

УДК 502.36:556.013+504.4.054:504.45+519.879.5

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ WASP 6.0 В АНАЛИЗЕ ПРОЦЕССА ЭВТРОФИКАЦИИ ШЕРШНЁВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.О. Юлаева, К.О. Разнополов, Ю.И. Сухарев
e-mail: tiukha@yandex.ru

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 27 декабря 2004 г.

Введение

На этапе разработки имитационная компьютерная модель оснащается исходными данными.

Наиболее полно с точки зрения гидробиохимии водоемов имеются данные по Шершнёвскому водохранилищу. Кроме того, конфигурация данного водохранилища более удобна для моделирования с точки зрения формирования сети взаимосвязанных сегментов, особенно при имеющемся недостатке данных по батиметрическим характеристикам водоемов и их скоростным режимам. К настоящему времени удалось определить численные значения основных констант и параметров модели, место их применения в программе WASP и математическом описании биохимических и гидрологических процессов в природных водных объектах. Начальные концентрации переменных состояния модели взяты из работ сотрудников кафедры ОИнЭк ЮУрГУ [1].

Разбиение водохранилища на сегменты производится согласно имеющимся пунктам отбора проб на качество воды, как показано на рисунке 1 [1]. Такое разбиение нельзя считать окончательным [2], поскольку параметры гидравлической геометрии (глубины, скорости, объемы) до сих пор не определены за неимением соответствующих данных. Работы по выяснению недостающих данных ведутся сотрудниками кафедры ОИнЭк с подключением к работе студентов-дипломников. Материал к определению батиметрических параметров водохранилищ (батиметрические карты и таблицы) предоставляется Федеральным государственным учреждением по эксплуатации водохранилищ (ФГУ ЭВ) Челябинской области.

1. Формирование базы данных для реализации модели в имитационной программе WASP 6.0

Для реализации модели программа WASP 6 запрашивает данные, которые можно разбить на следующие категории:

1. Данные к описанию гидродинамики процессов в водном объекте: количество и характер сегментов (поверхностный слой воды, подповерхностный слой, верхний слой бентоса, нижний слой бентоса), описание их объемов, скоростей (скорость движения воды рассматривается как результирующая скоростей преобладающих направлений) и глубин.

2. Данные к описанию основных физико-химических свойств воды и окружающей среды: температура воды, параметры, описывающие влияние солнечной радиации, скорости реэрации, потребность осадка в кислороде и температурный коэффициент к этой величине, удельные расходы по массе аммиака и фосфатов на единицу площади бентоса, популяция зоопланктона.

3. Начальные концентрации переменных состояния (основных веществ, переменных, характеризующих биохимию воды) и доля растворенного вещества: аммиак, нитраты, ортофосфаты, фитопланктон в углеродной форме (хлорофилл-а), БПК, растворенный кислород, органические азот и фосфор, соленость (в данной работе не рассматривается).

4. Константы и иные параметризованные данные по каждому из переменных состояния.

5. Общие константы и параметры: проникновение нитратов, аммиака, ортофосфатов, БПК, органических азота и фосфора из атмосферы в терминах массового расхода на единицу площади водной поверхности.

