

Опыт управления режимами работы гидроузлов Волжско-Камского каскада водохранилищ и проблемы обеспечения социально-экономической и экологической стабильности в регионах Поволжья

Беднарук Сергей Евстафьевич

ФГУП "Центр Российского регистра гидротехнических сооружений и
Государственного водного кадастра"
Москва, Российская Федерация

Волжский бассейн с водосборной площадью более 1,35 млн. кв. км является крупнейшим речным бассейном в Европе и одним из крупнейших бассейнов мира. Среднемноголетний объем годового стока Волги составляет около 260 куб.км. На территории бассейна проживают более 60 млн. человек. В результате строительства в 30-70-х годах прошлого века на реке Волге и ее основном притоке Каме 11 гидроузлов с водохранилищами, была образована одна из крупнейших управляемых водохозяйственных систем в мире с общим объемом водохранилищ около 190 куб.км и полезным объемом около 80 куб.км. Созданная система выполняет целый ряд функций, включая выработку электроэнергии, обеспечение крупнотоннажного судоходства, обеспечение водоснабжения населения, ирригацию и т.д.

Строительство гидроузлов и создание водохранилищ, особенно на Нижней Волге (Куйбышевского и Волгоградского), позволило коренным образом изменить гидрологический режим стока Волги путем перераспределения его с многоводного весеннего на маловодные летний и зимний периоды. Кроме того, гидроузлы перекрыли пути хода на нерест ценнейших видов рыб (прежде всего – уникального каспийского осетра). К моменту ввода в действие замыкающего гидроузла каскада – Волгоградского (конец 1950-х годов) стало ясно, что без принятия специальных мер, природная и хозяйственная система Нижней Волги, полностью зависящие от весенних затоплений Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, обречены на деградацию и исчезновение. В целях сохранения природных экосистем и традиционных условий жизни населения Нижней Волги, Правительством СССР было принято предложение об осуществлении ежегодно, начиная с 1959 года специального весеннего попуска воды через Волгоградский гидроузел в низовья Волги в интересах рыбного и сельского хозяйства, как «временной меры до завершения реконструкции рыбного и сельского хозяйства Нижней Волги». Поскольку планировавшиеся по Нижней Волге мероприятия так и не были выполнены, специальные весенние попуски продолжают осуществляться до настоящего времени.

За прошедшие 50 лет произошли значительные изменения в ведении хозяйственной деятельности на территории бассейна

Создана и функционирует государственная система управления каскадом с участием множества заинтересованных ведомств и организаций.

В течение почти 50 лет в весенний период осуществляются специальные режимы работы гидроузлов исключительно в экологических целях.

Существует большое количество проблем различного характера, отражающихся на принятии управленческих решений, включая освоение территорий нижних и верхних бьефов водохранилищ, плохое состояние инженерной инфраструктуры коммунальных и сельскохозяйственных объектов, незавершенность каскада и соответствующие проблемы обеспечения судоходства и др.

Исследованию подвергаются режимы работы каскада в 2005-2007 гг., в течение которых имел место целый ряд экстремальных, или близких к экстремальным, условий функционирования водноресурсной системы:

2005 год – высокое половодье – проблемы пропуска воды через гидроузлы каскада и предотвращения наводнений;

2006 год – экстремально низкое весеннее половодье и летняя засуха – проблемы со специальным весенним попуском воды в низовья Волги, обострение экологической обстановки, рост социального напряжения;

зима 2006-2007 года – исторический максимум притока воды в водохранилища каскада, проблемы пропуска высоких вод в зимний период;

весна 2007 года – осуществление оптимального экологического попуска в низовья Волги в условиях низкого весеннего половодья.

Все последние годы несмотря на отлаженную систему управления каскадом растут противоречия прежде всего между интересами территорий (и соответствующих субъектов Российской Федерации), связанными как с социально-политическими и экономическими изменениями в стране, так и с изменениями в гидрологических условиях за последние 15 лет.

