

# КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ И НИЖНИХ БЬЕФАХ ГЭС

Васильев О.Ф., Зиновьев А.Т., Кошелев К.Б., Кудишин А.В.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Россия

Перспективы развития гидроэнергетики Сибири требуют решения многих серьезных научных и научно-практических задач, связанных с проектированием, созданием и эксплуатацией крупных ГЭС в суровых сибирских условиях. В их число входит разработка новых и совершенствованием существующих методов исследования и прогнозирования процессов и явлений в области гидрологии, гидрофизики и гидрохимии крупных водоемов и водотоков, наблюдающихся в характерных условиях Сибири. Строительство крупных водохранилищ всегда приводит к существенным изменениям в состоянии водной среде. Специфические природные условия района гидростроительства на реках Сибири делают такие изменения особенно масштабными и сложными. Требуется тщательная проработка всех вопросов, связанных с экологическими последствиями крупномасштабного гидростроительства, на начальных этапах проектных работ. Важную роль при получении прогнозных оценок играют методы математического моделирования. Численные эксперименты позволяют не только оперативно оценить возможные изменения состояния водной среды, но и изучить возможные подходы к управлению качеством воды в верхнем и нижнем бьефах.

Применение методов математического моделирования для получения прогнозных оценок изменения качества водной среды при реализации гидротехнических проектов позволяет существенно повысить уровень предлагаемых научно-технических решений. Однако следует учитывать, что оценку и/или прогноз качества воды слабо изученных водных объектов (к их числу относятся проектируемые сибирские водохранилища и нижние бьефы) часто приходится делать при малом количестве имеющихся входных данных по объектам исследования. С учетом того, что гидрофизические процессы существенно определяют протекание гидрохимических и гидробиологических процессов, создание простых и надежных математических моделей гидро – и термодинамических процессов в водохранилищах и нижних бьефах ГЭС и гидроузлов весьма значимо для решения важных научно-практических задач, связанных с развитием гидроэнергетики. При проектировании крупных и глубоких водохранилищ прогноз их годового ледотермического режима часто выходит на первый план в теоретических исследованиях экологических последствий гидростроительства. Особенности формирования вертикальной плотностной стратификации

глубоких водохранилищ существенно определяют годовую динамику химических и биологических процессов в таких водных объектах. Моделирование распределения температурных и скоростных характеристик течения по длине водотока дает возможность исследовать трансформацию гидрологического режима реки на участке нижнего бьефа. Важные результаты в этом направлении могут быть получены путем использования достаточно простых и надежных одномерных моделей. При этом достигается желаемый компромисс между малым количеством имеющих входных данных и возможностью учета основных гидрофизических эффектов, что позволяет оперативно и эффективно изучать изменение состояния водной среды под воздействием гидростроительства.

В докладе будут представлены развиваемые в ИВЭП СО РАН математические модели малой размерности для прогноза изменения качества воды на зарегулированных участках сибирских рек в результате крупномасштабного гидростроительства. Модель гидротермических процессов в глубоких водохранилищах описывает в одномерном вертикальном (1DV) приближении формирование плотностной стратификации в замерзающих проточных водоемах в годовом и многолетнем масштабах. 1DV-модель включает уточненные описания зоны селективного оттока и вертикального турбулентного перемешивания и учитывает средние расходы воды в горизонтальных направлениях. Усовершенствованная одномерная горизонтальная (1DH) модель гидроледотермических процессов в нижних бьефах ГЭС позволяет учесть фракционный состав шуги и влияние изменения толщины ледяного покрова на гидравлику речного потока. На основе гидротермической модели построены 1DV-модели переноса взвешенных и растворенных примесей в глубоких стратифицированных водоемах.

Приводятся результаты численных расчетов, выполненных на основе разработанного комплекса моделей, по прогнозу изменения состояния водной среды Нижняя Тунгуска на перспективу строительства Эвенкийской (Туруханской) ГЭС. Показаны возможности адаптации моделей для решения специфических водно-экологических задач, например, для оценки влияния затопленной растительности на качество воды.

Для верификации и уточнения разрабатываемого комплекса моделей выполнены теоретические и экспериментальные исследования физико-химических процессов в Телецком озере. Полученные результаты обсуждаются и сравниваются с численными результатами, полученными с использованием моделей высокой размерности.