

3. *Бобылева, М.М.* Расчет характеристик турбулентности в планетарном пограничном слое атмосферы. [Текст] / М.М. Бобылева // Труды Ленинградского Гидрометеорологического института. Вып. 40 (Некоторые вопросы физики пограничного слоя в атмосфере и море). – Ленинград. – 1970. – С. 64-73.
4. *Елохин, А.П.* Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды: монография [Текст] / А.П. Елохин // М-во образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». – Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.
5. By Alexander P. Elokhin and Iliia A. Starodubtcev. On the Ecological Situation at the Territories Adjacent to Chemical and Metallurgical Facilities. (Subtitle: Using Sensors and an Automated Control System to Monitor Environmental Conditions). *Environmantal Quality Management. (USA) 2017. Vol. 26. №2. P. 23-43.*

## **Application of Calculation Methods for Analysis of the Characteristics of Y-Radiation of a Radioactive Cloud During NPP Emissions**

**A.I. Ksenofontov, A.P. Elokhin, E.A. Alalem**

*Natioanl research nuclear university «MEPhI», Moscow*

УДК 504.4.054

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ РОАЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ**

**Е.А. Абидова, О.И. Бейсуг, А.Е. Дембицкий, О.Ю. Пугачёва**

*НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

Метод главных компонент был применен для анализа данных экологического мониторинга р. Дон. Метод позволил произвести оценку большого числа разнородных и быстро меняющихся параметров. Результаты указывают на возможность автоматической классификации состояния водного объекта на основании наблюдения его химических, биологических и физических параметров. Предложенная модель классификации может быть применена для обработки данных мониторинга водных экосистем, в том числе Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя Ростовской АЭС.

*Ключевые слова:* метод главных компонент, спектр собственных значений, матрица счетов, матрица нагрузок, активность внеклеточных эстераз сестона, активность щелочной фосфатазы.

При определении экологического состояния дельты р. Дон учитывается достаточно большое количество гидрохимических характеристик, полученных в результате отбора и обработки проб. В настоящем исследовании рассматриваются параметры, такие как рН, растворённый кислород, соединения азота (аммонийного, нитритного, нитратного, общего, валового, органического, взвешенного), БПК<sub>5</sub>, показатели активности внеклеточных эстераз (АЭ) и щелочной фосфатазы (АЩФ), температура[1].

Для оценки большого числа разнородных и быстро меняющихся параметров в различных областях деятельности (техническая диагностика, финансы)[2,3] используются алгоритмы классификации. В рамках настоящей работы данные получены в мониторинге поверхностных вод суши в определённые периоды времени. Для извлечения информации из этих данных целесообразна реализация одного из признакововых подходов – метода главных компонент[4].

Метод главных компонент позволяет произвести классификацию состояния объекта на определённые группы. В условиях решаемой задачи, когда классовые метки групп изначально неизвестны, используются модели частичной классификации[5].

Данные для анализа представлены в удобной форме для применения метода главных компонент: в виде прямоугольной матрицы  $X$ , строки которой (их принято называть

образцами) соответствуют времени и месту отбора проб, а столбцы (переменные) значениям параметров. Размерность матрицы  $I \times J = 30, J = 13$  (рис. 1).

| Створ            | АЩФ       | АЭ        | t C | pH  | O2   | БПК5 | NH4   | NO2   | NO3   | N общ | N вал | N орг | N взв |
|------------------|-----------|-----------|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | мкмоль/лч | мкмоль/лч |     |     | мг/л | мг/л | мг/л  | мг/л  | мг/л  | мг/л  | мг/л  | мг/л  | мг/л  |
| Выше г. Аксай    | 0,562     | 4,25      | 25  | 8,1 | 7,9  | 1,67 | 0,003 | 0,003 | 0,012 | 0,562 | 1,03  | 0,544 | 0,463 |
| Водозабор Ростов | 0,314     | 2,68      | 25  | 8,3 | 6,6  | 1,63 | 0,038 | 0,007 | 0,168 | 0,531 | 0,96  | 0,318 | 0,425 |
| Ниже р.Темерник  | 1,136     | 4,6       | 25  | 8,2 | 7,3  | 2,26 | 0,003 | 0,009 | 0,207 | 0,643 | 1,16  | 0,424 | 0,514 |
| ■■■              |           |           |     |     |      |      |       |       |       |       |       |       |       |

Рисунок 1 – Вид исходных данных (фрагмент)

Возможно, часть данных является избыточной, не содержит нужной для классификации информации. Метод главных компонент позволяет понизить размерность, т.е. заменить исходную матрицу  $X$  двумя новыми  $T$  и  $P$ , размерность которой  $A$ , меньше числа столбцов исходной матрицы (число строк сохраняется):

$$X = TP^t + E = \sum_{a=1}^A t_a P_a^t + E(1)$$

$T$ - матрица счетов, размерностью  $I \times A$ .

