

## **ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**УДК 556.531.4**

**Артеменко В.А., Петрович В.В.** канд. техн. наук

### **МЕТОД АНАЛІЗУ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ**

**Анотація.** Запропоновано простий метод графічного представлення вихідних даних для гідроекологічних часових рядів (метод квазібіфуркаційних діаграм). За допомогою даного метода проаналізовані залежності концентрацій різних речовин від температури води у річках. Встановлено, що аномально високі концентрації йонів спостерігаються переважно у визначених та достатньо вузьких інтервалах температур води. Прояв таких аномальних концентрацій пов'язаний скоріш за все із природньою поведінкою річок, а не впливом антропогенних факторів.

**Ключові слова:** гідроекологічні часові ряди, метод квазібіфуркаційних діаграм, температура води у річках, аномально високі концентрації йонів.

**УДК 556.531.4**

**Артёменко В. А., Петрович В.В.,** канд. техн. наук

### **МЕТОД АНАЛИЗА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**Аннотация.** Предложен простой метод графического представления исходных данных для гидроэкологических временных рядов (метод квазибибифуркационных диаграмм). С помощью данного метода проанализированы зависимости концентраций различных веществ от температуры воды в реках. Как оказалось, аномально высокие концентрации ионов наблюдаются преимущественно в определенных и довольно узких интервалах температур воды. Проявление таких аномальных концентраций связано скорее всего с естественным поведением рек, а не с влиянием антропогенных факторов.

**Ключевые слова:** гидроэкологические временные ряды, метод квазибифуркационных диаграмм, температура воды в реках, аномально высокие концентрации ионов.

**UDC 556.531.4**

**Artemenko, V. A., Petrovych, V. V.,** Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

## **METHOD OF ANALYSIS THE HYDRO-ECOLOGICAL TIME SERIES**

**Abstract.** A simple method graphical representation initial data for environmental time series (method of quasibifurcation charts). Using this method to analyze the dependence the concentration of various substances on temperature of river water. Installation in an abnormally high concentration of ions observed mainly in definite and rather narrow temperature range water. The appearance of such abnormal concentration is most likely related river natural behavior but not the effect of various antropogenic factors.

**Keywords:** ecological time series, method of quazibifurcation charts, temperature of river water, abnormally high concentration of ions.

В настоящее время для анализа гидроэкологической информации используются достаточно сложные математические методы.

Для правильного выбора соответствующего метода в первую очередь следует оценить структуру исходных данных, четко представить взаимосвязи, имеющие место в этих процессах [1].

Рассмотрим в этой связи метод графического представления исходных данных, который в связи с его относительной простотой будет понятен для практиков и может найти применение в инженерных исследованиях.

### **Представление исходных данных**

Для набора точек  $(X_i, Y_i)$  с помощью графопостроителя строим двухмерный график, где  $X_i$  - независимая переменная,  $Y_i$  - соответственно зависимая переменная. Отдельные точки на графике между собой какими-либо линиями не соединяем. При этом метод построения графика допускает наличие некоторых пропусков в ряду исходных данных.

Отметим, что такой графический метод анализа по смыслу оказывается похожим на бифуркационную диаграмму, которая довольно часто используется в хаотической динамике [2].

Как известно, бифуркационный анализ позволяет классифицировать динамические системы, предсказывать их поведение при изменении параметров, а также управлять ими.

Однако между используемым в работе методе построения графика и бифуркационной диаграммой есть, по крайней мере, одно существенное отличие. При построении бифуркационной диаграммы изменяют управляющий параметр самостоятельно, воздействуя тем самым на изучаемую систему. Кроме того, при каждом изменении параметра устанавливают начальные условия для системы заново.

В нашем случае довольствуемся только имеющимися в распоряжении исходными данными и активно на систему не влияем.

Соответственно, также не можем устанавливать природную систему в исходное состояние ( не можем сами задавать начальные условия для системы).

В этой связи применяемый нами метод графического представления исходных данных можно условно назвать методом квазибифуркационных диаграмм.

