

УДК 628.001

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ В МАЛЫХ РЕКАХ

Е.М.Наурызбаев, Д.К.Мынбай
ЮКГУ им.М.Ауезова г.Шымкент

По [1] малыми реками являются водотоки длиной до двухсот километров. На территории Южного Казахстана таких рек немало.

Оценку параметров принятой структуры модели качества воды сводят обычно к проблеме оптимизации, где функция цели, которую надлежит минимизировать, служит показателем различия между моделью и реальностью, а переменные, в отношении которых проводится минимизация, являются параметрами модели [2]. Необходимо определить, каким образом влияют на характеристики модели изменения параметров (например, расход воды в реке, величины БПК, взвешенные вещества, рН и др.).

Если постановку задачи рассматривать с позиции теории чувствительности параметров, то модель можно представить как систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$Z=f(z,p,t), \quad z=dz/dt, \quad (1)$$

где

$$Z = \begin{vmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \dots \\ Z_p \end{vmatrix}.$$

является вектором состояния; p – параметром с номинальным значением $\bar{p}$.

Начальное состояние ($t=0$) системы зависит от параметра p , т.е. $Z_0=Z_0(p)$, также, как и решение $Z(t,p)$ уравнения (1).

Далее

$$\bar{Z}(0, p) = Z_0(p) \quad (2)$$

Для краткости изложения принято, что

$$\bar{Z}(t) = Z(t, p) \quad (3)$$

Пусть функция $Z(t, \dots)$ в каждый момент времени $t > 0$ раскладывается в окрестности точки $p = \bar{p}$ в ряд

$$Z(t, p) = \bar{Z}(t) + \left. \frac{\partial z(t, p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}} (p - \bar{p}) + \dots \quad (4)$$

Вектор $\left. \frac{\partial z(t, p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}}$ называется вектором чувствительности вектора состояния z относительно p (n -й компонент этого вектора называется коэффициентом чувствительности) и далее обозначается через $\theta(t)$, т.е.

$$\theta(t) = \left. \frac{\partial z(t, p)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}} \quad (5)$$

Зная $z(t)$ и $\theta(t)$, можно определить $z(t, p)$, аппроксимируя для этого (4) с помощью следующего соотношения:

$$Z(t, p) = \bar{Z}(t) + \theta(t)(p - \bar{p}), \quad (6)$$

вектор чувствительности $\theta(t)$ удовлетворяет следующему векторному дифференциальному уравнению:

$$\dot{\theta} = \left[\frac{\partial f(z, \bar{p}, t)}{\partial z} \right]_{z=\bar{z}} \theta + \left. \frac{\partial f(z, p, t)}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}} \quad (7)$$

при начальном условии

$$\theta(0) = \left. \frac{\partial z_0}{\partial p} \right|_{p=\bar{p}} \quad (8)$$

Выявив основные параметры с помощью моделирования, не менее важно установить важнейшие различия между изучаемыми участками бассейна реки и определить наиболее часто встречающиеся типобразующие показатели, характеризующие качество воды.

В настоящее время в Казахстане оценка качества поверхностных вод (для мониторинга водных объектов) проводится по узкому кругу показателей. Это затрудняет их объективную оценку. Необходим поиск других методов оценки качества водоемных объектов.

Например, в [3] использованы интегральные показатели загрязненности поверхностных вод, учитывающие всю совокупность исходных характеристик анализируемых водоемов. Для анализа использован один из методов классификации многомерных объектов - кластерный анализ [4].

В [2] ввиду различия размерностей показателей качества воды, была произведена нормировка для перевода их в безразмерные величины:

$$Z_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k) / S_k, \quad (9)$$

$$\bar{x}_k = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w x_{ik}, \quad (10)$$

$$S_k = \left[\frac{1}{w} \sum_{i=1}^w (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 \right]^{1/2}, \quad (11)$$

где Z_{ik} - нормированное значение показателей K для i -го створа; $k=1, 2, \dots, n$;

$\bar{x}_k$ – математическое ожидание значения k ;
 S_k – стандартное отклонение показателей K .

В качестве интегрального показателя применили «уровень загрязненности» d . Исходными величинами для его определения служили расстояния в признаковом пространстве между эталонным створом и контрольными l_{i0} [2]:

$$d_i = l_{i0} / l_0, \quad (12)$$

$$l_0 = \bar{l}_0 + 2S_0, \quad (13)$$

$$\bar{l}_0 = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W l_{i0} \quad (14)$$

$$S_0 = \left[\frac{1}{W} \sum_{i=1}^W (l_{i0} - \bar{l}_0)^2 \right]^{1/2}, \quad (15)$$

где W – количество исследуемых объектов – контрольных створов;

S_0 – стандартное отклонение расстояний l_{i0} от их среднего значения $\bar{l}_0$.

