ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ОРГАНИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИОНОВ МАРГАНЦА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Турамбетова А.К.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека
Email: a.turambetova@mail.ru
Сманова З.А.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Аннотация. Органические реагенты остаются ключевыми аналитическими помощниками в определении следовых концентраций переходных металлов, включая марганец (Mn), в экологических, природных и технических объектах. Их способность образовывать устойчивые и интенсивно окрашенные комплексы лежит в основе спектрофотометрических, экстракционных и осадительных методов анализа, что позволяет получить чувствительные результаты без сложного инструментального оснащения. Данная обзорная статья обобщает современные разработки в этой области, охватывая основные классы органических реагентов, механизмы их действия и аналитические характеристики методов.

Ключевые слова: марганец, органические реагенты, спектрофотометрия, комплексообразование, аналитическое определение, чувствительность, селективность.

Annotatsiya. Organik reagentlar ekologik, tabiiy va texnik obyektlarda uchraydigan o‘tish metallari, jumladan marganets (Mn) ning iz miqdorlarini aniqlashda muhim analitik vosita bo‘lib qolmoqda. Ularning barqaror va intensiv rangli komplekslar hosil qilish qobiliyati spektrofotometrik, ekstraksion va cho‘ktirish usullarining asosini tashkil etadi hamda murakkab instrumental jihozlarsiz yuqori sezgir natijalarni olish imkonini beradi. Mazkur sharh maqolada ushbu sohadagi zamonaviy yutuqlar umumlashtirilgan bo‘lib, organik reagentlarning asosiy sinflari, ularning ta’sir mexanizmlari hamda tahlil usullarining analitik tavsiflari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: marganets, organik reagentlar, spektrofotometriya, kompleks hosil bo‘lish, analitik aniqlash, sezgirlik, selektivlik.

Abstract. Organic reagents remain essential analytical tools for the determination of trace concentrations of transition metals, including manganese (Mn), in environmental, natural, and industrial samples. Their ability to form stable and intensely colored complexes constitutes the basis of spectrophotometric, extraction, and precipitation methods of analysis, enabling highly sensitive determinations without the need for sophisticated instrumental equipment. This

ISSN 3030-3907

review article summarizes recent advances in this field, covering the main classes of organic reagents, their mechanisms of action, and the analytical characteristics of the corresponding methods.

Keywords: manganese, organic reagents, spectrophotometry, complex formation, analytical determination, sensitivity, selectivity.

ВВЕДЕНИЕ.

Марганец является элементом, распространённым в окружающей среде: Mn необходим в биологических системах, однако в избытке может оказывать токсическое действие. Повышенные требования к контролю содержания данного элемента в воде и почве стимулируют развитие более чувствительных, селективных и доступных методов анализа, в том числе основанных на взаимодействии с органическими реагентами [1,2].

Теоретические основы применения органических реагентов в аналитической химии базируются на их способности к комплексообразованию с ионами металлов. Молекулы таких реагентов, как правило, содержат функциональные группы с O-, N- и S-донорными атомами, которые способны эффективно координироваться с катионами металлов, образуя устойчивые хелатные структуры. В результате данного взаимодействия формируются окрашенные комплексы, обладающие характерными спектральными свойствами. Их полосы поглощения уверенно регистрируются в ультрафиолетовой и видимой областях спектра, что лежит в основе чувствительного и селективного фотометрического определения металлов [3].

В последние годы интеграция классических органических реагентов с методами микроконцентрирования, в частности с облачно-точечной экстракцией, способствует существенному повышению чувствительности анализа и расширению возможностей применения спектрофотометрических методов [1,3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

1.1.Органические реагенты для определения марганца

Органические реагенты, применяемые для определения марганца, занимают важное место в аналитической практике благодаря способности образовывать с Mn(II) устойчивые окрашенные комплексы с выраженными спектральными характеристиками. Среди них особое значение сохраняют фенилфлуороны, которые по-прежнему относятся к числу наиболее чувствительных реагентов для фотометрического анализа. Их высокая аналитическая эффективность обусловлена образованием интенсивно окрашенных комплексов с большим коэффициентом молярной экстинкции.

