



УДК: 556+628.575 (470.3)

ПРОГНОЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НИЖНЕВОЛЖСКОГО БАСЕЙНА

© 2012 Боронина Л.В., Садчиков П.Н., Усынина А.Э., Тажиева С. З.

Авторами проанализированы объемы накоплений загрязняющих веществ в водах дельты Нижневолжского бассейна по отношению к утвержденным нормативам и требованиям к чистоте и режиму водоемов. На основе корреляционно-регрессионных методов построены уравнения регрессий, позволяющие прогнозировать изменения массового содержания загрязнений по поверхностным водоисточникам по Нижней Волге.

The authors analyzed the amount of pollutants in the waters of the delta of Lower Volga Basin in relation to approved standards and requirements for cleanliness and water regime. Based on the correlation and regression methods were built by the regression equation that predicted the mass content of pollution of surface water sources on the Lower Volga.

Ключевые слова: экология, прогноз, динамика, Нижневолжский регион, река Волга, антропогенная нагрузка, водоснабжение, водоотведение, корреляционно-регрессионные методы анализа, предельно допустимые концентрации.

Keywords: ecology, forecast of dynamics, Lower-Volga region, Volga, anthropogenic load, water supply, water drainage, correlation and regression analysis methods, maximum permissible concentration.

Нижневолжский регион занимает достаточно важное место в системе производственных и стратегических интересов России и ее народнохозяйственном комплексе. Это определяется природными, социально-экономическими и политическими факторами и историческими традициями.

Одной из существенных составляющих физического здоровья населения, его комфорта и работоспособности является качество воды в регионе. Источником водоснабжения большей части населенных пунктов Нижневолжского региона является р. Волга, ее притоки и протоки. Величина общей жесткости воды в нижнем течении Волги и ее дельте достигает максимума зимой ($4-5 \text{ мг-экв/дм}^3$) и минимума в половодье (около 2 мг-экв/дм^3). Близость к морю и большое влияние ветрового выноса морских солей на солевой состав вод дельты приводят к увеличению содержания хлоридов и сульфатов и к относительному уменьшению карбонатов по сравнению с речными водами на придельтовой равнине. Минерализация воды в дельте Волги изменяется в течение года от 180 до 500 мг/дм^3 .

Воды р. Волги, ее притоков и рукавов отнесены к классу «грязные», и без предварительной очистки они не пригодны к использованию даже для производственно-технических нужд. Основным источником поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды остаются очистные сооружения водопровода и канализации, неканализованные предприятия и жилые районы, ливневая канализация.

Динамика сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты в Астраханской области с 1990 по 2008 г. представлена на рисунке 1.

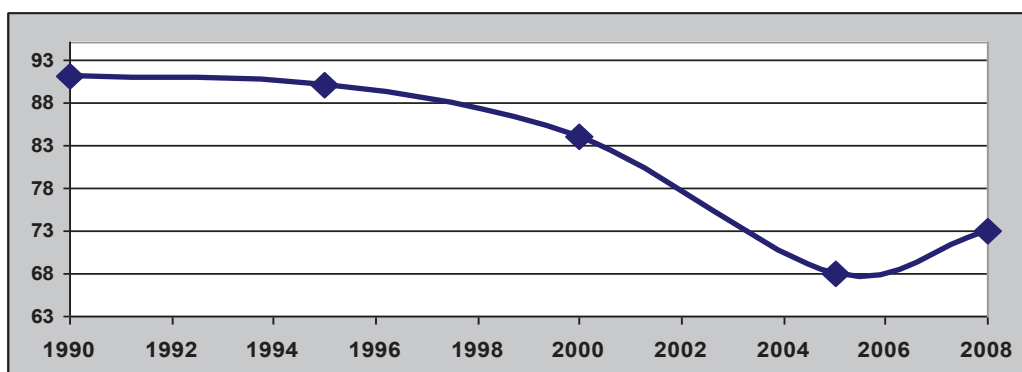


Рис. 1. Объем сброса загрязненных сточных вод на территории Астраханской области, млн. м³

При сбросе недостаточно очищенных сточных вод с городских очистных сооружений после проведения физико-химической и биологической очистки, а также при сбросе вод без всякой очистки в природные водотоки и водоемы вносится основная масса загрязняющих веществ (табл. 1).



