов наблюдений (т.е. числа физических величин, за которыми ведется наблюдения), обширной сети постов и станций, возросшего интереса к возможности прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений и разнообразия запросов потребителей такого рода информации, до сих пор остается

актуальным вопрос о создании современных компьютерных систем автоматизированной обработки гидрометеорологических данных. Несмотря на то, что обработка данных на ЭВМ была начата в СССР (включая территорию Украины) еще с середины 1960-х годов [2], технологический скачок, который претерпела компьютерная техника за последние 10–15 лет, требует создания адекватного программного обеспечения, обладающего универсальными форматами хранения данных, эргономичным интерфейсом и набором математических методов анализа.

В настоящее время полный цикл сбора, автоматизированной обработки и хранения режимных данных гидрометеорологических наблюдений, изображенный на рисунке 1, реализован в программном комплексе АССОКА (Автоматизированная Система Сбора Обработки Контроля и Анализа), рекомендованном для обработки результатов наблюдений на морской прибрежной сести Государственной гидрометеорологической службы Украины (Решение научно-технического совета № 11 от 20.10.98). Комплекс создан в отделе обработки информации Севастопольской гидрометеорологической морской обсерватории (ГМО) и включает в себя три самостоятельных программных продукта: АССОКА (Морская гидрология), АССОКА (Гидрология), АССОКА (Метеорология), предназначенных для обработки данных, соответственно, морских гидрологических, речных гидрологических и метеорологических наблюдений.

**Основные особенности систем АССОКА.** Анализ текущего состояния технической оснащенности станций и постов Государственной гидрометеорологической службы позволил сформулировать следующие общие требования к системам обработки гидрометеорологических данных, во многом предопределившим их структуру, функционирование и программную реализацию:

- учитывая недостаточную оснащенность сети высокопроизводительной компьютерной техникой, система должна быть некритична к объему оперативной памяти, жесткого диска и тактовой частоте процессора;

- отсутствием необходимых навыков работы с компьютерными системами боль-

шинства технического и инженерного состава, разрабатываемая система должна быть максимально проста для самостоятельного освоения непрофессиональным пользователем персонального компьютера;

- учитывая значительное количество станций и постов на территории Украины (несколько сотен), осуществляющих сбор гидрометеорологической информации, разрабатываемая система должна быть ориентирована на долговременное функционирование без вмешательства группы разработчиков;

- цикл движения данных (см. рисунок 1) должен быть реализован в строгом соответствии с действующими в Госгидромете наставлениями и методическими указаниями по обработке результатов наблюдений [3, 4].

Основная идея технологии АССОКА состоит в последовательной реализации этапов обработки и контроля данных наблюдений от формы электронных книжек, визуально схожих с бумажными аналогами, к ежемесячным таблицам, которые формируются из книжек посредством функции автозаполнения и далее, к годовым, многолетним таблицам и таблицам Государственного водного кадастра (ГВК), а также аналитическим выборкам данных за произвольные временные периоды.

К основным особенностям разработанной технологии АССОКА можно отнести следующее:

- любая из систем АССОКА представляет собой самостоятельный программный продукт, не требующий установки каких-либо дополнительных компонент или приложений. Система сохраняет свою полнофункциональность и эффективность при работе на любых по производительности компьютерах, оснащенных системой Windows 95 и выше;

- электронные таблицы занесения гидрометеорологической информации представляют собой таблицы формата Excel 5.0, что позволяет редактировать их в стандартных приложениях Microsoft Office независимо от установленной системы АССОКА;

- интерфейс системы нацелен на непрофессионального пользователя ПК и представляет собой удобную наглядную среду, построенную подобно известным программным продуктам;

– электронные шаблоны всех основных таблиц занесения данных материалов наблюдений максимально соответствуют своим бумажным аналогам; принятым в Госгидромете Украины;

– при формировании системы соблюдаются строгая иерархия таблиц, включая месечные, итоговые годовые таблицы, таблицы ГВК и каталоги;

– совокупность таблиц образует БЭТ (библиотека электронных таблиц), представляющую собой систему папок, обеспечивающих быстрый доступ к таблице любого уровня, как программным способом, так и вручную;

– система на базе технологии АССОКА содержит компонент расширенного критического контроля, основанного на наставлениях для гидрометеорологических станций и Методических Указаний по ведению ГВК;

– каждая система снабжена модулем стандартной печати таблиц, позволяющим в конце цикла преобразования данных наблюдений выдавать печатный материал для хранения в Государственном Гидрометеорологическом фонде Украины;

– система на базе технологии АССОКА содержит компонент первичного статистического и графического анализа данных.