Ниже приводится описание современной системы управления каскадом водохранилищ.

На рис. 1 представлена общая схема организации системы управления каскадом Волжско-Камских водохранилищ.

Объектом управления являются крупнейшие гидроузлы в бассейне Волги, представленные на схеме в левом верхнем углу.

В состав системы управления входят блоки:

- получения и обработки оперативной информации;
- подготовки предложений по режимам работы гидроузлов (информационно-аналитический центр, роль которого выполняет ФГУП "Центр регистра и кадастра");
- представительств заинтересованных ведомств и организаций, связанных с использованием водных ресурсов каскадов водохранилищ и защитой от вредного воздействия вод в зоне влияния этих водохранилищ;
- принятия управленческих решений (межведомственная оперативная группа (МОГ) и лица принимающие решения (ЛПР)).

Регулирование режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада

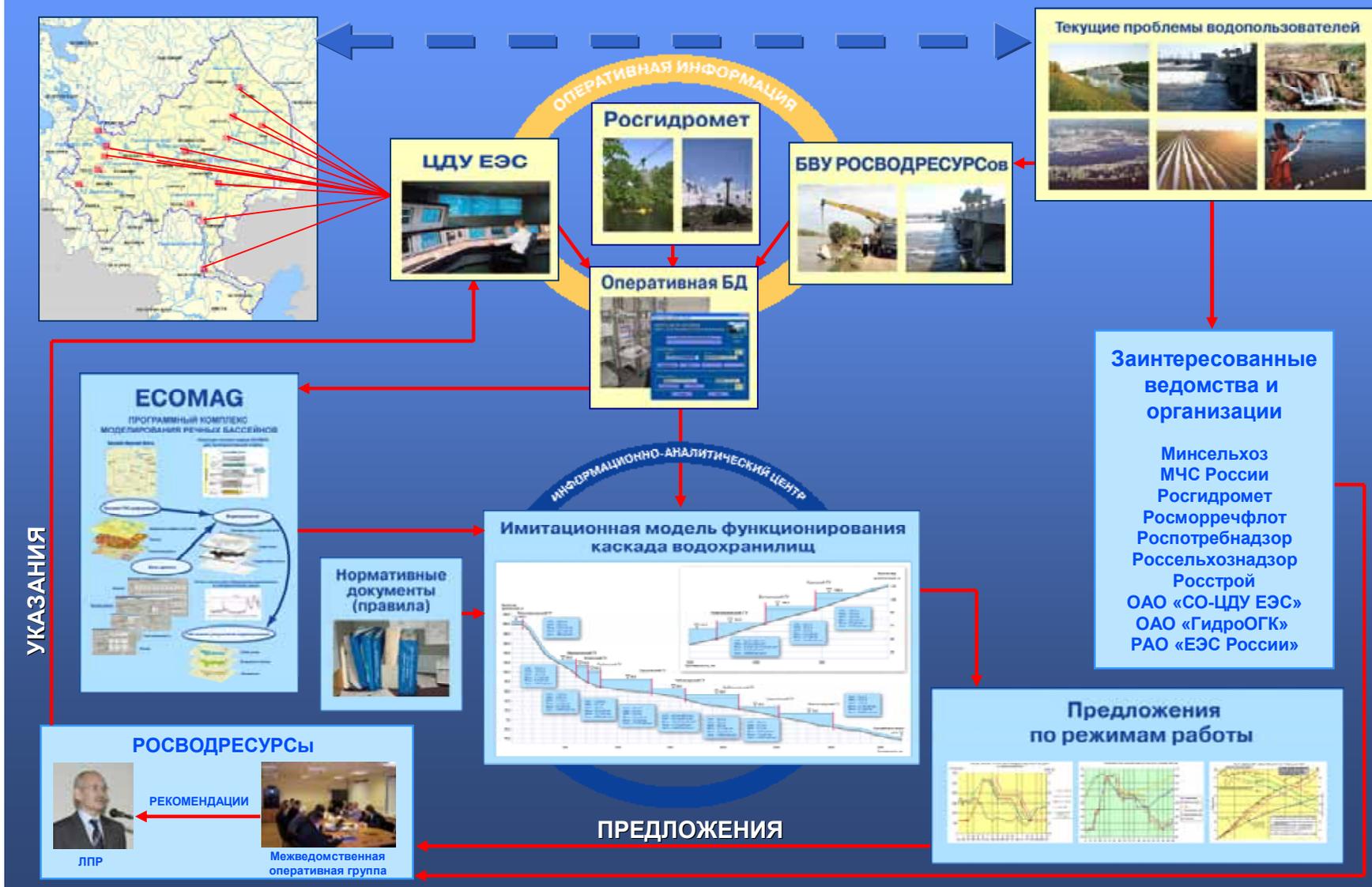


Рис. 1.

В блоке получения и обработки информации о состоянии объекта управления основными поставщиками информации являются:

- ОАО СО ЦДУ ЕЭС (Открытое акционерное общество "Системный оператор "Центральное диспетчерское управление Единой энергетической системы России") - в части данных о режимах работы гидроузлов гидроэлектростанций (за исключением гидроузлов ГЭС, таких как Шекнинский и Ивановский гидроузлы, принадлежащих не энергетическим организациям);

- Гидрометцентр Российской Федерации (институт Росгидромета) - в части данных: об уровнях воды в водохранилищах и реках; притока воды к водохранилищам, температуры воды на определенных водпостах; метеоданные, включая данные по температуре и влажности воздуха, осадкам, атмосферному давлению, по всем метеостанциям бассейна Волги и смежным территориям (всего – более 700 станций); о влажности и глубине промерзания почв по агрометеостанциям бассейна; о накоплении запасов воды в снеге; месячных и квартальных прогнозов притока воды в водохранилища; прогнозов развития ледовых явлений на реках и водохранилищах бассейна;

