

УДК. 627 891: 681.332 681.518.3: 551.501: [556.535 + 551.577]

## ВОЗМОЖНОСТИ БЕЛАРУСИ В СОЗДАНИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Рогунович В.П., д.т.н., профессор  
Белорусский национальный технический университет  
e-mail: ROGVP@cosmostv.by

*Дело умных - предвидеть беду,  
Дело храбрых – управляться с бедой  
Питтак, 600 до Р.Х.*

*На территории Беларуси увеличивается количество экстремальных ситуаций, приносящих большие потери: разрушение жилых строений, памятников культуры и др. Оценена зависимость между временем раннего оповещения и уменьшением материальных ущербов: за 1 час – (0,5–0,8) %, за 1 сутки – (12–15) %, за 2 суток – (25–30) %. Следовательно, уменьшать ущербы возможно использованием систем раннего оповещения. Систематизированы предложенные автором математические модели систем водотоков и программные средства моделирования движения воды и процессов переноса примесей в них, автоматические средства измерений количественных и качественных характеристик воды. Подчеркнута необходимость формирования научно-технических предпосылок создания автоматической измерительной информационной системы раннего оповещения (ИИС РО).*

*The quantity of extreme situations in Belarus hydrosphere is being increased bringing a lot of trouble: destroyed buildings and culture monuments, human death, etc. The function between early information term and the damage decrease is established: in 1 hour – (0,5–0,8) %, in 1 day – (12–15) %, in 2 day – (25–30) %. To reduce this damage the systems of early information are called. The devices for mathematic models of river systems and water flowing with admixture transportation processes creation as well as the automatic devices for quantity and quality water characteristics measuring are proposed and systemized by the author premising to automatic measuring systems of early information creation.*

(Поступила в редакцию 26 марта 2010 г.)

### ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире участились экстремальные природные явления. Возникла противоречая здравому смыслу ситуация: чем выше уровень цивилизации, тем больше ущерб от экстремальных явлений. К сожалению, Республика Беларусь не оказалась исключением. Ежегодно на территории Беларуси отмечается 25–30 опасных гидрометеорологических явлений, влекущих серьезные экологические и экономические последствия [1]. Чрезвычайные ситуации гидрометеорологического характера по количеству стоят на втором месте после пожаров [1]. Увеличилось количество шквальных дождей и ветров. Если за период 1981–1990 гг. шквалов было 18, за период 1991–2000 гг. – 44, то только за 2005 год их было 33, а в 2006 г. – 44 [2–4]. Шквал в районе Немиги в июне 1999 г. привел к гибели 53 девушек и юношей. Несколько позже в том же районе Минска шквальные ливни затопили улицы (по ним плавали автомобили), что нанесло ущерб гражданам, городскому хозяйству, кафе и магазинам и т. п.

Участились попадания в водные объекты химических загрязнений и нефтепродуктов.

Анализ чрезвычайных ситуаций на водохранилищах и прудах Республики Беларусь, выполненный Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды [2],

показал необходимость более тщательного изучения состояния гидротехнических сооружений, установленный срок технической эксплуатации которых заканчивается или даже закончился. Они исчерпали срок безаварийной работы. Только в 2006 г. на гидротехнических сооружениях произошли две аварии. Оценки чрезвычайных ситуаций за предыдущие годы показали, что инциденты на гидротехнических сооружениях повторяются ежегодно [2]. Существует вероятность разрушения плотин водохранилищ, расположенных выше больших городов.

Цель статьи – систематизация накопленных и рассеянных по различным источникам сведений о научно-техническом потенциале, позволяющих создавать современные автоматические измерительные информационные системы раннего оповещения (ИИС РО). Представлены во многом уникальные научно-технические результаты, полученные автором и его учениками. Обобщены полученные другими авторами научно-технические решения, которые целесообразно использовать при создании эффективной ИИС РО в Республике Беларусь.

### ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ИИС РО В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Для принятия эффективных решений, с одной стороны, необходимо попытаться понять причины современного обострения ситуации в гидросфере, а с другой – разрабатывать технологии, которые могут уменьшить ущербы от водного фактора и повысить экологическую безопасность. Кратко перечислим возможные первопричины экстремальных явлений в гидросфере.

На экстремальные природные явления в принципе не может не влиять потепление климата Земли. Поэтому интересны количественные оценки вклада этого фактора в экстремальные природные явления. Прежде всего, необходимо рассмотреть возможные первопричины современного потепления. Некоторые из них общепризнанны: циклы солнечной активности, парниковый эффект. Однако малоизвестна количественная оценка их влияния на экстремальные природные явления.

В статье [5] количественно оценен вклад (примерно в 92 %) повышения солнечной активности в современное потепление на территории Беларуси. Следовательно, увеличение солнечной активности – первопричина всех причин. Приведены оценки влияния потепления на частоту возникновения больших наводнений (коэффициент корреляции  $R = +0,6$ ), выдающихся наводнений ( $R = -0,6$ ) и шквалов ( $R = +0,6$ ). Следовательно, вклад потепления в наводнения примерно 40 %.

Выявлена тесная связь (коэффициент корреляции  $R = +0,99$ ) между количеством больших наводнений и шквалов. Следовательно, большие наводнения обуславливают возникновение шквалов.