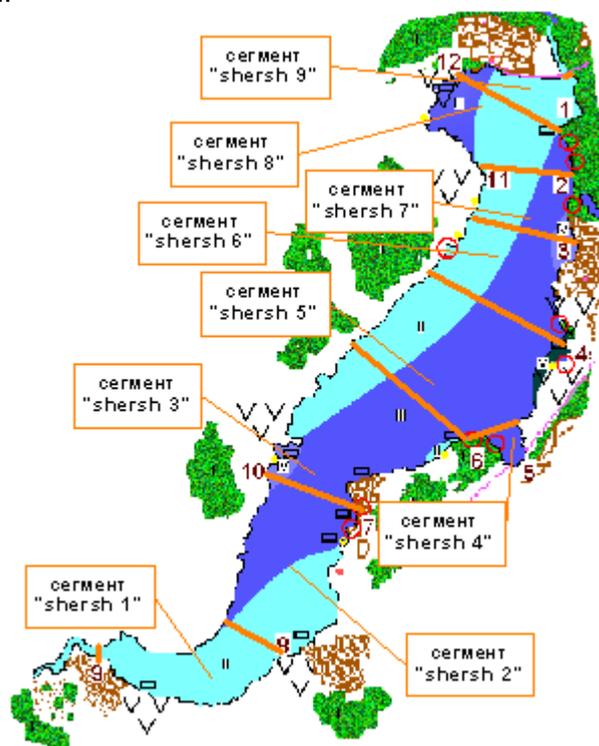


Рис. 1. Схема разбиения Шершнёвского водохранилища на сегменты

2. Настройка модели качества воды Шершнёвского водохранилища в программе WASP 6

Настройка модели осуществлялась в соответствии с описанием к программе и руководством пользователя [2], а также по данным исследований специалистов кафедры ОИНЭк ЮУрГУ [1].

Сначала в программном окне «Parameters», выбирается подпрограмма моделирования EUTRO, подключающая уравнения, моделирующие процесс эвтрофикации. Здесь же назначаются и другие установки к моделированию. Выбрано: статическое моделирование, шаг моделирования определяется пользователем в соответствующем окне программы, гидродинамическое взаимодействие осуществляется сетевыми потоками по встроенному алгоритму. Описание текущей программы — «Шершнёвское водохранилище». Комментарий к программе — «Модель эвтрофикации Шершнёвского водохранилища по данным кафедры ОИНЭк ЮУрГУ за июль 2002 г.». В последующем при формировании аналогичных пакетов программ для других водных объектов (Аргазинского водохранилища, р. Миасс, Долгобродского водохранилища, искусственного водного канала) предполагается состыковка этих моделей в единую систему за счет использования выходных данных одной модели в качестве входных — другой.

WASP-описание исходных данных для настройки гидравлической геометрии сегментов представлено на рис. 2. Назначение исходных данных по концентрациям показано на рис. 3. Здесь все концентрации — в мг/л, кроме концентрации по «хлорофиллу-а», задаваемой, как того требует программа WASP, в мкг/л.

Поскольку данных по БПК, органическому азоту и фосфору для Шершнёвского водохранилища не имелось, в модель внесены данные, характерные для других подобных объектов. Моделирование проводилось как для нулевых значений концентраций этих веществ, так и для фиксированных (постоянных) текущих значений, и без учета влияния этих компонент.