- Федеральное государственное унитарное предприятие "Канал им. Москвы" Росморречфлота Минтранса России - в части данных по режимам работы Ивановского и Верхневолжского водохранилищ на реке Волге;

- Бассейновые водные управления Федерального агентства водных ресурсов (Московско-Окское, Верхневолжское, Камское и Нижневолжское) по зонам своей деятельности - в части данных: о техническом и экологическом состоянии водохранилищ и участков рек; текущих проблемах и потребностях водопользователей, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления.

Данные из ЦДУ ЕЭС поступают по электронной почте ежедневно в Росводресусы (Федеральное агентство водных ресурсов) в виде файла в формате DBF и помещаются на сетевой диск локальной компьютерной сети ФГУП "Центр Регистра и Кадастра" к которой подключен один из компьютеров отдела оперативного регулирования. Данные используются для ведения оперативного электронного журнала режимов работы водохранилищ Российской Федерации, представляющего собой базу данных по показателям работы гидроузлов крупнейших водохранилищ России.

Данные из Гидрометцентра РФ поступают по установленной посредством ИНТЕРНЕТ связи между локальными компьютерными сетями Гидрометцентра и ФГУП "Центр Регистра и Кадастра", практически незамедлительно после их получения из

территориальных управлений Росгидромета, в виде закодированных в соответствии с установленными в Росгидромете форматами сведений. После раскодировки эти сведения помещаются в соответствующие базы данных ФГУП "Центр Регистра и Кадастра" для дальнейшего использования, в том числе и для целей информационной поддержки управления водными ресурсами Волжско-Камского каскада водохранилищ. Кроме того, данные по уровням воды по всем водпостам России за последние 10 дней выставляются на сайте ФГУП (www.waterinfo.ru) в проекте "Реки России".

