



Автоматизированный эколого-аналитический мониторинг источников загрязнения поверхностных вод

Андрей Бодяжин, Вячеслав Трофанчук

В статье описан судовой природоохранный комплекс «Волга», решающий задачи экологического мониторинга в акватории Куйбышевского водохранилища. Уделяется внимание всем составляющим комплекса. Показано, что реализованная на базе современных средств автоматизация процедур анализа, сбора и обработки информации с возможностью ее оперативного отражения и архивирования существенно увеличивает эффективность контроля параметров водной среды.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение экологической безопасности Республики Татарстан и своевременное предупреждение чрезвычайных ситуаций требуют использования современных методов и средств эколого-аналитического контроля, в том числе и средств оперативного анализа состояния поверхностных вод Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ. Особую актуальность имеет контроль качества поступающих в республику транзитных вод, поскольку основная масса речного водосбора формируется в сопредельных с Татарстаном республиках и областях.

К числу наиболее актуальных проблем относятся создание и разработка новых приборно-методических средств для оперативного автоматизированного контроля и управления качеством поверхностных вод. Эта работа проводится в рамках развития системы оперативного контроля и управления качеством вод.

Система предназначена для решения следующих задач:

- экспресс-оценки состояния водного объекта;
- определения тенденции и своевременного выяв-

ления начала развития опасного уровня загрязнения;

- незамедлительной передачи информации водопользователям и контролирующим органам;
- оперативного прогнозирования ожидаемых изменений качества воды и выдачи рекомендаций по проведению экстренных мероприятий для ликвидации источников загрязнения водного объекта.

Система состоит из двух взаимосвязанных подсистем: оперативного контроля и управления качеством водных ресурсов. Их взаимосвязь обусловлена тем, что управление основывается на той информации, которую получают в процессе контроля. Накопленный

опыт решения задач повышения оперативности контроля показывает, что традиционные методы, основанные на эпизодическом отборе проб воды из водных объектов, связаны с большими затратами труда и времени на анализ, неэкономичны и малоинформативны. Одним из путей решения этой проблемы является комплексная автоматизация процедур анализа, сбора и обработки информации.

Особая роль в системе оперативного контроля отводится автоматизированным передвижным лабораториям (судовым, автомобильным). Судовой природоохранный комплекс «Волга», разработанный и выпускаемый АОЗТ НПО «Гранит-НЭМП» (г. Санкт-Петербург), смонтирован

на патрульном катере и даёт возможность по ходу движения судна или на якорной стоянке определять в автоматическом режиме ряд гидрофизических и гидрохимических показателей воды. Кроме этого, техническое оснащение комплекса позволяет проводить дистанционное обнаружение нефтяной пленки, разлитой на поверхности воды, вы-



Патрульное судно эколого-аналитического контроля «Фламинго»

полнять ультразвуковое лоцирование толщи воды с целью обнаружения загрязненных слоев, осуществлять визуальный осмотр подводного пространства с обзором размещенных в нем объектов. Использование такого мобильного комплекса позволяет многократно расширить площадь контролируемой акватории и оперативно анализировать характеристики воды в труднодоступных точках в зависимости от создавшейся обстановки. Сочетание общего контроля водной поверхности с контролем точечных источников загрязнения дает возможность быстро выявить источник залповых выбросов и «виновника» возникшей аварийной ситуации.

Наличие загрязняющих веществ в природных водах приводит к изменению их основных гидрофизико-химических параметров, таких как концентрация ионов водорода (рН), содержание растворенного кислорода (O₂), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), температура (Т), удельная электропроводность (σ). Из этих пяти показателей четыре (рН, O₂, Т, σ) входят в предложенный международной конвенцией МАРПОЛ 73/78 перечень контролируемых показателей водной среды. При всей своей разнородности принятые в США, Англии и многих других странах концепции охраны гидросферы опираются на приоритетный контроль именно указанных интегральных показателей качества природной среды.

АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСА

- В состав комплекса «Волга» входят:
- носовая погружаемая система контроля параметров водной среды в приповерхностном слое на глубине до 1 м с устройством непрерывного отбора и подачи на борт судна проб воды;
 - буксируемая система контроля параметров водной среды на глубине до 30 м с устройством непрерывного отбора и подачи на борт судна проб воды;
 - система гидрохимического экспресс-анализа в проточном режиме содержания ряда веществ-загрязнителей (хлоридов, фторидов, фосфатов, нитратов, нитритов, ионов аммония, железа, фенола, нефтепродуктов) в непрерывно подаваемых на борт судна пробах воды;
 - система дистанционного обнаружения нефти и нефтепродуктов;



Рис. 1. Оборудование центрального поста

- телеуправляемый подводный обзорный аппарат;
- система непрерывного отбора проб воды;
- устройство непрерывного отбора проб воды из придонного слоя на стоянке судна;
- устройство отбора проб донного грунта на стоянке судна;
- система ультразвукового зондирования толщи воды для обнаружения инородных включений;
- система спутниковой навигации.

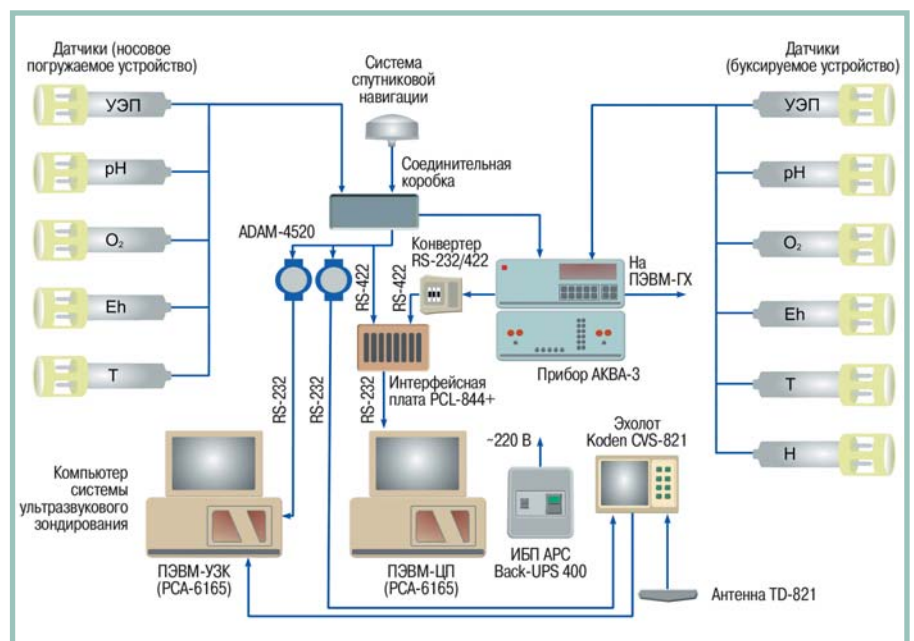
Особое место в составе комплекса занимает центральная вычислительная система (ЦВС), обеспечивающая обработку, документирование, архивирова-

ние информации. ЦВС позволяет оформить документы по результатам патрулирования, нанести на карту маршрута движения отметки о наличии веществ-загрязнителей, точки отбора проб и т.д.

Центральная вычислительная система

В состав ЦВС комплекса «Волга» входят две ПЭВМ: одна из них размещена на посту лаборатории гидрохимии (ПЭВМ-ГХ), другая — на центральном посту (ПЭВМ-ЦП — рис. 1). При эксплуатации комплекса необходима совместная работа операторов обоих постов.