Попытаемся дать физическое объяснение этому факту, основываясь на данных по территории Беларуси. Начиная с 1970 г., солнечная активность повышалась, следовательно, совокупный поток лучистой энергии интенсифицировался. В среднем, 65 % солнечной энергии поглощается Землей, причем поверхности Земли и воды нагреваются по-разному из-за физических свойств. При одинаковых условиях инсоляции суша нагревается и охлаждается значительно интенсивнее, чем вода. Это зависит, прежде всего, от теплоемкости. Теплоемкость воды значительно больше, чем теплоемкость растительности и пахоты. Кроме того, солнечные лучи, падающие на твердую поверхность, нагревают ее непосредственно, а лучи, падающие на водную поверхность, проникают на значительную глубину и нагревают не только верхние, но и более глубокие слои. Тепло распространяется на большую массу воды, и поверхность воды нагревается значительно меньше. Поэтому у поверхности земли возникают большие горизонтальные градиенты температуры, следовательно, и большие градиенты давлений. Такие условия создаются на относительно равнинной территории Беларуси во время больших наводнений, когда затапливаются широкие поймы – ширина затапливаемой поймы на Припяти у г. Турова достигает 30 км. Этим можно попытаться физически объяснить высокий коэффициент корреляции ( $R = +0,99$ )

для больших наводнений и шквалов. Поэтому увеличивается количество разрушительных шквалов [3, 4].

Из изложенного следует, что примерно 40 % вклада в наводнения вносит потепление, однако не оценен даже состав других факторов, влияющих на экстремальные явления в гидросфере, а их доля – 60 %. Попытаемся рассмотреть, на наш взгляд, самые значительные.

Несомненно, большое значение имеет техногенный фактор. Гидрологические оценки характеристик водного режима рек изменились в связи с современным интенсивным, но слабоорганизованным использованием пойм, которые застраиваются без надлежащего инженерного обоснования. В нижних бьефах водохранилищ неорганизованно построены многочисленные жилые, культурные и хозяйственные сооружения, без достаточных гидрологических и гидравлических обоснований. В настоящее время находятся в эксплуатации более 30 малых ГЭС. По перспективной программе развития ГЭС планируется построить на крупных реках (Западная Двина, Днепр, Неман) 9–10 водохранилищ (см., например, [6]). Все это в течение короткого времени существенно меняет гидрологическую ситуацию в бассейнах рек и поэтому не позволяет на основе имеющихся длительных наблюдений прогнозировать водный режим и характеристики качества воды статистическими методами, надежно устанавливая для вновь строящихся объектов экстремальные состояния. Такие изменения не могли учитываться и при проектировании построенных ранее гидротехнических объектов.

Не исключена также вероятность осуществления террористических актов. Поэтому увеличивается опасность возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях и динамического воздействия волн на объекты в нижних бьефах водохранилищ. Многие большие водохранилища Беларуси расположены выше крупных городов, например Заславское – выше г. Минска, Вилейское – выше г. Вилейки.

Следовательно, в последнее время потепление, интенсивное обустройство пойм, строительство гидросооружений существенно изменяют водный режим бассейнов рек, и потому становится невозможным надежно прогнозировать сложившимися статистическими методами экстремальные воздействия на водные объекты. В возникшей новой ситуации оперативная оценка экстремальных количественных и качественных характеристик вод возможна только с созданием ИИС РО в речных бассейнах.

Представляется достаточно очевидным, что без количественной оценки влияния на воды бассейна самой активной части гидросферы – атмосферной влаги – также обойтись невозможно.

Необходимо подчеркнуть, что ущерб от экстремальных ситуаций в бассейнах рек продолжает увеличиваться во всех странах. Поэтому регулярно проводятся Международные конгрессы специалистов, посвященные исключительно экстремальным явлениям в гидросфере. К примеру, последний подобный конгресс состоялся в Новосибирске в 2005 г. [7–9].

Жилые, хозяйственные и культурные объекты многих поселений, расположенные в нижних бьефах водохранилищ, фактически не защищены от динамического воздействия при возникновении экстремальных режимов затопления. Они построены без учета сложившейся современной гидрологической ситуации и необходимых гидравлических обоснований.

Практически во всех странах Америки и большинстве стран Западной Европы созданы измерительные информационные системы (ИИС) контроля состояния водных объектов бассейнов рек. В настоящее время действует самая большая ИИС получения и сбора в Центр приема и обработки данных (Вашингтон) информации о состоянии водных объектов всего Американского континента. ИИС начала создаваться в 1975 г. в США. В 1978 г. к системе присоединились сначала Канада, затем Мексика, Чили и другие страны. В настоящее время к системе подключено более 50 тысяч автоматических станций, которые передают информацию об уровнях, расходах и характеристиках (до 20) качества воды в реальном времени через геостационарный спутник Земли. Аналогичные системы имеются

в Англии, Германии, Франции. Можно отметить, что часть автоматических станций Англии для сбора информации использует геостационарный спутник Земли. В Японии в бассейне р. Кокагава создана автоматическая измерительная управляющая система [10].

В Республике Беларусь в настоящее время нет средств оперативного слежения в реальном масштабе времени за состоянием гидросферы и по этой причине нет средств раннего оповещения. Не вырабатываются варианты эффективных управленческих решений. Лица, принимающие решение, особенно в чрезвычайных ситуациях, за короткое время физически не в состоянии выбрать эффективное управление, что будет приводить к большому ущербу и потерям.

Таким образом, глобальное потепление, интенсивно изменяющиеся гидрологические и гидравлические условия в бассейнах рек формируют в гидросфере экстремальные ситуации, влекущие серьезные экологические и экономические последствия [1], и приводят к необходимости создания автоматических ИИС РО в речных бассейнах.

Республикой Беларусь накоплен значительный, во многом уникальный, потенциал, который можно эффективно использовать для создания автоматических ИИС РО в речных бассейнах. В данной статье сделана попытка его представления.

В связи с изложенными основными функциями ИИС РО бассейнов рек могли бы быть:

- прогноз режима изменения количественных характеристик водных ресурсов (уровней и расходов) с помощью математических моделей движения воды;
- прогноз режима изменения качественных характеристик водных ресурсов (концентраций примесей) с помощью математических моделей переноса;
- автоматическое измерение количественных (уровни, расходы) характеристик воды в представительных створах;
- автоматическое измерение качественных (концентрации примесей) характеристик воды в представительных створах;
- слежение за концентрацией и миграцией влаги в атмосфере для прогноза мест выпадения интенсивных локальных осадков и возникновения шквалов;
- сбор, прием и обработка данных в Центре приема и управления.

