

Статистические ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЧНЫХ ВОД МОРСКОГО ПОРТА

Проведен анализ статистических характеристик сточных вод морского порта, расположенного в г. Калининграде. Приведены показатели результатов физико-химических анализов проб сточных вод Калининградского морского порта. Показаны величины модульных коэффициентов для 2000 и 2001 гг. Для каждого из показателей были проверены гипотезы однородности для значений разных годов. Рассчитана матрица точечных оценок парной корреляции, характеризующая тесноту стохастической связи между показателями, близость к линейной функциональной зависимости.



Введение

Стохастические (имитационные) модели гидрологических процессов в настоящее время достаточно широко используются для решения большого круга задач, связанных с изучением закономерностей формирования, изменения качества и рационального использования водных ресурсов [1-3]. Для построения таких моделей должны быть сформированы основные блоки:

- 1) гидрологический блок (расходы, скорости течения водотока);
- 2) водопотребления;
- 3) загрязнения водотока, включая фоновое;
- 4) самоочищения водотока.

Наиболее разработаны стохастические модели гидрологии. Причем, наряду со ставшим уже классическим методом статистических испытаний для генерации гидрологических рядов [4-8], имеются работы, позволяющие усовершенствовать схему расчетов и учесть новые факторы [9].

Самоочищающая способность водотока определяется интенсивностью трансформации вредных примесей. Блок расчета интенсивности самоочищения водотока может быть сформирован на основе нелинейных моделей [10,11], позволяющих учесть разнообразие веществ, попадающих в водную

Н.Л. Великанов*,
доктор технических наук, профессор кафедры водных ресурсов и водопользования ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

В.А. Наумов,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов и водопользования ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

среду, разнородность и сложность механизмов их трансформации, в частности, биологических (биопоглощение, биодеструкция), химических (гидролиз, фотодеструкция, окисление кислородом) и физико-химических (адсорбция на частицах взвеси, коагуляция и седиментация).

Все многообразие процессов, загрязняющих водоток, понимая всю условность такого деления, разделим на два основных типа. К первому отнесем процессы на водосборе, связанные с выносом ингредиентов из почв, особенно в условиях химического загрязнения территории. В этом случае качество воды в реке формируется за счет смыва веществ с поверхности водосбора при снеготаянии и дождях. Для описания химического стока можно использовать уравнение баланса некоторого вещества, смываемого с водосбора [12].

Ко второму типу относят «точечные загрязнители» поверхностных вод. Все их сходство в локальном характере, расход стоков и их состав будет совершенно различным. Примесь в стоках обычно представляет собой не индивидуальное соединение, а

* Адрес для корреспонденции: monolit8@yandex.ru

смесь. Известно, что при распаде многокомпонентной смеси сначала распадаются наиболее лабильные соединения, а затем более стойкие. Чтобы воспользоваться блоком расчета интенсивности самоочищения водотока в стохастической (имитационной) модели, нужно иметь расположение локальных загрязнителей на водотоке и статистические характеристики их сточных вод для каждого класса объектов.

Результаты и их обсуждение

Статистические характеристики сточных вод Калининградского морского порта. Настоящая работа посвящена анализу статистических характеристик сточных вод Калининградского морского порта (КМП), расположенного на основной водной артерии г. Калининграда – р. Преголя [13].

Ежегодно в реку со стоками промышленных предприятий и объектов коммунального хозяйства сбрасываются до 8,26 тыс. тонн взвешенных веществ, 26,4 тыс. тонн органических веществ, а также нефтепродукты.

Городские канализационные сети и коллекторы переполнены, насосные станции едва справляются с откачкой хозфекальных стоков [13]. Существует прямая угроза прорыва стоков главного канализационного коллектора. Дно реки покрыто мощным многометровым слоем абиогенных отложений. Содержание органических загрязнений (особенно в летний период) превышает значения ПДК в 4 раза, содержание растворенного в воде кислорода в пределах города часто находится в критических пределах. Качество речной воды в местах заборов воды в отдельные периоды при нагонных явлениях не отвечает требованиям ГОСТа, цветность возрастает до 160 градусов (при норме 120), содержание хлоридов до 3000 мг/л, колииндекс составляет 100 тысяч единиц (при норме 10 тысяч единиц).

