

УДК 543.42

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННОГО ЭРИОХРОМ КРАСНОГО В ДЛЯ СОРБЦИОННО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДАХ****Жумаева Элеонора Шухратовна**

докторант Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Узбекистан, г.Ташкент, e-mail: jumayeva.ezoza@mail.ru;

**Сманова Зулайхо Асаналиевна**

доктор хим. наук, проф., профессор Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Узбекистан, г. Ташкент  
e-mail: smanova.chem@mail.ru;

**Усманова Хилола Уматалиевна**

доктор хим. наук, профессор Университета Общественной безопасности Республики Узбекистана, Республика Узбекистан, Ташкентская область  
e-mail: ximik\_usmanova@mail.ru;

**Бобожонов Хикмат Шавкатович**

канд.хим.наук, командир группы РХБЗ УКСО МВД Республики Узбекистан, Узбекистан, г. Ташкент, e-mail: world.0707@mail.ru.

**Аннотация**

Изучены возможность и найдены оптимальные условия иммобилизации эриохром красного В на полимерные носители. Показан положительный эффект иммобилизации на химико-аналитические свойства. Установлены оптимальные условия комплексообразования эриохром красного В со свинцом, цинком, бериллием. Предложены новые системы органический реагент-носитель для твердофазного люминесцентного определения свинца, цинка и бериллия в природных и сточных водах.

**Ключевые слова:** эриохром красный В, иммобилизация, сорбционно-люминесцентное определение, свинец, цинк, бериллий.

**USE OF IMMOBILIZED ERIOCHROME RED B FOR SORPTION SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF TOXIC METALS IN WATERS****Eleonora S. Jumaeva**

doctoral student of the National University of Uzbekistan,  
e-mail: jumayeva.ezoza@mail.ru;

**Zulaykho A. Smanova**

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the National University of Uzbekistan; Uzbekistan, Tashkent, e-mail: smanova.chem@mail.ru;

**Hilola U. Usmanova**

Doctor of Chemical Sciences, Professor at the University of Public Security of the Republic of Uzbekistan, e-mail: ximik\_usmanova@mail.ru;

**Hikmat S. Bobojonov**

Candidate of Chemical Sciences, commander of the RCBZ UKSO group of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan, e-mail: world.0707@mail.ru.

---

**ABSTRACT**

---

The possibility of and optimal conditions for the immobilization of eriochrome B on polymer carriers have been studied. The positive effect of immobilization on chemical and analytical properties is shown. Optimal conditions for the complexation of red B eriochrome with lead, zinc, and beryllium have been established. New organic reagent-carrier systems for solid-phase luminescent determination of lead, zinc and beryllium in natural and wastewater are proposed.

---

**Keywords:** eriochrome red B, immobilization, sorption-luminescent determination, lead, zinc, beryllium.

---

Глобальной экологической проблемой XXI века является загрязнение объектов окружающей среды, поэтому всё большую актуальность приобретает постоянный контроль за состоянием природных объектов, включающих различные типы вод, воздушный бассейн, почву, растения, биологические объекты [1-4]. Приоритетным является контроль за содержанием токсичных металлов. В связи с этим важной задачей является разработка методик, позволяющих экспрессно, надёжно и селективно определять токсиканты в водах.

Одним из перспективных с точки зрения общего направления развития современной аналитической химии интенсивно развивающихся методов определения металлов является сорбционно-люминесцентный метод, позволяющий совмещать концентрирование с последующим определением металлов на твердой матрице [5-10]. В работах последних лет показана перспективность применения приема иммобилизации органических реагентов для улучшения их химико-аналитических параметров и создания на их основе сенсоров [11-14].

Настоящая работа посвящена разработке новых экспрессных, высокочувствительных сорбционно-люминесцентных методик определения бериллия, свинца и цинка в природных и сточных водах с использованием иммобилизованного эриохром красного В.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

*Растворы, реагенты, сорбенты.* Стандартные растворы бериллия и цинка с концентрацией 1 мг/мл готовили растворением соответствующей навески металлов (квалификации «х.ч.» в разбавленной (1:1) хлористоводородной кислоте «ос.ч.» по [15]. Стандартный раствор свинца с концентрацией 1 мг/мл готовили растворением металла высокой чистоты в HCl и HNO<sub>3</sub> «осч» [15]. Серию буферных растворов готовили из 1 М

растворов  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Рабочие растворы готовили соответствующим разбавлением бидистиллятом исходного стандартного раствора. Рабочие растворы готовили соответствующим разбавлением бидистиллятом исходных стандартных растворов металлов.  $1 \times 10^{-3}$  молярные растворы эриохром красного В готовили растворением точных навесок препаратов в воде. Использовали свежеперегнанные и очищенные по [16] растворители и бидистиллят, деионизированную воду, предварительно проверенные на отсутствие свечения.