Данные из ФГУП "Канал им. Москвы" ежедневно по телефону в отдел оперативного регулирования Росводресурсов, а оттуда – во ФГУП "Центр Регистра и Кадастра" и посредством ручного ввода вносятся в Электронный журнал режимов водохранилищ Российской Федерации.

Данные из бассейновых водных управлений поступают посредством различных видов связи (телефон, факс, электронная почта, телеграммы, обычная почта) в отдел оперативного регулирования Росводресурсов и, при необходимости, передаются в "Центр Регистра и Кадастра" для использования при проведении вариантных расчетов режимов работы водохранилищ в качестве дополнительных ограничений.

Все полученные данные используются ФГУП "Центр Регистра и Кадастра", выполняющего в описываемой системе управления роль информационно-вычислительного центра, при проведении расчетов и разработке предложений по режимам работы водохранилищ каскада.

Схематично технология долгосрочного планирования режимов работы Волжско-Камских гидроузлов и подготовки предложений по режимам регулирования работы этих гидроузлов состоит из следующих двух основных этапов:

1. На основании сценарных расчетов по модели формирования стока в речных бассейнах оценивается динамика боковой приточности к водохранилищам Волжско-Камского каскада;
2. На основе сценарных расчетов бокового притока по имитационной модели функционирования каскада водохранилищ рассчитываются режимы работы гидроузлов Волжско-Камского каскада.

В качестве платформы для расчетов формирования стока и расчета боковой приточности к водохранилищам каскада в "Центре Регистра и Кадастра" задействован информационно-моделирующий комплекс (ИМК) ECOMAG (ECOLOGICAL Model for Applied Geophysics). Комплекс включает в себя: математическую модель ECOMAG, специализированную географическую информационную систему (ГИС), базы данных информации о характеристиках территории и управляющую оболочку. Комплекс ECOMAG

позволяет проводить расчеты гидрологических характеристик (включая приток воды в водохранилища) по метеорологическим данным и создавать информационный гидрологический портрет (картографическое описание) территории, включая диагностические, прогностические и имитационные гидрологические карты, карты загрязнения речного бассейна при различной гидрометеорологической обстановке и антропогенной нагрузке. Общая структура ИМК ECOMAG приведена на рис. 2.

Рис. 2 Общая структура модельного комплекса ECOMAG

Схематизация водосборной площади и речной сети в бассейне Волги проводится на основе тематических карт масштаба 1:1000000 с использованием разработанного специализированного программного комплекса на базе ГИС ArcView. Для этого в базе данных ГИС имеется ряд слоев электронных тематических карт бассейна (цифровые модели рельефа - ЦМР, карты гидрографической сети, почв, ландшафтов и т.д., рис.3). Эти слои были растеризованы по квадратной сетке с разрешением 2км x 2км и каждой ячейке сетки присвоены соответствующие значения ее высоты (по рельефу), номера типов почв и ландшафтов. С помощью специализированного ГИС-комплекса была построена модельная древообразная структура речной сети, выделены линии водоразделов - границы частных водосборов притоков. На следующем этапе была осуществлена корректировка рабочего грида (сетки) рельефа для уточнения строения модельной речной сети в тех местах, где она не совпадает с реальной (векторной основой). После этого информация о характеристиках склоновых элементов и структуре речной сети передается в ИМК «ECOMAG», где из соответствующих баз данных каждому элементу назначаются соответствующие модельные параметры (почв, растительности и т.д.).

Пример построения модельной структуры речной сети р. Волга показан на рис.4. На рис.5 показаны водосборные площади водохранилищ Волжско-Камского каскада и расчетные элементы водосборных площадей, полученные с помощью специализированного ГИС-комплекса на основе ЦМР (цифровой модели рельефа).

