

В табл. приведены результаты расчетов интегрального индекса загрязнения воды по осредненным данным за более чем 20-летний период и значения этого индекса за отдельные годы. В настоящее время наиболее загрязненными (по интегральному показателю Е) являются следующие реки: Рудная в 9 км ниже по течению сброса сточных вод ППО "Бор" ( $E=36,6$ ); Раковка, в черте города ( $E=21,9$ ); Кулешовка, в черте г. Спасска-Дальнего ( $E=27,7$ ); Раздольная в 0,5 км ниже по течению от г. Уссурийск ( $E=20,5$ ); Дачная в черте г. Арсеньев ( $E=20,4$ ). Однако вклад отдельных компонентов в общее загрязнение поверхностных вод неодинаков. При загрязнении р. Рудной наибольший вклад в интегральный индекс общего загрязнения вод вносят концентрации меди (25) и нефте-

продуктов (4,6). Загрязнение рек Раздольной и Дачной обусловлено в основном нитритами (7 и 10) и фенолами (5 и 9). Загрязнение р. Кневичанки формируется за счет таких компонентов, как аммонийный азот (14,5) и фенолы (109). Значение интегрального индекса, осредненного за 22-летний период достигает 50,9, при максимальной величине 134,9, которая получена за 1986 г.

Ход интегрального показателя загрязнения поверхностных вод отражает интенсивность развития хозяйственной деятельности человека, в частности промышленности, пик расцвета которой приходится на 1985-1987 гг. Резкое снижение показателя Е в 90-х годах связано со спадом всякой хозяйственной активности и общим кризисом экономики в нашей стране.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ДЕЛЬТЫ РЕКИ АМУДАРЬИ

Духовный В.А., Шуттер Ю., Тучин А.И., Белоглазов А. С., Коршак Е. В.

Научный информационный центр Международной водной комиссии бассейна Центральной Азии, Ташкент, Узбекистан

В исследованиях динамики Аральского моря последнего столетия, обычно выделяются два периода, стабильный, когда естественный баланс моря определялся природными условиями, а восстановительные ресурсы внешней среды доминировали над результатами человеческой деятельности, и не стабильный (начиная с середины 50-х гг.).

Отметка свободной поверхности Малого моря, в последнее десятилетие, стабилизировалась вокруг значения  $\sim 40.5$ БС, а Большого моря продолжает падать и, к настоящему времени, опустился до отметки  $\sim 30.0$ БС, с площадью свободной поверхности менее  $20\,000\text{ км}^2$ . Свободная поверхность дельтовых озер реки Амударьи в многоводные годы достигает  $\sim 2\,500\text{ км}^2$ , объем испарения с их поверхности составляет  $\sim 15\%$  от объема испарения с поверхности самого моря.

Дельта реки Амударьи охватывает территорию порядка  $30\,000\text{ км}^2$ , на которой расположены системы мелководных озер. В периоды сокращения притока пресных вод дельта затоплялась морем, и происходило резкое изменение свойств воды и биологической продуктивности.

Важнейшей составляющей водного баланса дельты реки Амударьи является испарение, слой которого летом достигает  $\sim 200\text{ мм/месяц}$  со свободной поверхности воды. Еще большие потери происходят с поверхности воды занятой растительностью.

Зимний режим существенно отличается от летнего по следующим основным причинам:

- Летом гидравлические уклоны водоемов в основном, формируются испарением, и в период октябрь - ноябрь наполняется мелководная часть с последующим замерзанием.
- Мелководные водотоки подвергаются более раннему промерзанию, в результате происходит изменение структуры водообмена в системе водоемов.
- Резко изменяется кислородный режим, т.к. в мелководных водоемах количество растворенного кисло-

рода летом  $\sim 100\%$ , тогда как, после замерзания, окислительные процессы используют почти весь растворенный кислород (сказывается небольшая глубина водоема).

- Изменяется минерализация, т.к. соли выпадают в осадок из-за низкой температуры, и по другой, менее изученной причине, обусловленной эффектом меньшей минерализации льда

Формальное описание и моделирование процессов функционирования отдельного водоема, основывается на системе обыкновенных дифференциальных уравнений отражающих поступление и отток водных ресурсов, изменение минерализации и зарастание тростником.

Вышеперечисленные характеристики наиболее важны и через них возможна косвенная оценка остальных составляющих.

Поток испарения со свободной поверхности зависит от процента покрытия этой поверхности тростником,

Процесс развития тростника в акватории обусловлен преимущественно двумя факторами: минерализацией воды и глубиной водоема. Установлено, что тростник развивается только при глубинах меньше одного метра.

При повышении уровня воды на участках с глубиной больше одного метра тростник постепенно гибнет.

На этапе численных экспериментов была выполнена калибровка модели на основе среднемноголетних данных и уточнены количественные характеристики элементов водного баланса дельты

Водные ресурсы в дельте складывались из речного стока и коллекторного.

Осадки принимались по среднемноголетним данным.

Испарение вычислялось по составляющим: испарение с открытой поверхности, с поверхности воды покрытой тростником, эвапотранспирация тростника.