**Контроль качества данных в комплексе систем АССОКА.** Обеспечение достоверности гидрометеорологических данных является одной из наиболее важных задач при организации автоматизированной обработки информации. Главным направлением по обеспечению достоверности данных является их контроль с целью выявления ошибок для последующего анализа и исправления. Точность исходных данных зависит ошибок измерительных приборов, ошибок метода измерений, ошибок интерполяции или осреднения во времени или пространстве. Ошибки в данные могут быть также внесены в процессе ввода информации, обработки или хранения. В связи с этим, контроль достоверности данных в системах АССОКА проводится на всех этапах получения и преобразования информации. По результатам программного контроля производится оценка качества и полноты первичного материала.

Контроль качества данных при обработке в программном комплексе АССОКА подразделяется на синтаксический и семан-

тический (смысловый). Синтаксический контроль может осуществляться либо непосредственно при вводе исходной информации в электронные шаблоны книжек наблюдений, либо путем запуска процедур автоматизированного контроля данных (рисунок 2). В результате синтаксического контроля осуществляется проверка на наличие в ячейках чисел или буквенных обозначений с определенной последовательностью и количеством символов, соответствующих заданному представлению данных. Элементы семантического контроля следующими видами:

- логический контроль;
- контроль на пределы изменения значений элементов (сопоставление с экстремальными значениями, определенными по многолетним данным и хранимыми в паспортных данных системы АССОКА);
- контроль на предельные значения интенсивности изменения величины между сроками наблюдений;
- сопоставление результатов ручного и программного расчета;
- контроль по аналитическим зависимостям;
- совместный логический контроль по нескольким элементам (проверка на взаимосвязь между элементами);
- контроль результатов измерений во времени (сравнение с ходом элемента (совместным ходом элементов) за предыдущие периоды наблюдений).



Рисунок 2 – Виды контроля качества гидрометеорологических данных в системе АССОКА

Во всех случаях система информирует оператора о возникновении ошибок путем вывода соответствующих сообщений на экран и указанием ячейки сомнительным

значением. Система АССОКА (Морская гидрология) дополнительно снабжена компонентом аудио-контроля данных, как по выбранному массиву данных, так и непосредственно на этапе ввода.

### **Состав комплекса систем АССОКА**

АССОКА (Морская гидрология) [5]. Автоматизированная Система Сбора Обработки Контроля и Анализа данных морских прибрежных наблюдений АССОКА (Морская гидрология) представляет собой интерактивную пользовательскую среду, обеспечивающую автоматизированный процесс прохождения данных морских прибрежных наблюдений от ручного ввода первичного материала в книжки КГМ (КГМ-1, 9) до полностью подготовленных к распечатке ежемесячных (ТГМ-1, 2, 7), годовых и многолетних таблиц, и рядом других функций, включая автоматизированное создание Морского ежегодника (ГВК). Внешний интерфейс системы представлен на рисунке 3.

В системе АССОКА (Морская гидрология) реализованы процедуры стандартного расчета таблиц наблюдений:

- Книжек КГМ:
  - 1) КГМ-1 с автоматическим кодированием текста телеграммы в коде КИ-02;
  - 2) КГМ-9 по трем методам измерения солености: ареометрирование, электрометрический, титрование.
- Таблиц ТГМ:
  - 1) ТГМ-1 – основные морские гидрологические наблюдения: расчет средних и экстремальных суточных и месячных значений параметров ветра и волнения с учетом параметра качества входных данных и

вида распределения пропусков наблюдений.

2) ТГМ-2 – основные ледовые наблюдения: расчет в рамках ледового сезона.

3) ТГМ-7 – наблюдение за уровнем моря: расчет средних и экстремальных суточных и месячных значений уровня моря, статистических характеристик распределения, а также повторяемости и обеспеченности с учетом параметра качества входных данных и вида распределения пропусков наблюдений.

