

УДК 004:504

Р. З. ХАМИТОВ, В. Г. КРЫМСКИЙ, С. В. ПАВЛОВ

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ «ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТРЕТА» ВОДНОГО ОБЪЕКТА: БЛОКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В статье вводится обобщенное понятие состояния водного объекта, на которое следует ориентироваться в процессе принятия управленческих решений. Анализируются составляющие информационных блоков пространственных данных, гидрологических и гидрохимических характеристик, необходимых для формирования «информационного портрета» водного объекта и последующего построения информационно-управляющей системы применительно к водным ресурсам. *Информационные блоки; пространственная информация; геоинформационная система*

ВВЕДЕНИЕ

Маловероятно, что сегодня необходимо кого-либо убеждать в значимости полной и, главное, достоверной информации для последующего формирования управленческих решений. Правда афоризма «кто владеет информацией, тот владеет миром», автором которого считается средневековый мыслитель Ф. Бэкон, на практике находит все новые подтверждения.

Сказанное, безусловно, относится и к управлению водными ресурсами – одной из разновидностей природных ресурсов, играющей ни с чем не сравнимую роль в жизни людей. «Носителями» и «аккумуляторами» водных ресурсов, как известно, являются водные объекты (ВО), которые в силу водохозяйственной деятельности оказываются вовлеченными в процессы, условно отображенные в виде замкнутых контуров на рис. 1.

Без информационной поддержки немислимо принятие решений, способных повлиять на состояние ВО и вызвать соответствующие изменения в условиях жизнедеятельности населения, «запустив» одновременно желательные или нежелательные механизмы в окружающей природной среде.

Но какую информацию о ВО следует собирать, хранить, передавать и обрабатывать? Очевидно, ответ на такой вопрос зависит от того, что мы будем понимать под состоянием водного объекта.

Как утверждает ГОСТ 17.1.1.01 – 77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование

и охрана вод. Основные термины и определения», отмеченное состояние («condition of the water body») – это «характеристика ВО по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования». В качестве примечания стандарт поясняет, что «...к количественным и качественным показателям относятся: расход воды, скорость течения, глубина водного объекта, температура воды, pH, БПК (биохимическое потребление кислорода – авт.) и другие».

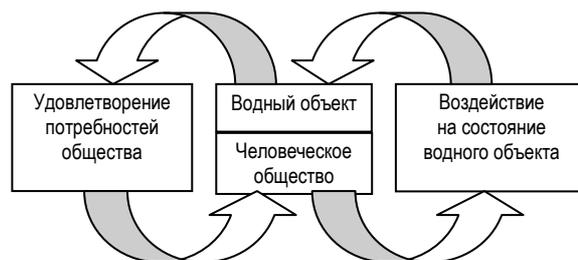


Рис. 1. Взаимодействие водных объектов и человеческого общества

При анализе этого определения прежде всего бросается в глаза, что в приведенном примечании даются примеры только количественных (но не качественных показателей), причем без непосредственной увязки с видом водопользования. Организация и обеспечение легитимности последнего за те 30 лет, которые прошли со времени разработки названного стандарта, претерпели значительные изменения.

