

### Список использованных источников

1 Кольмакова Е. Г. Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана (в пределах Беларуси): автореф. дис. канд. геогр. наук: 10.01.05 / Кольмакова, БГУ – Мн.: 2005. – 21 с.

2 Кольмакова Е. Г., Маслова О. И. Динамика трансграничного переноса загрязняющих веществ в бассейне Западной Двины // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия, Биология, География. – 2008. – № 2. – С. 97–100.

3 Кольмакова О.И. и др. Биогенный сток рек бассейна Западной Двины как показатель агрохозяйственного освоения водосборов/ Кольмакова Е.Г.; Маслова О.И.; Гриб С.В.// Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта. – 2011. – вып. 7, ч. 2. – с. 79–88.

УДК 556.5

Н.С. Ясинский, гидролог  
ООО «НПЦ «МэпМейкер», г. Москва

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПЕРАТИВНОМУ РАСЧЕТУ РЕЧНОГО СТОКА В СИСТЕМЕ GISMETEO.HYDRO

Автоматизированное рабочее место гидролога-прогнозиста GISMETEO.HYDRO предназначено для оперативной обработки гидрологической информации и прогнозирования стока. Это мощный, гибкий и современный инструмент, способный полностью автоматизировать работу гидролога-прогнозиста.

Система решает следующие задачи гидрологических подразделений:

- Мониторинг состояния рек и водохранилищ, систематизация данных гидрологических наблюдений, ведение гидрологических журналов
- Оперативные расчеты расхода воды и притока в водохранилище, прогнозы времени наступления гидрологических явлений
- Консультации и справки о режиме водных объектов для различных отраслей хозяйства

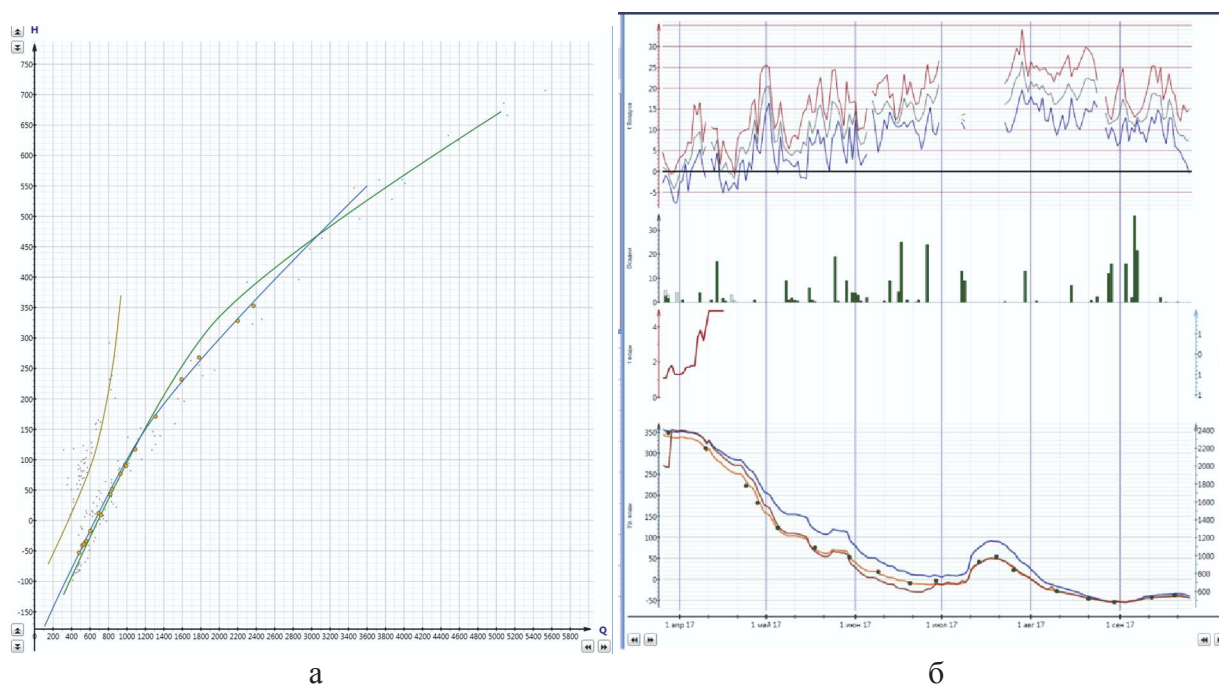
Необходимость усовершенствования прежней версии АРМ гидролога-прогнозиста возникла ввиду разнонаправленной модернизации системы наблюдений Росгидромета, состоящей в обновлении оборудования, введении в эксплуатацию автоматических гидрологических постов, созданию новых каналов передачи информации. Новое оборудование предполагает новые форматы данных, реорганизация потоков информации и рост потока данных требует усовершенствования и реструктуризации баз данных. Введение новых нормативных документов для оперативного расчета стока требует пересмотра алгоритмов и расширение функционала программ.