Минерализация дельты вычислялась с осреднением по всему объему в среднемесечном разрезе. Начальное значение задавалось в виде допустимого значения  $5\text{ г/л}$ .

для остальных лет начальное значение принималось по результатам расчетов предшествующего года.

Отток из дельты = сток в Аральское море, рассматривался как параметр управления, с помощью которого поддерживался уровенный режим, доступный существующей системе дельтовых озер, либо как величина дисбаланса на этапе калибровки модели.

Аральское море как последний элемент в данной постановке, рассматривается в виде одного водоема, поглощающего весь избыток водных ресурсов, уходящих из системы дельтовых озер реки Амударьи, имеющего средневзвешенную отметку свободной поверхности, динамика которой, является основным индикатором для калибровки коэффициентов модели.

Результаты моделирования. Были выполнены расчеты по оценке функционирования системы водоемов для различных схем строительства инженерно-технических конструкций и при разных сценариях подачи водных ресурсов в дельту реки Амударьи.

Численное моделирование акватории Приаралья, преследовало цели по выбору и обоснованию параметров гидротехнических сооружений, с точки зрения их оптимального функционирования в многолетнем разрезе и опирались на двадцатитрехлетние гидрологические ряды со среднемесячными значениями стока и минерализации и позволили получить оценку трех вариантов обводнения дельты реки Амударьи при разном сочетании лет с различной водностью.

Кроме этого были определены параметры сооружений в Междуреченском водохранилище, обеспечивающие максимальное использование стока реки Амударьи для обводнения дельты и определены условия, при которых управление дельтой невозможно без привлечения вышерасположенных гидротехнических сооружений.

Обработка результатов функционирования системы водоемов Приаралья и анализ материалов натурных исследований по эксплуатации Междуреченского водохранилища 2002г., показывают, что в настоящем состоянии исследуемая система водоемов, управляема лишь частично, и наиболее слабым звеном является Междуреченское водохранилище (и в маловодные и многоводные годы!). Учитывая, что обеспечение водой всех ниже лежащих водоемов (Муйнак, Рыбачье, ...) будет полностью зависеть от емкости и параметров гидротехнических сооружений у Междуреченского водохранилища, его следует отнести к объектам, требующим повышенного внимания, как на этапах строительства, так и в период эксплуатации.

В процессе проектирования были приняты следующие параметры сооружений:

- Междуреченское водохранилище - водосбросной регулятор в реку Акдарья, расходом до 250 м³/с и понижение Думалак дасходом до 300 м³/с, водослив Междуречье-Думалак на отметке 57.0 м, общая пропускная способность всех сооружений, отводящих воду из Междуреченского водохранилища, превышают 1200 м³/с, что и было определено окончательными расчетами по модели работы канала.;
- Канал Главмьясо - длина 26.2 км, расход 70 м³/с;
- Муйнакское водохранилище - водовыпуск-водосброс, расход 40 м³/с и водовыпуск расходом 28 м³/с;
- Рыбачье водохранилище - 2 водовыпуска, расход каждого 20 м³/с;
- Водохранилище Джилтырбас - 2 водовыпуска, расход каждого 50 м³/с;
- Пolder Аджибай-1 - водовыпуск, расход 51 м³/с;
- Пolder Аджибай-2 - 3 водовыпуска, расход каждого 90 м³/с;
- Пolder Джилтырбас-1 - 3 водовыпуска, расход каждого 60 м³/с.

На основе разработанного комплекса гидрологических, инженерных и экономических моделей была создана DSS для лиц, принимающих решения при планировке и управлении ветлами, их режимом. За методическую основу работ приняты рекомендации, разработанные координатором проекта г. Юпом де Шутером, и базирующиеся на методе RAP "Rapid Assessment Programme" (Ir. Peter Kouwenhoven), и который состоит из ряда последовательных шагов: описание проблемы; компоненты; соотношение между ними; возможные случаи; критерии выбора; возможные меры; анализ; оценка; выводы.

Для управления всеми параметрами модели разработан интерфейс, при помощи которого можно выполнить все вышеописанные шаги. Пользователь задает параметры объектов и связей между ними, определяет гидрологические ряды (выбирает один из заложенных вариантов развития). Информация сохраняется в базе данных и может быть представлена по необходимости. После задания параметров пользователь запускает модель и после расчета может анализировать результаты, которые представлены интерфейсом в виде набора таблиц и графиков.

При помощи данной DSS пользователь может давать прогнозы развития ситуации в дельте за достаточно короткое время.

## ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ИСТОЧНИКА РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРАХ РОССИИ И КАНАДЫ)

Шутов В.А.

Валдайский филиал государственного гидрологического института, Валдай, Москва

Изучение снежного покрова, снеготаяния и формирования стока весеннего половодья ведется на Валдае в течение более 50 лет, составляя один из

важнейших разделов экспериментальной гидрологии. В последние годы эти работы ( см. [Shutov V.A. // Proc. of the AWRA Spring Specialty Conf., Anchorage, Alaska,