### **Практические примеры и обсуждение результатов**

При анализе гидроэкологической информации в качестве независимой переменной была выбрана температура воды в реке, поскольку именно она существенным образом влияет на процессы протекания химических и биохимических реакций, являясь одним из наиболее важных параметров состояния водных экосистем.

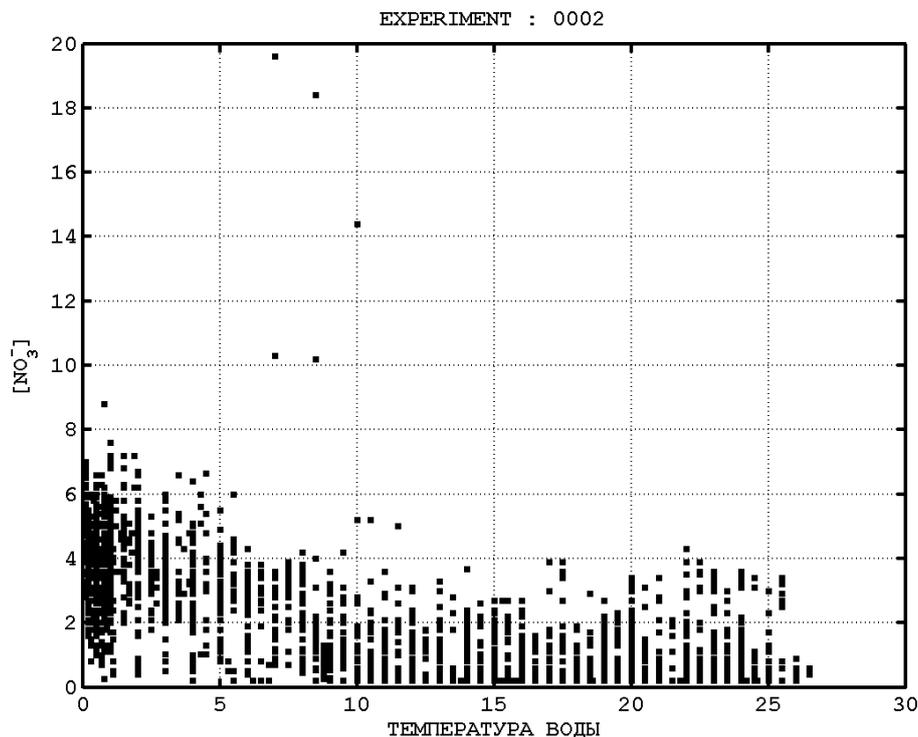
В качестве зависимых переменных использовались временные ряды концентраций различных веществ в воде.

При этом особое внимание уделялось проявлениям аномальности в смысле повышенной концентрации этих веществ.

Объектами исследования являлись две крупные равнинные реки Украины.

Анализировались временные ряды каждодневных (среднесуточных) данных за период 1991 ... 1999 г.г. для первого водного объекта и, соответственно, за 1991 ... 2014 г.г. для второго водного объекта (водохранилище на этой реке).

На рис. 1 приведена діаграма залежності концентрації нітрат-іонів  $\text{мг NO}_3^-/\text{дм}^3$ , від температури води для першого водного об'єкта.



