

Ю. А. Тунакова, С. В. Новикова, А. Р. Галимова

ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г.КАЗАНИ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАЧЕСТВА ПОТРЕБЛЯЕМЫХ ПИТЬЕВЫХ ВОД И АДРЕСНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕЕ ДООЧИСТКЕ

Ключевые слова: питьевая вода, кластеризация, вторичное загрязнение воды, фильтр.

Приводятся результаты кластеризации зон обслуживания детских поликлиник на территории г.Казани в зависимости от степени вторичного загрязнения питьевых вод металлами и рекомендации по доочистке тремя типами фильтров.

Key words: drinking water, clustering, secondary pollution of water, filter.

The results of the clustering service areas of children's clinics in the territory of the city of Kazan, depending on the degree of secondary pollution of drinking water metals and recommendations for post-treatment of the three types of filters.

Как рассматривалось нами ранее, питьевые воды, доходящие до потребителя, претерпевают вторичное полиметаллическое загрязнение с дифференциацией содержания катионов металлов [1]. Для разработки адресных рекомендаций по рациональной доочистке питьевых вод необходима группировка зон исследования в зависимости от содержания катионов металлов. Территория г.Казани делилась на зоны, соответствующие зонам обслуживания детских поликлиник [2]. Для группировки выделенных зон нами использовались методы кластерного анализа. В отличие от многих других статистических процедур, методы кластерного анализа используются в большинстве случаев тогда, когда нет каких-либо априорных гипотез относительно классов, исследование находится в описательной стадии и кластерный анализ определяет "наиболее возможно значимое решение". Методы кластерного анализа позволяют выделить относительно дискретные компактные подмножества из континуума. Однако результат кластеризации данных напрямую зависит от используемой метрики и метода классификации, следовательно, необходимо понимание свойств метрик и логических оснований конкретного метода классификации. Выбор методов кластеризации, кроме формального критерия минимума внутригрупповой дисперсии, определяется целями и взаимоотношениями кластеров в многомерном пространстве, порождающих строго взаимно упорядоченные структуры.

Кластеризация данных была проведена для полученных результатов анализа проб питьевой воды, отобранной в домах и квартирах на территории г.Казани, методики отбора проб и их анализа описаны в [3]. Поскольку результат кластеризации напрямую зависит от используемого метода классификации, кластеризация данных проводилась двумя независимыми методами, методом К-средних и методом иерархической кластеризации.

Были получены следующие результаты кластеризацией методом К-средних:

1. Чисто выделенных кластеров – 4

2. Состав кластеров:

- a. Кластер №4 – Содержит две зоны -№5 и №8;
- b. Кластер №3 – Содержит две зоны -№3 и №6;
- c. Кластер №2 – Содержит две зоны -№2 и №11;
- d. Кластер №1 – Содержит пять зон -№1, №4, №7, №9 и №10.

Средние значения содержания катионов металлов в питьевой воде по кластерам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержания катионов по кластерам

Катионы	Кластер №4	Кластер №3	Кластер №2	Кластер №1
Sr	0,391	0,216	0,167	0,110
Cu	0,002	0,002	0,002	0,002
Pb	0,016	0,012	0,014	0,013
Zn	0,022	0,019	0,033	0,019
Cr	0,003	0,002	0,004	0,002
Fe	0,079	0,108	0,084	0,087

Наглядно демонстрирует выделение кластеров несходства именно метод иерархической кластеризации (рис.1), основанный на вычислении расстояния между объектами. Наиболее прямой путь вычисления расстояний между объектами состоит в вычислении евклидовых расстояний. В данном случае, объединение переменных в кластеры указывает на схожесть распределения их выборок в зонах исследования. Чем больше отличается расстояние объединения кластеров, тем сильнее различается их распределение по зонам исследования.

Схема объединения выглядит следующим образом. Для расстояния объединения 0,0064 – зоны 4 и 7; для расстояния 0,0143 – 2 и 11; для расстояния 0,0162 – зоны 3 и 6; для расстояния 0,0174 – 1 и 10; для расстояния 0,0411 – 1, 10, 4 и 7; для расстояния 0,0439 – 1, 10, 4, 7 и 9; для расстояния 0,1617 – зоны 5 и 8; для расстояния 0,16865 – 2, 11, 3, 6; для расстояния 0,3216944 – 1, 10, 4, 7, 9, 2, 11, 3 и 6; для расстояния 0,6701465 – все зоны.