ПЭВМ-ЦП, входящая в оборудование центрального поста комплекса (рис. 2), построена на базе аппаратных средств фирмы Advantech с использованием шасси промышленного компьютера IPC-610, процессорной платы Pentium половинного размера PCA-6151 (166 МГц, 64 Мбайт ОЗУ, интерфейс VGA), платы ввода-вывода PCL-724 и пассивной объединительной платы PCA-6114. Питание компьютера обеспечивается блоком бесперебойного питания APC Back-UPS 400. Ввод в ПЭВМ-ЦП информации от датчиков реализован через интеллектуальную интерфейсную плату PCL-844+ фирмы Advantech, согласующую потоки данных из разных источников.



Условные обозначения:

- ИБП — источник бесперебойного питания; УЭП — датчик удельной электрической проводимости;
- рН — датчик концентрации ионов водорода; O₂ — датчик содержания кислорода;
- Eh — датчик окислительно-восстановительного потенциала; Т — датчик температуры;
- Н — датчик гидростатического давления.

Рис. 2. Схема аппаратуры центрального поста комплекса и смежного оборудования

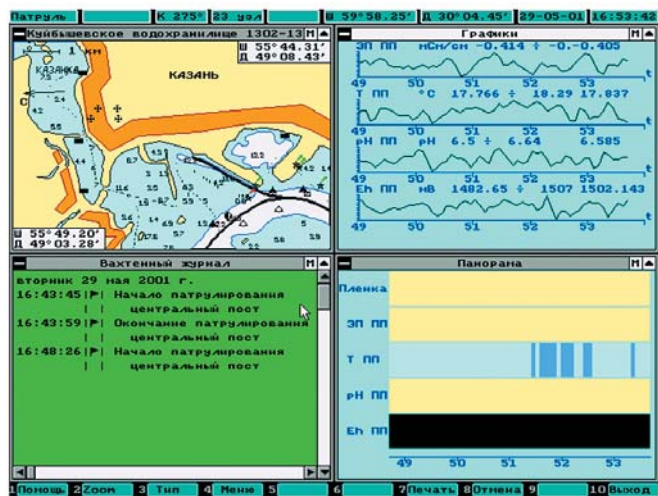


Рис. 3. Копия экрана рабочей программы центрального поста

ПЭВМ-ГХ использует плату с процессором типа 80486 DX4 и установлена в компактном шасси промышленного компьютера IPC-6806WH (Advantech), питание которого тоже обеспечивается блоком бесперебойного питания. Каждый компьютер снабжён принтером и трекболом, устойчивым к жёстким условиям эксплуатации.

Система позволяет производить управление всем комплексом «Волга», проводить диагностику, тестирование и настройку приборов, входящих в со-

став комплекса, а также выбирать комбинации приборов в зависимости от поставленной задачи.

Управление комплексом выполняется в диалоговом режиме. В состав программно-математического обеспечения (ПМО) входят программы, обеспечивающие следующие основные режимы работы: «Настройка», «Привяз-

ка», «Патрулирование». В режиме «Настройка» проверяется работоспособность приборов комплекса «Волга». Режим «Привязка» обеспечивает точное определение местоположения по карте-лоции и скорости патрульного катера с помощью системы спутниковой навигации Acutis DGPS.

Режим «Патрулирование» является основным режимом работы. Он позволяет получать, обрабатывать и документировать информацию, посту-

пающую с работающих анализаторов.

Экран монитора ПЭВМ-ЦП имеет вид четырехоконной панели (рис. 3) с возможностью увеличивать каждую панель на весь экран.

В любое из четырех окон можно вывести любую из панелей:

- Настройка;
- Карта;
- Графики;
- Вахтенный журнал;
- Сообщения оператору;
- Управление;
- Параметры обработки;
- Коммутация;
- Расчет ущерба;
- Имитация;
- Панорама.

Система контроля параметров водной среды в приповерхностном слое

Устройство погружаемое (рис. 4) предназначено для буксировки в воде на глубине от 0,5 до 1 м установленных на нем датчиков и устройства водозабора.