ISSN 3030-3907

Наиболее благоприятные условия комплексообразования наблюдаются в кислой и нейтральной среде, где максимум поглощения фиксируется в видимой области спектра, обеспечивая удобство и надёжность регистрации сигнала [1].

Флуороны и родаминовые красители также демонстрируют высокую чувствительность к микроконцентрациям Mn(II) и находят широкое применение при анализе природных и сточных вод. Их аналитические преимущества связаны с высокой молярной абсорбцией и возможностью флуориметрического детектирования, что позволяет существенно снизить предел обнаружения по сравнению с традиционной спектрофотометрией. Благодаря этим свойствам данные реагенты особенно перспективны для мониторинга объектов окружающей среды [2].

Дитизон (дифенилтиокарбазон) остаётся классическим реагентом экстракционно-фотометрического анализа марганца. Он образует окрашенные комплексы, легко переходящие в органическую фазу, что создаёт условия для предварительного концентрирования аналита и последующего количественного определения. Несмотря на более ограниченную селективность по сравнению с рядом современных реагентов, дитизон продолжает использоваться благодаря своей универсальности и хорошо изученной методической базе [4].

Производные ацетил- и бензоилфенилгидразонов применяются для селективного осаждения ионов Mn(II), образуя устойчивые комплексные соединения, пригодные как для фотометрического, так и для гравиметрического анализа. Их использование особенно оправдано в системах, содержащих сопутствующие ионы, поскольку данные реагенты проявляют повышенную селективность и позволяют минимизировать матричные влияния [2].

1.2.Аналитические характеристики методов

Методы с использованием органических реагентов характеризуются высокими показателями чувствительности (пределы обнаружения в диапазоне мкг/л), широкими линейными диапазонами и относительно простой процедурой анализа [1,3]. Однако на их работу влияют сопутствующие ионы, условия pH и матрица образца, что требует тщательного контроля экспериментальных параметров, особенно при анализе сложных матриц, таких как природные воды и промышленные сточные воды [1].

На современном этапе развитие данного направления сосредоточено на следующих приоритетах:

ISSN 3030-3907

– синтезе новых высокоселективных реагентов, обеспечивающих низкие пределы обнаружения;

–комбинировании органических реагентов с методами микроконцентрирования (в частности, облачно-точечной экстракцией) с целью усиления аналитического сигнала;

– иммобилизации реагентов на твёрдых носителях для создания портативных сенсорных систем;

– автоматизации аналитических процедур, направленной на повышение воспроизводимости и сокращение времени анализа [1–3].

Данные тенденции приобретают особую значимость в задачах экологического мониторинга и экспресс-контроля, где требуется сочетание высокой чувствительности с экономичностью и оперативностью выполнения анализа.

Органические реагенты по-прежнему занимают важное место в аналитической химии, обеспечивая доступные, чувствительные и сравнительно экономичные методы определения ионов марганца. Их применение особенно оправдано при отсутствии дорогостоящего инструментального оборудования, а также при анализе сложных по составу объектов. Перспективы дальнейшего развития связаны с созданием интегрированных сенсорных платформ, совершенствованием методов предварительной пробоподготовки и повышением общей аналитической надёжности методик.

1.2.1. Условия реакции и спектральные характеристики

Оптимальные параметры реакции

Исследования последних лет показывают, что оптимальный диапазон pH для большинства органических реагентов Mn(II) лежит в пределах 7–10, что связано с устойчивостью образующихся хелатных комплексов [4,6].