КМП имеет лицензию на водопользование, включая сброс производственных сточных вод от предприятия в поверхностные водоемы.

Прием льяльно-балластных вод (нефтедержакщих) с транспортных судов, находящихся у причала, производится вспомогательными судами и по договору сдаются на очистные сооружения ФГУП «Калининградская портовая нефтебаза». Хозяйственно-бытовые и фекальные воды с судов после передачи на портовое санитарно-техническое судно отводятся в портовый коллектор производственно-бытовых сточных вод.

М.Н. Великанова,
системный аналитик
отдела
информационных
технологий
ООО "Продукты
питания комбинат",
г. Калининград

Постоянно проводится контроль состава сбрасываемых сточных вод в поверхностный водоем (р. Преголя). Общий сброс составляет 219,673 м³/сут, в том числе 135,673 м³/сут. сброс производственных сточных вод от центральной котельной после станции нейтрализации и нефтеловушки и 84,0 м³/сут сброс ливневых и талых вод с площади.

Усредненным (по месяцам) показателям результатов физико-химических анализов проб сточных вод по выпускам КМП в р. Преголя (и ее приток – р. Товарная) присвоены следующие номера:

- 1 – Взвешенные вещества;
- 2 – Сухой остаток;
- 3 – БПКп;
- 4 – Хлориды;
- 5 – Сульфаты;
- 6 – Азот аммонийный;
- 7 – Азот нитратов;
- 8 – Азот нитритов;
- 9 – Нефтепродукты;
- 10 – Фосфаты.

В табл. 1 представлены некоторые результаты анализов, выполненных в 2000 г (мг/л).

Статистическое моделирование сточных вод КМП

От абсолютных величин x_{ki} перейдем к модульным коэффициентам

$$Xb_{ki} = x_{ki} / \bar{x}_i, \quad (1)$$

где i – номер показателя, k – номер месяца в году, \bar{x}_i – выборочное среднее i -го показателя за год.

Таблица 1

Характеристики сточных вод КМП за 2000 г.

Месяц	Сульфаты	Азот аммонийный	Азот нитратов	Азот нитритов	Нефтепродукты	Фосфаты
I	91,0	1,7	1,6	0,48	2,7	0,17
II	110,0	2,4	0,4	0,12	3,2	0,08
III	78,0	2,8	1,7	0,34	3,9	0,19
IV	63,0	1,7	2,2	0,19	2,3	0,06
V	22,0	2,2	1,5	0,17	2,7	0,17
VI	80,0	1,5	3,8	0,126	1,6	0,2
VII	52,0	3,8	4,0	0,15	2,5	0,18
VIII	43,0	4,0	4,3	0,115	5,2	0,31
IX	76,0	4,3	2,4	0,18	6,9	0,21
X	70,0	2,4	3,5	0,131	7,3	0,23
XI	82,0	3,5	1,9	0,14	3,0	0,185
XII	46,0	1,9	2,1	0,192	2,7	0,16
средние за год	67,75	2,683	2,450	0,195	3,667	0,179

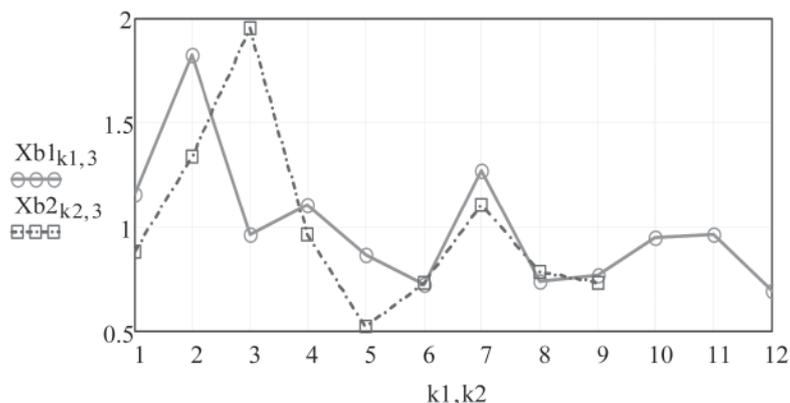


Рис. 1. Модульный коэффициент BPK: Xb1 – 2000 г., Xb2 – 2001 г.