**Рисунок 1-** Діаграма залежності концентрації нітрат-іонів від температури води для першого водного об'єкта

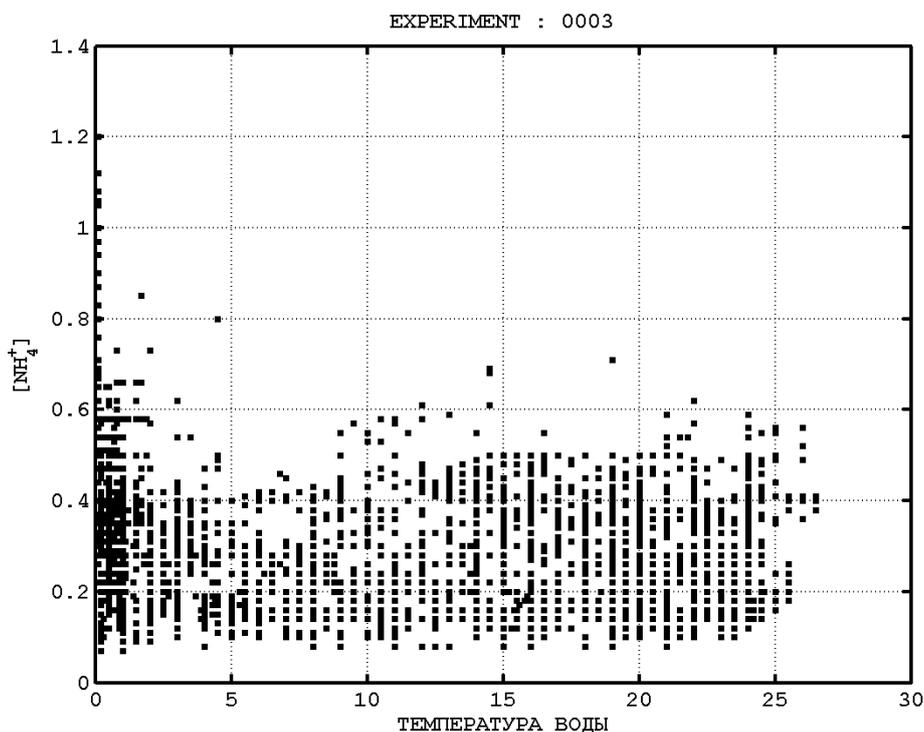
Как видно, аномально високі концентрації нітрат-іонів спостерігаються тільки в певному і досить вузькому інтервалі температур води  $5^\circ \dots 10^\circ\text{C}$  (більш точно – при температурі води від  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ\text{C}$ ).

При послідовному зростанні температури води в річці до  $25^\circ\text{C}$  відзначаємо в середньому закономірне зменшення концентрації нітрат-іонів.

Понятно, що результати отримані для конкретного водного об'єкта, тому без проведення додаткових досліджень не слід узагальнювати отриману залежність на інші об'єкти.

Замітка в повній мірі стосується по всіх діаграмах, які наводяться нижче.

На рис. 2 представлена діаграма залежності концентрації амонійних іонів,  $\text{мг NH}_4^+/\text{дм}^3$ , від температури води для першого водного об'єкта.



**Рисунок 2-** Диаграмма зависимости концентрации аммонийных йонов от температуры воды для первого водного объекта

В данном случае максимально высокие концентрации аммонийных йонов достигаются при температуре воды, близкой к  $0^{\circ}\text{C}$ .

При этом в интервале температур воды  $5^{\circ} \dots 10^{\circ}\text{C}$  наблюдается некоторое снижение концентрации аммонийных йонов. Но при дальнейшем росте температуры воды видно возрастание (но не слишком большое) концентрации этих йонов.

Рис. 3 – это диаграмма зависимости концентрации нитрат-йонов от температуры воды для второго водного объекта. В этом случае самые большие концентрации нитрат-йонов наблюдаем при температуре воды, близкой к  $0^{\circ}\text{C}$ .

По мере увеличения температуры воды концентрация нитрат-йонов закономерно уменьшается. То есть наблюдаем такой же характер изменения концентрации йонов от температуры, как и для первого водного объекта.

Достаточно большое сходство, если также проводить совместный анализ процессов с качественной стороны, наблюдаем и в поведении концентраций аммонийных йонов для первого и второго водных объектов ( см. рис.2 и рис. 4).

Зависимость водородного показателя  $pH$  (отрицательного логарифма концентрации йонов водорода) от температуры воды приведена на рис. 5.