В ходе нашей работы мы сделали следующие улучшения системы АРМ гидролога-прогнозиста:

- реализовано усвоение учащённых автоматических измерений уровня воды поступающих с автоматизированных гидрологических постов
- реализован расчёт оперативных расходов по кривым  $Q = f(H)$  с учётом последних рекомендаций Государственного гидрологического института
- добавлена функция прогноза притока воды в водохранилище
- полностью переработан пользовательский интерфейс программы
- добавлен полный комплексный график с современным адаптивным дизайном
- обновлена функция формирования отчетных таблиц и экранных форм в соответствии с нормативными документами
- реализован обмен данными с другими программными продуктами, используемыми для наблюдений за стоком и вывод данных на печать
- введена система задач для автоматизации ежедневной работы специалиста

*Общее описание программного комплекса.* Программный комплекс GISMETEO.HYDRO включает серверную часть, предназначенную для сбора и обработки информации, поступающей в оперативном режиме, и клиентскую часть для анализа данных и управления работой комплекса, а также использует гидрологическую базу данных в специализированном формате Гисметео. Данные АГП, поступающие из разных источников, проходят контроль и сводятся в единую базу данных.

В главном окне программы представлены сведения и оперативная информация по текущему гидрологическому посту, масштабируемый комплексный график (см. рисунок 1) и график кривой  $Q = f(H)$ , по которой в данный момент производится оперативный расчет[2]. Гибкая настройка графиков позволяет отображать ход гидрологических показателей с любой необходимой дискретностью, что особенно важно для отображения данных учащённых наблюдений АГП. По сравнению с прошлыми версиями повышена читаемость графиков, реализован адаптивный дизайн, добавлены новые элементы, в частности ледовая линейка.



**Рисунок 1 – Комплексный график (а) и кривые  $Q = f(H)$  (б) в интерфейсе GISMETEO.HYDRO**

Программа позволяет создать рабочий список постов, выбрать метеорологические станции, настроить другие параметры. Режим комплексного графика может быть переключен на режим графика сопряженных постов, где отображается ход гидрологических показателей для группы постов, расположенных выше по течению. В таблицах отображаются оперативные данные об уровне воды, оперативном расходе воды, температуре воздуха и осадках, измеренных расходах воды. В главном окне также отображается список текущих задач гидролога.

В специальном разделе программы реализована среда для анализа и создания кривых  $Q = f(H)$  (см. рисунок 2). По данным архивных наблюдений, находящихся в базе данных Гисметео, кривая может быть построена как методами математической аппроксимации, включая построение кривой Глушкова, полиномиальную аппроксимацию и кусочно-полиномиальную аппроксимацию [1], так и вручную с помощью наглядного графического инструмента. Создаваемая или редактируемая кривая содержится в списке кривых поста и могут быть выбраны в качестве текущей для оперативного расчета.

Также в системе присутствует раздел для настройки параметров оперативного расчета в зависимости от фазы водного режима и особенностей реки.

*Оперативный расчет стока в программном комплексе GISMETEO.HYDRO.* Задача оперативного расчета стока сводится к определению расхода воды на основе поступившего уровня воды, измеренного на гидрологическом посту. Кривая связи расходов и уровней может быть однозначной, то есть значение отклонения измеренного расхода от кривой не выходит за рамки доверительного интервала среднеквадратического значения рассеяния многолетней связи расходов и уровней, и тогда расход определяется по кривой, а новые измеренные расходы служат для контроля её однозначности. В случае, если кривая неоднозначна, требуется рассчитать поправку на расход, рассчитанный по кривой, и к этому сводятся методы оперативного расчета расходов при неоднозначности кривой  $Q = f(H)$ .