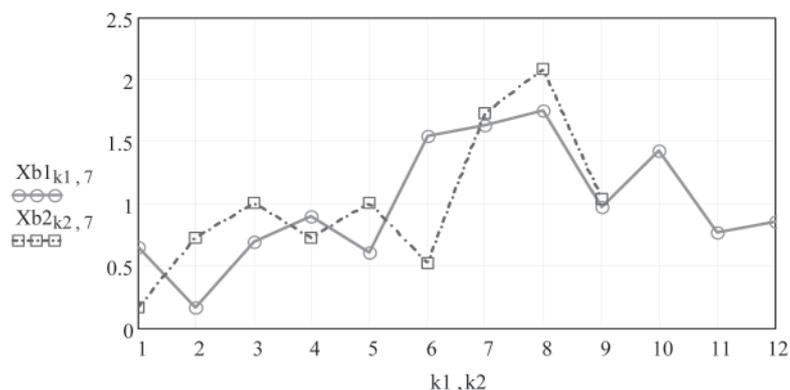


Рис. 2. Модульный коэффициент азота нитратов: Xb1 – 2000 г., Xb2 – 2001 г.

Наблюдается повторяемость изменений значений показателей по годам. Причем, у показателей первой группы (3; 4; 5) наибольшие значения имеются в первом-втором месяце, а у показателей второй группы (6; 7; 9; 10) наибольшие значения в восьмом-десятом месяце года. Возможно, такой характер изменений связан с интенсивностью осадков, таянием снега и сезонными особенностями работы порта. На рис. 1 и 2 показаны величины модульных коэффициентов в 2000 и 2001 гг.

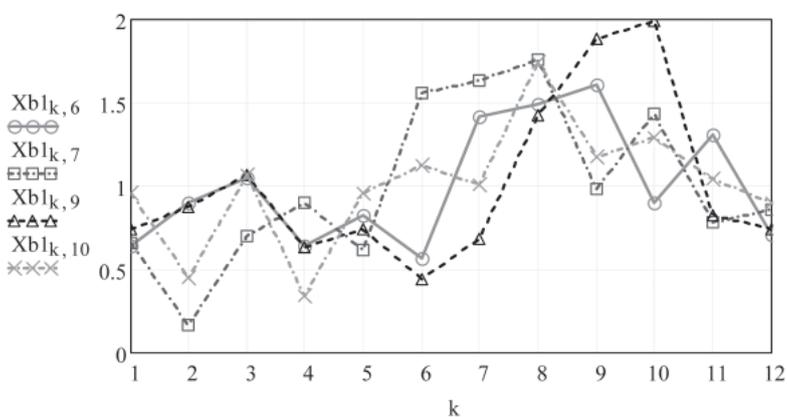


Рис. 3. Модульные коэффициенты второй группы в 2000 г.

На рис. 3 показаны величины модульных коэффициентов второй группы в 2000 г. Для каждого из показателей были проверены гипотезы однородности для значений разных годов. Критерий Фишера – отношение дисперсий десяти показателей 2001 и 2000 гг.

$$Ff_i = \left(\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} \right)^2 = (1,15; 1,86; 1,71; 1,48; 6,69; 2,46; 1,47; 1,66; 1,63; 2,03).$$

Критические значения F-распределения при уровнях значимости 0,05; 0,02; 0,01 составляют, соответственно, 3,31; 4,58; 5,73. Таким образом, гипотеза о равенстве дисперсий должна быть отвергнута только по 5-му показателю. По критерию Стьюдента была проверена гипотеза о равенстве средних каждого показателя в разные годы. Для всех показателей гипотеза подтвердилась при указанных уровнях значимости.

