

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ
В РАСТВОРАХ ДЛЯ АКТИВАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

In this work is described conductometric method of determination of ions of polyvalentmetalls concentration in mineralmaterials.

Существенное повышение эксплуатационных характеристик дорожного покрытия может быть достигнуто путем обработки минеральных материалов, используемых при строительстве и ремонте дорог, растворами поливалентных металлов, в частности, растворами солей железа, меди и алюминия или их смесями. Оптимальные свойства модифицированных минеральных материалов достигаются при условии, что используемые для обработки растворы содержат модифицирующие поливалентные ионы в определенном концентрационном диапазоне, хотя при этом содержание ионов отдельных металлов в растворах для активации может изменяться от нуля до максимального суммарного значения содержания всех ионов. В связи с этим необходимо иметь надежные методики определения их содержания в используемых для обработки растворах.

При определении содержания меди, алюминия, железа и других поливалентных металлов широко используются фотометрические методики [1], обеспечивающие достаточно высокую чувствительность, точность и экономичность анализа. Достоинством фотометрического анализа является относительная простота, невысокая стоимость и доступность оборудования. Однако фотометрический анализ смесей определяемых элементов между собой и с другими элементами может быть затруднен из-за их взаимного мешающего влияния. Поэтому при его проведении необходимо должное внимание уделять подготовке анализируемых проб и, в первую очередь, методам разделения мешающих компонентов.

Уже достаточно давно используются электрохимические методы анализа. Благодаря высокой чувствительности, селективности, быстрой проведения анализов и удобству записи результатов (в частности, автоматической и дистанционной) эти методы приобрели особенно большое значение в последнее время, когда остро встала проблема контроля окружающей среды. Классическая полярография дает возможность определить относительно большие (до 10^{-5} моль/л) содержания определяемых элементов в различных объектах [2]. Наиболее распространенными методами анализа многих металлов в объектах окружающей среды являются потенциометрия и инверсионная вольтамперометрия, обеспечивающие высокие аналитические характеристики. Например, при использовании методик инверсионного вольтам-

перометрического анализа может быть достигнут предел обнаружения до 10^{-10} М.

Очень перспективным при определении содержания ионов поливалентных металлов представляется кондуктометрический анализ [3]. Современная кондуктометрия – это совокупность большого числа методов измерения преимущественно активной составляющей импеданса ячейки, которая определяется электропроводностью электролитов, находящихся в ячейке в виде истинных (водных и неводных) или коллоидных (суспензий, эмульсий и т. п.) растворов или в виде расплавов.

Для определения содержания железа, меди и алюминия в растворах для активации минерального сырья, используемого в строительстве и ремонте дорог, были приготовлены растворы индивидуальных солей $\text{FeCl}_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ с концентрациями, входящими в диапазон рабочих концентраций используемых в реальном технологическом процессе растворов, а также смеси этих солей, взятых в соотношении 1:1:1, и измерена их электропроводность. Измерение электропроводности растворов проводили с использованием кондуктометра HI 8733 производства фирмы Hanna Instruments, однако их можно провести и с использованием приборов «Кондуктометр MC-226» производства фирмы «Мэтлер-Толедо» и кондуктометров автоматических АК-310-01 и АК-310-03 производства фирмы АОЗТ – Аналитприбор, Армения. Результаты измерений приведены в таблице.

Как видно из таблицы, электропроводность растворов одинаковой концентрации зависит от состава соли и увеличивается в ряду $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O} < \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} < \text{FeCl}_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$ во всем диапазоне концентраций. Электропроводность смеси солей, взятых в весовом соотношении 1:1:1, имеет промежуточное значение между этой характеристикой для $\text{FeCl}_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. При этом, как видно из таблицы, путем измерения может быть определено присутствие в растворе указанных выше солей при их концентрации около 0,02%.

Как показано на рисунке, величина электропроводности увеличивается прямо пропорционально увеличению концентрации индивидуальных солей и их смеси. Это позволяет использовать данные графические зависимости для достаточно

Электропроводность растворов солей железа, меди и алюминия

№	Концентрация соли, %	Электропроводность раствора, мСм			
		$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (A)	$\text{FeCl}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ (B)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (C)	A : B : C = 1:1:1
1	1,41	5,4	14,5	4,3	7,2
2	1,10	4,3	11,5	3,9	6,7
3	0,87	3,5	9,4	3,0	6,1
4	0,71	3,1	8,3	2,6	4,5
5	0,35	1,7	4,6	1,3	2,6
6	0,18	0,9	2,6	0,7	1,4
7	0,09	0,5	1,4	0,3	0,8
8	0,045	0,2	0,8	0,1	0,5
9	0,0223	0,1	0,4	—	0,2

точного определения содержания солей в отработанном растворе, использовать отработанные активационные растворы, содержащие остаточные количества ионов поливалентных металлов, не адсорбированные активируемыми минеральными материалами, в замкнутом цикле водооборота при соответствующей корректировке концентрации добавлением необходимого количества соли.

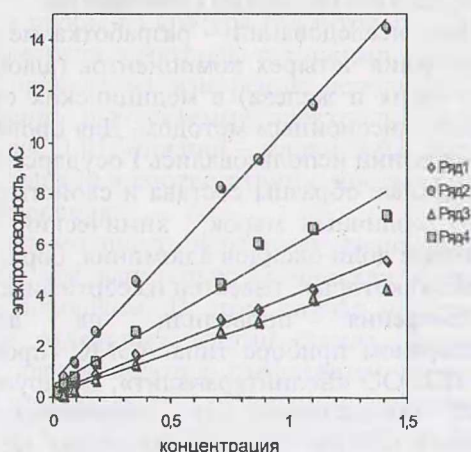


Рисунок. Зависимости проводимости растворов от концентрации соли в растворе.

Ряд 1 — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; ряд 2 — $\text{FeCl}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$;

ряд 3 — $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

ряд 4 — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} : \text{FeCl}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O} : \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 1:1:1$

Для достаточно точной корректировки концентрации солей в рабочих растворах, приготавливаемых с использованием оборотной воды,

необходимо измерить электропроводность отработанного раствора, по графику определить концентрацию в ней солей, а затем рассчитать количество солей, которое необходимо ввести в нее для достижения требуемой рабочей концентрации. Точность корректировки будет возрастать, если имеется информация о качественном составе солей металлов, содержащихся в отработанном растворе, однако даже при отсутствии таких данных, учитывая, что электропроводность индивидуальных солей при низких концентрациях различаются между собой незначительно, можно предполагать, что точность достигаемой при корректировке концентрации будет достаточной.

Большим преимуществом кулонометрического определения содержания поливалентных металлов в растворах представляется, кроме того, сравнительная простота осуществления дистанционных измерений и разработки автоматизированной системы контроля стабильности активации минеральных материалов при замкнутом цикле водообращения.

Литература

1. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. — М.: Химия, 1969. — 1204 с.
2. Брайнина Х. З., Розенблат Е. М. Концентрирование железа в полярографическом анализе // Журн. аналит. химии. — 1963. — Т. 18, № 4. — С. 1392–1396.
3. Грилихес М. С., Филановский Б. К. Контактная кондуктометрия. — Л.: Химия, 1969.