$P$ - матрица нагрузок, размерностью  $J \times A$ .

$E$  –матрица остатков, размерностью  $I \times J$ .

Если декомпозиция выполнена правильно, то матрица  $T$  несет в себе столько же информации, сколько ее было в начале, в матрице  $X$ . При этом матрица  $T$  меньше, и, стало быть, проще, чем  $X$ . Матрица счетов  $T$  дает проекции исходных образцов на подпространство главных компонент. Строки  $t_1, \dots, t_i$  матрицы  $T$  – это координаты образцов в новой системе координат. Счета несут информацию, полезную для понимания того, как устроены данные. На графике счетов каждый образец изображается в координатах  $(t_i, t_j)$ , чаще всего –  $(t_1, t_2)$ , обозначаемых PC1 и PC2. Близость двух точек означает их схожесть, т.е. положительную корреляцию. Точки, расположенные под прямым углом, являются некоррелированными, а расположенные диаметрально противоположно – имеют отрицательную корреляцию.

После разложения матрицы на  $T$  и  $P$  была получена матрица счетов. Первые два столбца этой матрицы (из тринадцати) соответствуют двум первым главным компонентам. Исходная матрица была спроецирована на первые главные компоненты. Результаты были представлены в виде тридцати точек на плоскости (рис. 2).

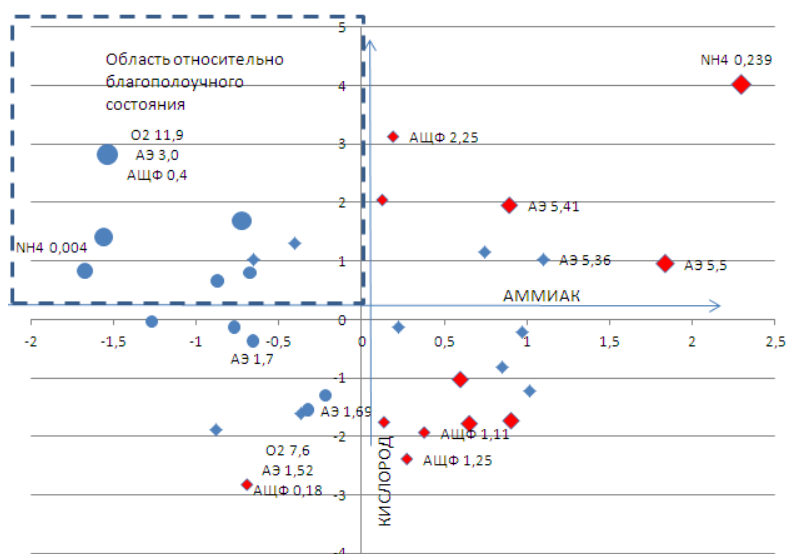


Рисунок 2– График счетов (PC1 – PC2)

Для интерпретации полученных результатов точки, соответствующие относительно высокой концентрации кислорода (более 8,5 мг/л) обозначены круглой формой, а с относительно низкой концентрацией кислорода ромбами (кислород соответствовал значениям ПДК согласно критериям загрязнённости поверхностных вод). Если точка соответствует относительно высокой концентрации аммиака (более 0,08 мг/л), она окрашена в красный цвет, иначе – в синий. Большая концентрация вещества обозначается большим размером. Согласно критериям загрязнённости поверхностных вод ПДК для рН – 6,5-8,5, растворённого кислорода – не менее 6.0 мг/л, азота аммонийного – 0,5 мг/л, азота нитритного – 0,08 мг/л, азота нитратного – 40,0 мг/л, БПК<sub>5</sub>(O<sub>2</sub>)– 2,0 мг/л. Характерно, что концентрация аммонийного азота возрастает по горизонтали вдоль первой главной компоненты РС1 вплоть до максимального значения данного параметра 0,293 мг/л, а концентрация кислорода в целом возрастает по вертикали вдоль второй главной компоненты РС2.

Легко видеть, что круглые точки (одиннадцать из тридцати) находятся в левой полуплоскости, а большинство красных в правой. Можно отметить, что экстремальные значения АЩФ и АЭ наблюдаются везде, кроме левой верхней четверти плоскости, в которой сосредоточены замеры с высоким содержанием кислорода и низким содержанием аммиака. Можно считать, что замеры в этой части плоскости соответствуют относительно (по сравнению с другими замерами) экологическому благополучию. С другой стороны замеры, отнесенные алгоритмом в правую плоскость характеризуют место и время, где и когда экологическая ситуация неблагоприятна.

В результате применения метода главных компонент в рамках нашего исследования удалось классифицировать результаты замеров по четырем параметрам – концентрация кислорода, аммонийного азота, АЩФ и АЭ, а также другим измеренным параметрам (рН, концентрация соединения азота (нитритного, нитратного, общего, валового, органического, взвешенного), температура).