### **Возможности Беларуси в создании ИИС РО в речных бассейнах**

**Создание математических моделей систем водотоков.** В Республике Беларусь разработано и апробировано программное обеспечение для создания математических моделей систем водотоков, позволяющее по координатам характерных сечений и локальным по периметру коэффициентам шероховатости вычислять параметры, необходимые для расчета водного режима и переноса примесей и упорядочивать их на графе системы водотоков. Предусмотрена возможность идентификации параметров моделей. Комплекс многократно апробирован на моделировании реальных систем водотоков, в том числе и на представленных ниже объектах.

**Математические модели движения воды в системах водотоков.** Существенные особенности движения воды в сложных системах водотоков Беларуси широкими поймами невозможно учесть, используя в качестве исходной непосредственно систему уравнений движения Сен-Венана. Исследования В.С. Никифоровской [11] показали, что приемлемой точности расчетов достичь невозможно как при условии учета всей поймы (как аккумулирующей емкости – М.В. Эббот), так и при учете всей поймы в живом сечении суммарно с сечением водотока по обычным гидравлическим зависимостям. Поэтому на основе использования работ школы акад. РАН О.Ф. Васильева [12–14] (А.А. Атавина, А.Ф. Воеводина, М.Т. Гладышева, С.М. Шугрина) нами была предложена обобщенная система одномерных уравнений движения [15]. При получении уравнения непрерывности использован закон сохранения массы. В него вошли характеристики всего водного сечения водотока, включая русло и пойму. В динамическом уравнении движения предложено использовать только характеристики живого сечения, т. е. транзитных частей сечения поймы и русла, поскольку динамическое уравнение получено из закона сохранения импульса,

который вне транзитных зон сечения равен нулю. Получены следующие обобщенные уравнения нестационарного движения воды [15, 16], пригодные к использованию в случаях выхода потока на сложную широкую пойму:

$$\begin{cases} B_0 \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q; \\ B \frac{\partial Q}{\partial t} + 2\beta v \frac{\partial Q}{\partial s} + (c^2 \cos \theta - \beta u^2) B \frac{\partial h}{\partial s} = gA \sin \theta - gA \frac{Q|Q|}{K} + \beta v \frac{\partial A}{\partial s} h, \end{cases}$$

где  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$h$  – уровень воды, м;

$A$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;

$B_0$  – ширина водного сечения, м;

$B$  – ширина живого сечения, м;

$s$  – расстояние до рассматриваемого узла от единого начала координат;

$q$  – боковая распределенная приторность, м<sup>2</sup>/с.

$K$  – модуль расхода, м<sup>3</sup>/с.,

$v$  – скорость, м/с.

В связи с первостепенной важностью оценки погрешности при моделировании с использованием в качестве исходной приведенной выше системы уравнений было выполнено моделирование водного режима эталонного объекта (Государственный гидрологический институт, участок р. Тверцы длиной 50 км). Даже создающее многочисленные волны резкое управление затворами Новотверецкой ГЭС повторяется математической моделью водного режима р. Тверцы на длине 50 км с погрешностью не более 0,2 м.

Затем было выполнено математическое моделирование систем водотоков бассейна р. Припять (суммарная длина – около 11 500 км) (рис. 1).

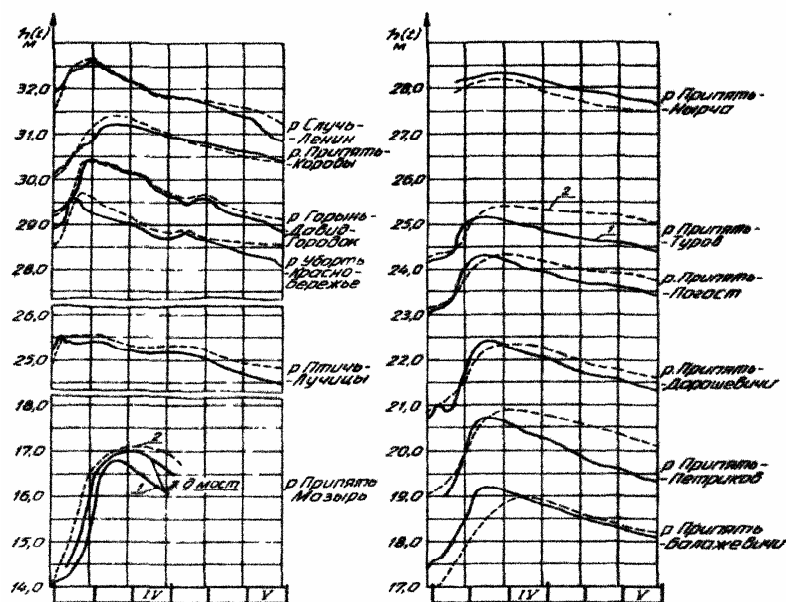


Рисунок 1 – Моделирование водного режима водотоков бассейна р. Припять для многоводного 1976 года

Средняя погрешность вычисления максимального уровня оценена с вероятностью 0,95 в 0,1 м, а с вероятностью 0,99 она не превышает 0,25 м. Детально результаты исследований представлены в работе [16].

Таким образом, в Республике Беларусь имеется потенциал для создания математических моделей водного режима сложных систем водотоков, в том числе при выходе потока на широкие поймы, что позволит прогнозировать режим изменения в них уровней, расходов и средних в живых сечениях скоростей.

В работе [17] более детально представлено описание имеющегося в Республике Беларусь потенциала, необходимого для создания ИИС водного режима бассейнов рек.

Создание больших водохранилищ в районах выше крупных городов требует моделирования прерывных волн, образующихся в случае разрушения подпорных сооружений.

Условия безопасности требуют, чтобы в составе программного обеспечения ИИС РО были средства определения для построенных и проектируемых в пойме объектов динамического воздействия на них как «прерывных», так и плавно изменяющихся волн, поскольку необходимо оценивать их устойчивость и, если необходимо, проектировать защиту.