Рис.4 Структура фактической (м-б 1:1000000) и модельной (на основе ЦМР) речной сети в бассейне р.Волга

Цифровая модель рельефа

Ландшафтная карта

Метеорологические станции

Гидрологические посты

Типы почв

Механический состав почв

Рис.3 Базовая ГИС-информация

Рис.5 Водосборные площади Ивановского, Угличского, Рыбинского, Горьковского, Чебоксарского, Камского, Воткинского, Нижнекамского, Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ (с выделением элементарных водосборов)

Проведение сценарных расчетов притока воды в водохранилища Волжско-Камского каскада по модели ЕСОМАГ сводится к следующим этапам:

1. По модели проводятся расчеты по фактической метеоинформации на текущую дату момента выдачи сценарных расчетов за не менее чем годовой предшествующий период.
2. Чтобы рассчитать процессы гидрологического цикла и боковой приточности к водохранилищам каскада на последующий период (например, на второе полугодие 2007 г.) задаются сценарии развития метеорологических процессов на этот период. Ввиду того, что метеорологические прогнозы с суточным разрешением на такие сроки не разрабатываются, в модели задаются следующие метеорологические сценарии на второй квартал: предполагается, что погода после 30 июня до 31 декабря 2007 г. будет такая же, как за эти же дни в 2005 г., либо в 2006 г. - по другому сценарию, или же как в 2003 г. и т.д. по архивной метеоинформации за предыдущие годы. Кроме того, на ближайшие 10 дней с даты начала сценарных расчетов (т.е. на период с 1 июля по 10 июля) учитывается прогноз погоды Росгидромета по ближайшим к водохранилищам крупным населенным пунктам, который берется из Интернета, и на этот период строится синтетический сценарий погоды путем подбора аналогичных прогнозу дней из предшествующего периода. В дополнение к вышеприведенным метеорологическим сценариям развития погоды используется синтетический сценарий погоды, полученный путем осреднения по дням метеорологических характеристик в многолетнем разрезе по архивной метеобазе.

После этого по гидрологической модели ЕСОМАГ на период метеорологических сценариев рассчитываются процессы формирования стока на водосборных площадях водохранилищ и сценарии боковой приточности к ним. Выходом работы модельного комплекса ЕСОМАГ являются сценарные суточные гидрографы боковой приточности к водохранилищам Волжско-Камского каскада за расчетный период. Кроме того, составляется синтетический гидрограф приточности путем осреднения по дате по всем сценарным расчетным гидрографам. Эти сценарные расчеты используются для разработки режимов работы гидроузлов при регулировании водохранилищ Волжско-Камского каскада.

Решение задач планирования режимов работы гидроузлов Волжско-Камского каскада водохранилищ, включая пропуск весеннего половодья, осуществляется на основе многовариантных расчетов режимов работы гидроузлов каскада для всего диапазона возможных гидрологических условий (прогнозируемых Росгидрометом и сценарных по модели ЕСОМАГ) с помощью имитационной модели VOLPOW.

Программная реализация имитационной математической модели VOLPOW обеспечивает увязку гидравлических расчетов движения воды в водохранилищах с

водохозяйственными балансовыми расчетами каскада гидроузлов, а, следовательно – и с управлением использованием водных ресурсов. Гидравлический блок модели базируется на уравнениях неустановившегося движения. Водохозяйственный блок включает требования и ограничения, содержащиеся в диспетчерских правилах работы гидроузла, представляющих собой зависимости требуемых (и допускаемых) сбросов воды через гидроузел от отметки уровня воды в верхнем бьефе и календарного времени года. Согласование гидравлических расчетов с водохозяйственным блоком осуществляется путем задания для уравнений неустановившегося движения водных масс граничных условий, обусловленных диспетчерскими правилами регулирования режимов работы гидроузлов и характеристиками пропускной способности сооружений.