**Аппаратура.** Электронные спектры поглощения исследуемых растворов реагентов и их комплексных соединений с ионами исследуемых металлов снимали на двухлучевом регистрирующем спектрофотометре UV-Vis SPECORD M-40, оснащённом приставкой диффузного отражения. Спектры возбуждения и люминесценции регистрировали на спектрографе ИСП-51 со стеклянной оптикой и УФ спектрофлуориметре Agilent Cary Eclipse. pH-растворов контролировали на потенциометре И-130. ИК спектры реагента, носителя и иммобилизованного органического реагента регистрировали на спектрометре «Avatarsystem 360 FT-IR» фирмы «Nikolet Justrument Corporation» (США), а также на приборе «SPECORDUR-10».

**Методика иммобилизации.** Иммобилизацию проводили перемешиванием 0,4 г носителя с 0,2 мл раствора реагента, 3,0 мл буферной смеси с оптимальным значением pH в течение 5 минут. Иммобилизованный носитель хранили в чашках Петри. Влияние pH, концентрации металла, состава буферной смеси, содержания реагента в твердой фазе изучали при скорости потока 2 мл/мин. Содержание реагента на носителе определяли спектрофотометрически по изменению светопоглощения растворов до и после иммобилизации.

**Методика получения комплексных соединений ионов алюминия с иммобилизованными органическими реагентами:** в пробирки с иммобилизованным органическим реагентом приливают буферную смесь с pH близким к pH комплексообразования в растворе, 100 мкг металла, 2,0 мл органического растворителя, затем перемешивают в течение 5-15 минут, центрифугируют и наблюдают люминесценцию.

**Методика определения оптимальной «нагрузки» носителей:** к 0,4 г носителя добавляли выбранное количество буфера с соответствующим pH и 636 мкг эриохром красного В, доводили общий объем водой до 5 мл, перемешивали в течение 5-15 минут и центрифугировали со скоростью 3000 об/мин. После чего отбирали аликвотную часть раствора «над осадком» (1,0-2,0 мл), добавляли 4,0 мл буферной смеси с соответствующим pH. Оптическую плотность измеряли при максимуме поглощения растворов, в кювете с  $L=1\text{ см}$ . Концентрацию определяли по градуировочному графику и пересчитывали на один грамм носителя.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучено комплексообразование эриохром красного В с ионами бериллия, свинца и цинка. Комплексообразование изучалось методом ИК- и люминесцентной спектроскопии, спектрофотометрическим и другими методами, а также кванто-химическими расчётами.

В результате проведенных исследований были установлены спектрально-люминесцентные, химико-аналитические характеристики и кислотно-основные свойства реагентов, оптимальные условия комплексообразования флуоресцирующих комплексов (рис. 1) [17].

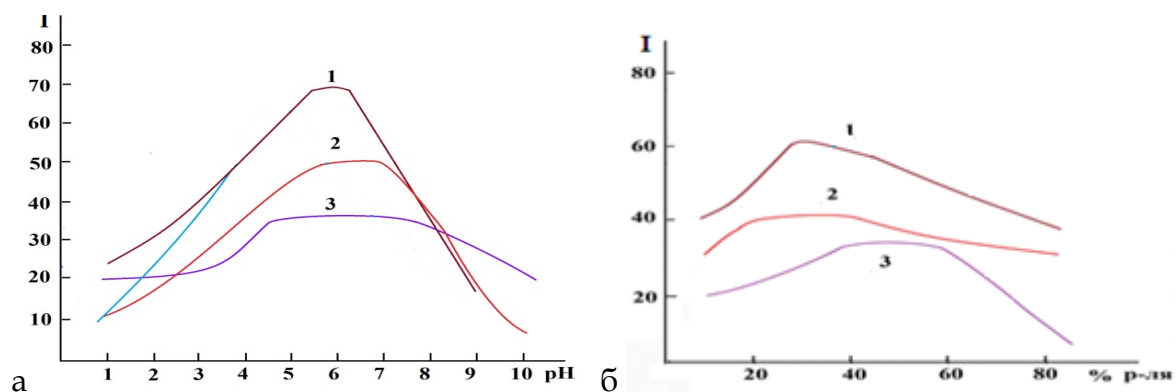


Рисунок 1. Зависимость интенсивности флуоресценции комплексов от различных факторов: а) от pH среды; б) от присутствия растворителя;