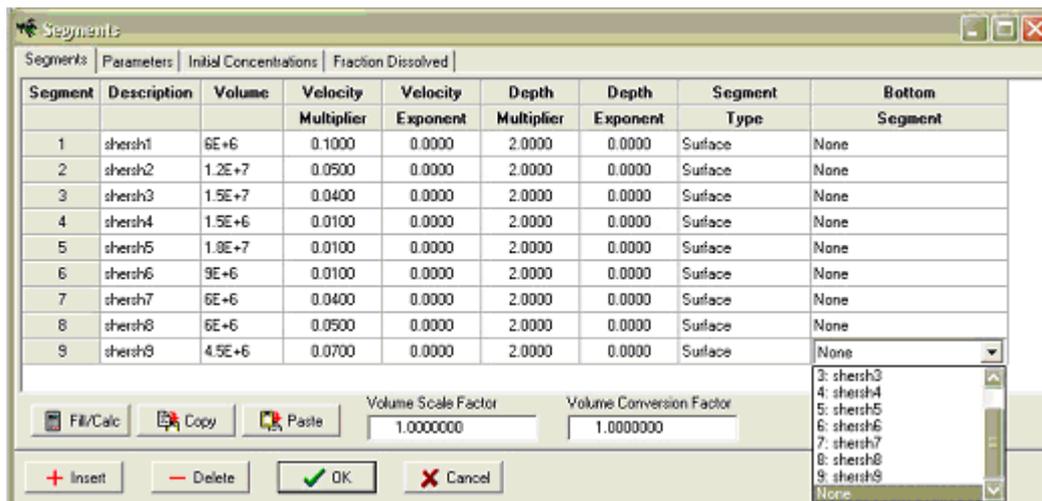


Рис. 2. Настройки гидравлической геометрии сегментов

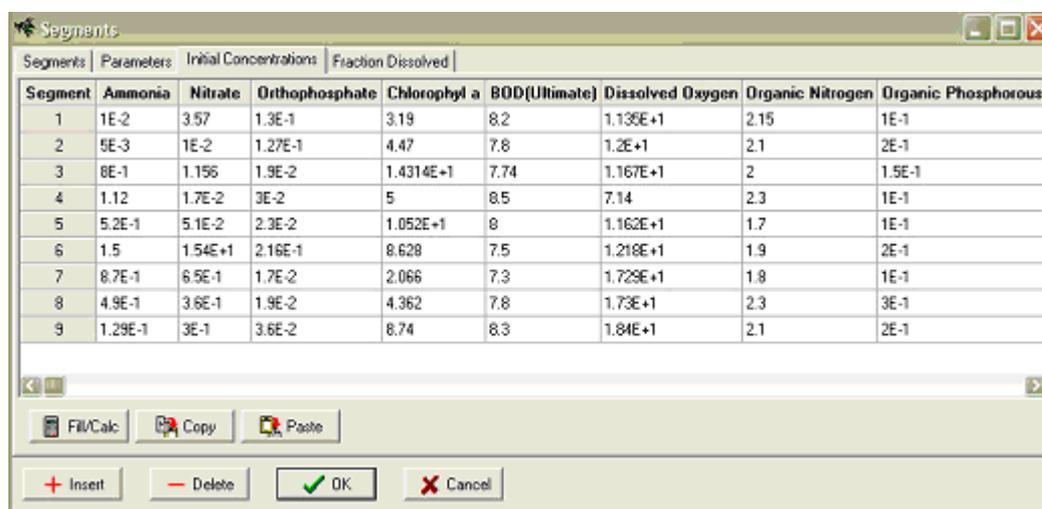


Рис. 3. Начальные концентрации переменных состояния посегментно

3. Результаты моделирования

Результаты моделирования в программе WASP 6.0 выводятся в форме графиков или таблиц. Данные к визуализации результатов автоматически записываются в специальные файлы с расширением .bmd. Эти файлы обрабатываются встроенным в WASP 6 постпроцессором, в котором можно создавать графики и таблицы с данными, рассчитанными в соответствии с задаваемым шагом моделирования, по 53-м различным переменным и параметрам. Ниже (рис. 4—6) представлены результаты моделирования (с учетом влияния выбранных данных по БПК), сформированные постпроцессором по некоторым показателям качества воды (их число ограничено форматом статьи) для четырех сегментов: «shersh1», «shersh2», «shersh3», «shersh5» в соответствии с рис. 1. Выбор именно этих сегментов к визуализации результатов связан исключительно с первоочередностью их по ходу течения воды; большее число сегментов перегружало бы рисунок.

По результатам моделирования производилась калибровка модели, т. е., уточнялись константы и параметры при различных переменных. Особенно чувствительна система оказалась к изменению констант, входящих в уравнения к описанию «хлорофилла-а».

