

Математическая модель прогнозирования экологического состояния малых водных объектов на примере прудов Волгоградской агломерации

Р.Ф. Адельшин, И.В. Владимцева

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье рассмотрена модель математического определения параметров экологического состояния поверхностных водных объектов на примере прудов Волгоградской агломерации на основании статистических данных по основным загрязнителям природных вод с возможностью составления длительного прогноза развития.

Ключевые слова: экологическое состояние, малые водные объекты, пруды, загрязнители, качество воды, математическая модель, водный баланс.

Волгоградская агломерация имеет население более миллиона человек, которое постоянно увеличивается, другой особенностью является его протяженность, составляющая более 100 км, это приводит к увеличению темпов антропогенного влияния на поверхностные водные объекты. Соответственно очень быстро изменяются балансы и процессы переноса веществ, как в пределах локальных областей, так и в более широком масштабе [1, 2].

Многолетние исследования качества воды прудов Волгоградской агломерации позволили комплексно исследовать статистическую базу с целью прогнозирования развития экологической ситуации на водных объектах.

Существует ряд общеизвестных математических зависимостей, характеризующих протекание природных процессов [3]. Однако их трудно применить к реальным условиям, поскольку представленные данные пригодны для идеальных процессов в лабораторных условиях [4], без привязки его к конкретному объекту и его экологическим циклам [5, 6].

Анализ статистических данных с 2008 по 2013 г. позволил выявить математические зависимости между содержанием хлоридов и сульфатов,

БПК (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода) и сухим остатком в пробах воды, железа и суммарного содержания металлов в воде, донных отложениях и почве, нефтепродуктами в воде и почве [7]. При проверке полученных математических зависимостей была установлена высокая степень достоверности.

На основании полученных математических зависимостей была разработана общая математическая модель, которая позволяет сократить перечень контролируемых показателей и в дальнейшем производить их пересчет с использованием коэффициентов, сокращая материальные, финансовые и временные затраты на обследование малых водных объектов [8, 9]. Алгоритм пересчета величин представлен на рис. 1.