1 – Pb-R; 2 – Zn-R; 3 – Be-R

Исследование спектрально-люминесцентных характеристик комплексных соединений исследуемых органических реагентов с ионами металлов показало, что наблюдается изменение спектральных характеристик поглощения и люминесценции комплексных соединений относительно реагента, а также возрастание интенсивности свечения, что свидетельствует о том, что образование комплексных соединений сопровождается существенной перестройкой основного флуорогена.

Изучение излучательной способности исследуемых реагентов в растворе показало, что все комплексы интенсивно флуоресцируют и могут быть применены в качестве аналитических форм для люминесцентного определения соответствующих элементов.

В свете развития твердофазно-люминесцентной спектроскопии методами люминесцентной, ИК-спектроскопии, а также спектрофото-метрическим способом была изучена иммобилизация эриохром красного В на сорбентах различного типа. Результаты изучения условий иммобилизации и «нагрузки» носителя реагентом сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Оптимальные условия иммобилизации исследуемых реагентов

Реагент	Носитель	pH среды	Объем буферной смеси, мл	«Нагрузка» носителя мкг/гр	Время контакта, мин
Эриохром красный В	Molselect 72 G-15	3,5-5,0	4,00	636,00	5

Для суждения о механизме иммобилизации органического реагента на носителе были использованы данные кванто-химических расчетов, ИК-спектроскопического и спектрально-люминесцентного исследований. Полученные данные ИК-спектроскопического исследования указывают на образование многочисленных межмолекулярных водородных связей гидроксильных групп носителя с сульфогруппами оксиазосоединения.

Неизменность спектрально-люминесцентных характеристик иммобилизованного эриохром красного В по сравнению с реагентом в растворе подтверждает предположение об образовании водородных связей, особенно принимая во внимание установленные изменения протолитических свойств реагентов при иммобилизации.

Результаты ИК-, люминесцентной спектроскопии, а также кванто-химических расчетов позволили предложить возможный механизм иммобилизации оксиазореагента на полидекстрановые носители за счет водородных связей между гидроксильными группами носителя и сульфогруппами реагента.

Изменение кислотно-основных свойств иммобилизованного реагента в возбужденном состоянии, изменение жесткости молекул, пространственных факторов обуславливает особенность хелатообразования реагентов в возбужденном иммобилизованном состоянии.

Комплексообразование изучалось ИК-спектроскопическим, спектрально-люминесцентным и другими методами. В результате этих исследований были установлены основные спектрально-люминесцентные и химико-аналитические характеристики образования люминесцирующих комплексов в иммобилизованном состоянии.

В результате анализа спектрально-люминесцентных характеристик комплексных соединений иммобилизованного эриохром красного В с ионами бериллия, свинца, цинка отмечено возрастание интенсивности люминесценции комплексов, а также изменение спектральных характеристик поглощения и люминесценции комплексных соединений относительно иммобилизованного реагента, что дает основание заключить, что комплексообразование сопровождается значительной перестройкой функционально-аналитического ядра молекулы флуорофора за счет закрепления реагента на твердом носителе, что приводит к увеличению жесткости молекулы реагента и изменениям в электронной структуре молекулы реагента. Это подтверждается увеличением квантового выхода комплексных соединений с иммобилизованным реагентом по сравнению с комплексами в растворе. С этим связано снижение предела обнаружения исследуемых металлов с использованием предлагаемых новых аналитических систем.

Изучение спектрально-люминесцентных характеристик комплексных соединений, установление оптимальных условий реакций комплексообразования исследуемых металлов с реагентом в растворе и в иммобилизованном состоянии, позволяет провести сравнение основных аналитических параметров образования люминесцирующих комплексов в растворе и с применением иммобилизованного органического люминофора.