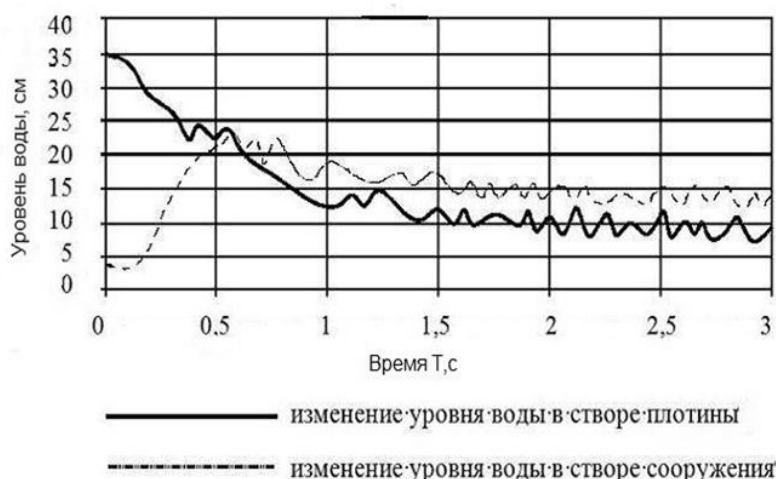
Надежно прогнозировать последствия чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидросооружений возможно только с использованием моделей и ИИС РО подсистемы, позволяющей моделировать движение воды при внезапном разрушения подпорного фронта, производить оценку динамического воздействия «прерывных» волн на сооружения в пойме.

В Республике Беларусь по многим из перечисленных проблем имеются и уникальные опыт и результаты. Кратко перечислим их.

Для оценки устойчивости, а в случае необходимости, проектирования защиты сооружений, построенных и проектируемых в нижних бьефах водохранилищ, необходимо определение динамического воздействия на них как «прерывных», так и «непрерывных» волн.

В связи с обострением ситуации [6–8] на водных объектах многих стран актуальными становятся задачи определения максимального динамического воздействия на сооружения, построенные в пойме рек. Они обычно сводятся к моделированию в лаборатории обтекания конкретного объекта прерывной волной и к определению ее воздействия на сооружения.

На рис. 2–4 представлены некоторые результаты измерений параметров прерывной волны, полученные с помощью многоканальной автоматической ИИС [18].



**Рисунок 2 – Графики режимов изменения уровней за время прохождения прерывной волны в створах плотины и сооружения**

По виду графиков изменения уровней воды в створах плотины и сооружения видно, что за малый интервал времени происходит резкий подъем уровней воды в створе

сооружения, расположенного в нижнем бьефе подпорного сооружения, хотя падение уровня воды в створе плотины не столь интенсивно.

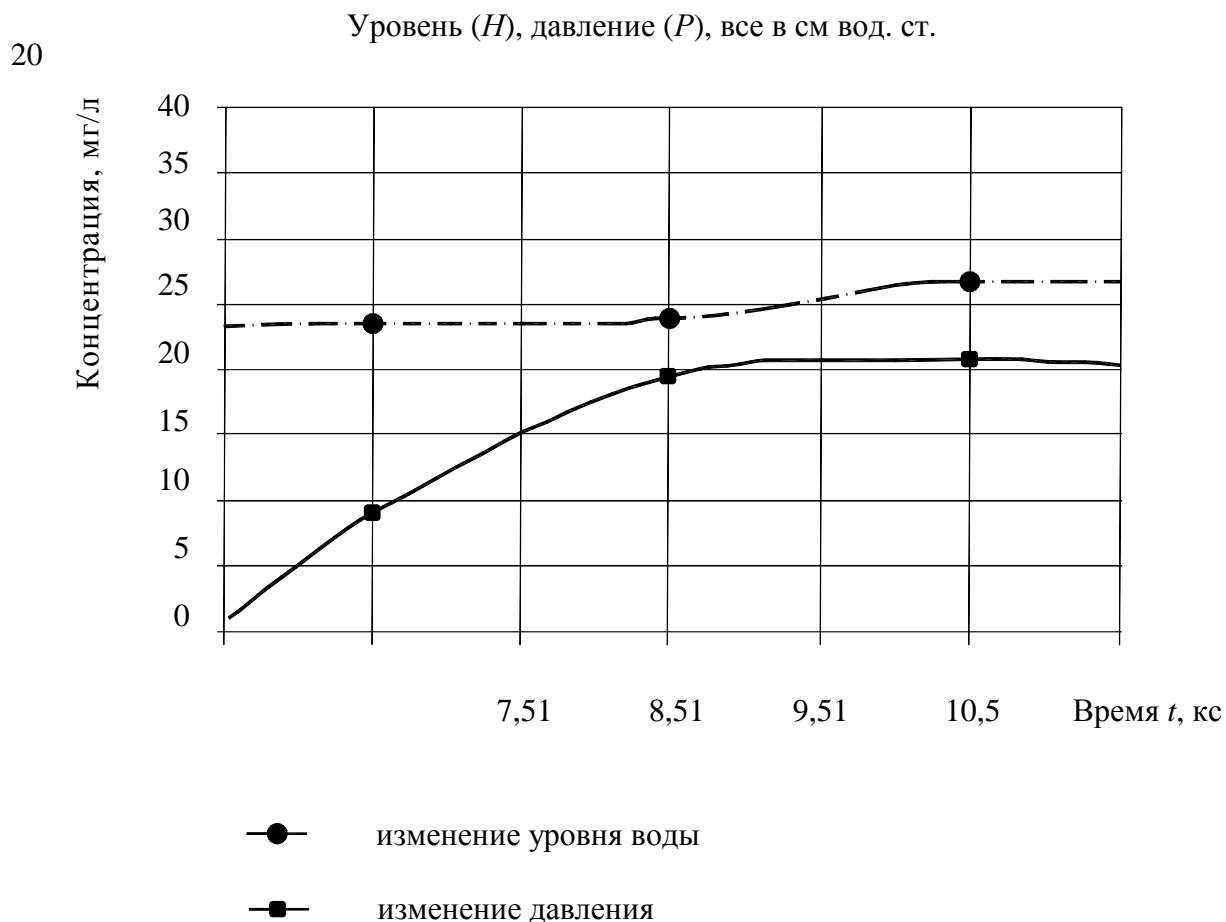
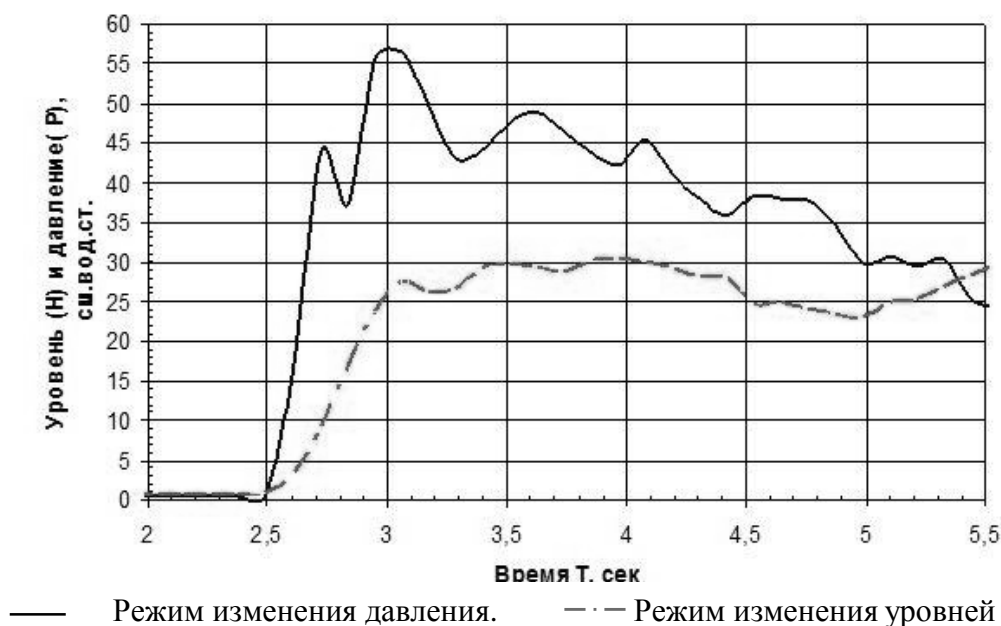