Вода в конкретном контрольном створе считается тем более загрязненной, чем ближе значение d к единице.

Для определения репрезентативных показателей, характеризующих качество воды, авторы [3] использовали методы факторного анализа По [5] основная линейная модель факторного анализа:

$$x_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} F_j + u_i, \quad (16)$$

где F_j – латентные общие факторы;

a_{ij} – факторные нагрузки;

u_i – остаточные специфические факторы, указывающие на погрешность факторного анализа;

p – количество латентных факторов;

N – количество показателей.

Используя этот метод, можно получить для любого контрольного створа малых рек интегральные показатели качества воды, характеризующие состояние данного водоема.

В современных условиях наиболее распространенным методом оценки токсичности стоков, сбрасываемых в водоемы, являются физико-химические методы анализа качественного и количественного состава присутствующих в них загрязнителей. Экономический механизм регулирования в Казахстане до сих пор основывается только на данных гидрохимического анализа. Экологические требования регламентируются статьей 225 Экологического кодекса РК [6].

По вышеприведенной методике нами обработаны статистические данные р. Арысь за 2001-2006 годы включительно. Математико-статистическая обработка статистических данных по показателям качества воды р.Арысь в контрольном створе №1 показаны на рисунках 1,2,3.

Графики показывают, что с каждым годом повышается загрязнение по биогенным фосфорсодержащим компонентам. Это свидетельствует о значительном влиянии поверхностных стоков (талых вод и попадание в реку дренажных вод). Стабильно повышается содержание нефтепродуктов и нитритов вследствие попадания в реку нефтесодержащих стоков от многочисленных неконтролируемых моек транспорта, различных отходов деятельности человека с неконтролируемых объектов коммунального назначения.

Видно незначительное уменьшение значений БПК, но стабильно высокое значение ХПК в течение всего периода наблюдений.

Минимальное уменьшение СПАВ за счет уменьшения применений населением синтетических моющих средств из-за экономических издержек и резкого подорожания этих средств.