Таблица 1

Характеристика сбрасываемых сточных вод в водоемы Астраханской области

Наименование показателей сбрасываемых сточных вод	Характеристика сбрасываемых сточных вод		
	после очистных сооружений	без всякой очистки	от ливневой канализации
Объем сбрасываемых вод, млн м ³ (% от общего объема сточных вод)	6,26 (3,78)	88,61 (53,53)	0,4854 (0,29)
Масса загрязняющих веществ, сброшенных со стоками, т (% от общего объема сточных вод)	430,75 (0,42)	21940,29 (21,19)	5911,11 (5,71)
Удельная нагрузка на водоемы, кг/м ³	0,068	0,24	12,17

В ходе исследования авторами были проанализированы объемы накоплений загрязняющих веществ в водах дельты Нижневолжского бассейна по отношению к утвержденным нормативам и требованиям к чистоте и режиму водоемов [1, 4, 5]. Данный перечень нормативов содержит величины предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для поверхностных вод, кратность превышений по некоторым из которых для рассматриваемого водоема представлена в таблице 2.

Таблица 2

Кратность превышений ПДК по содержанию загрязняющих веществ в р. Волга

Наименование показателей	ПДК, мг/л	Кратность превышений ПДК по годам				
		2006	2007	2008	2009	2010
взвешенные вещества	0,75	33	36	32	36	42
хлориды	5,0	6,2	6,8	6,4	6,2	7,2
сульфаты	100	0,8	0,95	0,8	1,3	1,5
бихроматная окисляемость	15,0	1,7	1,9	1,6	2,1	1,6
БПК ₅	3,0	1,2	1,5	1,1	1,2	1,3
общее железо	0,1	2	2	2,8	2,1	2
медь	0,001	4	6	6,3	5,5	5,7
цинк	0,01	37	39	19,1	10,3	13,6
ртуть	0,00001	100	300	200	250	190
фенолы	0,001	1	1	2	2	2
нефтепродукты	0,05	2,2	2	2	1,4	1,4
аммонийный азот	0,1	0,1	0,14	0,4	1,1	0,5
нитратный азот	0,1	2,5	2	0,3	0,2	0,2
нитритный азот	0,08	0,2	0,3	4,2	4,4	2,9
фосфаты	0,05	0,2	0,4	1,3	1,2	1,1
общий хром	0,07	11,4	14,3	4,6	8,8	7,9
свинец	0,01	100	320	136	28,1	33

Проведенный анализ осуществлен на основе данных, представленных в государственных докладах, а также отчетах федеральных и региональных органов статистики [3]. В качестве исходных данных исследования рассматривалась выборочная совокупность массового содержания загрязняющих примесей в одном литре воды за период с 2006 г. по 2010 г.

На основе корреляционно-регрессионных методов анализа [7] для каждого ряда динамики определены коэффициенты корреляции

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{Var(x)}\sqrt{Var(y)}} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

и коэффициенты детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{Var(y|x)}{Var(y)}, \quad (2)$$

где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ - средние величины параметров выборки.

Значения данных параметров указывают на тесноту связи между переменными: чем ближе значения коэффициентов к 1, тем сильнее зависимость. При оценке регрессионных моделей это интерпретируется как



соответствие модели данным. Для приемлемых моделей предполагается, что коэффициент детерминации должен превышать 50%.

По сводным данным отдельных показателей качества воды (табл. 3) прослеживается достаточно тесная зависимость между значениями, что служит отправной точкой при построении линии тренда, предоставляющей возможность провести наилучшее сглаживание.

Таблица 3

Коэффициенты тесноты связи между параметрами модели

Показатели	$r(x,y)$	R^2	Уравнение регрессии
взвешенные вещества	0,73	0,53	$y = 1,8x - 3578,6$
хлориды	0,82	0,67	$y = 0,211x - 417,85$
сульфаты	0,88	0,77	$y = 0,175x - 350,33$
медь	0,8	0,64	$y = 0,37x - 737,72$
фенолы	0,87	0,75	$y = 0,3x - 600,8$
нефтепродукты	0,94	0,89	$y = -0,1x + 202,76$
аммонийный азот	0,95	0,9	$y = 0,111x - 222,57$
общий хром	0,78	0,61	$y = -0,24x + 490,22$