• Итоговых годовых и таблиц ГВК по элементам: уровень моря, температура воды, соленость морской воды, волнение, лед.

• Каталогов многолетних наблюдений.

• Создание итоговых таблиц за произвольный период лет, позволяющий производить выборку по основным гидро- и метеорологическим параметрам в форме стандартного климатического справочника.

Обработка результатов наблюдений производится в соответствии со стандартными паспортными данными по каждой станции. Предусмотрена возможность модификации паспортных данных, а также добавление (удаление) станций или постов. Заполнение таблиц ТГМ из КГМ, итоговых годовых из ТГМ, каталогов многолетних наблюдений из итоговых и итоговых за период производится автоматически. Для получения оперативной информации по содержимому БЭГ предусмотрен специальный генератор отчета. С целью повышения эффективности работы оператора, в АССОКА (Морская гидрология) предусмотрен

Рисунок 3 – Интерфейс системы АССОКА (Морская гидрология)

набор вспомогательных утилит, а также развернутая справочная система. Предусмотрены возможности изменения формы и формата таблиц и обмена данными с другими приложениями. Создан менеджер стандартной печати таблиц ТГМ, КГМ, Итоговых.

**АССОКА (Гидрология)** [6]. Система АССОКА (Гидрология) является интерактивной пользовательской средой сбора, обработки, контроля и анализа данных речных гидрологических наблюдений, которая обеспечивает автоматизированный процесс движения данных от ручного ввода первичного необработанного материала в книжки КГ до подготовленных к печати таблиц ГВК. К основным особенностям системы можно отнести следующее:

В системе АССОКА (Гидрология) реализованы процедуры стандартного расчета таблиц наблюдений:

- Книжек КГ:
    - 1) КГ-1М – обработка основных элементов наблюдения;
    - 2) КГ-3М, 7М – обработка расходов воды;
    - 3) КГ-6М – обработка результатов измерения расходов наносов воды;
    - 4) КГ-10 – обработка результатов наблюдений за единичной мутностью и расчет твердого стока.
  - Месячных таблиц ТГ:

ТГ-11 (ежечасный уровень), ТГ-11 (ежечасный расход) – расчет средних и экстремальных суточных и месячных значений измеряемых параметров.
  - Итоговых годовых таблиц:
    - 1) ТГ-10 – соотнесение кривых расхода периода их действия, периодов действия коэффициентов зарастания русла и зимнего подпора уровня и т.д.;
    - 2) ТГ-8 – составление таблицы измеренных расходов за год;
    - 3) ТГ-14 – составление таблицы измеренных расходов наносов за год;
    - 4) Составление сводной таблицы по 9-ти элементам наблюдения.
  - Таблиц ГВК (Форма А и Б) по элементам: Уровень воды, Расход воды, Мутность воды, Расход наносов, Температура воды, Толщина льда и высота снега, Ледовые явления.
- Обработка результатов наблюдений производится в соответствии со стандартными паспортными данными по каждой

станции и прибору. Предусмотрена возможность модификации паспортных данных, а также добавление (удаление) станций и постов, приборов, внесение характеристик многолетнего хода элементов, интенсивности их изменения для каждого отдельного подразделения с целью повышения эффективности контроля данных и автозаполнения таблиц ТГ, КГ, итоговых годовых, таблиц ГВК. Электронные варианты шаблонов книжек КГ, ТГ, итоговых годовых и таблиц ГВК внешне подобны существующим на сегодняшний день бумажным аналогам. Шаблоны таблиц ГВК, реализованные в системе АССОКА (Гидрология), приняты отделом гидрологии Центральной гидрофизической обсерватории в качестве основных при формировании Государственного водного кадастра (Гидрология рек). Расчет элементов расхода воды, единичной мутности и расхода наносов осуществляется в соответствии со всеми принятыми в Госгидромете Украины основными и сокращенными способами измерения и методиками расчета.