Сравнение оптимального значения кислотности исследуемых металлов с иммобилизованным реагентом относительно растворов показывает смещение оптимального рН в кислую область для комплексов иммобилизованных реагентов на 1-2 единицы рН. Это связано с усилением протонодонорных свойств комплексообразователей в условиях иммобилизации. Важно отметить, что доля органической фазы в результате иммобилизации реагентов уменьшилась в 60 раз для комплекса бериллия, в 1,5-2 раза для комплексов свинца и цинка. Время развития флуоресценции сократилось для всех комплексов, т.е. увеличилась экспрессность разработанных методик (см. таблицу 2).

Сравнение спектрально-люминесцентных характеристик комплексных соединений органических реагентов с ионами исследуемых металлов в растворе и в иммобилизованном состоянии показало, что квантовый выход увеличился для комплексов с иммобилизованными реагентами по сравнению с реагентами в растворе, что связано с увеличением жесткости структуры молекулы органических реагентов в иммобилизованном состоянии.

В результате проведенного корреляционного анализа получены корреляционные соотношения между акцепторными свойствами лигандного центра комплексов в возбужденном состоянии  $\Delta\rho_K$ ,  $I_{\beta}$  и спектрально-люминесцентными характеристиками ( $\varphi$ ).

Квантовый выход возрастает симбатно изменению акцепторных свойств в том ряду родственных соединений различных классов, что находится в соответствии с известным положением об уменьшении безизлучательных переходов с увеличением прочности химических связей. То есть, квантовый выход люминесценции комплексов возрастает с увеличением устойчивости и акцепторных свойств функционально-аналитических групп комплексов в возбужденном состоянии.

Приведен ряд возрастания значений квантового выхода люминесценции ( $\phi$ ) комплексов исследуемых ионов металлов с органическими реагентами в зависимости от увеличения  $\lg\beta$  комплексов:  $R-Pb < R-Zn < R-Be$ . Приведенные значения констант устойчивости комплексов находятся в удовлетворительной корреляции ( $R^2=0,97$ ) с ионным радиусом металлов, что подтверждает их правильность (рис. 2).

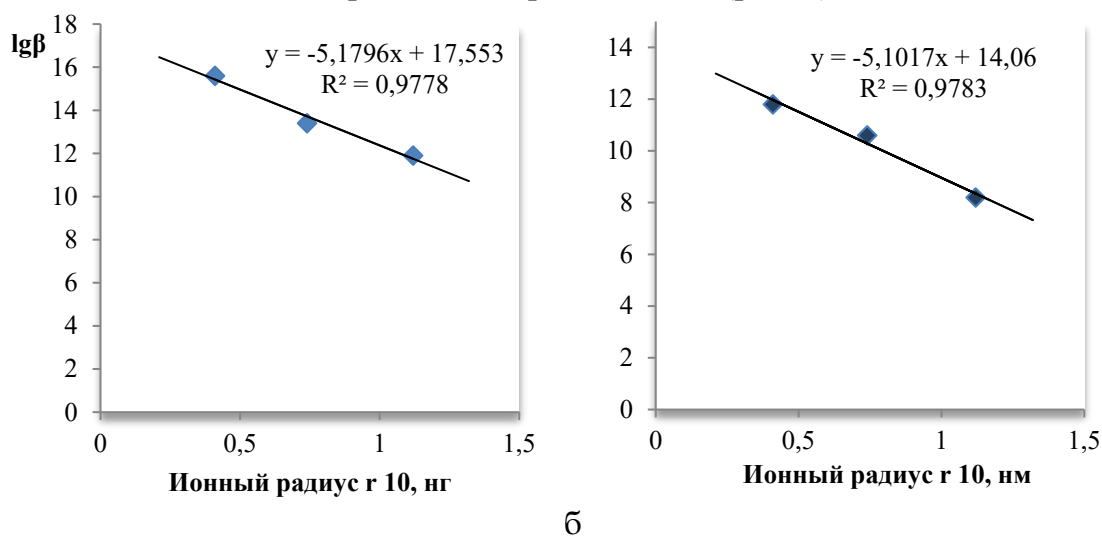


Рисунок 2. Корреляционная зависимость  $\lg\beta$  от ионного радиуса для ряда комплексов  $R-Pb < R-Zn < R-Be$  в растворе (а) и в иммобилизованном состоянии (б)

Ценность аналитических форм в люминесцентном анализе определяется фотоиндуцированным изменением донорно-акцепторных свойств комплексообразующих групп люминофоров, которое является отражением перераспределения электронной плотности в возбужденном состоянии, изменения зарядов на атомах, образующих химические связи с ионами металлов. Естественно, что чем больше величина фотоиндуцированных изменений, тем выше реакционная способность, значительнее различия в прочности образующихся металл-хелатных связей в возбужденных комплексных соединениях.