Была рассчитана матрица точечных оценок парной корреляции, характеризующая тесноту стохастической связи между показателями, близость к линейной, функциональной зависимости

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n [(x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)]}{(n-1) \sigma_i \sigma_j}, \quad (2)$$

где σ_i , σ_j – точечные оценки средних квадратических отклонений показателей i и j . Видно, что коэффициент парной корреляции для показателей, входящих в две вышеуказанные группы, положителен и больше 0,5. Между показателями внутри групп наблюдается заметная положительная корреляция. Коэффициент парной корреляции для показателей, входящих в разные группы, существенно отрицательный. Большим значениям показателей первой группы соответствуют меньшие значения показателей из второй группы, и наоборот.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.062	-0.184	0.071	-0.626	-0.111	-0.147	-0.026	-0.08	-0.179
2	0.062	1	0.246	-0.169	0.035	-0.298	0.155	-0.072	-0.589	-0.542
3	-0.184	0.246	1	0.528	0.56	-0.085	-0.495	0.046	-0.205	-0.618
4	0.071	-0.169	0.528	1	0.509	-0.038	-0.513	0.389	-0.067	-0.243
5	-0.626	0.035	0.56	0.509	1	-0.117	-0.387	0.244	0.026	-0.32
6	-0.111	-0.298	-0.085	-0.038	-0.117	1	0.314	-0.297	0.529	0.522
7	-0.147	0.155	-0.495	-0.513	-0.387	0.314	1	-0.365	0.227	0.672
8	-0.026	-0.072	0.046	0.389	0.244	-0.297	-0.365	1	-0.158	-0.113
9	-0.08	-0.589	-0.205	-0.067	0.026	0.529	0.227	-0.158	1	0.526
10	-0.179	-0.542	-0.618	-0.243	-0.32	0.522	0.672	-0.113	0.526	1

$r =$

Оценим влияние четвертого и пятого показателя на третий, девятого и десятого на седьмой с помощью множественного коэффициента корреляции R_1, R_2 . В соответствии с [14] точечная оценка

$$R_1 = \sqrt{1 - |A1|/|A2|} = 0,632; \quad R_2 = 0,688. \quad (3)$$

$$A1 := \begin{pmatrix} 1 & r_{3,4} & r_{3,5} \\ r_{3,4} & 1 & r_{4,5} \\ r_{3,5} & r_{3,4} & 1 \end{pmatrix} \quad A2 := \begin{pmatrix} 1 & r_{4,5} \\ r_{4,5} & 1 \end{pmatrix}$$

Найденные величины R_1 и R_2 нельзя считать малыми, что подтверждает существенную стохастическую связь между показателями внутри групп.

С помощью модифицированного критерия Пирсона были проверены гипотезы о распределении генеральной совокупности по нормальному закону, трехпараметрическому гамма-распределению и логнормальному. Две первые гипотезы были отвергнуты. Наиболее подходящим оказался логнормальный закон распределения. Так, для десятого показателя (фосфаты) при объеме выборки $n = 48$ и 7 интервалах было получено значение $\chi^2 = 2,149$. Вероятность, что такое значение критерия обусловлено случайными отклонениями, составляет $p = 0,708$. На *рис. 4* представлены вероятности превышения (обеспеченности): теоретического $P_n(x)$ – по логнормальному распределению и эмпирического [15]

$$P_{k0} = \frac{k0-1}{n+1} \cdot 100 \quad (4)$$

Т.к. мы имеем дело не со случайными величинами, а со случайными процессами, найдем коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда. Смещенная оценка по [15]

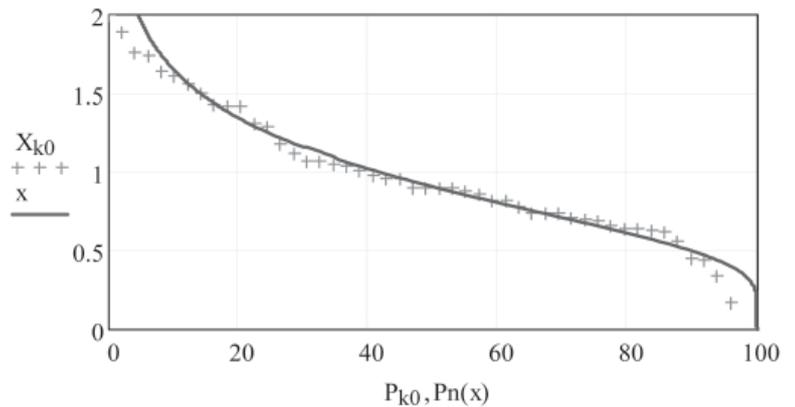


Рис. 4. Вероятности превышения для модульного коэффициента фосфатов.