В погружаемом устройстве применены следующие датчики:

- датчик температуры (Т) на основе медного термометра сопротивления;
- датчик удельной электрической проводимости (УЭП) на основе индуктивного датчика, содержащего два трансформаторных сердечника с обмотками и сквозным отверстием;



Рис. 4. Носовое погружаемое устройство

- датчик окислительно-восстановительного потенциала (Еh) на основе компенсационной схемы для измерения разности потенциалов между стеклянным измерительным электродом и электродом с постоянным потенциалом;
- датчик концентрации ионов водорода (рН), формирующий сигнал, который соответствует разности потенциалов между электродом с постоянным потенциалом и измерительным электродом с потенциалом, пропорциональным концентрации водородных ионов в растворе;
- датчик содержания растворённого кислорода (O₂), реализующий амперометрический метод измерения с использованием реакции восстановления.

С целью повышения помехозащищенности аналоговые сигналы датчиков в преобразователях, установленных на погружаемом устройстве, трансформируются в частотно-импульсную последовательность с амплитудой 9 В и подаются по кабелю на прибор АКВА-3.

Прибор АКВА-3 предназначен для питания установленных на погружаемом и буксируемом устройствах датчиков, приема информации от них, преобразования полученной информации, предварительного ее усреднения и передачи в ПЭВМ комплекса через 8-портовую интерфейсную плату PCL-844+ и интерфейсные модули ADAM-4520.

Устройство погружаемое работает в двух режимах.

Режим «Работа» используется при контроле загрязнений приповерхностного слоя акватории. В этом режиме датчики функционируют в любых сочетаниях.

Режим «Функциональный контроль» используется перед выходом катера на патрулирование или при необходимости в процессе патрулирования. В этом режиме проверка датчиков осуществляется по программам, заложенным в ПЭВМ. В процессе проверки датчики выдают на выходные устройства стандартный сигнал, прохождение которого по всему тракту контролируется ПЭВМ. Переход в данный режим также может быть выполнен вручную с прибора АКВА-3.

Конструктивно устройство погружаемое выполнено в виде двух стоек обтекаемой формы, связанных между собой горизонтальными плоскостями. В

стойки встроены датчики с преобразователями, ко всем преобразователям кабели связи подведены через гермоводы, а все подвергающиеся воздействию набегающего потока кабели закрыты съемными обтекателями. Между вертикальными стойками встроено устройство водозабора, входное отверстие которого защищено от попадания в него посторонних предметов фильтром грубой очистки. Транспортировка воды от водозаборного устройства к судовой магистрали производится по фторопластовому трубопроводу с внутренним диаметром 10 мм.

Буксируемая система контроля параметров водной среды

В буксируемом устройстве применены такие же принципы преобразования и ввода информации в ПЭВМ, как в погружаемом устройстве. Измерительно-преобразовательные устройства служат для определения удельной электропроводности, температуры, концентраций ионов водорода и растворенного кислорода, окислительно-восстановительного потенциала, а также гидростатического давления (глубины). Соответствующие датчики и преобразователи установлены на углубителе, предназначенном для обеспечения буксировки приборов на заданных скоростях и глубинах (рис. 5).

Углубитель представляет собой сборную конструкцию из алюминиевого сплава, в состав которой входят углубляющая решетка, блок плавучести и рама.

Углубляющая решетка выполнена из двух боковых щек, соединенных профилированными крыльями. Конструкция узла крепления крыльев к щекам позволяет дискретно менять угол атаки. К решетке крепится поводок, предназначенный для подсоединения углубителя к несущему канату. На конце поводка, на гибком рукаве, армированном защитными втулками, находится соединительная коробка, обеспечивающая герметичное электрическое соединение размещенных на углубителе приборов с кабельной частью системы.

Блок плавучести состоит из двух поплавков и имеет в хвостовой части горизонтальный руль. Буксировка осуществляется при глубине погружения углубителя до 30 м.