Учитывая вышеизложенные данные, можно заключить, что влияние возбуждения приводит к значительному улучшению химико-аналитических параметров оксиазосоединений в возбужденном состоянии на твердой матрице.

На основе изученных реакций комплексообразования разработаны методы количественного определения исследуемых металлов реагентом в растворе и в иммобилизованном состоянии. Определены метрологические параметры определения исследуемых металлов. Методом математической статистики оценена правильность проводимых определений.

Результаты проведенных исследований позволили провести сопоставление метрологических параметров определения исследуемых металлов. Показано, что чувствительность определения исследуемых металлов с применением иммобилизованного реагента снижена:

для бериллия в 5-13 раз; для свинца в 8-10 раз, для цинка в 16-41 раз по сравнению с определением бериллия, свинца, цинка предлагаемыми реагентами в растворе (табл.2).

Таблица 2.

Сопоставление параметров методик определения ионов бериллия, свинца, цинка с эриохром красным В в растворе и в иммобилизованном состоянии

Комп екс	рН		% об.органической фазы		ПРО, нг		Время развития флуор., мин.	
	R-Me	Римм- Me	R-Me	Римм- Me	R-Me	Римм- Me	R-Me	Рим- Me
R-Be	5,5-7,5	3,5-7,0	60	-	8,0	0,6	10	-
R-Pb	5,5-6,5	3,5-5,0	28,5	14,2	7	0,7	10	5
R-Zn	5,5-7,5	3,0-5,5	20	15	12,0	1,6	20	5

Показано положительное влияние иммобилизации на избирательность реакций оксиазосоединений. Особо следует подчеркнуть возможность определения исследуемых металлов в присутствии 500-1000 кратных количеств тушителей люминесценции, значительное улучшение селективности определения по отношению к сопутствующим элементам.

Результаты сравнения метрологических характеристик методик показали преимущества иммобилизации: повышение чувствительности и улучшение избирательности при иммобилизации органических реагентов.

Оценка конкурентоспособности разработанных сорбционно-люминесцентных методик показала, что разработанные методики по метрологическим характеристикам (правильность, воспроизводимость, избирательность, нижняя граница определяемых содержаний, предел обнаружения, экспрессность и др.) несколько не уступают давно известным и широко применяемым аналитическим методикам их определения, а полученные при этом результаты отличаются хорошей надежностью и достоверностью, что свидетельствует о высокой конкурентоспособности разработанных сорбционно-спектроскопических методик определения исследуемых металлов.

Разработанные методики количественного сорбционно-флуориметрического определения бериллия, свинца, цинка применены к анализу вод.

Результаты проведенных исследований приведены в таблице 3. Полученные результаты показали, что относительное стандартное отклонение при определении исследуемых металлов в объектах окружающей среды и пищевых продуктах не превышает 0,12, что свидетельствует о том, что разработанные сорбционно-люминесцентные методы отличаются высокой точностью и воспроизводимостью.

Предлагаемые сорбционно-люминесцентные методы с использованием иммобилизованных реагентов отличаются от аналогичных люминесцентных более низким пределом обнаружения, а также более высокой избирательностью по отношению к сопутствующим элементам в исследуемых образцах.

Таблица 3.