Основные методы расчета включают метод оптимальной экстраполяции, который позволяет рассчитать оперативный расход, основываясь на двух или одном из последних измеренных расходов, либо с использованием автокорреляции отклонений измеренных расходов от кривой  $Q=f(H)$  за весь период наблюдений на посту. Автокорреляционная функция строится отдельно для лет разной водности. Эти методы применяются при открытом русле. Параметры расчета и график автокорреляционной функции помещены в разделе Комплекса, посвященном подготовке к новому гидрологическому сезону.

В переходные весенний и осенний периоды, когда причиной отклонения от кривой расходов являются ледовые явления, ранее в гидрологической практике применялись  $K_{зим}$  [2], вычисляемые как отклонение измеренных расходов от расходов по кривой и отображаемые на комплексном графике. В нашем Комплексе применяется более современный метод расчета, рекомендованный ГГИ[1], основанный на накоплении соответственно положительных или отрицательных температур воздуха, определяющих замерзание или стаивание ледяных образований. Коэффициенты уравнений рассчитываются по данным прошлых лет в специальном разделе Комплекса.

В осенний переходный период спад уровней также может определяться по формуле Буссинеска, основанной на решении дифференциального уравнения фильтрации подземных вод. Используемая в формуле константа истощения малоизменчива для различных водосборов и может быть получена обратным пересчетом по данным прошлых лет. Этот метод и определение его параметров также реализованы в нашем Комплексе.

Ещё одной проблемой при оперативном расчете стока является зарастание русла. Вместо принятых ранее  $K_{зар}$ , в Комплексе используется подход, основанный на построении косинусоидальной автокорреляционной функции отклонений расходов от кривой  $Q=f(H)$ .

В Комплексе реализован прогноз или точнее говоря оперативный расчет притока воды в водохранилище. При поступлении нового уровня воды, относящегося к одному из постов, расположенных на притоках водохранилища, производится расчет по формуле притока, принятой для данного водохранилища и редактируемой в специальном разделе Комплекса. При поступлении нового измеренного расхода производится коррекция рассчитанного притока с учетом этого расхода. Также рассчитываются ежедекадные и ежемесячные значения притока воды в водохранилище.

*Данные в работе Комплекса.* Данные, поступающие из внешних источников, накапливаются в базе данных и используются в оперативном расчете. Данные могут быть также загружены вручную, например, в формате CSV. Это касается и координат кривых  $Q=f(H)$ , которые могут быть загружены из файла или внесены вручную в таблицу. Импорт данных организован так, чтобы обеспечить наилучшую совместимость комплекса с другими программами, применяемыми при оперативном учете стока, такими как РЕКИ-РЕЖИМ, ГВК-Озера и т.д.

Любые данные в табличном виде и графики, отображаемые в окнах Комплекса могут быть выведены на печать. Кроме того в программе присутствует раздел меню для печати таблиц из экранных форм для оперативного учета стока в соответствии с новыми нормативными документами.

*Интерактивная система задач.* В работе гидролога-прогнозиста необходим постоянный контроль и оперативность внесения исправлений, обработки информации и её доставки до потребителя. В Комплексе GISMETEO.HYDRO реализована уникальная система интерактивных

задач, где каждое гидрологическое событие формирует отдельную задачу, которая может быть развернута в отдельном окне и предполагает различные способы взаимодействия гидролога с программой. Такой подход полностью исключает пропуски данных и ошибки, возникающие по причине невнимательности. В задачах в том числе возможна коррекция данных, переход к формированию телеграммы[4] и любые другие возможности, которые предполагает то или иное событие на гидрологическом посту.

Работа над Комплексом в настоящее время продолжается, функционал расширяется в сторону универсальности применения Комплекса как в подразделениях Росгидромета, так и на предприятиях различного профиля. Комплекс соответствует международным стандартам и нормативным документам Всемирной метеорологической организации. Планируется разработка интерфейса на английском языке и адаптация программы к форматам данных, принятых в других странах.

#### *Список использованных источников*

1 Методы оперативной обработки гидрологических данных наблюдений за уровнями и расходами воды и оперативного учета стока. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). СПб. *Документ подготовлен к печати.*

2 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Гидрологические наблюдения и работы на речных станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на больших и средних реках. Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 384 с.

3 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. III. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. – Л., Гидрометеиздат, 1958. – 292 с.

4 Код для передачи данных гидрологических наблюдений на реках, озерах и водохранилищах КН-15. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 36 с.