

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

О. А. Парфенова, В. И. Выборнов, А. В. Землянко

*Воронежский институт кооперации (филиал)
Белгородского университета кооперации, экономики и права*

Поступила в редакцию 3 марта 2012 г.

Аннотация: исследуется процесс загрязнения Воронежского водохранилища, связанный со сбросом хозяйственных и промышленных отходов. Построены ряды динамики сброса шести типов загрязнителей. Получены уравнения трендов, пригодные для перспективного прогнозирования. Рассчитана величина экономического ущерба от загрязнения и оценена степень влияния на него каждого из сбрасываемых веществ. Показан определяющий вклад сброса нитратов в процесс загрязнения.

Ключевые слова: взвешенные вещества, временной ряд, загрязнение, нефтепродукты, нитраты, объем сброса, сульфаты, тренд, фосфаты, хлориды, экология, эконометрическая модель, экономика природопользования, экономический ущерб.

Abstract: process of pollution of the Voronezh reservoir, connected with dumping of economic and industrial wastes is investigated in the paper. Ranks of dynamics of dumping of six types of pollutants are constructed. The equations of trends which are quite suitable for perspective forecasting are received. By a known technique the size of the economic damage from pollution is calculated and extent of influence on it each of dumped substances is estimated. The defining contribution of dumping of nitrates to pollution process is shown.

Key words: the weighed substances, a time row, pollution, oil products, nitrates, dumping volume, sulfates, trend, phosphates, chlorides, ecology, econometrics model, environmental management economy, economic damage.

Под загрязнением водных ресурсов понимают любые изменения физических, химических и биологических свойств воды в водоемах, вызванные сбрасыванием в них жидких, твердых и газообразных веществ, что делает эти водоемы опасными для использования [1]. Этим наносится ущерб народному хозяйству, здоровью и безопасности населения, что, в свою очередь, определяет важную роль исследований загрязнения водоемов в экономике природопользования.

Основными источниками загрязнения и засорения Воронежского водохранилища являются недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий, сбросы железнодорожного транспорта. Загрязняющие вещества, попадая в водоем, приводят к качественным изменениям воды, которые в основном проявляются в изменении ее физических свойств, химического состава, а также в наличии веществ, плавающих на поверхности воды и откладывающихся на дне водоемов.

Рассмотрим загрязнение Воронежского водохранилища за счет сброса в него отходов промышленности и хозяйственно-бытовых отходов. Под

экономическим ущербом, нанесенным водохранилищу, будем понимать стоимостную оценку негативных изменений в водоеме, возникших в результате его загрязнения [2].

Оценку ущерба от загрязнения начнем с изучения динамики сброса загрязняющих веществ в водохранилище. В докладе Управления по охране окружающей среды при администрации г. Воронежа перечислены тринадцать видов загрязняющих веществ, которые сбрасываются в водохранилище [3]. На первый взгляд неясно, какой из них причиняет наибольший вред водоемам.

Остановимся на изучении влияния шести видов загрязняющих веществ (взвешенные вещества, нефтепродукты, сульфаты, хлориды, фосфаты, нитраты) в 1998–2008 гг. Для удобства исходные данные представим в графической форме (рис. 1). На рис. 1 показана тенденция рядов, построенная в Excel с помощью опции *вставка тренда*.

Анализ этих данных был выполнен с помощью инструмента *регрессия* из пакета анализа Excel [4]. Статистическая значимость уравнений и их параметров оценивалась с помощью критерия оценки значимости Фишера и критерия Стьюдента соответственно при уровне надежности $\alpha = 0,05$.