Результаты определения бериллия в образцах природных и сточных вод промышленных зон иммобилизованными реагентами

$$n = 5 \quad P = 0,95 \quad V_{\text{общ}} = 100 \text{ см}^3$$

Анализируемый образец	Реагент-металл	Найдено бериллия (x+Δx), г/л по градуировочному графику	Sr	Найдено металла контрольным методом ** x, г/л
Минеральная вода проба № 1 проба № 2	Be-R*1	(2,33+0,11) ×10 <sup>-7</sup>	0,04	2,15×10 <sup>-7</sup>
	Be-R*2	(2,36+0,16) ×10 <sup>-7</sup>	0,06	
	Be-R*1	(0,87+0,20) ×10 <sup>-7</sup>	0,12	0,79×10 <sup>-7</sup>
	Be-R*2	(0,84+0,08) ×10 <sup>-7</sup>	0,03	
Сточная вода Алмалыкский пром. р-н проба № 1 проба № 2 Зарафшанский пром. р-н проба № 1 проба № 2	Be-R*1	(1,98+0,05) ×10 <sup>-6</sup>	0,02	2,07×10 <sup>-6</sup>
	Be-R*2	(0,45+0,14) ×10 <sup>-6</sup>	0,05	0,39×10 <sup>-6</sup>
	Be-R*1	(1,76+0,20) ×10 <sup>-6</sup>	0,07	1,68×10 <sup>-6</sup>
	Be-R*2	(0,38+0,11) ×10 <sup>-6</sup>	0,04	0,47×10 <sup>-6</sup>

R\* - иммобилизованный реагент

\*\* - люминесцентный метод с морином

Таким образом, проведенные исследования подтвердили значительное улучшение химико-аналитических параметров эриохром красного В и его реакций с ионами бериллия, свинца, цинка используя метод иммобилизации органического реагента на носителе, позволили установить закономерности улучшения и особенности кислотно-основных свойств реагентов и их комплексов, а также обосновать возможности их рационального и эффективного использования в неорганическом анализе для разработки сорбционно-люминесцентных методов определения бериллия, свинца и цинка.

#### Список литературы:

1. Филов В.А. Химические загрязнители окружающей среды, токсикология и вопросы информации // Рос. хим. журнал. -2004. -Т. 48. -№ 2. -С. 4-8.
2. Шачнева Е.Ю. Воздействие тяжелых токсичных металлов на окружающую среду // Научный потенциал регионов на службу модернизации. -2012. -№ 2 (3). -С. 127-134.
3. Онищенко Г.Г. О санитарно-эпидемиологическом состоянии окружающей среды // Гигиена и санитария. -2013. -№ 2. -С. 4-10.
4. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах // Саратов.: «Ракурс», -2017. -178 с.
5. Лосев В.Н., Елсуфьев Е.В., Метелица С.И., Трофимчук А.К., Бойченко И.Н. Сорбционно-люминесцентное определение меди с использованием силикагеля, химически модифицированного N-(1,3,4-тиадиазол-2-тиол)-N-пропилмочевинными группами // Журн. аналит. химии. -2009. -Т. 64. -№ 4. -С. 360-364.
6. Madusmanova N.K., Smanova Z.A. Sorbtion-Spectroscopic determination of Cadmium ions // International J of Advanced Res Eng and tech. -2020. -V. 7. -Iss. 1. -P. 12621-12625.

7. Omar M.A., Badrel-Din K.M., Salem H., Abdelmageed O.H. Spectrophotometric and spectrofluorimetric methods for determination of certain biologically active phenolic drugs in their bulk powders and different pharmaceutical formulations // *Spectrochimica Acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy*. -2018. - V. 192. -P. 108-116.
8. Иванова Е., Тозорова О. Имобилизованные органические реагенты и их применение в аналитической химии. // *Изв. хим. Вып. АН*. -1989. -№ 1. -С. 78-93.
9. Kocot K, Sitko R. Trace and ultratrace determination of heavy metal ions by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry using graphene as solid sorbent in dispersive micro solid-phase extraction. *Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy*. -2014. -№ 94-95. -P. 7-13.
10. Золотов Ю.А. Вклад ученых СССР в развитие люминесцентного анализа // *Журн. аналит. химии*. -2014. -Т. 69. -№ 8. -С. 887-894.
11. Дидух С.Л., Лосев В.Н., Мухина А.Н., Трофимчук А.К. Неорганические оксиды с иммобилизованными феррозином и ференом С для сорбционно-спектроскопического определения железа (II) // *Журн. аналит. химии*. -2018. -Т. 73. -№ 3. -С. 189-197.
12. Кулыгин Д.А. Особенности люминесценции // *Международный научный журнал "Символ науки"*. -2016. -№ 12 (1). -С. 10-11.
13. Запорожец О.А., Гавер О.М., Сухан В.В. Иммунизация аналитических реагентов на поверхности носителей. // *Усп. хим.* -1997. -Т. 66. -№ 7. -С. 702-712.
14. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. М.: Едиториал УРСС, -2002. -304 с.
15. Коростылев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. -М.: Наука. -1981. - 202 с.
16. Вайсберг М, Проскауэр Э, Ридберг Дж, Тупс З. Органические растворители. -М.: Иностран.литер. -1958. -С. 120-145.
17. Сманова З.А., Усманова Х. Определение бериллия методом твердофазной спектроскопии. // *Вестник НУУ № 3/2. Естественные науки*. -2017. -С.469-471.