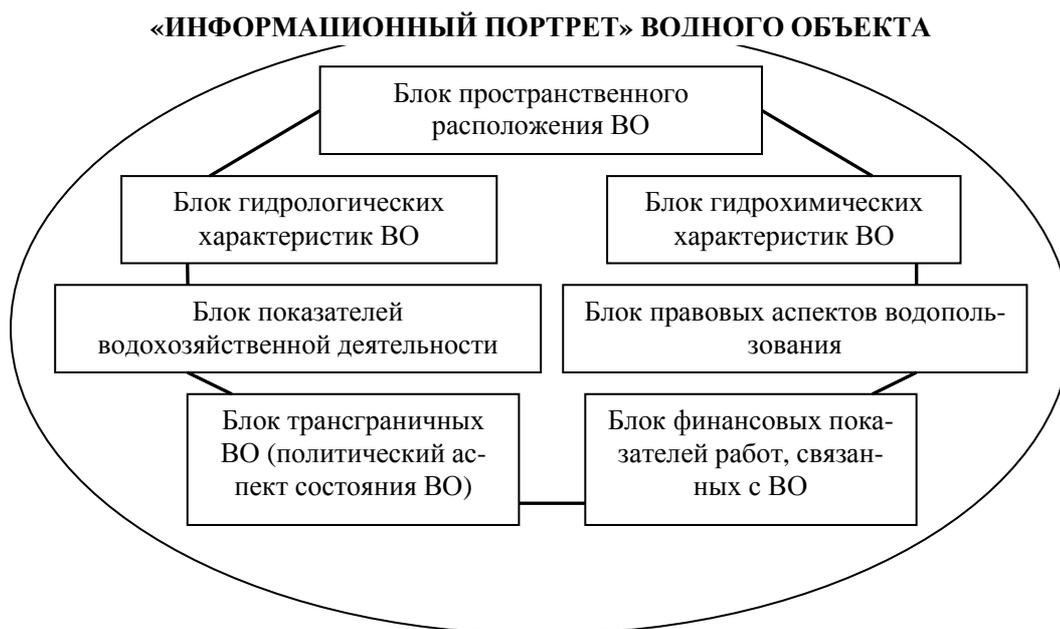


Рис. 2. Общая структура «информационного портрета» ВО

Описание текущего положения дел в интересующей нас области содержится в последней редакции Водного кодекса Российской Федерации, введенной в действие 1 января 2007 г.

С учетом реалий сегодняшнего дня будем рассматривать состояние водного объекта как многокомпонентную характеристику, отражающую достаточно полно присущие данному объекту:

- пространственное (географическое) расположение;
- гидрологические показатели и характерные гидрологические режимы;
- комплекс гидрохимических показателей и полученную на их основе общую оценку экологической ситуации, связанной с объектом;
- виды водохозяйственной деятельности, относящейся к объекту, и показатели этой деятельности, включаемые в водохозяйственные балансы по соответствующим бассейнам / территориям, а также в схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО);
- правовые аспекты пользования водными объектами, включая права собственности, лицензии, договоры и т. д.;
- политические аспекты пользования водным объектом (применительно к трансграничным водным объектам, относительно которых составляются и периодически обновляются международные договоры и соглашения);
- финансовые показатели деятельности, реализуемой с участием водного объекта (бюджетные ассигнования на проведение научных

и проектных работ, имеющих целью изменение тех или иных свойств водного объекта, стоимости работ по обустройству объекта и выполнению контроля его показателей, инвестиции различных организаций и инстанций в совершенствование процессов водопользования и т. д.).

Принятие управленческих решений по выбранному ВО или совокупности таких объектов неизбежно потребует наличия информации по отдельным (а зачастую, по всем) компонентам его (их) состояния. В этих условиях правомерно говорить об информационных блоках, каждый из которых характеризует определенную компоненту состояния водного объекта (рис. 2).

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЛОК ПРОСТРАНСТВЕННОГО (ГЕОГРАФИЧЕСКОГО) РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Любой водный объект может быть изображен на карте местности соответствующего масштаба в виде множества точек с определенными географическими координатами. Существующие средства учета высотности рельефа позволяют нанести на ту же карту информацию, отражающую реальный трехмерный характер рассматриваемого объекта. Все это создает необходимые предпосылки для моделирования гидрологических процессов как в двумерном, так и в трехмерном их представлении. К тем или иным точкам карты могут быть «привязаны» данные гидрометеорологических

и гидрохимических наблюдений (например, полученных на стационарных постах контроля либо с помощью автоматических систем мониторинга). Наконец, упомянутым точкам карты могут быть поставлены в соответствие информационные массивы сведений об имеющейся инфраструктуре (населенные пункты, транспортные артерии, промышленные и сельскохозяйственные объекты, объекты жизнеобеспечения населения), о водопользователях, об экономических и правовых аспектах пользования водным объектом и т. д. В особенности упорядоченной подобная «привязка» информации к карте становится в случае ее цифрового исполнения на базе технологии геоинформационных систем (ГИС), которые допускают формирование различных слоев этой карты применительно к разной природе и разному назначению данных [1].