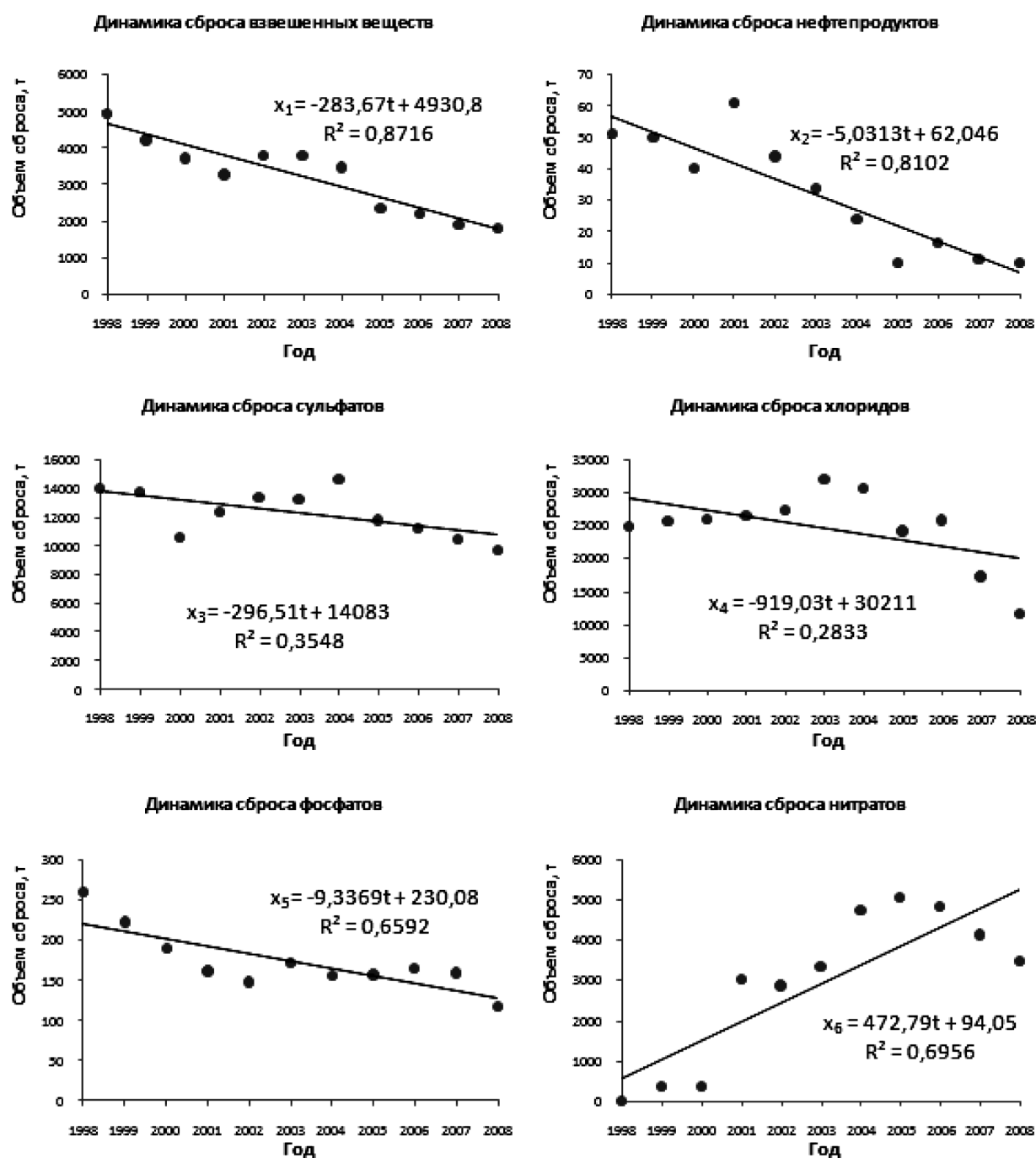


Рис. 1. Динамика сброса загрязняющих веществ в Воронежское водохранилище за 1998–2008 гг.

Условные обозначения: • – статистические данные; — – линейный тренд

Пороговые значения статистики определялись с помощью встроенных функций Excel ФРАСПОБР() и СТЬЮДРАСПОБР().