#### References:

1. Filov V.A. Chemical pollutants of the environment, toxicology and questions of information // *Russian Chemical Journal*. -2004. -Vol. 48. -No. 2. -pp. 4-8.
2. Shachneva E.Yu. The impact of heavy toxic metals on the environment // *Scientific potential of the regions in the service of modernization*. -2012. -№ 2 (3). - Pp. 127-134.
3. Onishchenko G.G. On the sanitary and epidemiological state of the environment // *Hygiene and sanitation*. -2013. -No. 2. -pp. 4-10.
4. Medvedev I.F., Derevyagin S.S. Heavy metals in ecosystems // *Saratov.: "Rakurs"*, -2017. - 178 p.
5. Losev V.N., Yelsufyev E.V., Metelitsa S.I., Trofimchuk A.K., Boychenko I.N. Sorption-luminescent determination of copper using chemically modified silica gel N-(1,3,4-

- thiadiazole- 2-thiol)-N-propyl urea groups // Journal. analyte. chemistry. -2009. -Т. 64. - No. 4. -pp. 360-364.
6. Madusmanova N.K., Smanova Z.A. Sorption-Spectroscopic determination of Cadmium ions // International J of Advanced Res Eng and tech. -2020. -V. 7. -Iss. 1. -P. 12621-12625.
  7. Omar M.A., Badrel-Din K.M., Salem H., Abdelmageed O.H. Spectrophotometric and spectrofluorimetric methods for determination of certain biologically active phenolic drugs in their bulk powders and different pharmaceutical formulations // Spectrochimica Acta part A: Molecular and biomolecular spectroscopy. -2018. - V. 192. -P. 108-116.
  8. Ivanova E., Tozorova O. Immobilized organic reagents and their application in analytical chemistry. // Izv. chem. Issue AN.-1989. - No. 1. -pp. 78-93.
  9. Kocot K, Sitko R. Trace and ultratrace determination of heavy metal ions by energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry using graphene as solid sorbent in dispersive micro solid-phase extraction. Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy. -2014. -No. 94-95. -P. 7-13.
  10. Zolotov Yu.A. Contribution of scientists of the USSR to the development of luminescent analysis // Journal. analyte. chemistry. -2014. -Vol. 69. - No. 8. -pp. 887-894.
  11. Didukh S.L., Losev V.N., Mukhina A.N., Trofimchuk A.K. Inorganic oxides with immobilized ferrosine and ferene C for sorption spectroscopic determination of iron (II) // Journal. analyte. chemistry. -2018. -Vol. 73. - No. 3. -pp. 189-197.
  12. Kulygin D.A. Features of luminescence // International scientific journal "Symbol of Science". -2016. -№ 12 (1). - Pp. 10-11.
  13. Zaporozhets O.A., Haver O.M., Sukhan V.V. Immobilization of analytical reagents on the surface of carriers. // Usp. chem. -1997. -Vol. 66. -No. 7. -pp. 702-712.
  14. Zolotov Yu.A., Ivanov V.M., Amelin V.G. Chemical test methods of analysis. M.: Unified URSS, -2002. -304 p.
  15. Korostylev P.P. Preparation of solutions for chemical and analytical work. - M.: Nauka. - 1981. - 202 p.
  16. Weisberg M, Proskauer E, Rydberg J, Stibbons 3. Organic solvents. -M.: Inostr.letters. -1958. -pp. 120-145.
  17. Smanova Z.A., Usmanova H. Determination of beryllium by solid-phase spectroscopy. // Bulletin of NUU No. 3/2. Natural sciences. -2017. -pp.469-471.