С учетом приведенных здесь причин систематизированное представление информации о состоянии водного объекта удобнее строить таким образом, чтобы в роли его «фундамента» выступала электронная (цифровая) карта. В свою очередь, это приводит к возрастанию роли ГИС в решении проблемы информационной поддержки решений по водным (и другим пространственно распределенным) объектам.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЛОК ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Гидрологическая информация составляет важнейшую часть всего комплекса сведений о ВО и его состоянии. По этой причине она должна тщательно собираться, обобщаться, обрабатываться и храниться. В нашей стране указанные операции реализуются в рамках мероприятий, предусмотренных требованиями государственного учета вод и их использования.

Для того чтобы получить представление о перечнях гидрологических характеристик, подлежащих учету, в качестве примера можно обратиться к документу [2]. В нем указываются такие группы массивов подобной информации о водостоках, как:

- характеристики пункта наблюдений, реки и водосбора (метаданные);
- среднегодовые и среднемесячные расходы воды;
- максимальные в году расходы воды;
- максимальные уровни воды (наибольшие в году, весеннего половодья и дождевых паводков);
- гидрографы половодий и дождевых паводков и многие другие.

В каждой из названных групп данных подлежат рассмотрению следующие основные характеристики, которые используются для определения необходимых расчетных значений:

- для максимальных в году расходов воды – максимальные срочные и максимальные среднесуточные расходы воды;
- для максимального стока весеннего половодья – максимальные срочные и среднесуточные расходы воды и слои стока за период половодья;
- для максимального стока дождевых паводков – максимальные срочные расходы воды и слои стока за период дождевого паводка;
- для минимального годового стока – минимальные срочные, среднесуточные, среднемесячные и 30-суточные расходы воды;
- для минимального летнего стока – минимальные срочные, среднесуточные, среднемесячные и 30-суточные расходы воды;
- для минимального зимнего стока – минимальные срочные, среднесуточные, среднемесячные и 30-суточные расходы воды;
- для гидрографов половодий и дождевых паводков – координаты гидрографа в виде среднесуточных и мгновенных расходов воды (и дополнительно – часовых расходов воды при определении расчетного внутрисуточного хода), максимальный расход воды, объем стока воды основной волны и объем всего гидрографа.

Кроме перечисленных гидрологических характеристик, которые непосредственно используются в расчетах, в качестве дополнительной в базе данных должна содержаться информация о датах начала и окончания половодья и дождевых паводков, датах наибольшего расхода воды, интервалах времени для всего гидрографа и до его пика и т. д. Эта информация может использоваться как в качестве дополнительной расчетной, так и при анализе основных расчетных характеристик. Применительно к осеннему, зимнему и весеннему периодам большое значение имеют даты ледостава и начала ледохода, толщина льда. Наконец, в число контролируемых гидрологических характеристик, как правило, входят температура воды и ее мутность. Последняя зависит от наличия в воде взвешенных частиц различной природы.

При сборе гидрологической информации особое внимание должно уделяться прогнозированию или фиксации возникновения опасных гидрологических явлений (ОГЯ). Согласно ГОСТ Р 22.1.08-99 «Мониторинг и прогнозирование опасных гидрологических явлений и процессов. Общие требования», перечень ОГЯ включает затор, зажор, катастрофический па-

водок, наводнение, половодье, паводок, лавину снежную, цунами, сель, ледовые опасные явления на океанах, морях, озерах и реках, обледенение судов, сильное волнение, тягун и штормовой нагон воды.

Еще в 80-х гг. прошлого века усилиями сотрудников Всесоюзного научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) была создана так называемая «База данных обобщенных гидрологических характеристик (ОГХ)» [3]. На сегодняшний день база данных ОГХ содержит информацию по всем гидрологическим постам СССР с начала наблюдений на посту по 1985 г.

Применение ОГХ позволяет комплектовать справочные материалы (в частности, справочник «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши»), входящие в систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. Как известно, до 2007 г. этот свод сведений носил название Государственного водного кадастра (ГВК), а затем в соответствии с новой редакцией Водного кодекса России он был преобразован в Государственный водный реестр (ГВР). Порядок его ведения определен Постановлением Правительства РФ от 28.04.2007 г. № 253 «О порядке ведения Государственного водного реестра». Как указывается в Постановлении, «...ведение реестра осуществляется Федеральным агентством водных ресурсов в соответствии с водным законодательством и законодательством Российской Федерации об информации, информационных технологиях и о защите информации». Реестр содержит разделы: «Водные объекты и водные ресурсы», «Водопользование» и «Инфраструктура на водных объектах». Гидрологические данные включаются в первый из перечисленных разделов. Необходимая информация предоставляется Федеральному агентству водных ресурсов Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на безвозмездной основе. Сказанное подчеркивает важность того места, которое занимает информационный блок гидрологических характеристик в числе составляющих общего «информационного портрета» водного объекта. В то же время, этот блок является далеко не единственным.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЛОК ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Значимость гидрохимических показателей состояния водных объектов постоянно возрастает, что во многом вызвано активизацией хо-