Таким образом, для расстояния объединения не более 0,165 получено:

1. Чисто выделенных кластеров – 4

2. Состав кластеров:

- Кластер №1 – Содержит пять зон -№1, №4, №7, №9 и №10;
- Кластер №2 – Содержит две зоны -№2 и №11;
- Кластер №3 – Содержит две зоны -№3 и №6;
- Кластер №4 – Содержит зоны -№5 и №8.

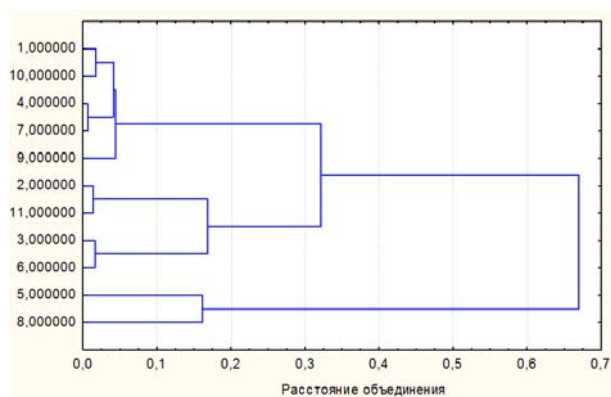


Рис. 1 – Результаты иерархической кластеризации

Средние значения содержания металлов в питьевой воде по кластерам показаны в табл. 2.

Таблица 2 – Средние концентрации катионов металлов по кластерам

Катионы	Кластер №1	Кластер №2	Кластер №3	Кластер №4
Sr	0,110	0,167	0,216	0,453
Cu	0,002	0,0017	0,002	0,002
Pb	0,013	0,014	0,012	0,018
Zn	0,019	0,033	0,019	0,018
Cr	0,002	0,004	0,002	0,005
Fe	0,087	0,084	0,108	0,063

Ранее нами проводился сравнительный анализ эффективности представленных на потребительском рынке трех типов фильтров [4]. Фильтры, реализующие одинаковый механизм очистки и имеющие разные торговые названия показывают схожую эффективность. Установлено, что в условиях повышенной жесткости воды эффективность фильтров снижается. Анализ степени доочистки и результаты объединения зон

позволили сформулировать рекомендации по доочистке питьевых вод. Проживающим в зонах низкого и среднего риска (зоны кластера 1 и 2) доочистку питьевой воды в жилых домах, расположенных в таких зонах достаточно проводить с помощью наливных угольных фильтров-кувшинов ресурсом порядка 250-300 л или фильтров-насадок на кран, ресурсом до 1000 л. В таких зонах достаточно использовать дешевые системы доочистки, с небольшим ресурсом, фильтруя только воду непосредственно для питья.

Для зон повышенного риска (зоны кластера 3) эффективная доочистка питьевой воды предусматривает использование стационарных ионообменных фильтров, с ресурсом до 10000 л. Более высокий уровень риска требует более эффективной системы водоочистки и большего ресурса, поскольку необходимо фильтровать весь объем потребляемой воды.

Для зон высокого риска (зоны кластера 4) рекомендуется доочистка питьевой воды с использованием многоступенчатых систем очистки обратного осмоса с ресурсом до 40000 л.

Таким образом, нами выделены двумя методами кластеризации данных 4 кластера, объединяющие зоны исследования по содержанию катионов металлов в потребляемой питьевой воде и разработаны адресные рекомендации по ее доочистке.

Литература

- Ю.А. Тунакова, А.Р. Галимова. *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 20, 165-169 (2013);
- Ю.А. Тунакова, Ю.А. Шмакова, А.Р. Галимова. *Вестник Казанского технологического университета*, **15**, 19, 76-79 (2012);
- А.Р. Галимова, Ю.А. Тунакова. В сб. *Казанские научные чтения студентов и аспирантов – 2013 им. В.Г. Тимирязова: материалы Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов*, Познание, Казань, 2013, с. 541-543;
- Ю.А. Тунакова, А.Р. Галимова, *Вестник Казанского технологического университета*, **15**, 19, 83-86 (2012).

© Ю. А. Тунакова – д-р хим. наук, проф. каф. технологии пластических масс КНИТУ, juliaprof@mail.ru; С. В. Новикова – проф. каф. прикладной математики и информатики КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ; А. Р. Галимова – ст. препод. каф. общей химии и экологии КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, galimovaalina585@rambler.ru;

© J. Tunakova - Doctor of Chemistry, professor of technology of plastics of KNRTU, juliaprof@mail.ru; S. Novikova - Doctor Technical of Sciences, professor of the department applied mathematics and informatics KNRTU-KAI; A. Galimova - senior Lecturer of general chemistry and ecology of KNRTU A.N. Tupolev – KAI, galimovaalina585@rambler.ru.