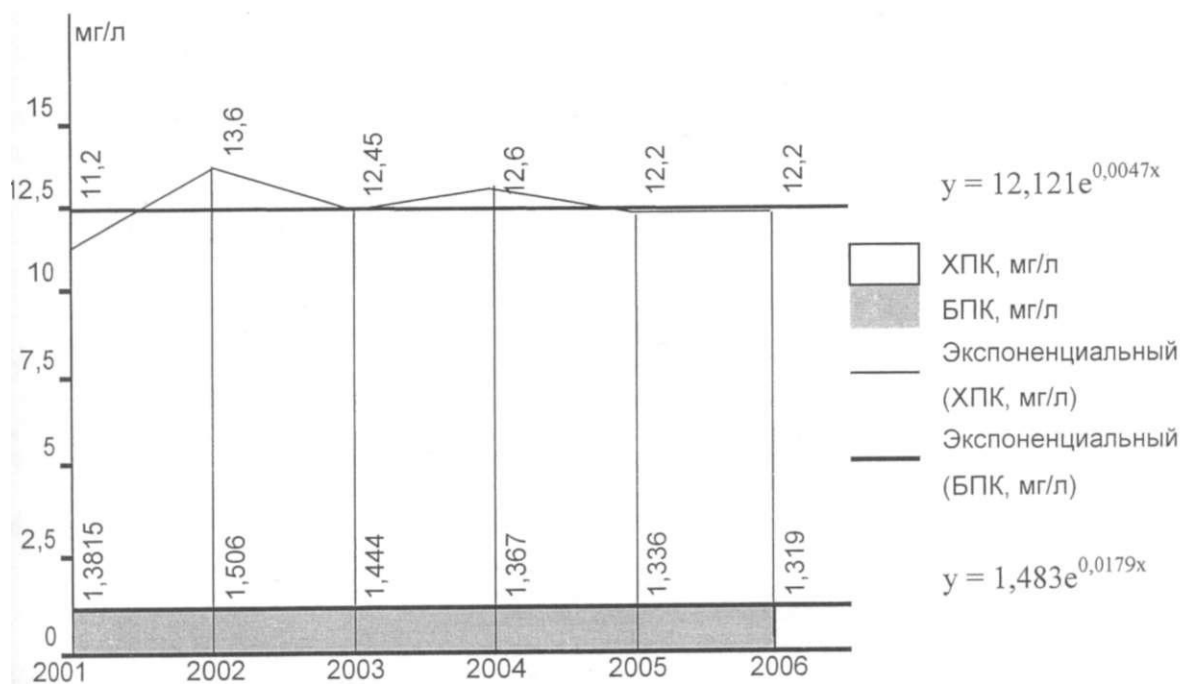


Рисунок 1 - Динамика изменения ХПК, БПК воды р.Арысь у поста №1

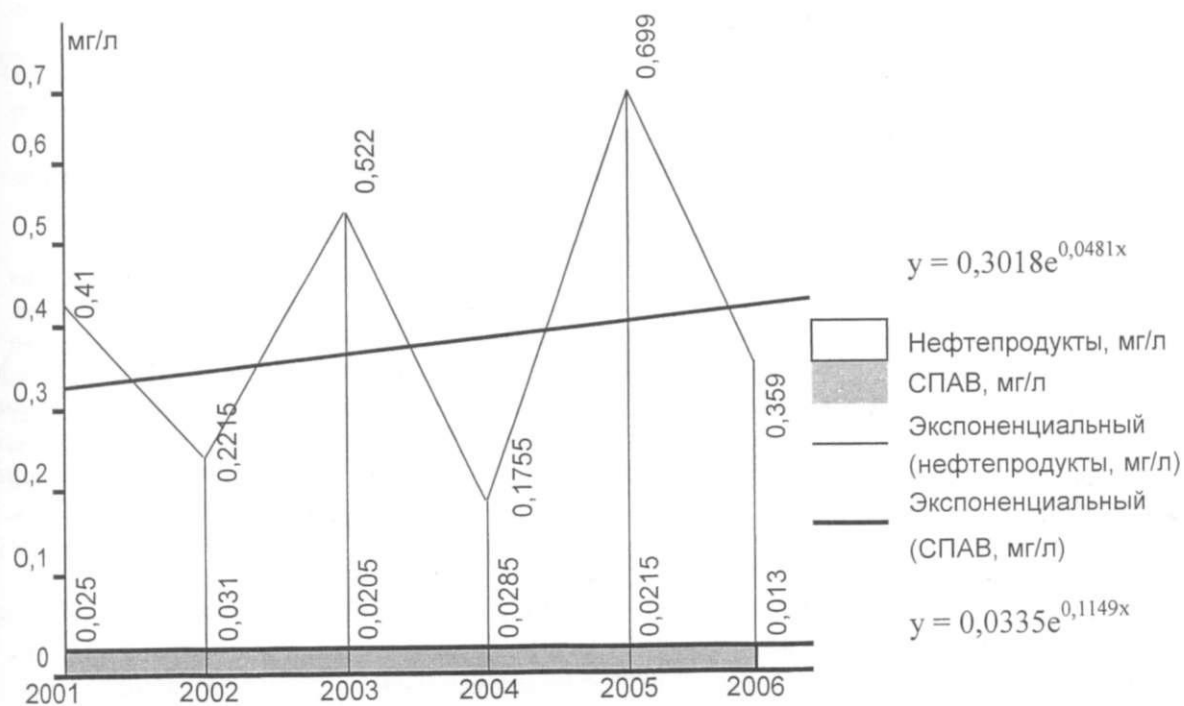


Рисунок 2 - Динамика изменения концентрации СПАВ и нефтепродуктов в воде р.Арысь у поста №1

