УДК 556.531.01

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-181-183

*Живетина А.В., Дерхо М.А.,
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, Челябинская обл., г. Троицк*

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Дана оценка качества воды Южноуральского водохранилища Челябинской области во взаимосвязи с уровнем ее химических параметров при помощи метода главных компонент. Установлено, что изменчивость гидрохимического состава воды обусловлена главным компонентом 1, который на 71,40 % определяет общую дисперсию показателей. Изменчивость уровня марганца, свинца, цинка и никеля сопряжена с антропогенным источником.

Ключевые слова: вода, гидрохимические показатели, метод главных компонент.

Качество воды в поверхностных водных источниках определяется взаимодействием множества переменных. Тем не менее, общепринятыми в статистическом анализе методом оценки ее качества и безопасности является сравнение экспериментальных данных или с нормативными значениями. Кроме этого, при оценке качества воды, преимущественно используется одномерный статистический анализ, который не учитывает взаимодействия между переменными, не обнаруживаемые в отдельных переменных [1].

В последние годы при обработке экспериментальных (опытных) данных широко используются методы многомерного статистического анализа. Среди их спектра преобладают те, которые связаны с сопоставлением или прогнозированием количественных переменных (метод главных компонент, факторный и кластерный анализ и т. д.). При их помощи можно найти линейные комбинации нескольких переменных и объяснить вариацию полученных данных во взаимосвязи с конкретными факторами. Так метод анализа главных компонент (РСА) основан на нахождении линейных комбинаций переменных, объясняющих изменчивость данных за счет уменьшения количества отдельных переменных («уменьшение размерности») [2, 3, 4]. Каждый компонент имеет «собственные значения». Они представляют собой линейные комбинации исходных переменных, каждая из которых имеет свой коэффициент или «собственный вектор». Он указывает «направление» изменений данной переменной для каждого компонента [4].

Анализ химического состава воды с помощью техники РСА позволит выявить ведущие факторы формирования и поддержания ее качества и экологической безопасности, что позволит прогнозировать пути ее использования для различных целей.

В связи с этим целью нашей работы явилась оценка качества воды Южноуральского водохранилища Челябинской области во взаимосвязи с уровнем ее химических параметров при помощи метода главных компонент.

Материалы и методы. Южноуральское водохранилище относится к озерному типу, имеет полезный объем 61,7 млн. м³. Вода из водохранилища используется для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения [3].

Качество воды в водохранилище оценивали по результатам исследования ее проб в весенний (апрель), летний (июль) и осенний (сентябрь) периоды года в 2019 и 2020 годах. Лабораторные анализы проведены в условиях ООО «Троицкий водоканал водоснабжение» (г. Троицк, Челябинская область). При этом использовались стандартные аналитические методы (ГОСТ, ПНД Ф).

Результаты лабораторных исследований статистически обработали при помощи неограниченной техники анализа главных компонент. Количество необходимых и достаточных факторов определялось при помощи критерия Кэттелла [5]. Для выявления статистической значимости вклада конкретных переменных в главную компоненту использовали значения

коэффициентов корреляции Пирсона между показателем и его нагрузкой на главную компоненту. Из полученных данных формировали статистическую матрицу, отражающую взаимосвязь переменных в главной компоненте. Расчеты выполнены в пакете *vegan* (version 2.5-7 [6]) для программно-статистической среды *R* (version 4.0.3 [7]). Уровень статистической значимости был равен $P \leq 0,05$.

Результаты исследований. При анализе химического состава воды из Южноуральского водохранилища было выявлено, что большинство ее параметров соответствует нормативным требованиям [8]. Однако их уровень резко возрастал в весенний период года за счет попадания в водный объект стоков с территории водосбора, и уменьшался в летний и осенний. Особенно резко увеличивалась концентрация марганца, свинца, цинка и никеля. В то же время уровень железа и меди постоянно превышал нормативные требования в пробах воды во все периоды года от 2,0 до 45,0 раз, отражая наличие постоянных источников-загрязнителей. Для всех гидрохимических показателей воды была характерна общая тенденция: их уровень возрастал от верховой части к приплотинной. При этом сезонные различия были статистически значимыми для всех определенных нами параметров.

Основываясь на том, что качество воды определяется совокупным воздействием большого количества факторов, мы попытались выявить среди них приоритетные, то есть значимо влияющие на формирование качества воды, используя метод главных компонент.