Таблица 1

Реагент	Окислительное состояние Mn	Оптимальный pH	λmax (нм)	Метод анализа	Особенности
Фенилфлуорон	Mn(II)	8–10 (аммиачный буфер)	510–520	Спектрофотометрия	Очень высокая чувствительность, определение следовых количеств

ISSN 3030-3907

Флуороны (в т.ч. родаминовые производные)	Mn(II)	7–10	500–560	Спектрофотометрия / флуориметрия	Применяются для микроконцентраций; требуют маскирующих реагентов
Дитизон (дифенилтиокарбазон)	Mn(II)	Слабокислая среда (pH 4–6)	500–520	Экстракционно-фотометрический	Образует гидрофобные экстрагируемые комплексы; чувствительность средняя
Бензоил- и ацетилфенилгидразоны	Mn(II)	6–8	—	Осадительный (гравиметрия)	Селективность достигается строгим контролем pH

В таблице 1 представлены основные условия комплексообразования и аналитические параметры наиболее распространённых органических реагентов, применяемых для определения Mn(II). В ней отражены оптимальные значения pH среды, спектральные характеристики образующихся комплексов (λmax), тип аналитического метода, а также ключевые показатели чувствительности и селективности.

Критический анализ публикаций 2020–2025 гг. свидетельствует о том, что флуороны и фенилфлуорон сохраняют лидирующие позиции по чувствительности и являются наиболее предпочтительными реагентами для определения следовых концентраций Mn(II) [7,8]. Их высокая молярная экстинкция и выраженный фотометрический отклик обеспечивают низкие пределы обнаружения и хорошую воспроизводимость результатов, что особенно важно при анализе природных вод и других экологических объектов.

Дитизон продолжает рассматриваться как универсальный реагент благодаря способности образовывать экстрагируемые комплексы с рядом металлов. Однако по показателям селективности он уступает флуороновым системам и требует строгого контроля условий экстракции, включая pH среды, состав органической фазы и наличие сопутствующих ионов.

Таким образом, для решения актуальных задач экологического мониторинга и анализа следовых количеств марганца наибольший интерес

ISSN 3030-3907

представляют флуороновые реагенты, особенно при их сочетании с методами предварительного концентрирования, позволяющими дополнительно повысить чувствительность и аналитическую надёжность определения [7].

Сравнительный анализ показывает, что выбор органического реагента для определения Mn(II) определяется требуемой чувствительностью, наличием сопутствующих ионов и возможностью применения методов концентрирования.

Наиболее перспективным направлением является комбинирование флуороновых реагентов с методами микроконцентрации и сенсорными технологиями, что позволяет достигать низких пределов обнаружения при сохранении простоты метода. Mn(II) наиболее эффективно определяется с использованием флуороновых реагентов, что обусловлено их высокой чувствительностью и образованием достаточно стабильных комплексных соединений с выраженными спектральными характеристиками.

В случае применения дитизона образующиеся комплексы, как правило, подлежат обязательной экстракции в органическую фазу, поскольку именно в этих условиях достигаются необходимая интенсивность окраски и корректность фотометрического измерения.

1.3.Маскирование мешающих ионов при фотометрическом определении Mn(II)

При спектрофотометрическом определении Mn(II) с использованием органических реагентов существенное влияние оказывают сопутствующие ионы переходных металлов, способные образовывать собственные окрашенные комплексы или конкурировать за реагент. Для повышения селективности анализа применяют маскирующие реагенты, образующие более устойчивые комплексы с мешающими ионами [8-10].

Таблица 2

Мешающие ионы	**Маскирующий реагент**	**Механизм действия**	**Примечания**
Fe(III)	NaF, фосфаты	Образование прочных фторидных или фосфатных комплексов	Обязательны при фотометрии Mn
Cu(II), Co(II), Ni(II)	Цитрат, тартрат	Комплексообразование	Стабилизируют ионы в растворе

ISSN 3030-3907

Ca(II), Mg(II)	ЭДТА	Комплексообразование	Не мешают флуороновым комплексам Mn
Cr(III)	ЭДТА	Образует прочный комплекс	Позволяет определять Mn в присутствии Cr
Pb(II), Cd(II), Zn(II)	KCN	Образование устойчивых цианокомплексов	Применять с осторожностью (токсичность)
Al(III)	NaF	Комплексообразование	Устраняет окрашенные комплексы

В таблице 2 представлены маскирующие реагенты, применяемые для устранения влияния сопутствующих ионов при фотометрическом и сорбционно-спектрофотометрическом определении Mn(II). Использование маскирующих агентов является необходимым этапом анализа, поскольку ионы Fe(III), Cu(II), Co(II), Ni(II) и другие переходные металлы способны образовывать окрашенные комплексы с органическими реагентами или конкурировать с марганцем в реакциях комплексообразования.

