

Кизилова А.С., Волков А.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, г. Москва

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА РЕКЕ ЯУЗА

***Аннотация:** При эмпирических исследованиях природных вод р. Яуза была обнаружена взаимосвязь некоторых физико-химических параметров с гидрометеорологическими. Аналитически выявлено и математически описано зависимость $y = ax + b$ изменение гидрометеорологических параметров и состав природных поверхностных вод р. Яуза в период 04.10.2016-17.11.2016 гг.*

***Ключевые слова:** термодинамическая система, природные воды, параметры математическая модель, аппроксимация, отклонение.*

***Annotation:** In empirical studies of the river Yauza a correlation between physicochemical parameters and hydrometeorological parameters was found. The change in the hydrometeorological parameters and the composition of the natural surface waters of the river have been analytically revealed and mathematically described by the dependence $y = ax + b$ in the period 04.10.2016-17.11.2016.*

***Key words:** thermodynamic system, natural water, parameters, mathematical model, approximation, deviation.*

Ранее нами при эмпирических исследованиях природных вод р. Яуза была обнаружена взаимосвязь некоторых физико-химических параметров воды р. Яуза с гидрометеорологическими характеристиками р. Яуза и приводной атмосферы¹. Однако не была определена функциональная зависимость

¹ Волков А.А., Суворова Е.А., Экологический мониторинг поверхностных вод г. Москвы на примере реки Яуза: тезисы доклада «Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф» (ВС-7-43) сборник материалов, 24-25 апрель 2003г., стр. 66-67 Пенза 2003г

между всеми параметрами и не уточнено каким образом метеорологические параметры влияют на состав природных вод р. Яуза². В связи с изложенным нами была поставлена задача – выявить математическую модель описания взаимодействия природных вод р. Яуза находящихся в равновесии с характеристиками приводной атмосферой.

Нами предварительно (на основании литературных источников) был ограничен набор факторов, априори влияющих на состав природных поверхностных вод и апробированы методы математического описания изучаемой системы.

Приведем некоторые данные, характеризующие изучаемый водный объект – реку Яуза.

В черте города Москва происходит дополнительное загрязнение реки за счет сбросов производственных, ливневых и талых вод. В связи с этим, к устью реки качество воды значительно ухудшается. Наибольшее увеличение содержания в реке Яуза в черте города Москва отмечено по нефтепродуктам (в 11,3 раза и металлам (цинк, алюминий, никель, кобальт – в 3-6 раз).

Среднегодовая концентрация железа и значение показателя ХПК по длине реки существенно не изменяется, концентрация меди и марганца к устью реки даже снижается (0,6-0,8 раз). Это свидетельствует о том, что основное загрязнение по данным показателям поступает в реку Яузу с территории Московской области³.

Аппроксимация литературных данных в период 2006-2010 гг. проведена линейной зависимостью $y = a * x + b$ методом наименьших квадратов (табл. 1):

² Волков А.А., Суворова Е.А., Методы математической статистики в моделировании естественных процессов в природных водах: тезисы доклада УШ международная конференция серии «Нелинейный мир» «Образование. Экология. Экономика. Информатика.»г. Астрахань 15-20 сентябрь 2003г.

³ ГУП «Мосводосток». Режим доступа: <http://www.mosvodostok.com/objects/rivers/> (дата обращения 11.05.2017).

$$\begin{cases} a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n} \end{cases}$$

И погрешность определений охарактеризована через среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - x_{\text{cp}}^2}$$

$$\sigma(y) = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - y_{\text{cp}}^2}$$

Таблица 1.

Результаты аппроксимации и среднеквадратических отклонений

№ п\п	Параметр (y)	Аппроксимация линейной зависимостью	$\sigma(x)$ $= \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - x_{\text{cp}}^2}$	$\sigma(y)$ $= \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - y_{\text{cp}}^2}$
1	Изменение содержания взвешенных веществ (y)	$y = -2,056 \cdot x + 4176,902$;	1,41;	22,29;
2	Изменение содержания железа (y)	$y = -2,056 \cdot x + 4176,902$;	1,41;	0,624;
3	Изменение показателя ХПК (y)	$y = -2,396 \cdot x + 4861,438$;	1,41;	15,0455;

4	Изменение содержания марганца(y)	$y=-0,001 \cdot x+2,258;$	1,41;	0,03286;
---	----------------------------------	---------------------------	-------	----------

В связи с поставленной задачей – выявления математической модели описания взаимодействия природных вод р. Яуза, находящихся в равновесии с характеристиками приводной атмосферой, – из р. Яуза в створе главного входа МГТУ им. Баумана в период с 4 октября по 1 декабря 2016 г. литровым батометром периодически отбирались пробы воды. При выполнении работы соблюдались общие правила забора и хранения образцов воды, определенные ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Результаты математического моделирования натуральных наблюдений на реке Яуза представлены в виде таблиц математической модели.

Аналитически было выявлено математическое описание гидрометеорологических параметров и состав природных поверхностных вод р.Яуза в период 04.10.2016-17.11.2016 гг. (табл.2)

Таблица 2.

Математическое описание

№ п\п	Параметр (y)	Аппроксимация зависимостью $y = ax + b$	a	b
1	Температура воздуха, °С (y)	$y=-0,223 \cdot x+10,85$	-0,223	10,85
2	Изменение Давление, кПа (y)	$y=-0,0329 \cdot x+109,82$	-0,0329	109,82
3	Изменение Температура воды, °С (y)	$y=-0,167 \cdot x+13,43$	-0,167	13,43
4	Изменение общего содержания тяжелых	$y=-0,167 \cdot x+13,43$	0,0456	3,68

	металлов в виде карбонатов: (y)			
5	Изменение общего содержания тяжелых металлов в виде не карбонатов: (y)	$y=0,002*x+2,2$	0,002	2,2
6	Изменение общего содержания тяжелых металлов: (y)	$y=0,0476*x+5,88$	0,0476	5,88

Список использованной литературы:

- 1) Волков А.А., Суворова Е.А., Экологический мониторинг поверхностных вод г. Москвы на примере реки Яуза: тезисы доклада «Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф» (ВС-7-43), сборник материалов. 24-25 апреля, 2003 г., г. Пенза. С. 66-67
- 2) Волков А.А., Суворова Е.А., Методы математической статистики в моделировании естественных процессов в природных водах: тезисы доклада УШ международная конференция серии «Нелинейный мир» «Образование. Экология. Экономика. Информатика», г. Астрахань, 15-20 сентября, 2003 г.
- 3) ГУП «Мосводосток». Режим доступа: <http://www.mosvodostok.com/objects/rivers/> (дата обращения 11.05.2017).