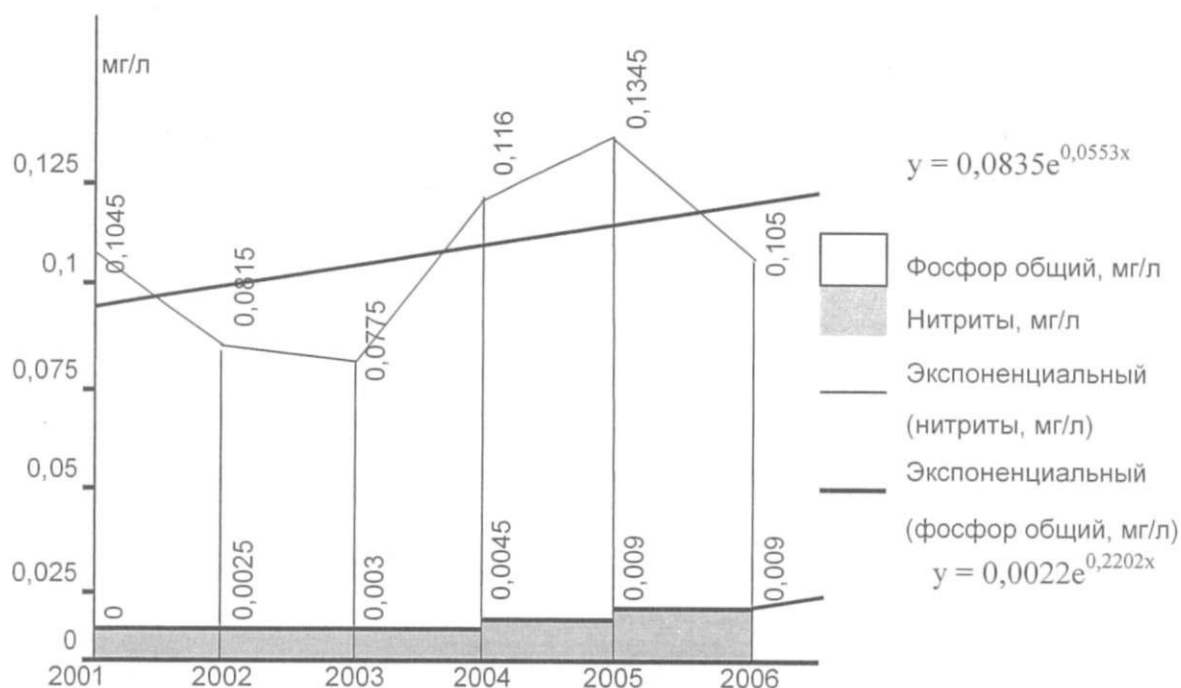


Рисунок 3 - Динамика изменения концентрации фосфатов и нитритов речной воды р.Арысь у поста №1

Анализ графиков подтверждает нашу версию, что необходимо принятие ряда мер по ужесточению правил сброса в р. Арысь условно чистых вод: категорическое запрещение моек автотранспорта у реки; восстановление защитных зон по обе стороны реки; увеличение количества контрольных постов и т.п.

Если целью водоохраных мероприятий является сохранение и улучшение качества воды по комплексу гидрохимических и гидробиологических показателей, то важнейшим средством достижения поставленной цели является обеспечение процессов самоочищения водоемов.

К сожалению, самоочищающаяся способность р. Арысь утеряна из-за резкого уменьшения стока реки. Река уже не может справляться самостоятельно с антропогенным воздействием человека.

Главный показатель очистки стоков - наличие или отсутствие токсического действия данной комбинации загрязнителей в нормативно очищенной воде для водных биоценозов. Единственным объективным показателем характера комбинированного действия загрязнителей может быть только ответная реакция биообъекта. Говоря об интегральных показателях загрязнителей воды и их действия на живые организмы вообще и гидробионты в частности, следует иметь в виду следующие аспекты: аддитивное действие загрязнителей, когда эффект суммы токсикантов равен сумме эффектов каждого из них, действующего отдельно; потенцирующий эффект, когда эффект суммы токсикантов превышает сумму их отдельных эффектов; антагонистическое действие, когда эффект суммы токсикантов меньше суммы их действия по отдельности.

До сих пор ни один из существующих методов физико-химического анализа не дает возможности выявить комбинированное действие и оценить его характер. Для решения этих задач наиболее приемлем, на наш взгляд, метод биотестирования. Он дает возможность по ответной реакции тест-организма получить интегральную информацию по всей совокупности токсических агентов, воздействующих на тест-объект. В настоящее время хорошо изучен достаточно ограниченный, но надежный круг био-тест-претендентов, среди которых лидирующее положение занимает рачок дафния – *Daphania magna* Straus.

Российский опыт показал [2], что при потенцирующем эффекте водопользователь, платящий только по базовым ставкам, рассчитанным по химическому составу сточных вод, фактически недоплачивает за ущерб, наносимый водоемам. При антагонистическом характере комбинированного действия (интегральных показателей загрязнителей) предприятие переплачивает и лишь при аддитивном эффекте плата адекватна наносимому ущербу. Проведение биотестирования наиболее эффективно как для государства и в целом для окружающей среды, так и для предприятий – загрязнителей.

Литература

- 1 Водный кодекс Республики Казахстан. – Алматы: Юрист, 2006. – 69с.
- 2 Дружинин Н.И., Шишкин А.И. Математическое моделирование и прогнозирование загрязнения поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989.- 392с.
- 3 Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Использование интегральных показателей загрязненности для анализа состояния водотоков //Водоснабжение и санитарная техника.- 2005. -№7. - С. 25-29.
- 4 Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988.
- 5 Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. – М.: Финансы и статистика, 1989.
- 6 Экологический кодекс Республики Казахстан // Казахстанская правда. 23.01.2007.-С.12-20.

Қорытынды

Мақалада бірінші рет Арыс өзеніндегі өзен суының сапалық параметрлері қарастырылған. Қазіргі қолданылатын әдістемелік бойынша, өзен суының сандық және сапалық параметрлері есептелген және ақырғы алты жыл қатарынан бұл параметрлер эмпирикалық байланыстықпен келтірілген.

Summary

The article is devoted to first time consideration of determinative parameters of water quality in Arys river. On the basis of special methods qualitative parameters of river water are calculated and empirical dependencies of these parameters are given for the last six years.