**АССОКА (Метеорология)** [7]. Автоматизированная Система Сбора Обработки Контроля и Анализа данных метеорологических наблюдений АССОКА (Метеорология) представляет собой интерактивную пользовательскую среду, обеспечивающую автоматизацию прохождения данных метеонаблюдений от ручного ввода первичного материала в книжки КМ до полностью подготовленных к распечатке стандартных ежемесячных таблиц ТМС. Система АССОКА (Метеорология) выполняет следующие основные функции:

- ввод и хранение данных первичных наблюдений в привычные для техника-метеоролога шаблонные формы книжек КМ-1, 3, 4, 5 и журнал химических наблюдений.
- автоматический контроль введенных данных. В АССОКА (Метеорология) реализован технический контроль данных (правильность формата ввода данных), выполняемый автоматически на этапе расчета, кодирования и создания книжек КМ, а также критический контроль SGEL.
- расчет книжек КМ или таблиц ТМС согласно стандартной методике.
- автоматическое создание таблиц ТМС из книжек КМ.

- построение сравнительного графика показаний Гигрометра/Гигрографа и Психрометра;
- кодирование метеоинформации книжек КМ в стандартный текстовый код перфорации, а также составление оперативных метеотелеграмм.

С целью повышения эффективности работы оператора, в АССОКА (Метеорология) предусмотрен набор вспомогательных утилит, а также развернутая справочная система.

**Заключение.** В настоящее время разработанным комплексом систем АССОКА оснащены все подразделения морской прибрежной сети Госгидромета Украины. Помимо этого, отдельные системы широко распространяются по сетям метеорологических и гидрологических подразделений на территории Украины (АР Крым, Киевская, Одесская, Луганская, Николаевская, Винницкая, Донецкая обл. и др.).

Системы, подобные АССОКА, можно отнести к системам первичного уровня, формирующие и подготавливающие данные для дальнейшего хранения в электронных архивах и их использования. Внедрение систем АССОКА в подразделения морской прибрежной сети сформировало условия для создания единого банка морских прибрежных гидрологических данных на основе БЭТ, прошедших описанный выше контроль качества. На основе такого банка данных, имеющего непрерывные исторические ряды по различным группам элементов одинакового формата, оказывается возможным создать системы более высокого уровня, позволяющие реализовать следующие цели:

- эффективно использовать большие массивы данных для получения необходимых сведений о гидрометеорологическом режиме;
- использовать стандартные форматы баз данных, оптимизированные под хранение и скорость доступа;
- существенно повысить производительность сложных и трудоемких расчетов параметров режима;
- обеспечивать более высокую точность издаваемых материалов и справочников при использовании глобальной системы автоматизированного контроля качества;

– существенно повысить производительность труда инженера-оceanолога на этапе анализа данных.

Однако указанные цели не могут быть достигнуты без объединения данных морских прибрежных гидрологических и метеорологических наблюдений в едином формате и с использованием единых подходов и методик. На сегодняшний день хранение архива морских гидрометеорологических и метеорологических данных на технических носителях осуществляется в разнородных форматах (текстовом и бинарном виде, формате электронных таблиц). Кроме того, хранение некоторых элементов наблюдений реализовано в закодированной форме (шифр атмосферных явлений, время и др.). Такой способ хранения затрудняет использование архива и в значительной степени уменьшает скорость обработки в рамках современного программного обеспечения, что требует создания унифицированной базы гидрометеорологических данных единого формата.

## Л и т е р а т у р а

1. Григорьев В.И. Автоматизированная обработка гидрометеорологической информации / В.И. Григорьев – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 303 с.
2. Груза Г.В., Рейтенбах Р.Г. Статистика и анализ гидрометеорологических данных. / Г.В. Груза, Р.Г. Рейтенбах – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 215 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Ч. 1. – Вып. 9. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 312 с.
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Ч. 1. – Вып. 6. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 384 с.
5. Свєтігнєєв М.П., Євстігнєєв В.П., Наумова В.А. та ін. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 23158, дата реєстрації 19.12.2007.
6. Євстігнєєв В.П., Євстігнєєв М.П., Наумова В.А. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 23205, дата реєстрації 01.04.2009.
7. Євстігнєєв М.П., Євстігнєєв В.П., Наумова В.А., Лантушенко О.О. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 23207, дата реєстрації 01.04.2009.