Полученные уравнения регрессий позволяют сделать прогноз об изменении:

- кратности превышений предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию загрязняющих веществ в р. Волга;
- массового содержания отдельного вида загрязняющего вещества в водах Нижневолжского бассейна в ближайшем будущем (табл. 4).
-

Таблица 4

Прогнозные значения концентраций загрязняющих веществ и превышений ПДК

Показатели	2010 г.	2013 г.		2015 г.		2020 г.	
	мг/л	ПДК	мг/л	ПДК	мг/л	ПДК	мг/л
взвешенные вещества	31,5	44,8	33,6	48,4	36,3	57,4	43,1
хлориды	36	7,70	38,5	8,1	40,6	9,2	45,9
сульфаты	150	1,9	194	2,3	229	3,2	317
медь	0,0057	7,1	0,0071	7,8	0,0078	9,7	0,0097
фенолы	0,002	3,1	0,0031	3,7	0,0037	5,2	0,0052
нефтепродукты	0,09	1,5	0,073	1,3	0,063	0,8	0,038
аммонийный азот	0,05	0,9	0,087	1,1	0,1095	1,7	0,165
общий хром	0,553	7,1	0,497	6,6	0,463	5,4	0,379

Полученный прогноз по большинству исследуемых показателей свидетельствует об ухудшении экологической обстановки. Однако в ходе исследования выявлено, что по отдельным показателям качества воды (выделенные строки в таблице 2) построение аппроксимирующей кривой и соответствующего уравнения регрессии может привести к неверным результатам, поскольку коэффициенты детерминации в данных случаях не превышают 50%. Низкая величина коэффициента обусловлена значительным варьированием показателей вокруг средней величины в рамках рассматриваемого промежутка времени.

Для решения данной проблемы авторами предложено в качестве базового элемента при построении прогноза использовать среднегодовой темп роста (табл. 6). Данный показатель является одним из показателей временных рядов динамики и рассчитывается по формуле [6]:

$$\bar{T}_{\text{рост}} = n-1 \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_1}} * 100\% \quad (3)$$



Таблица 5

Коэффициенты тесноты связи между параметрами модели

Показатели	Средне годовой темп рос- та	2010 г.	2013 г.		2015 г.		2020 г.	
		мг/л	ПДК	мг/л	ПДК	мг/л	ПДК	мг/л
бихроматная окис- ляемость	98%	24	1,5	22,5	1,4	21	1,3	19,5
БПК ₅	102%	3,9	1,4	4,2	1,4	4,2	1,6	4,8
общее железо	100%	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2
цинк	78%	0,136	6,5	0,065	3,9	0,039	1,1	0,011
ртуть	97%	0,0019	173,4	0,0017	163,2	0,0016	140,1	0,0014
нитратный азот	71%	0,02	0,07	0,007	0,04	0,004	0,007	0,0007
нитритный азот	119%	0,232	4,9	0,39	6,9	0,55	16,5	1,32
фосфаты	144%	0,055	3,3	0,165	6,8	0,34	42,2	2,11
свинец	76%	0,33	14,5	0,145	8,4	0,084	2,1	0,021

Анализ результатов прогноза (табл. 4, табл. 5) свидетельствует о динамике на значительное увеличение содержания хлоридов, сульфатов и фосфатов, что связано с ростом объемов сброса в водоем промышленных и бытовых сточных вод. В последние годы прослеживается динамика на понижение содержания в р. Волге и в ее рукавах нефтепродуктов, свинца, цинка, хрома. Данный факт зафиксирован и в прогнозных значениях.

Однако снижение общей концентрации не позволяет сделать вывод об удовлетворительном уровне данных показателей, поскольку их значения продолжают превышать ПДК. Суммарная масса загрязнений возрастает, при этом объем токсичных веществ увеличивается [2, 8].

Экологическое состояние вод р. Волги и ее рукавов остается критическим. Специфика загрязнения водных объектов Астраханской области непосредственно связана не только с отраслевыми, но также с физико-географическими особенностями положения региона в нижнем течении р. Волги. Он представляет собой своеобразную геохимическую ловушку, аккумулирующую в себе все загрязнения, которые поступают с верховьев реки. Масса загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами непосредственно от Астраханской области, составляет малую часть от массы токсинов, приходящих из верховьев Волги. Кроме того, экологическую ситуацию усугубляют источники антропогенной нагрузки.