Используем следующие обозначения: объем сброса взвешенных веществ – x_1 ; нефтепродуктов – x_2 ; сульфатов – x_3 ; хлоридов – x_4 ; фосфатов – x_5 ; нитратов – x_6 . Уравнения построенных линейных трендов имеют следующий вид:

$$x_1 = 4930,8 - 283,7 \cdot t, R^2 = 0,872$$

– уравнение «объясняет» 87,2 % изменений объема сброса со временем;

$$x_2 = 62,04 - 5,03 \cdot t, R^2 = 0,810$$

– уравнение «объясняет» 81,0 % изменений объема сброса со временем;

$$x_5 = 230,08 - 9,34 \cdot t, R^2 = 0,659$$

– уравнение «объясняет» 65,9 % изменений сброса;

$$x_6 = 485,05 \cdot t, R^2 = 0,696$$

– 69,6 % изменений «объясняется» уравнением. Во всех уравнениях t обозначает время.

Выписаны только существенные уравнения и их статистически значимые параметры. Динамические ряды сброса сульфатов и хлоридов трендов не имеют, точнее говоря, их уравнения статистически незначимы при выбранном уровне надежности. Все уравнения адекватны и могут использоваться для прогнозирования.

Больше других в водохранилище сбрасываются взвешенные вещества. Однако этот процесс имеет убывающий тренд. Среднегодовое уменьшение объема сброса взвешенных веществ максимально среди остальных загрязнителей – 283,7 т. Спадающая тенденция характерна и для процессов сброса фосфатов и нефтепродуктов. Для фосфатов среднегодовое уменьшение объема сброса составляет 9,34 т в год, для нефтепродуктов – 5,03 т в год.

Наибольшую опасность для водохранилища представляет сброс нитратов. Процесс имеет растущую тенденцию, среднегодовой рост составляет 485,05 т в год.

Загрязнение водохранилища приводит не только к экологическому, но и к экономическому ущербу, для оценки которого существует много методик, основанных на сведениях различных примесей к некоторой агрегированной, так называемому монозагрязнителю. В работе применялась методика расчета, изложенная в [2]. В ней сумма экономического ущерба Z_t в момент времени t рассчитывается по формуле

$$Z_t = \rho_t \beta \sum_{i=1}^n D_i x_{it}, \quad (1)$$

где ρ_t (руб./усл. т) – денежная оценка единицы сбросов; β – коэффициент, учитывающий особен-

ности водоема, подверженного воздействию; i нумерует примеси; D_i (усл.т/т) – коэффициент приведения примеси к монозагрязнителю; x_{it} – объем сброса i -того вида примеси в момент времени t . Предполагалось, что для Воронежа $\beta = 2,5$, а денежная оценка $\rho_t = 4670$ руб./усл. т не меняется для рассмотренного периода. Для интересующих нас примесей использовались коэффициенты приведения к монозагрязнителю из [2].

На рис. 2 изображена диаграмма изменения рассчитанного по формуле (1) экономического ущерба за период с 1998 по 2008 г. Максимальное значение (766,78 млн руб.) приходится на 2005 г., замечен резкий рост величины ущерба в 2004 г. (138 %) и особенно в 2001 г. (543 %).

Такое изменение экономического ущерба объясняется следующим. Ряды динамики сброса загрязнителей (см. рис. 1) показывают, что эволюция величины ущерба практически повторяет временную зависимость сброса нитратов: в 2001 и 2004 гг. темп роста сбросов резко увеличивался, а величина максимального сброса достигалась в 2005 г. Снижение объема сброшенных нитратов в 2006 г. и в последующие годы привело к уменьшению экономического ущерба. Влияние нитратов становится понятным, если сравнить значения коэффициентов приведения к монозагрязнителю для примесей различного типа. Так, для хлоридов, объем сброса которых примерно в 6 раз превышает объем сброса нитратов, коэффициент приведения меньше, чем у нитратов, в 250 раз, что и объясняет степень влияния последних.