Таким образом, метод главных компонент был применен для анализа данных экологического мониторинга р. Дон. Метод позволил произвести оценку большого числа разнородных и быстро меняющихся параметров. Результаты указывают на возможность автоматической классификации состояния водного объекта на основании наблюдения его химических, биологических и физических параметров. Предложенная модель классификации может быть применена для обработки данных мониторинга водных экосистем, в том числе Цимлянского водохранилища и водоема-охладителя Ростовской АЭС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейсуг, О.И. Биоиндикация экологического состояния водных экосистем территории воздействия Ростовской АЭС с использованием ферментативных показателей [Текст] / О.И. Бейсуг // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – № 1 (6). С. 29-32.
2. Галиаскаров, М.Р. Сравнительный анализ характеристик мониторинга технологического процесса с использованием линейного и нелинейного метода главных компонент [Текст] / М.Р. Галиаскаров, И.В. Рудакова, Л.А. Русинов // Известия СПбТИ(ТУ). – 2013. – № 2 (48). – С. 106-110
3. Захарова, А.А. Информационная система управления риском банкротства предприятия [Текст] / А.А. Захарова. – Юргинский технологический институт. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2013.
4. Померанцев, А. Метод главных компонент (PCA) [Электронный ресурс] / А. Померанцев // Российское хемометрическое общество. – URL: <http://rco.chemometrics.ru/Tutorials/pca.htm> (дата обращения: 23.12. 2013).
5. Pfahringer B. A semi-supervised spam mail detector. ECML-PKDD Discovery Challenge Workshop, 2006. URL: <http://www.ecmlpkdd2006.org/pfahringer.pdf>.

#### **Assessment of the Ecological State of the Water Body in the Area of the Rostov NPP Using the Principal Components Method**

**Е.А. Abidova, О.И. Bejsug, А.Е. Dembickij, О.Ю. Pugachyova**

**Abstract** – the principal component method was used to analyze the environmental monitoring data of the Don river. The method made it possible to estimate a large number of heterogeneous and rapidly changing parameters. The results indicate the possibility of automatic classification of the state of the water body on the basis of observation of its chemical, biological and physical parameters. The proposed classification model can be applied to the processing of monitoring data of various ecosystems, including Tsimsyansk reservoir and water-cooler of Rostov NPP.

**Keywords:** the method of principal components, the spectrum of eigenvalues, a matrix of accounts, the matrix of loadings, the activity of extracellular esterases, alkaline phosphatase of zeston.

УДК 621.311.24:621.039

## **ВОДОПОДГОТОВКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАТЭС**

**В.А. Болдаков, О.А. Ожерельев, А.О. Ушаков, Н.А. Болтовская**

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Северск*

Студенты специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики» СТИ НИЯУ МИФИ совместно с учащимися атом-класса топливной компании Росатома «ТВЭЛ» проводят исследования по тематике «Водоподготовка и безопасность эксплуатации ПАТЭС». Целью исследований является изучение процессов водоподготовки для ПАТЭС и пропаганда передовых технологий электроэнергетического дивизиона ГК Росатом. В докладе представлены как лабораторные исследования процессов водоподготовки, так и вопросы эксплуатации ядерных установок ПАТЭС и экологической безопасности.

**Ключевые слова:** ПАТЭС, водоподготовка, мембранные технологии, безопасность эксплуатации, экологическая безопасность реактора КЛТ-40С.

Актуальность ввода в эксплуатацию ПАТЭС обусловлена сложностью доставки тепла и электроэнергии в отдалённые населённые пункты, связанной с обширностью территорий и многообразием климатических зон Российской Федерации. Кроме того ПАТЭС «Академик Ломоносов» призвана решить ряд проблем, связанных с ограниченностью запасов питьевой воды на планете и особенностями процессов водоподготовки для технологических целей. [1-2].

Основной целью представленной работы является изучение процессов водоподготовки для ПАТЭС и пропаганда передовых технологий электроэнергетического дивизиона ГК Росатом. Двумя главными задачами стали отслеживание актуальной информации о технических возможностях, вводе в эксплуатацию ПАТЭС и знакомство с компетенциями ГК Росатом по водоподготовке.

В связи с особенностями эксплуатации ПАТЭС «Академик Ломоносов» и экологической обстановкой в северных регионах РФ крайне остро поставлен вопрос о безопасности использования ПАТЭС для окружающей среды, что обуславливает необходимость мониторинга информации об использовании ПАТЭС без заметного вреда для неё.

Для функционирования энергоблока «Академик Ломоносов» необходимо проведение комплексного многостадийного процесса водоподготовки, включающего следующие этапы:

- 1) коагуляцию коллоидных частиц;
- 2) очистку воды от грубодисперсных примесей на механических фильтрах;
- 3) ионообменное обессоливание воды;
- 4) удаление растворённого в воде углекислого газа в декарбонизаторах;