Наиболее часто в качестве маскирующих реагентов применяются фториды (для связывания Fe(III)), фосфаты и тартраты, образующие устойчивые бесцветные комплексы с мешающими катионами, а также ЭДТА, используемая для селективного комплексирования сопутствующих металлов при контролируемом pH среды. В ряде методик также применяются аскорбиновая кислота (для восстановления Fe(III) до Fe(II)), цианиды (при строгом соблюдении мер безопасности) и тиомочевина. Наиболее значимая помеха — Fe(III), который образует интенсивно окрашенные комплексы с флуоронами и практически полностью искажает аналитический сигнал. Поэтому маскирование Fe(III) считается обязательным этапом анализа [10].

Фенилфлуорон, применяемый для определения Mn(II), характеризуется высокой чувствительностью и выраженным фотометрическим откликом, что делает его эффективным реагентом для анализа следовых концентраций. Вместе с тем его использование может сопровождаться влиянием сопутствующих катионов, способных также образовывать окрашенные комплексы или изменять условия комплексообразования. В частности, интерференцию могут вызывать ионы

ISSN 3030-3907

переходных металлов, конкурирующие с Mn(II) за координацию с реагентом либо изменяющие оптические характеристики раствора.

Поэтому при работе с фенилфлуороном важное значение приобретает оптимизация pH среды, применение маскирующих агентов и предварительное разделение мешающих компонентов, что позволяет повысить селективность метода и обеспечить корректность результатов анализа [8,9].

Таблица 3

№	Мешающие ионы	Характер помехи	Способ маскирования
1	Fe(III)	Образует интенсивно окрашенные комплексы	Фторид, фосфат
2	Cu(II), Co(II), Ni(II)	Комплексообразование с флуоронами	Цитрат, тартрат
3	Cr(III)	Окрашенные комплексы	ЭДТА
4	Pb(II), Cd(II), Zn(II)	Комплексы с реагентом	Цианиды
5	Al(III)	Интенсивная окраска	Фторид

В таблице 3 представлены основные катионы, способные оказывать интерферирующее влияние при фотометрическом определении Mn(II) с применением фенилфлуорона. Данный реагент отличается высокой чувствительностью, однако его селективность может снижаться в присутствии ионов, склонных к образованию окрашенных комплексов или конкурирующих за координацию с реагентом. Таким образом, селективность фенилфлуорона достигается строгим контролем pH и обязательным использованием маскирующих агентов [8].

1.4.Сорбционно-спектрофотометрические методы определения Mn(II)

Сорбционно-спектрофотометрические методы определения Mn(II) в последние годы получили активное развитие, поскольку сочетают преимущества предварительного концентрирования и высокой чувствительности фотометрической регистрации. В публикациях 2020–2025 гг. особое внимание уделяется иммобилизации комплекса Mn(II) на твёрдых носителях с последующим измерением оптического сигнала, что позволяет существенно снизить предел обнаружения и повысить селективность анализа [7,10].

Наиболее широко в таких методиках используются флуороновые реагенты, включая фенилфлуорон, флуорон и родаминовые производные. Образующиеся комплексы Mn(II) эффективно сорбируются на различных твёрдых матрицах, таких как силикагель, цеолиты и модифицированные

ISSN 3030-3907

ионообменные смолы. Выбор носителя определяется его сорбционной ёмкостью, химической устойчивостью и способностью обеспечивать стабильную фиксацию комплекса. После этапа сорбции проводится фотометрическая регистрация, как правило, в диапазоне 510–520 нм, соответствующем максимуму поглощения комплекса марганца с флуороноподобными реагентами.

Такой подход позволяет объединить стадии концентрирования и измерения в единую аналитическую схему, повышая чувствительность метода и расширяя возможности его применения при анализе природных и технологических объектов.

