

УДК 543.552.054.1

МУЛЬТИСЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Ч. Р. МУХАМЕТДИНОВ, Ю. Б. ТЕРЕС, Г. И. ИШМАКАЕВА

Научный руководитель Р. А. ЗИЛЬБЕРГ, канд. хим. наук, доц.

Уфимский университет науки и технологий

Уфа, Россия

Современные аналитические методы контроля качества минеральных вод имеют строго селективный подход, без возможности проведения интегральной оценки образцов. В рамках исследования была разработана вольтамперометрическая система для идентификации и классификации минеральных вод по производителю и их природе.

На начальном этапе исследования были отобраны образцы минеральных вод, представленные в товарообороте, отличающиеся как минеральным составом, так и концентрацией содержащихся ионов. Таким образом, итоговый набор исследуемых образцов включал 11 минеральных вод различной минерализации и качественного состава: Лысогорская, Donat, Ессентуки № 17, Ессентуки № 4, Стэлмас, Боржоми, Gorji, Рычал-су, Мензелинская, Нарзан, Красноусольская.

Оптимизация состава композитных модификаторов производилась с помощью спектроскопии электрохимического импеданса и циклической вольтамперометрии. Наилучшие результаты наблюдались на сенсорах, модифицированных наночастицами золота (AuNPs), восстановленного оксида графена (rGO) и одностенных углеродных нанотрубок (SWCNT) в полиэлектролитном комплексе хитозана (ПЭК) в соотношении 1 мг к 1 мл соответственно.

Массив сенсоров, модифицированных полученными композитными модификаторами, представляет собой мультисенсорную систему [1–4] с перекрестной чувствительностью. С помощью данной мультисенсорной системы были зарегистрированы вольтамперометрические данные исследуемых образцов минеральных вод. Для извлечения полезной информации из большого массива полученных вольтамперограмм была использована хемометрическая обработка данных, а именно метод главных компонент (МГК) и SIMCA-классификация. Кластеры образцов на графике счетов МГК-моделирования (рис. 1) расположились в соответствии с их природой: вдоль ГК1 кластеры расположились в порядке изменения общей минерализации; вдоль ГК2 – в порядке изменения содержания сульфат-ионов; вдоль диагональных векторов – в порядке изменения содержания Na^+/K^+ и гидрокарбонат-ионов.

Таким образом, расположение кластеров минеральных вод на графике счетов МГК-модели отнюдь не хаотично, а подчиняется строгим закономерностям, связанных с качественным и количественным составом анализируемых минеральных вод. Разработанная мультисенсорная система успешно идентифицирует и классифицирует образцы минеральных вод, что открывает возможность экспрессного контроля качества с интегральной оценкой анализируемых образцов.

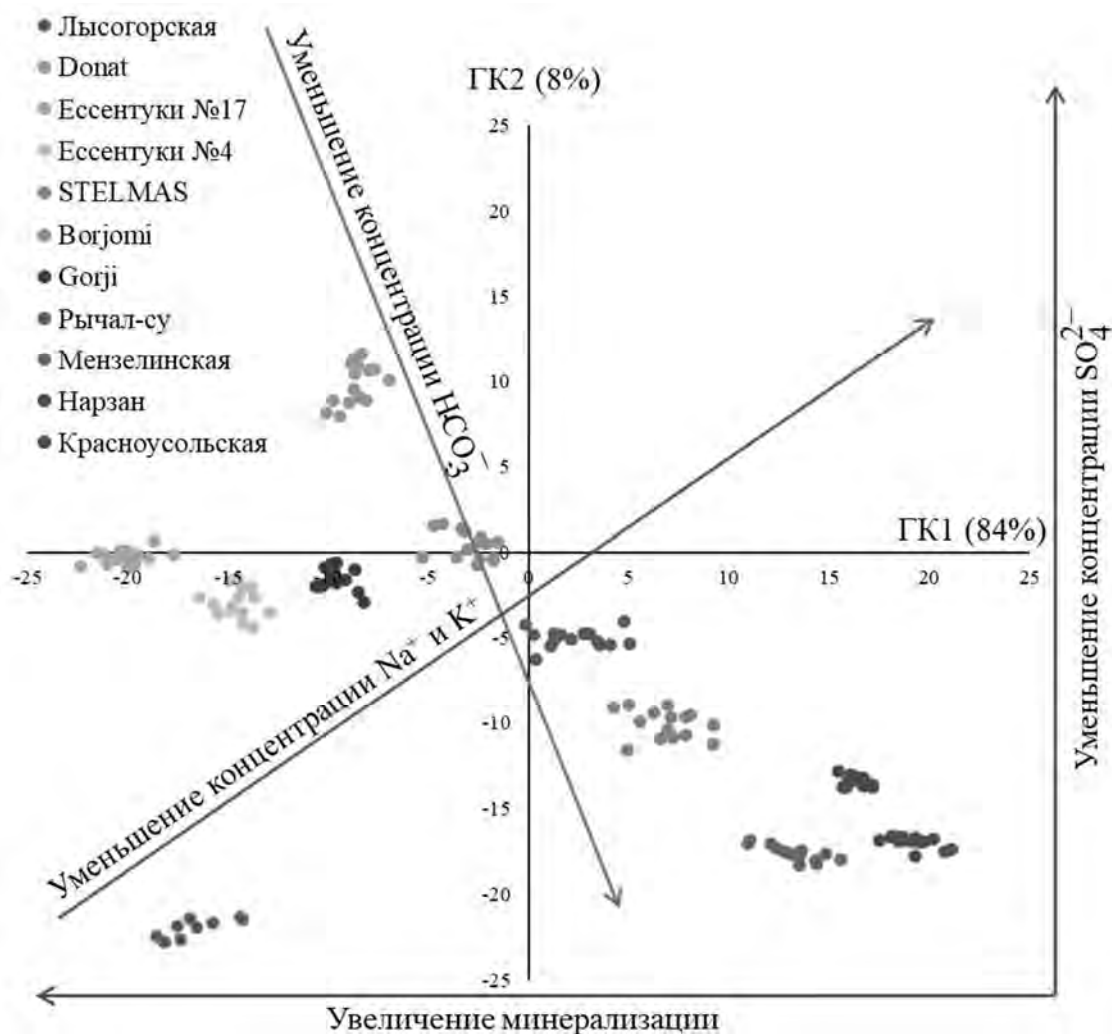


Рис. 1. График счетов МГК-моделирования минеральных вод на трехсенсорной системе

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voltammetric electronic tongue for identification of naproxen pharmaceuticals by manufacturer / R. Zilberg, E. Bulysheva, Y. Teres [et al.] // *Chimica Techno Acta*. – 2025. – Vol. 12, № 2. – Art. 12204.
2. Chiral octahedral cobalt (III) complex immobilized on Carboblack C as a novel robust and readily available enantioselective voltammetric sensor for the recognition of tryptophan enantiomers in real / R. A. Zilberg, J. B. Teres, E. O. Bulysheva [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2024. – Vol. 492. – P. 144334.
3. Вольтамперометрическая идентификация многокомпонентных растворов с использованием метода главных компонент / А. В. Сидельников, Р. А. Зильберг, Ф. Х. Кудашева [и др.] // *Журнал аналитической химии*. – 2008. – Т. 63, № 10. – С. 1072–1078.
4. Вольтамперометрические сенсоры и сенсорная система на основе модифицированных полиарилефталидами золотых электродов для распознавания цистеина / Ю. А. Яркаева, Д. И. Дубровский, Р. А. Зильберг, В. Н. Майстренко // *Электрохимия*. – 2020. – Т. 56, № 7. – С. 591–603.