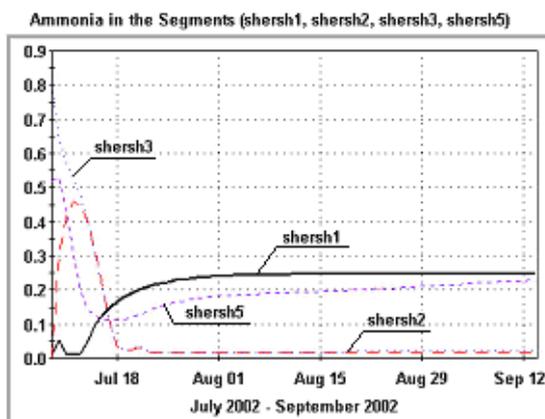


Рис. 4. Изменение концентрации аммонийного азота в мг/л

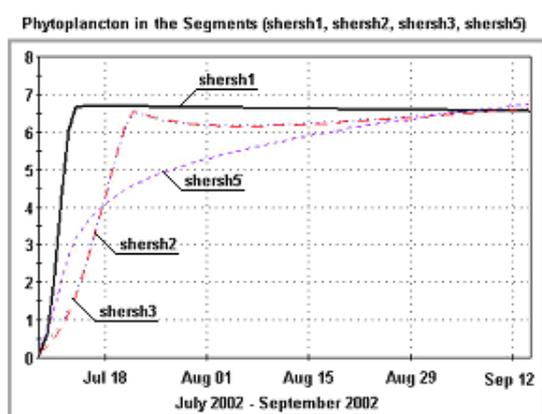


Рис. 5. Изменение концентрации фитопланктона в мг/л

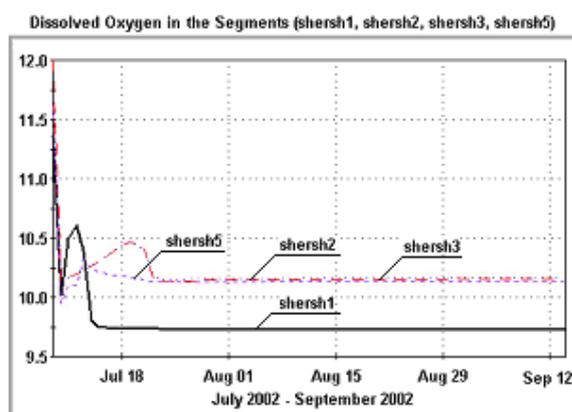


Рис. 6. Изменение концентрации растворенного кислорода в мг/л

К настоящему моменту говорить об адекватности модели реальным процессам можно лишь условно, поскольку на данном этапе модель не имеет достаточную базу исходных данных. Так, например, значения начальных концентраций в сегментах приняты по результатам лабораторного анализа проб воды, взятых в прибрежных зонах акватории водохранилища. Значительные объемы сегментов требуют аппроксимации величин начальных концентраций переменных состояния в начальных створах. Не рассматривалось взаимодействие «толща воды — бентос». Однако за принципиальную адекватность полученной имитационной модели качества воды Шершнёвского водохранилища говорят данные за сентябрь месяц того же года в тех же контрольных пунктах отбора проб: тенденция изменения переменных состояния в модели соответствует опытным значениям аналогичных показателей качества воды на натуральных съемках.

Заключение

В статье представлены результаты модельного исследования качества воды в Шершнёвском водохранилище с использованием моделирующей оболочки WASP 6. Приоритет при сравнении с Аргазинским водохранилищем отдан этому водохранилищу по ряду причин:

- 1) более полная оснащённость исходными данными;
- 2) удобная с точки зрения моделирования потокораспределения конфигурация водохранилища;
- 3) объект наиболее важен с хозяйственной точки зрения, и является завершающим звеном в рассматриваемой системе водохранилищ.

При моделировании Шершнёвское водохранилище разбито на девять сегментов. Сегментация проведена в соответствии с имеющимися в настоящее время замерами качества воды в отдельных участках водоема. Моделирование проведено только для поверхностного слоя воды. Это объясняется отсутствием исходных данных для моделирования подповерхностного слоя и бентоса.

В настоящее время имеется договоренность (протокол от 01.10.03 расширенного заседания НТС ФГУ ЭВ Челябинской области) о совместных мероприятиях по проведению гидрометрических (с упором на составление карт скоростных режимов) и батиметрических съемок морфометрического и гидрологического состояния Кыштымского, Аргазинского и Шершнёвского водохранилищ.

Теперь, когда получены первые результаты моделирования, необходимо:

- 1) оценить их с позиций адекватности реальным процессам в водохранилище;
- 2) дооснастить модель необходимым минимумом исходных данных (батиметрические и скоростные характеристики, концентрации по БПК, органическому азоту и фосфору);
- 3) продолжить калибровку и верификацию модели;
- 4) сформировать список мероприятий по поиску (измерению, вычислению) недостающих данных по другим водным объектам рассматриваемой системы;
- 5) по всем объектам моделирования наметить точки отбора проб, т. е. предварительно задаться формой, размерами и количеством сегментов, согласно рекомендациям разработчиков программы WASP [2].

Список литературы

1. Сухарев Ю.И., Ходоровская Н.И., Ницкая С.Г. и др. Исследование трофического состояния системы водохранилищ // Известия УрО РАН. 2002. вып. 4 (17), С. 99—103.: www.csc.ac.ru/news.
2. Ambrose, R.B. et al. Water Quality Analysis Simulation Program (WASP), Version 6.0 — DRAFT: User's Manual. U.S. Environmental Protection Agency, 1996.