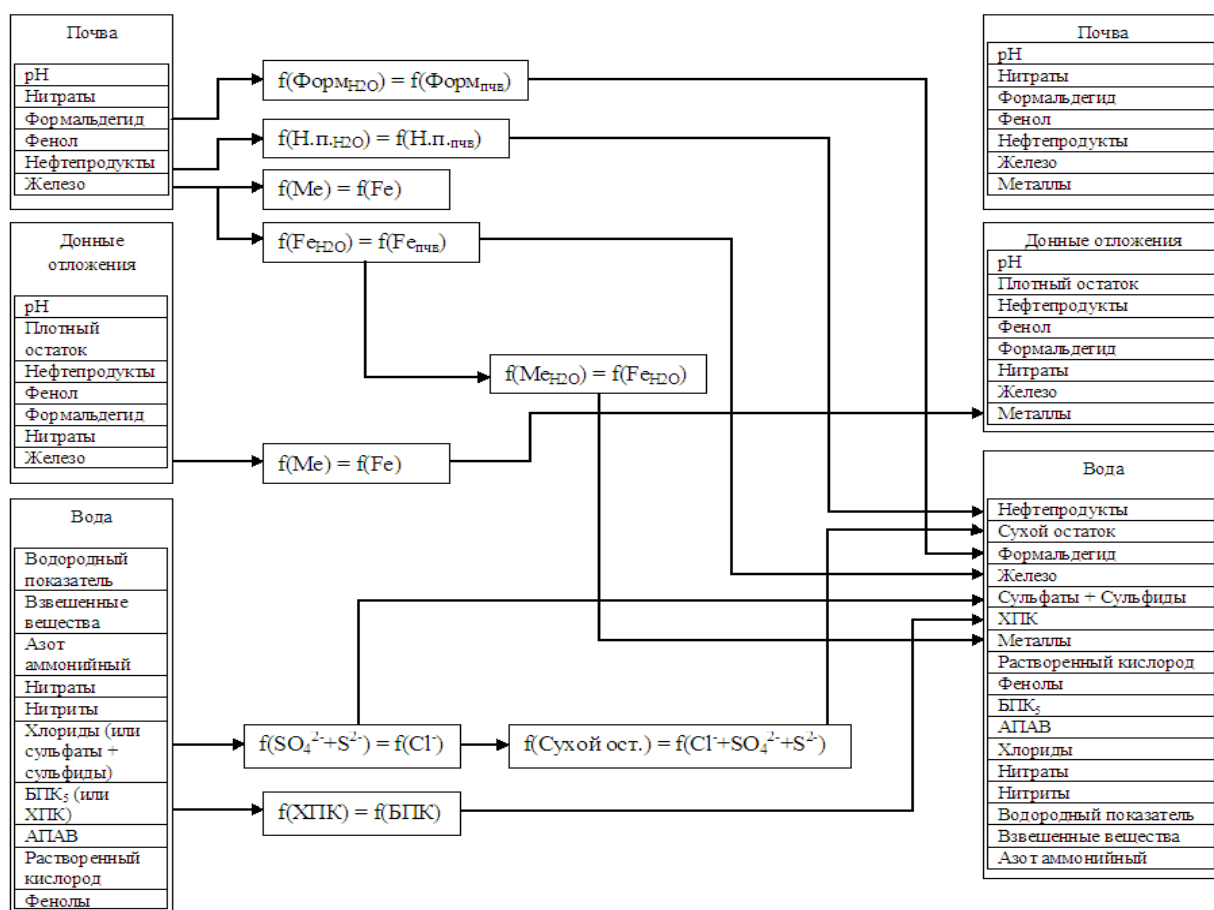


Рис. 1. - Алгоритм математической модели

Блоки модели выбраны на основе взаимосвязанных групп показателей: ХПК и БПК; сухого остатка, хлоридов, сульфатов и сульфидов; железа и группы металлов; нефтепродуктов и формальдегида в зависимости от содержания в почве, воде и донных отложениях за сезон [10]. Таким образом, в состав модели входят 4 блока. Пятый блок модели позволяет спрогнозировать величины показателей с учетом 4-х летней цикличности процессов.

Цикличность развития экологической обстановки прудов Волгоградской агломерации характеризуется наличием двух видов циклов - для группы северных и южных прудов. Различие между группами заключается в тенденции изменения контролируемых показателей качества, отражающихся на коэффициентах. Общее уравнение для составления прогноза имеет вид:

$$X_{i+1} = X_i \times K \pm \Delta,$$

где K – коэффициент пропорциональности, Δ – погрешность полученных результатов.

Значение коэффициентов пропорциональности при составлении экологического прогноза для прудов Волгоградской агломерации приведены в таблице.

Таблица № 1

Коэффициенты пропорциональности уравнений для прогноза

Год	Май		Июнь		Июль		Август	
	K	±Δ	K	±Δ	K	±Δ	K	±Δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водная среда – содержание железа								
Северная группа водных объектов								
2015	1,121	2,921	1,191	1,756	1,340	1,586	1,484	6,006
2016	0,809	2,567	1,098	3,148	0,731	1,222	1,589	5,875
Южная группа водных объектов								
2015	0,693	2,297	1,863	2,439	0,688	1,479	2,525	1,083
2016	2,598	7,001	0,655	1,312	2,010	4,395	0,388	0,379

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водная среда – содержание хлоридов								
Северная группа водных объектов								
2015	1,169	0,594	1,154	0,591	1,227	1,940	1,355	1,725
2016	1,073	0,528	1,174	0,767	1,262	1,007	1,128	1,261
Южная группа водных объектов								
2015	1,641	2,598	1,484	2,984	1,321	1,609	1,225	0,844
2016	0,841	0,551	0,971	0,691	0,962	0,574	1,275	0,603
Водная среда – содержание сульфатов								
Северная группа водных объектов								
2015	1,314	0,539	1,152	0,391	1,066	0,279	1,256	1,259
2016	1,018	0,880	1,019	0,860	0,852	0,531	1,021	1,109
Южная группа водных объектов								
2015	1,691	2,905	1,368	2,204	1,193	1,389	1,084	0,838
2016	0,821	0,479	1,046	0,598	1,139	0,227	0,797	0,780
Водная среда – содержание сухого остатка								
Северная группа водных объектов								
2015	0,950	0,693	1,086	0,603	1,049	0,490	1,197	0,911
2016	1,03	0,362	0,998	0,451	0,997	0,354	1,071	0,912
Южная группа водных объектов								
2015	1,514	1,339	1,425	2,155	1,072	1,643	1,148	0,584
2016	0,627	0,410	0,906	0,404	0,921	0,276	0,759	0,199
Водная среда – содержание БПК								
Северная группа водных объектов								
2015	0,931	0,996	1,246	1,838	1,101	1,210	0,791	1,282
2016	1,628	3,226	0,885	1,474	0,976	0,819	1,290	1,964
Южная группа водных объектов								
2015	1,034	0,185	1,250	1,283	0,746	0,200	0,310	0,095
2016	2,561	3,756	0,516	0,299	1,087	1,392	1,753	2,439
Почва – содержание железа								
Северная группа водных объектов								
	0-5 см				5-20 см			
2015	1,687		3,562		1,495		3,438	
2016	2,062		5,512		1,250		4,354	
Южная группа водных объектов								
	0-5 см				5-20 см			
2015	3,077		3,005		2,759		3,079	
2016	1,225		4,398		0,420		0,814	
Донные отложения – содержание железа								
Северная группа водных объектов								
2015	2,728				6,274			
2016	0,879				1,366			
Южная группа водных объектов								
2015	2,493				5,930			
2016	1,204				2,841			