$$rs_i[1] = \frac{\sum_{k=2}^n ((Xb_{ki} - \bar{X}1_i)(Xb_{(k-1)i} - \bar{X}2_i))}{\sqrt{\sum_{k=2}^n (Xb_{ki} - \bar{X}1_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^{n-1} (Xb_{ki} - \bar{X}2_i)^2}}, \quad (5)$$

где вспомогательные суммы

$$\bar{X}1_i = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n Xb_{ki}, \quad \bar{X}2_i = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^{n-1} Xb_{ki}$$

Несмещенная оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда для 10-ти показателей:

$$r_i [1] = (-0,27; -0,15; 0,22; 0,26; 0,35; 0,47; 0,89; -0,23; 0,99; 0,31).$$

Заключение

Показатели, вошедшие в две группы, имеют, в основном, достаточно большие положительные коэффициенты автокорреляции. Небольшие отрицательные значения у показателей, не вошедших в группы. Требуются дальнейшие исследования показателей загрязнения сточных вод, как случайных процессов.

Литература

1. Игнатов А.В. Информационное моделирование в гидрологии (на примере разработки моделей формирования и рационального использования водных ресурсов Ангаро-Байкальского бассейна: дисс. д-ра геогр. наук: 25.00.27. Иркутск, 2006. 271 с.
2. Корчагин К. А. Стохастическое моделирование процессов формирования качества вод: на примере Москворецкой системы водоснабжения: дисс. канд. физ.-мат. наук: 25.00.27.- М., 2008.- 155 с.
3. Пушистов П. Ю., Численное моделирование пространственно-временной структуры гидродинамики и характеристик качества воды реки Северная Сосьва / Пушистов П. Ю., Алсынбаев К. С., Чемляков Н. В., Вторушин М. Н., Ермаков И. С., Данилин А. Н., Болгова В. М., Казарина О. Р., Лисовский Д. А. // Оптика атмосферы и океана, 2006. Т. 19. № 11. С. 956-960.
4. Крицкий Н. Гидрологические основы управления речным стоком /Крицкий Н., Менкель М.Ф.// М., 1981. 270 с
5. Музылев С.В. Стохастические модели в инженерной гидрологии/ Музылев С.В., Привальский В.Н., Раткович Д.Я.// М., 1982. 174 с
6. Раткович Д.Я. Стохастические модели колебаний составляющих водного баланса речного бассейна //Раткович Д.Я., Болгов М.В.. М., 1997. 262 с
7. Рождественский А.В. Оценка точности гидрологических расчетов / Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. //Л., 1990. 276 с

Ключевые слова:

стохастические
(имитационные)
модели,
загрязнения
водотока,
сточные воды

8. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов. Л, 1977. 296 с.
9. Долгоносов Б.М. Нелинейная стохастическая модель формирования ежедневных и среднемесячных расходов воды в речных бассейнах /Долгоносов Б.М., Корчагин К.А. // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 6. С. 662-672.
10. Долгоносов Б.М. Нелинейная модель трансформации примесей в водной среде / Долгоносов Б.М., Губернаторова Т.Н. // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 3. С. 322-336.
11. Долгоносов Б.М. Модель флуктуаций бактериологических показателей качества речной воды /Долгоносов Б.М., Корчагин К.А., Мессинева Е.М. // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. № 6. С. 686-700.
12. Долгоносов Б.М. Вероятностные закономерности неблагоприятных гидрохимических явлений /Долгоносов Б.М., Корчагин К.А. // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 4. С. 452-458.
13. Великанов Н.Л. Калининградская область: водопользование и водопотребление в городе / Великанов Н.Л., Проскурнин Е.Д., Колобов А.В.// Калининград: ОАО «Янтарный сказ», 2007. 208 с.
14. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М., 1963. 500 с
15. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: Свод правил по проектированию и строительству. – СП 33-101-2003. М., 2003. 70 с.



N.L. Velikanov, V.A. Naumov, M.N. Velikanova

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF MARINE PORT SEWAGES

The analysis of statistical descriptions of marine port sewages, located in Kaliningrad is conducted. Values module factors are shown for the period 2000 - 2001. For each of index hypotheses of homogeneity were

tested for different years. The matrix of point estimations of pair correlation is calculated, characterizing crowd conditions of stochastic connection between indexes and closeness to linear functional dependence.

Key words: stochastic (imitating) models, watercourse contaminations, sewage