Устойчивость хода углубителя в вертикальной плоскости обеспечивается выбором положения вертикального ру-



Рис. 5. Углубитель и датчики буксируемого устройства

ля и горизонтальных рулей, установленных на раме.

Компоновка измерительно-преобразовательных устройств в конструкции углубителя обеспечивает их обтекаемость и защиту от механических повреждений в процессе эксплуатации. Кроме того, специальными приспособлениями обеспечена их буксировка в невозмущенном потоке. Корпуса преобразователей выполнены из титанового сплава.

Система ультразвукового зондирования толщи воды

Эхолот Koden CVS-821-C предназначен для определения наличия в толще воды инородных включений, биологических образований, а также проведения ультразвукового обследования дна. Эхолот определяет расстояния между антенной и звукорассеивающими слоями или подводными объектами и отображает результаты на цветном экране дисплея.

Основные технические характеристики эхолота:

- энергетическая дальность обнаружения не менее 150 м;
- ширина характеристики направленности акустической антенны 45°;
- частота зондирующего импульса 200 кГц;
- максимальная энергетическая мощность излучения 100 Вт;
- отображение гидроакустической информации в диапазонах 5, 15, 30, 50, 100 м;

● длительность зондирующего импульса от 0,1 до 2,0 мс (зависит от выбранного диапазона глубины).

Аппаратура отображения и архивирования информации, входящая в состав данной системы, предназначена для совместной работы с эхолотом и системой спутниковой навигации и обеспечивает сбор и сохранение поступающей от эхолота информации с привязкой к координатам, времени, текущей скорости катера и в соответствии с комментариями оператора (рис. 6). Центральное место в этой аппаратуре занимает ПЭВМ-УЗК, построенная на базе аппаратных средств фирмы Advantech и повторяющая конфигурацию ПЭВМ-ЦП за исключением платы PCL-724. Для неё реализована специализированная программа UZK_K.

Система спутниковой навигации

Программно-аппаратный комплекс Acutis DGPS предназначен для приема навигационных сигналов от комбинации спутников и автоматического вычисления местоположения патрульного катера (широта, долгота). Координаты вычисляются по расстоянию от двух

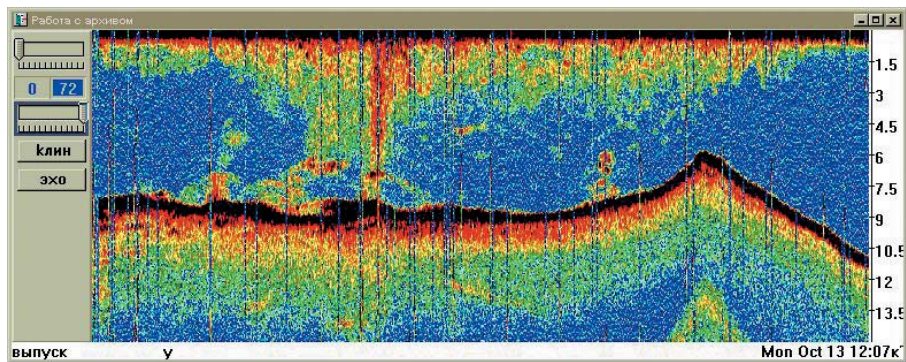


Рис. 6. Эхограмма подводного выпуска сточных вод

спутников до патрульного катера, которое определяется временем прохождения радиоволны от спутника до приемника. Третий спутник используется для устранения погрешности, вызванной временным фактором. Местоположение патрульного катера определяется с точностью до 15-30 м.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ

Определение стандартных гидрофизических и гидрохимических параметров воды проводилось с помощью комплекса «Волга», расположенного на катере «Фламинго» (рис. 7, 8). При проведении анализов использовались

методики выполнения измерений, аттестованные Госстандартом РФ и утвержденные Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. Кроме перечисленных ранее методик и параметров, определялись