В общем случае, для решения поставленной задачи необходима подробная информация о поперечниках в расчетных створах, уклонах, коэффициентах шероховатости и т.д. В инженерной практике столь подробная информация обычно отсутствует. Чаще имеется некая интегральная информация в виде кривых объемов водохранилищ, зависимостей расходов от уровней в створах, номограмм пропускной способности и т.д. Поэтому в модели VOLPOW алгоритмы конечно-разностной аппроксимации уравнений модифицированы путем объединения отдельных членов в определенные функциональные зависимости, которые позволяют использовать как подробную, так и интегральную исходную морфометрическую и гидравлическую информацию.

При схематизации водохранилищ Волжско-Камского каскада каждое из них разбивается на несколько расчетных участков (от 1 до 4-х). Для каждого участка используются имеющиеся интегральные и точечные морфометрические и гидравлические характеристики. В створах гидроузлов формулируются граничные условия, определяемые характеристиками пропускной способности сооружений и диспетчерскими правилами работы гидроузла.

Исходной гидрологической информацией являются календарные ряды бокового притока воды к расчетным участкам (в частности, рассчитанные по модели ECOMAG). Имитационные расчеты могут проводиться с шагом по времени от 1 суток до месяца (опыт работы с моделью показал, что для Волжско-Камского каскада достаточными являются следующие расчетные шаги по времени: в период половодья – от суток до пентады; в меженьный период - от декады до месяца).

Результатами расчетов по имитационной модели VOLPOW являются водохозяйственные балансы для каждого водохранилища каскада и расчетные режимы расходов и уровней в каждом створе для каждого из рассчитанных сценариев боковой приточности к водохранилищам.

Долгосрочное планирование режимов работы гидроузлов Волжско-Камского каскада выполняется на основе проведенных сценариев боковой приточности воды к водохранилищам каскада и проведенных по ним расчетов сценариев режимов работы гидроузлов.

Из множества рассчитанных сценариев выбирается наиболее вероятный сценарий боковой приточности к водохранилищам и рассчитанные по нему графики режимов работы гидроузлов каскада с учетом требований оптимального режима водохранилищ, их полного заполнения и осуществления эффективного ежегодного специального весеннего пуска через Волгоградский гидроузел в низовья Волги в интересах рыбного и сельского хозяйства. Выбор наиболее вероятного сценария боковой приточности к водохранилищам каскада осуществляется с учетом текущей гидрометеорологической обстановки в бассейне Волги и прогнозами Росгидромета по суммарным объемам боковой приточности к водохранилищам за текущий квартал года и его первый месяц. Также, сразу отбрасываются расчеты по метеорологическим сценариям, которые на дату проведения расчетов уже не соответствуют текущей погоде.

Кроме того, из множества рассчитанных по модели ECOMAG сценариев боковой приточности к водохранилищам выбираются наиболее неблагоприятные максимальный и минимальный сценарии приточности и рассчитанные по ним по имитационной модели VOLPOW сценарии оптимальных режимов работы гидроузлов каскада.

Результаты сценарных расчетов боковой приточности и рассчитанных по ним сценариев оптимальных режимов работы гидроузлов каскада для наиболее вероятного, максимального и минимального сценариев боковой приточности доводятся до заинтересованных структурных подразделений Росводресурсов и представляются на заседаниях Межведомственной оперативной группы по регулированию режимов работы водохранилищ Волжско-Камского каскада в качестве предложений для принятия решений (указаний) уполномоченным федеральным органом исполнительной власти (Росводресурсами).

В меженный период расчеты выполняются не реже одного раза в декаду, а в период прохождения весеннего половодья сценарные расчеты по имитационным моделям не реже одного раза в пять дней, с учетом складывающейся гидрометеорологической и водохозяйственной обстановки и метеорологических прогнозов на ближайшие 10 дней.

На каждом этапе выполняется также расчет фактического полезного притока за предшествующий период (решается т.н. «обратная задача»), по результатам которого вносятся изменения в ожидаемые расчетные гидрографы притока воды к водохранилищам в предстоящий период.