зяйственной деятельности человека. Последствиями этой деятельности зачастую являются ухудшение качества воды в поверхностных ВО, недопустимое загрязнение малых рек, а также подземных вод. Названные факторы способны приводить к возникновению опасных явлений гидрохимического (экологического) характера, создавая угрозу жизни и здоровью людей, вызывая деградацию компонентов окружающей природной среды. В настоящее время основополагающим документом, регламентирующим особенности мониторинга гидрохимических показателей поверхностных вод, являются «Правила охраны поверхностных вод», которые утверждены первым заместителем Председателя Госкомприроды СССР 21.02.1991 г. Указанный документ содержит в виде приложений важнейшие составляющие норм качества воды водных объектов, а именно:

- общие требования к составу и свойствам воды водотоков и водоемов для различных видов водопользования;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд населения;
- перечень ПДК нормированных веществ в воде водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях.

При этом отмечается, что в случае отсутствия ПДК для веществ, содержащихся в сточных водах проектируемых или строящихся предприятий, на стадии предупредительного контроля устанавливаются ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) содержания этих веществ в воде, разработанные на основе расчетов и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности. Ограничения на снижение качества воды с учетом нормативов ПДК и ОДУ оговариваются также «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения» (СанПиН 4630-88), утвержденными Министерством здравоохранения СССР 04.07.1988 г. Рассматриваемые загрязняющие вещества соотнесены с четырьмя классами опасности. В то же время устанавливается требование, что при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности, относящихся к 1-му и 2-му классам опасности, и с учетом примесей, поступивших в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) каждого из веществ в водном объекте к соот-

ветствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Особое внимание в Правилах уделено санитарным требованиям к условиям отведения сточных вод в водные объекты и нормам предельно допустимого содержания вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Вышеупомянутые документы были разработаны с учетом ряда государственных стандартов. Начиная с 90-х гг. XX века, в нашей стране и за рубежом проводятся активные работы по реализации системного подхода к организации измерений гидрохимических показателей поверхностных вод суши. Соответственно выпускаются новые государственные стандарты и отраслевые методики. В их числе наряду с основополагающим ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению» можно назвать весьма представительный набор нормативных документов.

Большое значение, в частности, имеет руководящий документ Росгидромета РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Его содержание создает предпосылки к разработке методик интегрального оценивания качества вод по гидрохимическим показателям. В предлагаемом подходе для каждого i -го ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают баллы K_i кратности превышения ПДК и повторяемости H_i случаев такого превышения, а также общий оценочный балл B_i :

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i; H_i = N_{\text{ПДК}_i} / N_i; B_i = K_i \cdot H_i,$$

где C_i – концентрация в воде i -го ингредиента; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го ингредиента для водоемов рыбохозяйственного назначения; $N_{\text{ПДК}_i}$ – число случаев превышения ПДК по i -му ингредиенту; N_i – общее число измерений i -го ингредиента.

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна единице, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ). Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности вод (КИЗВ) устанавливается класс загрязненности воды. Всего же ука-

занных классов – семь: «очень чистая», «чистая», «умеренно загрязненная», «загрязненная», «грязная», «очень грязная» и «чрезвычайно грязная».