- концентрации нитратов, нитритов, фосфатов химическим методом с фотометрическим детектированием на соответствующих проточно-инжекционных анализаторах прибора ПЭГА-2;
- концентрации ионов хлора и фтора с использованием ионоселективных электродов на соответствующих проточно-инжекционных анализаторах прибора ПЭГА-1;

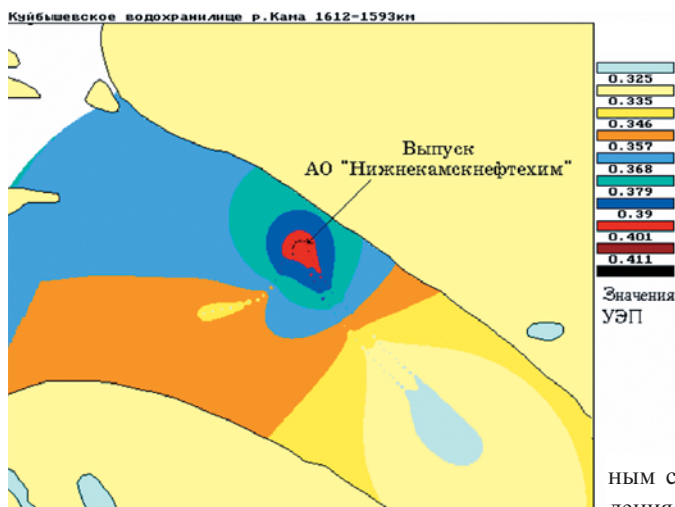


Рис. 7. Изменение удельной электрической проводимости (УЭП) в районе выпуска сточных вод

- общее содержание нефтепродуктов и фенолов с применением проточного анализатора с флуориметрическим детектированием прибора ПЭГА-1.

Для подачи проб воды к ПЭГА-1 и ПЭГА-2 использовалась система непрерывного отбора проб, аттестованная Государственным Комитетом РФ по стандартизации, метрологии и сертификации. Калибровка приборов проводилась при помощи государственных стандартных образцов и по аттестован-

ным смесям. Для приготовления растворов реагентов и растворов добавок использовались реактивы согласно соответствующим методикам выполнения измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Накопленный в период навигаций 1996-2001 годов опыт эксплуатации судового природоохранного комплекса «Волга» подтвердил необходимость и эффективность применения подобного автоматизированного судового комплекса, разработанного на базе современных программно-аппаратных средств, в создаваемой в Министерстве

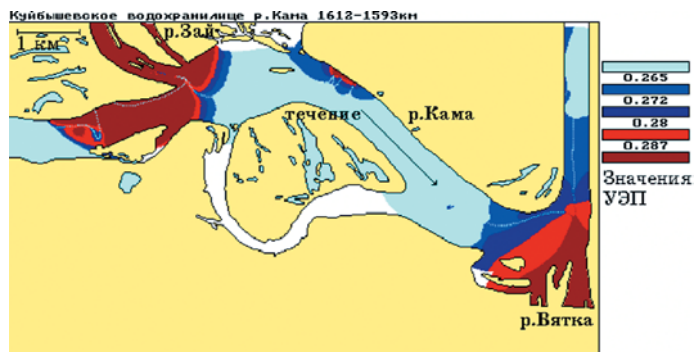


Рис. 8. Изменение удельной электрической проводимости (УЭП) в районе слияния трёх рек

экологии и природных ресурсов РТ системе оперативного эколого-аналитического контроля загрязнения поверхностных вод Куйбышевского водохранилища. Используемая в составе комплекса аппаратура в полной мере отвечает условиям эксплуатации и продемонстрировала свою способность надёжно функционировать в режиме чрезвычайных ситуаций. ●

**Авторы — сотрудники
Министерства экологии
и природных ресурсов
Республики Татарстан
Телефон: (8432) 72-9217
Факс: (8432) 72-9247**