По окончании каждого календарного квартала года, на основе сопоставления сценарных расчетов с фактическими данными по притокам и сбросам воды из водохранилищ, осуществляется анализ эффективности долгосрочного планирования режимов работы гидроузлов Волжско-Камского каскада, выявляются причины имеющихся расхождений и формулируются предложения по совершенствованию системы ситуационного управления Волжско-Камского каскада.

Важнейшим элементом описываемой системы управления является Межведомственная оперативная группа (МОГ), формируемая из представителей заинтересованных федеральных министерств и ведомств, крупнейших водопользователей, представителей органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, научных и производственных организаций. МОГ формируется на основании приказа Росводресурсов и действует на основании регламента, также утвержденного Росводресурсами.

Основной целью МОГ является создание условий для оперативного и максимально возможного в складывающихся водохозяйственных и гидрологических условиях удовлетворения потребностей всех заинтересованных в режимах работы гидроузлов каскада сторон. В состав МОГ входят представители Росводресурсов, Министерства природных ресурсов РФ, Минсельхоза РФ, МЧС России, Росгидромета, Росморречфлота, Росстроя, Роспотребнадзора, Россельхознадзора, Администраций Астраханской и Волгоградской областей, ОАО "РАО ЕЭС России", ОАО "ГидроОГК", ОАО "СО ЦДУ ЕЭС", ФГУП "Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства", ФГУП "Центр Регистра и Кадастра". Кроме того, в отдельных заседаниях оперативной группы по приглашению или в инициативном порядке принимают участие члены Совета Федерации и депутаты Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации, представители законодательных и исполнительных органов власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, бассейновых водных управлений Росводресурсов, бассейновых управлений водных путей Росморречфлота, судоходных, строительных и других компаний, научных и общественных организаций.

На заседании МОГ на основании разработанных предложений по режимам работы гидроузлов каскада (выполненных ФГУП "Центр Регистра и Кадастра"), складывающейся гидрологической обстановки (докладываемой представителем Росгидромета), в результате обсуждения вырабатываются рекомендации по режимам работы гидроузлов каскада на предстоящий период. Выработанные рекомендации фиксируются в протоколах заседаний группы, в которых также подробно фиксируются основные положения всех выступлений на заседании, а также особые мнения членов МОГ.

Следует отметить, что рекомендации МОГ являются основой для принятия решения, но имеют рекомендательный, а не обязательный характер, поскольку полномочия по принятию решений по режимам наполнения и сработки водохранилищ Российской Федерации принадлежат Федеральному агентству водных ресурсов (Росводресурсам) в соответствии с Положением о данном федеральном органе исполнительной власти, утвержденном Правительством Российской Федерации. Таким образом четко фиксируется ответственность за принятые решения. Внутри Росводресурсов, регламентом определены лица принимающие решения (ЛПР) в число которых входят Руководитель Агентства, один из его заместителей и начальник отдела оперативного регулирования, причем принимать решение низшее по должности ЛПР может только в отсутствии старшего по должности ЛПР. Хотя в подавляющем большинстве случаев ЛПР следует рекомендациям МОГ, имелись случаи, когда принятые решения шли вразрез с рекомендациями. Такая ситуация имеет место, когда сиюминутные интересы большинства представляемых органов и организаций совпадают, но противоречат задачам гарантированного водообеспечения и безопасности, определяемым действующими нормативно-правовыми актами, создавая таким образом излишние риски срывов гарантированного водоснабжения или возникновения чрезвычайных ситуаций в результате неоправданных подтоплений и затоплений территорий и населенных пунктов.

Решения ЛПР, в соответствии с регламентом, оформляются в виде указаний подписываемых ЛПР и скрепляемых печатью Росводресурсов и незамедлительно факсом направляются Системному оператору ЦДУ ЕЭС России, который на их основании вырабатывает почасовой режим работы гидроузлов каскада и доводит его непосредственно до руководства ГЭС для исполнения. Таким образом полностью замыкается цикл управления гидроузлами каскада.