Отметим, что резкому росту величины ущерба в 2001 г. способствовало существенное увеличение сброса нефтепродуктов, чей коэффициент приве-

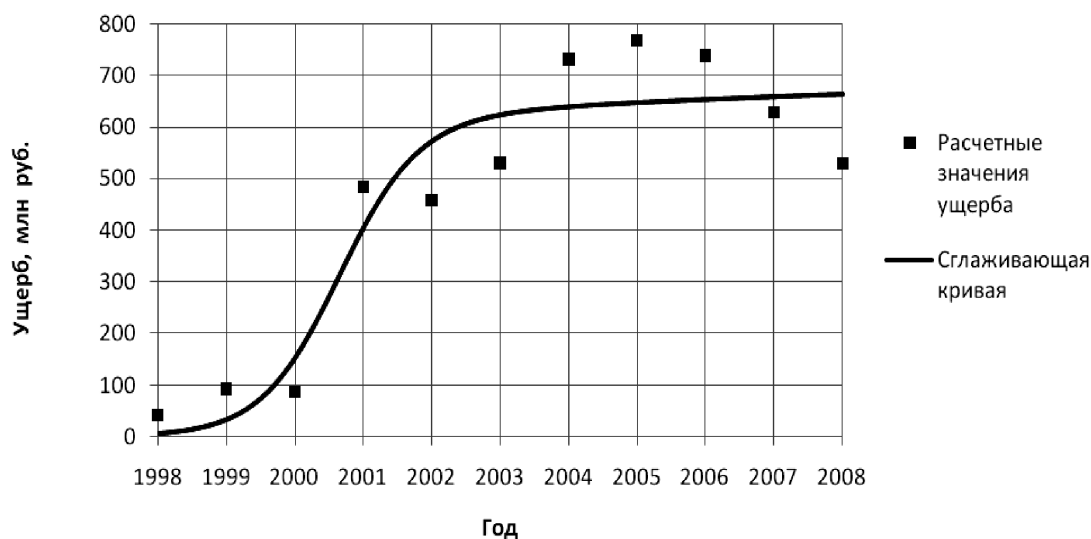


Рис. 2. Временная эволюция экономического ущерба

дения даже больше, чем у нитратов. Степень влияния на ущерб здесь выравнивает сравнительно небольшой объем сброса нефтепродуктов.

Динамический ряд ущерба имеет квазилогистическую тенденцию

$$\hat{Z}_t = \frac{t^{0,07}}{0,002 + e^{-1,74t}}, \quad (2)$$

уравнение которой объясняет 97,4 % изменений значения ущерба. Параметры уравнения были получены нелинейной регрессией рассчитанных по (1) значений экономического ущерба в программе MathCAD с помощью встроенной функции Minimize [5]. Характерным признаком функции (2) является выход ее графика на насыщение. Это означает, что рост экономического ущерба, характерный для 2000–2003 гг., замедляется и, начиная примерно с 2004 г., меняется слабо. Высокое значение коэффициента детерминации позволяет использовать это уравнение для перспективного прогнозирования.

В таблице в численно-графической форме показан рассчитанный в соответствии с (1) экономический ущерб от каждого из шести видов примесей за 1998–2008 гг.

Эти расчеты подтверждают определяющий вклад сброса нитратов в величину экономического ущерба. Ущерб от загрязнения нитратами за все годы составляет 92,4 %, на все оставшиеся примеси приходится 7,6 %, из которых чуть меньше половины (3,1 %) приходится на хлориды.