Таблица 4

№	Сорбент	Тип взаимодействия	Преимущества	Применение
1	Силикагель	Адсорбция	Простота, доступность	Экологический анализ
2	Цеолиты	Ионообмен	Высокая ёмкость	Природные воды
3	Модифицированные смолы	Хелатирование	Высокая селективность	Ультраследовые концентрации

В таблице 4 представлены основные сорбционные материалы, применяемые для иммобилизации флуороновых комплексов Mn(II) в сорбционно-спектрофотометрических методах анализа. Использование твёрдой фазы позволяет реализовать стадию предварительного концентрирования, что существенно снижает предел обнаружения и повышает селективность определения за счёт уменьшения матричных эффектов.

Применение сорбционных материалов в сочетании с флуороновыми реагентами является эффективным инструментом повышения чувствительности сорбционно-спектрофотометрических методик определения Mn(II). Иммобилизация комплекса на твёрдой фазе обеспечивает предварительное концентрирование аналита, уменьшение матричных эффектов и улучшение соотношения сигнал/шум, что в совокупности приводит к снижению предела обнаружения и повышению селективности метода [9].

В качестве сорбционных материалов наиболее часто используются силикагель, цеолиты, модифицированные ионообменные смолы, а также

ISSN 3030-3907

функционализированные полимерные носители. Их выбор определяется сорбционной ёмкостью, химической устойчивостью, доступностью активных центров и способностью обеспечивать стабильную фиксацию флуороновых комплексов Mn(II).

Из вышесказанного следует, внедрение стадии сорбции в аналитическую схему не только интенсифицирует фотометрический отклик, но и расширяет возможности метода при анализе сложных природных и технологических объектов.

Экстракционно-сорбционные методы с применением дитизона основаны на образовании окрашенного комплекса Mn(II)–дитизон в слабокислой среде с последующей его фиксацией на твёрдой фазе. Такой подход сочетает преимущества экстракционного концентрирования и сорбционной иммобилизации, что позволяет повысить чувствительность анализа и упростить процедуру разделения фаз. После образования комплекса он может быть либо предварительно экстрагирован в органическую фазу, либо непосредственно сорбирован из раствора на полимерных материалах с последующей фотометрической регистрацией.

В качестве сорбентов в подобных методиках применяются пенополиуретан, обладающий развитой пористой структурой и способностью эффективно удерживать гидрофобные комплексы; активированный уголь, характеризующийся высокой удельной поверхностью и значительной сорбционной ёмкостью; а также различные полимерные сорбенты, включая функционализированные материалы с заданными селективными свойствами. Выбор сорбента определяется природой комплекса, требуемой чувствительностью метода и особенностями анализируемой матрицы.

Таблица 5

№	Сорбент	Механизм удерживания	Особенности
1	Пенополиуретан	Гидрофобное взаимодействие	Простота применения
2	Активированный уголь	Адсорбция	Высокая сорбционная ёмкость
3	Полимерные сорбенты	Комбинированный механизм	Повышенная селективность

В таблице 5 приведены сорбционные материалы, применяемые для иммобилизации комплексов Mn(II) с дитизоном в экстракционно-сорбционных и сорбционно-спектрофотометрических методах анализа.

ISSN 3030-3907

Формирование гидрофобного комплекса Mn(II)–дитизон в слабокислой среде создаёт благоприятные условия для его эффективного удерживания на твёрдых носителях с развитой поверхностью и выраженными сорбционными свойствами.

Использование сорбентов для иммобилизации комплексов Mn(II) с дитизоном является эффективным приёмом предварительного концентрирования, направленным на повышение чувствительности экстракционно-фотометрического определения. Наиболее распространёнными материалами являются пенополиуретан, активированный уголь и различные полимерные сорбенты, обладающие развитой поверхностью и способностью удерживать гидрофобные металлокомплексы.