Рисунок 3 – Графики изменения режимов уровней и давления в створе сооружения при подходе прерывной волны

Из анализа графиков рис. 3 следует, что уровни в створе сооружения еще не изменились, а давление резко увеличилось.

Отметим интересные экспериментальные факты: скорость распространения давления опережает скорость распространения уровней, максимальное давление на обтекаемый объект примерно в два раза больше гидростатического.

**Математические модели переноса примесей в системах водотоков.** Моделирование и измерение качественных характеристик водных ресурсов как составной части ИИС является не менее, а может быть, более сложной и важной (с учетом их влияния на здоровье населения и окружающую среду) проблемой. На качество воды в бассейнах рек влияют многие факторы. К основным факторам в Республике Беларусь необходимо отнести воздействие предприятий химического и нефтехимического комплекса, проводящих сетей транспорта нефти и нефтепродуктов, в том числе транзитных. На них регулярно происходят аварии, ущерб от которых оценивается в сотни миллионов рублей. К примеру, при аварии 2007 г. на транзитном российском нефтепроводе Унеча – Вентспилс истекло около 5 т нефтепродуктов, часть которых попала в Западную Двину и мигрировала в Латвию. При аварии 2008 г. на нефтепроводе Унеча – Ровно истекло около 20 т нефтепродуктов, которые частично попали в водоемы. В 2009 г. произошла авария на участке Мозырь – Брест магистрального нефтепровода «Дружба». Часть нефти попала в магистральный канал мелиоративной системы.



**Рисунок 4 – Режим изменения уровней и давления во время прохождения прерывистой волны**

На химических предприятиях, которые, как правило, располагаются в бассейнах крупных, трансграничных рек (Днепр, Западная Двина, Неман), также возникают аварии. К примеру, при аварии на ПО «Полимир» в 1991 г. в Западную Двину попали цианиды. В результате в реке на протяжении сотен километров в Беларуси и Латвии погибло все живое. На поверхности воды плыла отравленная рыба, ее клевали птицы и гибли в реке. Лишь по этим признакам местным населением было обнаружено отравление реки. Отметим, что за этим участком реки ведут наблюдения службы различных рангов, но из-за отсутствия оперативных средств мониторинга ими не было вовремя обнаружено отравление воды, и, как следствие, не был осуществлен прогноз распространения цианидов в реке, оповещение населения и правительств Беларуси и Латвии. Поэтому для минимизации последствий техногенных аварий необходимо создание подсистемы ИИС оперативного мониторинга характеристик качества воды, а также моделирования переноса загрязнений в водных объектах.

Исследования и результаты математического моделирования движения воды и переноса примесей в системах водотоков детально представлены в работе [16]. Ниже будут кратко представлены уникальные опыт и результаты математического моделирования переноса примесей в водотоках.