Используя полученные математические зависимости содержания одних веществ относительно других и уравнения для составления прогноза можно составить прогноз на любой срок для широкого перечня контролируемых параметров.

Объединенная математическая модель для расчета и прогнозирования концентраций веществ в прудах Волгоградской агломерации может быть использована не только для удешевления программ контроля экологической обстановки на региональных водных объектах, но и разработки долгосрочных мероприятий по реабилитации экосистем водоемов. Разработанная методика составления математической модели перспективна для составления экологического прогноза состояния малых водных объектов в других регионах.

Литература

1. Черемных М.Э., Попова О.В., Забалуева А.И. Анализ причин загрязнения вод Таганрогского залива нефтепродуктами // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2391.
2. Frid C. Ecology of Aquatic Management. London: Pearson Education Limited, 2012. 274 p.
3. Шитиков В.К., Тихонов В.Н., Быков С.Т., Ковалев А.Ф. Статистический анализ и нормальность распределения выборок в токсиколого-гигиенических исследованиях // Гигиена и санитария. 1985. №3. С. 61-62.
4. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования экосистем. СПб.: ЗИН РАН, 2000. 147 с.

5. Лапач С.Н., Чуйсенко А.В., Бабич П.И. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. М.: Морион Лтд, 2000. 320 с.
6. Bishop C. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: University Press, 2005. 432 p.
7. Талыбов М.А., Сафаров Д.Т., Черунова И.В., Сирота Е.Н., Колесник С.А. Экспериментальные исследования для развития информационной базы минеральных вод // Инженерный вестник Дона. 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2536
8. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления с использованием генетических алгоритмов. Уфа: УГАТУ, 1999. 105 с.
9. Виттих В.А. Системообразующая функция интеграции знаний в организациях // Препринт Самара. 1998. №2. С. 20.
10. Балущкина Е.В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: оценка качества вод р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных в разные годы // Биология внутренних вод. 2002. № 4. С. 61-68.

References

1. Cheremnykh M.E., Popova O.V., Zabalueva A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, (Rus). 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2391.
 2. Frid C. Ecology of Aquatic Management. London: Pearson Education Limited, 2012. 274 p.
 3. Shitikov V.K., Tikhonov V.N., Bykov S.T., Kovalev A.F. Gigiena i sanitariya. 1985. №3. pp. 61-62.
 4. Alimov A.F. Elementy teorii funktsionirovaniya ekosistem [elements of the theory of ecosystem functioning]. SPb: ZIN RAN, 2000. 147 p.
-



5. Lapach S.N., Chuysenko A.V., Babich P.I. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh s ispol'zovaniem Excel [Statistical methods in biometrical research using Excel]. M.: Morion Ltd, 2000. 320 p.
6. Bishop C. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: University Press, 2005. 432 p.
7. Talybov M.A., Safarov D.T., Cherunova I.V., Sirota E.N., Kolesnik S.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2536
8. Vasil'ev V.I., Il'yasov B.G. Intellektual'nye sistemy upravleniya s ispol'zovaniem geneticheskikh algoritmov [Intelligent control systems using genetic algorithms]. Ufa: UGATU, 1999. 105 p.
9. Vittikh V.A. Preprint Samara. 1998. №2. p. 20.
10. Balushkina E.V. Biologiya vnutrennikh vod. 2002. № 4. pp. 61-68.