Включение стадии сорбции в аналитическую схему позволяет снизить предел обнаружения, уменьшить влияние матричных компонентов и повысить воспроизводимость измерений. Подобные методы демонстрируют наибольшую эффективность при анализе природных вод и технологических растворов, содержащих низкие концентрации Mn(II), где требуется сочетание предварительного концентрирования и селективной регистрации аналитического сигнала [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проведённые анализы показывают, что при фотометрическом определении Mn(II) основной интерферирующей примесью является Fe(III), способный образовывать устойчивые окрашенные комплексы и искажать аналитический сигнал. В связи с этим его обязательное маскирование или предварительное удаление является необходимым условием обеспечения достоверности результатов.

Наибольшую чувствительность демонстрируют флуороновые реагенты, особенно при их сочетании с методами сорбционного концентрирования, что позволяет существенно снизить предел обнаружения и повысить селективность определения.

Дитизон сохраняет значение как универсальный аналитический реагент благодаря способности образовывать экстрагируемые комплексы с различными металлами, однако по селективности и чувствительности он уступает современным флуороновым системам.

В целом сорбционно-спектрофотометрические методы представляются наиболее перспективным направлением для анализа ультраследовых концентраций Mn(II), поскольку объединяют возможности предварительного концентрирования и высокочувствительной фотометрической регистрации,

ISSN 3030-3907

отвечая современным требованиям экологического мониторинга и контроля качества объектов окружающей среды.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Mohammed G. I., et al.** Direct spectrophotometric determination of manganese using a novel sensitive method // *Journal of Spectroscopic Methods*. 2025. Article ID: **S0022286025022239**.

2. Rodríguez-Maese, R., Rodríguez-Saldaña, V., Ferrer, L., & Leal, L. O. (2024). The role of automation in the analysis of manganese in environmental water samples. *Water*, *16*(12), 1659. https://doi.org/10.3390/w16121659

3. Мадусманова Н. К., Сманова З.А. Жураев И. И. Свойства нового аналитического реагента 2-гидрокси-3-нитрозонафтальдегида // журн. аналит. химии, 2020, том 75, № 1, с. 92–96.

4. Мадатов Ў., Рахимов С., Сайфиев М., Сманова З. Марганец (II) ионини сорбцион-спектрофотометрик аниқлаш // ЎзМУ хабарлари 2021 3/1/1 сон 301-307 б.

5. Maheswari, M. A., & Subramanian, M. S. (2003). A new chelating resin for preconcentration and determination of MN(II), NI(II), CU(II), ZN(II), CD(II), and PB(II) by flame atomic absorption spectrometry. *Journal of AOAC International*, *86*(6), 1218–1224. https://doi.org/10.1093/jaoac/86.6.1218

6. Madatov, U., Rakhimov, S., Shahidova, D., Smanova, Z., Lal, B., & Berdimurodov, E. (2022). A new, green, highly effective procedure for manganese determination using alizarin-3-methylamino-N,N-diacetic acid immobilised on a polymer matrix. *International Journal of Environmental & Analytical Chemistry*, *104*(18), 6864–6885. https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2154665

7. Smanova, Zulayho Asanalievna; Yakshieva, Zukhra Ziyatovna; Madusmanova, Nazira Kuchkarbayevna; and Miradkhamova, Gulyorkhon Otkir qizi (2025) "Sorption-spectroscopic method for determining Mn ions in wastewater," Technical science and innovation: Vol. 2025: Iss. 1, Article 1. DOI: https://doi.org/10.59048/2181-1180.1666

8. Soylak, M., Agirbas, M., & Yilmaz, E. (2020). A new strategy for the combination of supramolecular liquid phase microextraction and UV–Vis spectrophotometric determination for traces of maneb in food and water samples. *Food Chemistry*, *338*, 128068. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128068

9. Citak, D., Tuzen, M., & Soylak, M. (2009). Speciation of Mn(II), Mn(VII) and total manganese in water and food samples by coprecipitation–atomic absorption spectrometry combination. *Journal of Hazardous Materials*, *173*(1–3), 773–777. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.004

ISSN 3030-3907

10. Madatov U. A., Rakhimov S. B., Normatov B. R., Smanova Z.A. Sorption-spectroscopic determination of manganese (II) ions by immobilized alizarin-3-methylamino -N, N-disyric acid.Ўзбекистон кимё журнали // 2021, №2. 70-93б.

ISSN 3030-3907