В настоящее время гидрохимический мониторинг поверхностных вод осуществляется не только в рамках сети Росгидромета. Необходимый контроль качества воды водоемов и водотоков реализуется также специализированными подразделениями и учреждениями в составе системы Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсов) и многочисленными организациями той или иной ведомственной принадлежности. В силу сказанного вопрос о рациональном агрегировании (объединении) получаемых данных и обеспечении их хранения в обобщенной информационной базе и едином формате стоит чрезвычайно остро. Частично эта проблема решается с привлечением существующих регламентов сбора, передачи и последующей обработки подобной информации (см., например, приказ МПР России от 13.02.2004 г. № 120 «Об утверждении Регламента представления информации о природопользовании и состоянии окружающей среды в ФГУ «Российский фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды МПР России»), но здесь еще немало предстоит сделать для унификации сведений в условиях определенной ведомственной разобщенности контролирующих инстанций. Список показателей химического состава воды, подлежащих контролю, также существенно расширился за последние годы. Только Государственным гидрохимическим институтом выполнены работы по метрологической аттестации методик измерения ста двадцати таких показателей. Многие из них играют значительную роль при оценивании состояния конкретного (фиксированного) водного объекта. Между тем для характеристики результирующей ситуации в масштабах страны оказываются существенными только некоторые избранные данные. В качестве примера можно привести информацию о загрязнении водоемов и водотоков России, обусловленных сбросом сточных вод (таблица [4]).

Завершая данный раздел, необходимо подчеркнуть, что с введением новой редакции Водного кодекса РФ в вопросах организации мониторинга водных объектов наступило время существенных преобразований. Понятие мониторинга водных объектов, которое подробно «расшифровывается» в статье 30 указанной редакции Водного кодекса, существенно расширяется, и его реализация в полном объеме тре-

бует комплексных (взаимосвязанных) действий разных инстанций.

**Сброс загрязняющих веществ
со сточными водами, тыс. т**

Загрязняющие вещества	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.
Нефтепродукты	5,1	5,6	6,6	3,7	4,6
Взвешенные вещества	446,5	430,8	392,0	359,4	327,7
Фосфор общий	25,1	23,6	23,3	23,4	23,3
Фенол	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
СПАВ	2,6	2,4	2,2	2,3	2,3
Соединения меди	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Соединения железа	6,5	6,5	5,5	5,6	8,2
Соединения цинка	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7

Так как здесь идет речь о создании принципиально новой системы непрерывного (регулярного) наблюдения за состоянием водных ресурсов, то такая постановка вопроса обуславливает необходимость определения места и функций каждой организации и каждого органа государственной власти в структуре создаваемой системы. Соответственно и состав контролируемых характеристик может в будущем претерпеть изменения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные факты и рассуждения позволяют заключить, что формирование базы систематизированных сведений (блоков информации) о гидрологических и гидрохимических показателях представляет собой непростую задачу. Необходимо обеспечить оперативное заполнение упомянутой базы текущими данными, поступающими из разнообразных и зачастую не согласованных источников, структурировать и выполнить интеграцию полученной информации, преобразовать ее к виду, позволяющему создать условия для поддержки принимаемых управленческих решений. Все это нереализуемо без «привязки» информационных массивов к водным объектам, бассейнам, территориям и регионам. Естественной основой подобной «привязки» может служить геоинформационная система, о которой говорилось в начале данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М.: Астрей, 1997. 64 с.
2. Методические рекомендации по созданию региональной базы данных по основным гидрологическим характеристикам для разработки территориальных строительных норм (ТСН). СПб: ГУ Гос. гидрологич. ин-т, 2005. 37 с.
3. Информационная база банка данных «Гидрология – реки и каналы». Обнинск: ВНИИГМИ, 1987. 138 с.
4. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей природной среды Российской Федерации в 2006 г. Разд. 2. Поверхностные и подземные воды. Морские воды. М.: МПР России, 2007. С. 19–43.

ОБ АВТОРЕ



Хамитов Рустэм Закиевич, рук. Федер. агентства водных ресурсов (ФАВР). Дипл. инж. по авиац. и ракетн. двигателям (МВТУ им. Баумана, 1972). Д-р техн. наук (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. информ. систем при упр-и соц.-экон. объектами.



Крымский Виктор Григорьевич, проф. каф. пром. электроники. Дипл. инж. электр. техники (УАИ, 1973). Д-р техн. наук (УГАТУ, 1997). Иссл. в обл. упр-я сложными системами в условиях неопределенности, анализа техноген. и природ. риска.



Павлов Сергей Владимирович, проф., зав. каф. геоинф. систем. Дипл. математик по спец. «Вычислительная математика» (БГУ, 1977). Д-р техн. наук (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. обработки пространств. данных.