В таких условиях водоохранные мероприятия, ориентированные на очистку коммунально-бытовых и производственных сточных вод, не дадут радикального улучшения качества воды и санитарного состояния в бассейне Волги. Наряду с ними необходимо проводить мероприятия по снижению неконтролируемого, в основном поверхностного, стока загрязняющих веществ, а также при комплексной оптимизации систем водоснабжения и водоотведения территориальных комплексов в условиях неопределенности.

Библиографический список

1. Алыков, Н. М. Поверхностно-активные вещества и флокулянты в объектах окружающей среды. Методы концентрирования, определения и удаления: монография / Н. М. Алыков, Т. В. Алыкова, Е. Ю. Шачнева ; под ред. д-ра хим. наук, проф. Н. М. Алыкова. – Астрахань : Изд. дом «Астраханский университет», 2011. – 110 с.
2. Боронина, Л. В. Экологическая оценка источников коммунального и промышленного водоснабжения Астраханской области / Л. В. Боронина // Водоочистка. – Астрахань, 2011. – № 9 (11). – С. 63–69.
3. Государственные доклады об экологической обстановке на территории Астраханской области в 2007-2010 г.г. / Информационно-аналитический отдел службы природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. – Астрахань, 2008-2011.
4. Государственный комитет РФ по рыболовству приказ от 28 апреля 1999 г. № 96 «О рыбохозяйственных нормах». – Астрахань, 1999. – 188 с.
5. Государственные нормативы 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы (с изменениями от 28 сентября 2007 г.) / Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование РФ. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы – Минздрав России. – Москва, 2003. – 353 с.
6. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. [Р.А. Шмойловой](#). — 3-е издание, переработанное. — Москва: Финансы и Статистика, 2002. — 560 с. — [ISBN 5-279-01951-8](#)
7. Суслев В.И., Ибрагимов Н.М., Талышева Л.П., Цыплаков А.А. Эконометрия. — Новосибирск: СО РАН, 2005. — 744 с. — [ISBN 5-7692-0755-8](#)



8. Характеристика загрязнения водотоков Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги // Оценка стока загрязняющих веществ в Каспийское море в 1995–2004 гг. Обзор. – Астрахань, 2006. – 47 с.

Bibliography

1. Alykov N.M. Surface-active substances and flocculants in environmental objects. Methods of concentration, determination and removal: monograph / N. M. Alykov, T. V. Alykova, E. U. Shachneva: edited by Dr. of chemical Sciences, prof. N. M. Alykov. - Astrakhan : Ed. house «Astrakhan University», 2011. – P.110.
2. Boronina L.V. Ecological evaluation of the sources of municipal and industrial water supply of the Astrakhan region // L. N. Boronina – Astrakhan, 2011. - № 9 (11). – P. 63-69
3. State reports about the environmental situation in the Astrakhan region in years 2007-2010 // Information-analytical Department of the service of nature use and environment protection of the Astrakhan region - Astrakhan, 2008-2011.
4. The State Committee of Russia for fisheries. The order of 28 April 1999. № 96 «On fisheries management regulations». - Astrakhan, 1999. – P.188
5. Government regulations 2.1.5.1315-03. Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in water objects domestic, drinking, and cultural-domestic water use. Hygienic (with amendments of September 28, 2007.) / The state sanitary and epidemiological regulation of the Russian Federation. State sanitary-epidemiological rules and standards - Ministry of health of Russia. - Moscow, 2003. – P.353
6. General theory of statistics: Textbook / Under ed. R.A.. Shmoilovoi. - 3rd edition, revised. - Moscow: Finance and Statistics, 2002. – P.560. - ISBN 5-279-01951-8
7. Suslov V.I., Ibragimov N.M., Talisheva L.P., Ziplakov A.A. Econometrics. - Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2005. – P.744. - ISBN 5-7692-0755-8
8. The characteristic of pollution of waterways of the Volga-Akhtuba water meadow and the Delta of the Volga // the Estimation of runoff of pollutants in the Caspian sea in 1995-2004. Overview. - Astrakhan, 2006. – P.47