Математическое моделирование движения примесей в системах водотоков приводит к необходимости решения на графе краевых задач для уравнения параболического типа:

$$\frac{\partial(AP)}{\partial t} + \frac{\partial(QP)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial s} \left( AD \frac{\partial P}{\partial s} \right) + Af,$$

где  $P$  – концентрация примеси;

$D$  – коэффициент дисперсии;

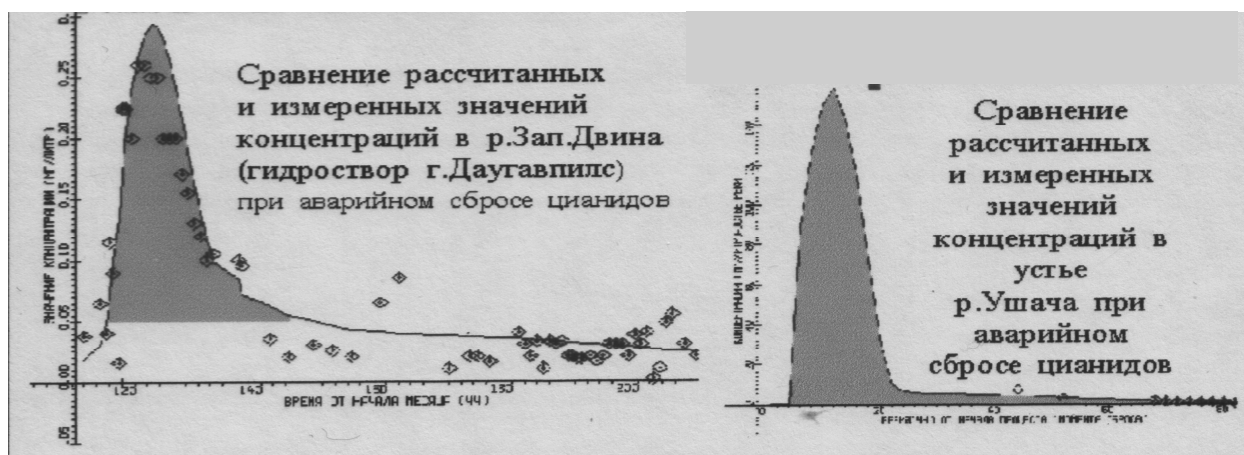
$f$  – функция, характеризующая самоочищающую способность водного объекта.

Отметим, что одним из трудно определяемых параметров уравнения переноса является коэффициент дисперсии. Поэтому в большинстве случаев он вычисляется по упрощенным аналитическим и полуэмпирическим зависимостям, позволяющим в лучшем случае получать лишь порядок оценок [19]. Уточненная методика его определения в сечениях прямоугольной



и трапецеидальной формы с оценкой погрешностей расчетов представлена в работе [16]. Оценка относительной погрешности расчета коэффициента продольной дисперсии по уточненной методике для потоков прямоугольного и трапецеидальных сечений при сравнении с имеющимися экспериментальными данными, привела к следующему результату:  $(7,7 \pm 9,3)\%$  при доверительной вероятности 0,95. По-видимому, можно говорить об удовлетворительном согласовании расчетных и экспериментальных данных и, следовательно, о наличии определенного потенциала моделирования коэффициента дисперсии, учитывая сложность процесса.

На рис. 5 представлены результаты математического моделирования движения цианидов в Западной Двине при аварии на ПО «ПОЛИМИР» в 1991 г. По наблюдениям Латвийской АН, в створе Даугавпилса восстановлен режим аварийного сброса цианидов в Западную Двину в устье р. Ушачи. Моделирование выполнялось представляемыми средствами с целью определения количества цианидов, поступившего на территорию Латвии. АН Латвии согласовала методики и результаты расчетов переноса цианидов.



**Рисунок 5 – Результаты математического моделирования движения цианидов в Западной Двине при аварии на ПО «ПОЛИМИР» в 1991 г. (светлая область на рисунке – уровень ПДК)**

Из представленных материалов следует, что в Республике Беларусь имеется и уникальный опыт математического моделирования переноса примесей в реальных водотоках.

**Средства измерений количественных и качественных характеристик воды.** Для автоматического измерения расходов и уровней воды в представительных створах создан матричный ультразвуковой измеритель для одновременного автоматического определения уровней и расходов воды. За счет матричного УЗ-прозвучивания повышается точность измерений уровней и расходов воды [20]. Опытные образцы УЗ-измерителя демонстрировались в павильоне Республики Беларусь на Всемирной выставке ЭКСПО-98. Ниже представлена принципиальная схема для одновременного автоматического определения уровней и удельных расходов воды на скоростной вертикали.

Для автоматических измерений концентрации примесей в воде разработана автоматическая гидрохимическая станция [20], опытный образец которой демонстрировался на ЭКСПО-98 в Лиссабоне. Он представлен на рис. 7. Особенность станции состоит в автоматической калибровке измерительных датчиков при существенном изменении их характеристик. Возможность работы станции в автоматическом режиме, в том числе и с передачей информации через геостационарный спутник Земли, была испытана совместно с Московским НИИ радиосвязи.

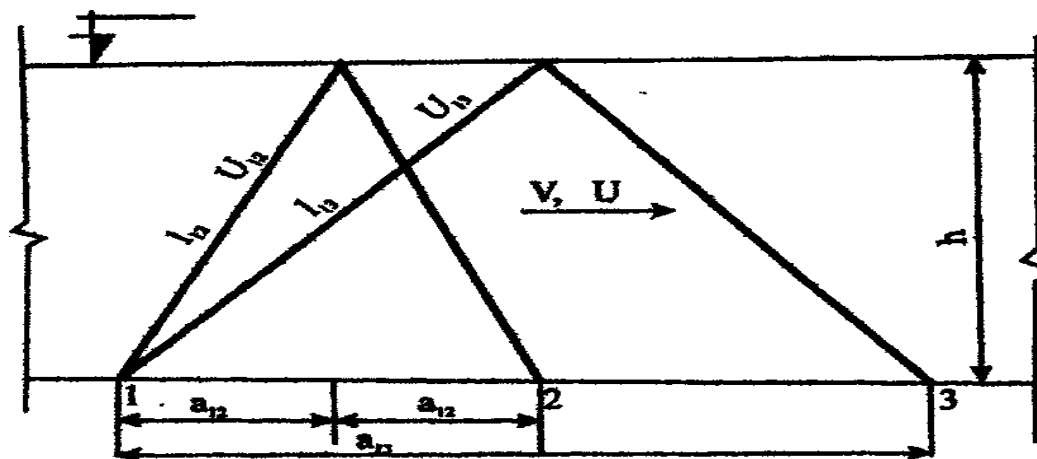


Рисунок 6 – Принципиальная схема для одновременного автоматического определения уровней и удельных расходов воды