При построении графической «факториальной осыпи Кэттела» было установлено, что полная изменчивость гидрохимического состава воды сопряжена с 17 факторами, среди которых приоритетными являются два, собственные значения которых превысили единицу. Они объясняли в совокупности 86,20 % дисперсии химических параметров воды. При этом на первый главный компонент приходилось 71,40 % общей вариабельности параметров.

Таблица 1

Факторные нагрузки на главный компонент 1

Параметры воды	Главный компонент 1	
	Нагрузка	<i>P</i>
pH	-0,86	<0,001
гидрокарбонаты	-0,83	<0,001
хлориды	0,94	<0,001
сульфаты	0,91	<0,001
фториды	0,86	<0,001
кальций	-0,72	0,001
магний	-0,78	<0,001
натрий	-0,70	0,001
калий	-0,76	<0,001
алюминий	0,84	<0,001
железо	0,91	<0,001
хром VI	0,89	<0,001
цинк	0,88	<0,001
кадмий	0,97	<0,001
свинец	0,85	<0,001
медь	0,88	<0,001
марганец	0,77	<0,001
никель	0,83	<0,001
Объясняемая дисперсия, %	71,4	
<i>P</i>	<0,001	

Поэтому в своей работе мы привели факторные нагрузки на главный компонент 1. Как видно из таблицы 1 все конкретные переменные (химические показатели воды) дали

на него статистически достоверные ($P < 0,001$) и сильные факторные нагрузки. Считаем, что главный компонент 1 отражает зависимость гидрохимических показателей воды в Южноуральском водохранилище от сезона года, который наиболее сильно влиял на вариабельность конкретных переменных. При этом такие показатели, как pH, гидрокарбонаты, калий, натрий, кальций, магний, сульфаты, хлориды, фториды, алюминий, медь, цинк, железо, поддерживали свой уровень в воде водохранилища за счет источников природного происхождения. Поэтому они были наиболее сильно подвержены сезонной вариабельности. В то же время уровень марганца, свинца, цинка и никеля в водном источнике связан с их антропогенным поступлением, то есть источником данных металлов являются конкретные постоянные предприятия-загрязнители. Поэтому их концентрация мало зависела от сезона года, точки взятия проб, года исследований.

Таким образом, изменчивость гидрохимического состава воды Южноуральского водохранилища, оцененная при помощи метода главных компонент, обусловлена влиянием главной компоненты 1, которая на 71,40 % определяет общую дисперсию показателей. Изменчивость уровня марганца, свинца, цинка и никеля в пробах воды сопряжена с антропогенными источниками.

Использованные источники:

1. Smith P.F. On the Application of Multivariate Statistical and Data Mining Analyses to Data in Neuroscience // J. Undergrad Neurosci Educ. – 2018. – Vol. 16(2). – P. 20–32.
2. Jolliffe I.T. Principal component analysis. New York: Springer; 2004. 400 p.
3. Живетина А.В., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Нохрин Д.Ю. Оценка экологического состояния воды в водохранилище озерного типа // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – № 3 (63). – С. 15-24.
4. Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Живетина А.В. Структура изменчивости гидрохимического состава воды в водохранилище озерного типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 117-133.
5. Jackson D. A. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches // Ecology. – 1993. – Vol. 74. – № 8. – P. 2204–2214.
6. Oksanen J., Blanchet F.G., Friendly M., Kindt R., Legendre P. et al. Package 'vegan', *Community Ecology Package*, 2.5-7 (2020). URL: <https://github.com/vegandevs/vegan> (Accessed Mart 10, 2021).
7. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Austria, Vienna: R Foundation for Statistical Computing (2016). URL: <https://www.R-project.org> (Accessed Mart 08, 2021)
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 15.09.2021).

УДК 631.51:632.931.1

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-183-187

Киреев И.М.¹, Коваль З.М.¹, Зимин Ф.А.¹, Марченко В.О.¹, Данилов М.В.²,
¹Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), г. Новокубанск
²ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ»

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВАНИЮ КАПЕЛЬ ВОЗДУШНЫМ ПОТОКОМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ КРАЕВОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛЯ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по дисперсности капель, их размеру и числу в воздушно-капельной системе, создаваемой техническим средством, оснащенным четырьмя щелевыми соплами (тип – LU-04. AD – 04; код цвета красный) для краевой обработки поля при уничтожении сорняков и защиты от вредителей растениеводческой продукции, зимующих в полезащитных лесополосах. Для решения существующей проблемы экспериментально получены показатели полидисперсной системы, позволяющие одновременно уничтожать сорную растительность, расположенную в непосредственной близости основания полезащитных лесополос, и вредителей, зимующих в них.

Ключевые слова: капли, диаметр, размер, число, доля капель, дисперсность.