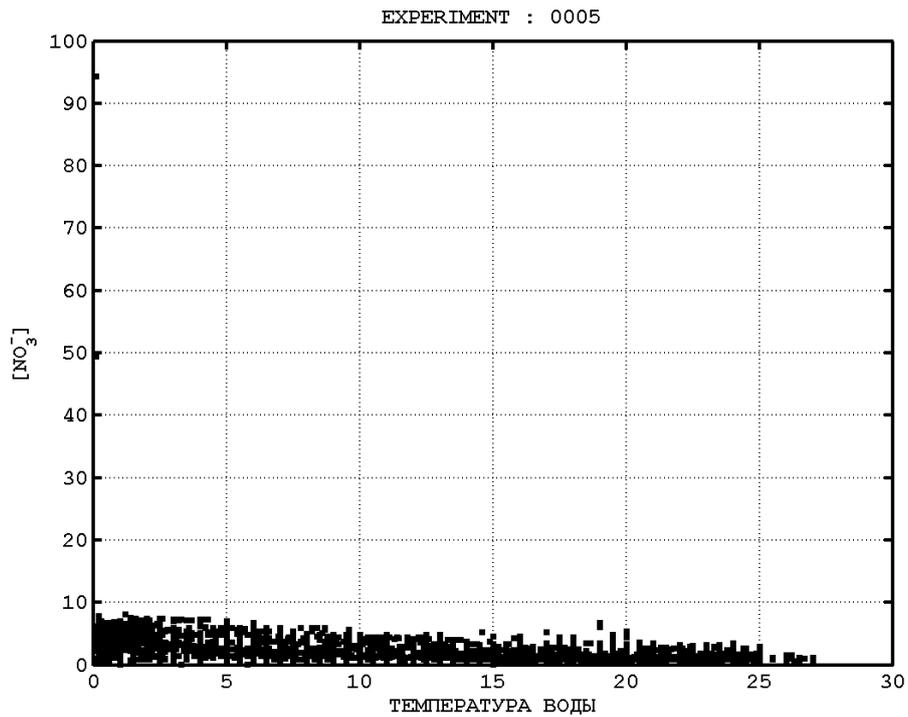


Рисунок 3- Диаграмма зависимости концентрации нитрат-ионов от температуры воды для второго водного объекта