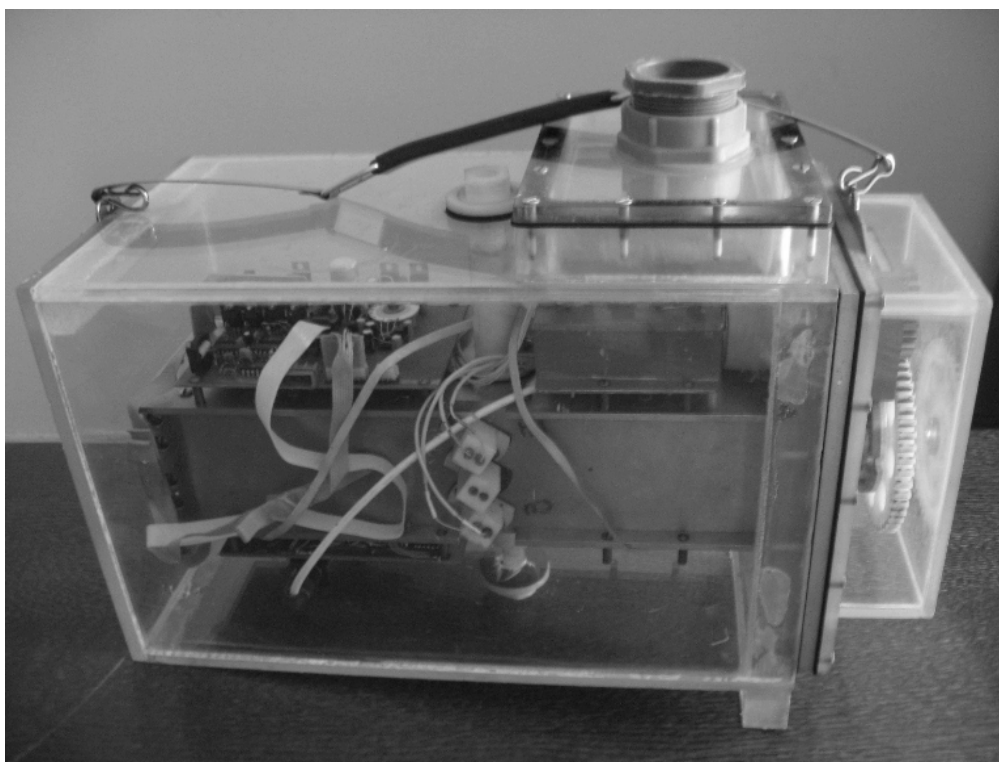


Рисунок 7 – Фото автоматической гидрохимической станции

**Средства контроля миграции влаги в атмосфере.** Представляется очевидным, что без количественной оценки влияния на возникновение шквальных дождей самой активной части гидросферы – атмосферной влаги – обойтись невозможно. Для уменьшения ущерба от шквальных ливней необходимо в ИИС создавать подсистему слежения за концентрацией, миграцией влаги в атмосфере и выпадением интенсивных локальных осадков, поскольку атмосфера – основной источник вод в экстремальных ситуациях. В настоящее время имеются серийные радарные системы обнаружения облаков. С их помощью возможна оценка количества влаги в облаках, скорости и траектории их движения.

**Средства сбора, приема и обработки данных.** В настоящее время сбор и передача цифровой информации от автоматических средств измерений в центр приема и обработки данных, осуществляемая средствами мобильной связи, проблем не вызывает.

Сотрудниками кафедры гидротехнического и энергетического строительства БНТУ совместно с кафедрой радиофизики БГУ при поддержке Министерства образования Республики Беларусь создана лабораторная многоканальная автоматическая ИИС для изучения «прерывных волн» и плавно изменяющихся течений жидкостей [18]. Она управляется из своего единого центра, работает в автоматическом режиме и способна выполнять прием и обработку данных с метрологически обеспеченной оценкой погрешности измерений от сотен разнородных датчиков. Если заменить в созданной лабораторной многоканальной автоматической ИИС системе передачу информации по проводам на передачу по радиоканалу, то созданная ИИС может стать основой Центра приема и обработки данных ИИС РО бассейнов рек.

На наш взгляд, на первом этапе необходимо создавать ИИС РО на плотно заселенных паводкоопасных территориях, в нижних бьефах водохранилищ, в зонах размещения опасных химических и нефтехимических производств, как подсистему бассейновой ИИС. ИИС РО должны автоматически отслеживать текущее состояние гидросферы в реальном масштабе времени (влажность, содержание туч, прогноз их траектории движения, мест выпадения осадков), моделировать движение воды в водотоках, включая защищаемые территории и системы водоснабжения населенных пунктов, а также концентрации загрязнений в водных объектах. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций ИИС РО должны обеспечить получение данных о текущем состоянии речных бассейнов и с помощью математических моделей прогнозировать развитие ситуации.

В связи с изложенными основными функциями ИИС РО могли бы быть:

- слежение за концентрацией и миграцией влаги в атмосфере с целью прогнозирования мест выпадения интенсивных локальных осадков и возникновения шквалов;
- автоматическое измерение количественных (уровни, расходы) и качественных (концентрации примесей в воде) характеристик воды в представительных створах;
- прогноз количественных и качественных характеристик водных ресурсов с помощью математических моделей движения воды и примесей в ней;
- передача алфавитно-цифровой информации по радиоканалам мобильной связи;
- сбор, прием и обработка данных в Центре приема и управления, который должен стать одной из служб МЧС Республики Беларусь.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Республике Беларусь в настоящее время нет средств оперативного – в реальном масштабе времени – слежения за состоянием гидросферы и по этой причине нет средств раннего оповещения, поэтому не вырабатываются варианты эффективных управленческих решений. Создание ИИС РО, включающей средства оперативных измерений, моделирования, передачи в Центр приема и обработки данных информации о количественных и качественных характеристиках воды речных бассейнов могло бы быть началом перехода к эффективному бассейновому принципу управления водными ресурсами [21, 22].