Итак, объемы сброса разных веществ значительно отличаются по абсолютной величине: от нескольких десятков тонн в год для нефтепродуктов до десятков тысяч тонн в год для хлоридов. Динамика сброса взвешенных веществ, нефтепродуктов и фосфатов имеет падающую линейную тенден-

цию, объемы сброса сульфатов и хлоридов тренда не имеют, объем сброса нитратов имеет растущую линейную тенденцию. Последнее крайне негативно влияет на экологию водохранилища. Повышение содержания азота с большой степенью вероятности приводит к постепенной эвтрофикации (зарастанию и заболачиванию) водоема [6]. Воды, содержащие азот, представляют собой плодородную среду для бурного роста растительности, захватывающей пространство, в котором обитают рыбы. Отмирая, водные растения падают на дно и разлагаются аэробными бактериями, потребляющими для этого кислород, что приводит к замору рыбы.

Сброс нитратов во многом определяет и существенный экономический ущерб от загрязнения. Это подтверждается не только анализом динамики сброса, но и оценкой ущерба. Построенная эконометрическая модель позволяет утверждать, что эволюция экономического ущерба имеет характер насыщения: с 2004 г. по настоящее время его величина практически не изменяется (см. рис. 2). По-видимому, реализуемый в настоящее время комплекс природоохранных мер [3] приводит к стабилизации уровня экономического ущерба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян А. Б. Водохранилища в современном мире / А. Б. Авакян // Россия и современный мир. – 1998. – Вып. 4 (21). – 123 с.
2. Экология и экономика природопользования : учеб. для вузов / под ред. Э. В. Гирусова, В. Н. Лопатина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА : Единство, 2002. – 519 с.
3. Доклад о состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2008 году / Администрация городского округа г. Воронеж ; Управление по охране окружающей среды городского округа г. Воронеж. – Воронеж, 2009. – 73 с.

Т а б л и ц а

Экономический ущерб от шести видов загрязнителей, млн руб.

Год	Взвешенные вещества	Нефтепродукты	Сульфаты	Хлориды	Фосфаты	Нитраты
1998	5,7	8,9	8,2	14,5	6,1	0,0
1999	4,9	8,8	8,1	14,9	5,2	52,1
2000	4,3	7,0	6,2	15,2	4,4	50,1
2001	3,8	10,6	7,2	15,5	3,8	442,8
2002	4,4	7,7	7,8	15,9	3,5	419,3
2003	4,4	5,9	7,7	18,6	4,0	489,5
2004	4,0	4,2	8,6	17,9	3,6	692,8
2005	2,8	1,8	6,9	14,1	3,7	737,6
2006	2,6	2,9	6,6	15,0	3,9	706,9
2007	2,2	1,9	6,1	10,1	3,7	604,3
2008	2,1	1,8	5,7	6,8	2,8	509,5

4. Уэйн Л. Винстон. **Microsoft Excel : анализ данных и построение бизнес-моделей** / Л. Уэйн ; пер. с англ. – М. : Рус. редакция, 2005. – 576 с.

5. Очков В. Ф. **Mathcad 12 для студентов и инженеров** / В. Ф. Очков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.

*Воронежский институт кооперации (филиал)
Белгородского университета кооперации, экономики и права*

*Парфенова О. А., кандидат биологических наук,
доцент*

Тел.: 8-910-246-06-71

Выборнов В. И., кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: mailto:vybornov_vladimi@mail.ru

Тел.: 8-910-285-75-25

Землянко А. В., старший преподаватель

Тел.: 8-951-861-30-84

6. Передельский Л. В. **Экология : учебник** / Л. В. Передельский, В. И. Коробкин, О. Е. Приходченко. – М. : Проспект, 2009. – 512 с.

Voronezh Institute of Cooperation (Branch), Belgorod University Cooperation, Economics and Law

*Parfenova O. A., Candidate of Biologic Sciences,
Associate Professor*

Tel.: 8-910-246-06-71

Vybornov V. I., Candidate of Physics-Mathematic Sciences, Associate Professor

E-mail: mailto:vybornov_vladimi@mail.ru

Tel.: 8-910-285-75-25

Zemlyanko A. V., Senior Lecturer

Tel.: 8-951-861-30-84