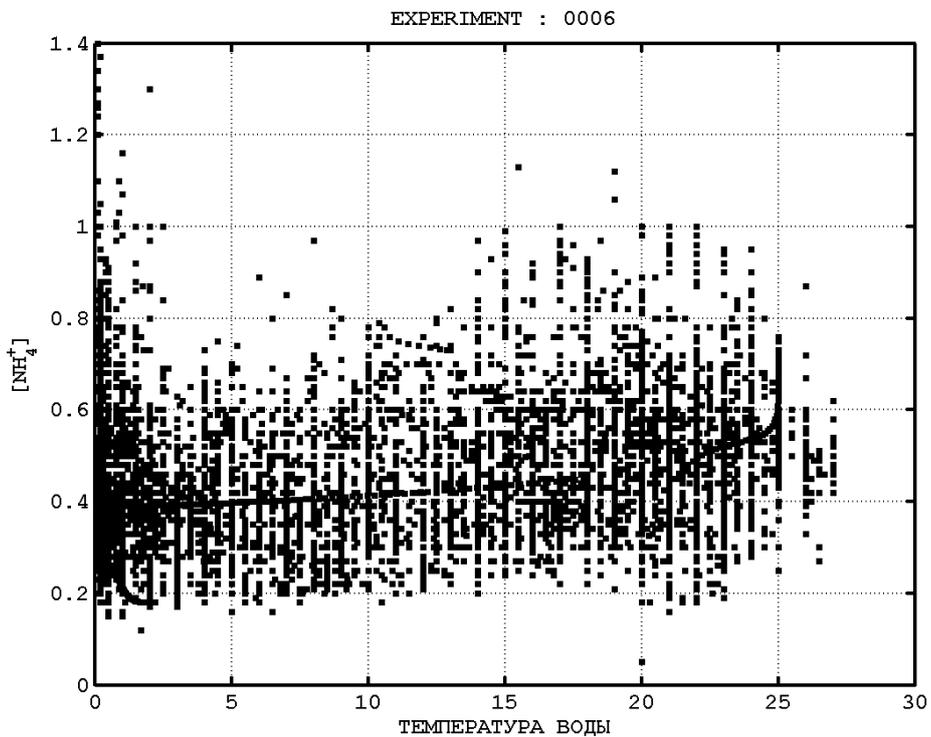
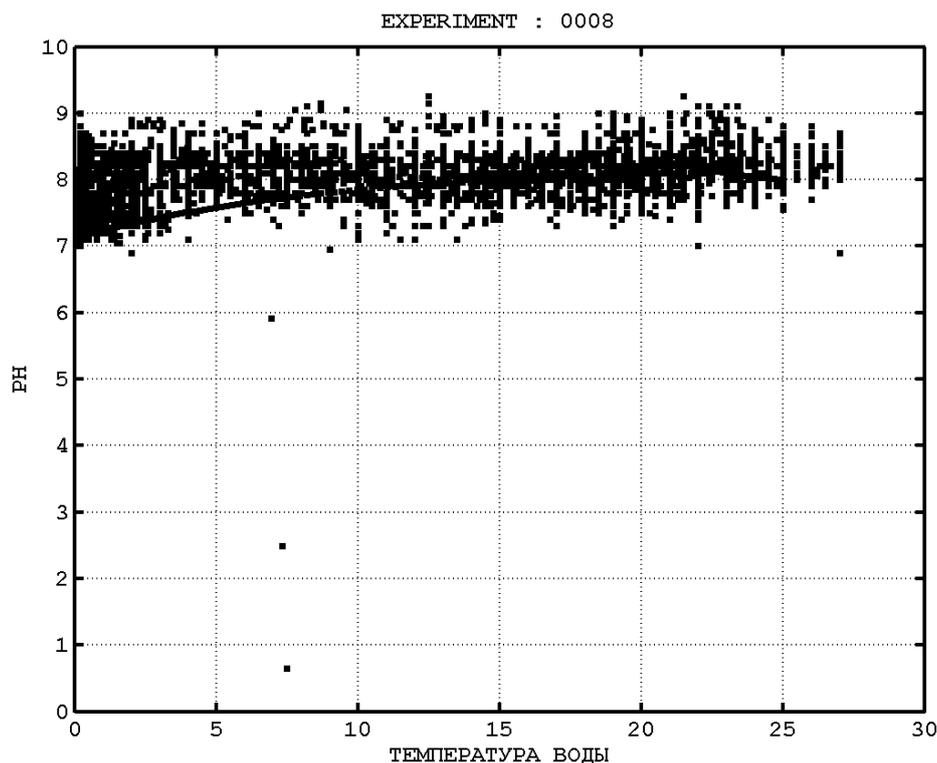


Рисунок 4 - Диаграмма зависимости концентрации аммонийных йонов от температуры воды для второго водного объекта



**Рисунок 5** - Диаграмма зависимости водородного показателя  $pH$  от температуры воды для второго водного объекта

Видно достаточно медленное возрастание величины  $pH$  по мере роста температуры воды.

Максимально высокие значения  $pH$  наблюдаем в интервале температур воды около  $0,5^{\circ} \dots 2,5^{\circ}C$ .