Получение, сбор, прием, обработка оперативных данных, прогноз изменения характеристик водных ресурсов и выработка эффективных вариантов оперативного управления в чрезвычайных ситуациях, на наш взгляд, должны выполняться Центром приема и управления водными ресурсами Республики Беларусь – спецслужбой МЧС при участии Минприроды и Минжилкомхоза Республики Беларусь.

Лица, принимающие решение, особенно в чрезвычайных ситуациях, за короткое время физически не в состоянии выбрать достаточно эффективное управление, что приводит, и будет приводить к большому ущербу. Вместе с тем, в настоящее время, как представлено в статье, существуют необходимые и достаточные предпосылки создания локальных ИИС

РО. На последующих этапах развития ИИС РО должна обосновывать варианты эффективных управленческих решений по минимизации последствий ЧС, т. е. превращаться в локальные измерительные управляющие системы. Такие системы позволят уменьшать гибель людей, ущерб от затоплений и шквалов, определять динамическое воздействие на сооружения, построенные и проектируемые на поймах, обосновывать их конструкцию и защиту от разрушений.

Создание ИИС РО в Беларуси могло бы стать прологом разработки аналогов в странах СНГ, например в Краснодарском крае, поскольку Краснодарское водохранилище располагается выше города, и в водохозяйственной системе края неоднократно возникали ЧС с большими ущербами и жертвами.

Работа выполнена частично в рамках исследований по ГППИ «Снижение рисков чрезвычайных ситуаций», задание 36 «Разработать методику и алгоритм прогнозных расчетов переноса химических загрязнений водотоками и водоемами при техногенных ЧС на основе ГИС технологий».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Герменчук, М.Г. Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь / М.Г. Герменчук, В.И. Мельник // Природные ресурсы. – 2007. – № 3. – С. 95–97.
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2006 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. – Минск : БЕЛ. НИЦ «Экология», 2007. – 350 с.
3. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси : справочник / Респ. гидрометеорологический центр. – Минск : Бел НИЦ «Экология», 2002. – 132 с.
4. Изменение климата и последствия / В.Ф. Логинов [и др.] ; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск : ОДО «Тонпик», 2003. – 330 с.
5. Рогунович, В.П. Потепление и экстремальные природные явления в гидросфере Беларуси / В.П. Рогунович // Природные ресурсы. – 2009. – № 1 – С. 89–94.
6. Круглов, Г.Г. Опыт натурных исследований гидроузлов неэнергетического назначения и малых ГЭС с целью их восстановления / Г.Г. Круглов, Н.Н. Линкевич // Строительная наука и техника. – 2008. – № 6. – С. 92–94.
7. Asarin, A. Flood control systems in Russia / A. Asarin / NATO Science er. IV. – 2007. – Vol. 78. – P. 353–362.
8. Kathleen, P. Studies of ice jam flooding in The United States. / P. Kathleen, P. White, M. Andrew / NATO Science er. IV. – 2007. – Vol. 78. – P. 255–268.
9. Pilarczyk, W. Flood Protection and Management in the Netherlands / W. Pdlarczyk / NATO Science Ser. IV. – 2007. – Vol. 78. – P. 385–407.
10. Духовный, В.А. Орошение земель Японии / В.А. Духовный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – № 7. – С. 31–35.
11. Никифоровская, В.С. О численных моделях неустановившихся течений в руслах с поймами / В.С. Никифоровская // Динамика сплошной среды. – 1978. – Вып. 35. – С. 89–98.
12. Атавин, А.А. Разрывные течения в открытых руслах / А.А. Атавин, О.Ф. Васильев // Межведомственный симпозиум «Гидравлические и гидрологические аспекты надежности и безопасности гидротехнических сооружений». – СПб. : ВНИИГ, 2002. – 121 с.
13. Атавин, А.А. О разрывных течениях в открытых руслах / А.А. Атавин, М.Т. Гладышев, С.М. Шугрин // Динамика сплошной среды. – 1975. – Вып. 22. – С. 37–64.
14. Васильев, О.Ф. О расчете прерывных волн в открытых руслах / О.Ф. Васильев, М.Т. Гладышев // Механика жидкости и газа. – 1966. – № 6. – С. 184–189.
15. Рогунович, В.П. Расчет водного режима систем водотоков // Всес. симпозиум «Численные методы в гидравлике», Телави, 14–18.04.1980. – Л., 1980. – С. 54–57.
16. Рогунович, В.П. Автоматизация математического моделирования движения воды и примесей в системах водотоков / В.П. Рогунович. – Л. : Гидрометеоиздат, 1989. – 264 с.

17. Рогунович, В.П. Средства для эффективного обустройства бассейнов рек / В.П. Рогунович // Природопользование. – 2009. – № 15. – С. 88–94.
18. Рогунович, В.П. Автоматическая измерительная информационная система (ИИС) для исследования разрывных и плавноизменяющихся течений / В.П. Рогунович [и др.] // Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С. 8–12.
19. Мак-Доуэл, Д.М. Гидравлика приливных устьевых рек / Д.М. Мак-Доуэл, Б.А. Коннор ; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
20. Рогунович, В.П. Результаты испытаний автоматической гидрологической станции / В.П. Рогунович. [и др.] // Водные ресурсы. – 1999. – № 6. – С. 91–100.
21. Гуринович, А.Д. Варианты реформирования системы управления водопользованием и водоотведением в Республике Беларусь / А.Д. Гуринович // Бел. экономич. журнал. – 2008. – № 3. – С. 116–133.
22. Иванович, М.М. Бассейновый принцип водопользования / М.М. Иванович // Юридический журнал. – 2008. – № 1. – С. 101–104.