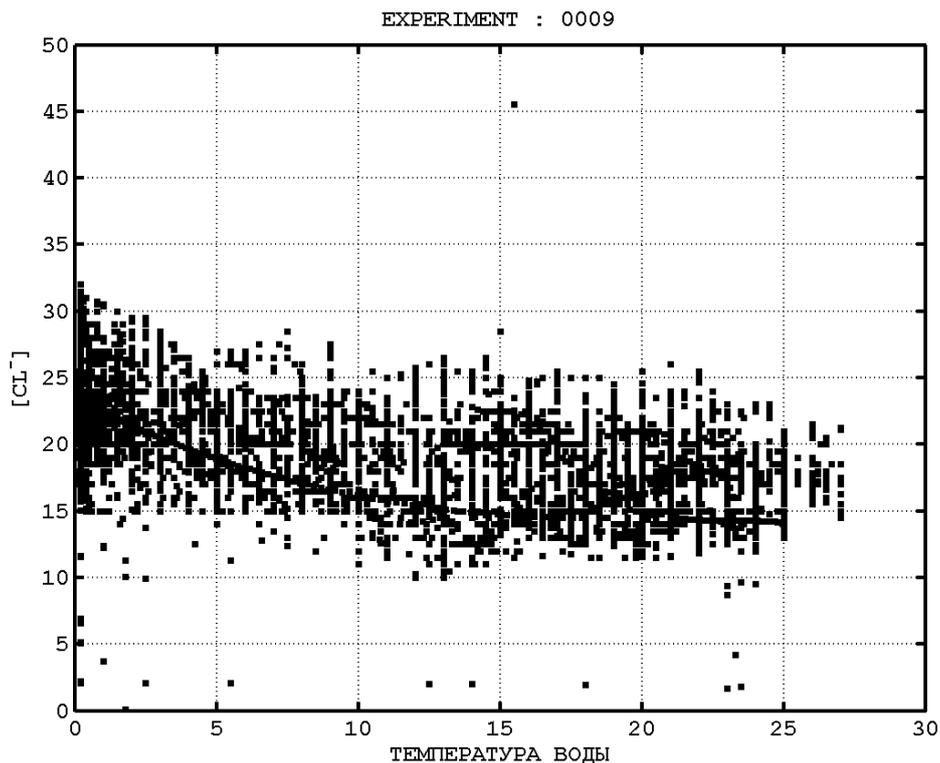
При этом четко фиксируются ошибки в исходных (опытных) данных. Так, например, маловероятно, чтобы значение  $pH$  было значительно меньше 6!

На рис. 6 представлена диаграмма зависимости концентрации хлорид-ионов,  $mgCl^{-} / dm^3$ , от температуры воды: наблюдается снижение концентрации этих ионов по мере роста температуры.

Наиболее высокая концентрация хлорид-ионов имеет место только при температуре воды  $0,5^{\circ} \dots 2,5^{\circ}C$ .

Отметим, что на первом этапе исследований не ставился вопрос о том, чем вызваны отмеченные аномальности – естественным состоянием водного объекта или непосредственным влиянием антропогенных факторов.

Если имеет место влияние антропогенных факторов, то такие факторы должны быть непосредственно связаны с видами хозяйственной деятельности, которые проявляют себя в данных узких температурных интервалах.



**Рисунок 6** - Диаграмма зависимости водородного концентрации хлорид-ионов от температуры воды для второго водного объекта.

Скорее всего, проявление отмеченных аномальностей вызвано естественным состоянием водных объектов.

## Выводы

1. Предложен метод графического представления исходных данных (метод квазибифуркационных диаграмм).

Метод позволяет также легко обнаружить взаимосвязи между различными параметрами гидроэкологического процесса, устранить ошибки в некачественных исходных (опытных) данных.

2. Исследовано влияние температуры воды (независимая переменная) на концентрации различных веществ в реках (зависимая переменная).

Как установлено в процессе исследований, наличие аномально высоких концентраций ионов фиксируются только в довольно узких и крайне низких температурных интервалах.

При этом обнаруженные закономерности – это не четкие функциональные зависимости. Скорее всего это зависимости статистического характера с ярко

выраженным свойством: в определенном интервале температур воды аномально высокие концентрации йонов могут либо проявляться, либо не проявляться, но в других температурных интервалах аномально высокие концентрации отсутствуют совершенно.

3. Поскольку аномально высокие концентрации йонов имеют место только в узких интервалах температур воды, наличие таких аномальностей связано, скорее всего, с естественным поведением водных объектов, но не с влиянием различных антропогенных факторов.

### **Литература**

1. Кузнецов С.П. Динамический хаос. М.: Физматлит. 2001. -296 с.
2. Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусилковский П.М. Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). –Тольятти. Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. – 1994. -182 с.

#### **Рецензенти:**

Кузло М.Т., д-р техн. наук, Національний університет водного господарства та природокористування.

Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

#### **Reviewers:**

Kuzlo M.T., Dr. Tech. Sci., National University of Water and Environmental Engineering.

Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: 20.03.2017 р.