

## Смагунова Антонина Никоновна – к 85-летию со дня рождения

<sup>1</sup>А.Г. Ревенко\*, <sup>2</sup>Ш.И. Дуймакаев

<sup>1</sup>Институт земной коры СО РАН, Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Российская Федерация, 344090, Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 5

\*Адрес для переписки: Ревенко Анатолий Григорьевич, E-mail: xray@crust.irk.ru

Поступила в редакцию 6 июня 2019 г., после исправления – 11 июня 2019 г.

Рассмотрен творческий путь заслуженного деятеля науки РФ, доктора технических наук, профессора А.Н. Смагуновой (13.08.1934 – 04.03.2018). Основные направления её исследований – разработка методик рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) разнообразных материалов, изучение влияния крупности частиц порошковых проб на интенсивность рентгеновской флуоресценции, изучение возможностей и выбор оптимальных условий применения отдельных способов РФА, планирование эксперимента при методических исследованиях аналитической химии, разработка и внедрение методик РФА для производственных лабораторий. Обсуждён её вклад в развитие рентгенофлуоресцентного метода анализа (дана наглядная физическая интерпретация эффекта крупности частиц на результаты РФА, изучены составляющие рентгеновского фона гомогенных и гетерогенных образцов в РФА, теоретически и экспериментально оценены возможности и границы применимости классических способов РФА, разработаны методики анализа биологических, медицинских и экологических материалов). Детальное изучение А.Н. Смагуновой процессов сухого и мокрого измельчения многокомпонентных материалов в различных механических устройствах привело её к практически важному выводу о том, что более перспективным является мокрое измельчение порошковых проб, исключаящее эффект обволакивания. Отмечен её существенный вклад в подготовку и публикацию обзоров как по общему состоянию РФА, так и по конкретным областям его применения. Рассмотрена роль А.Н. Смагуновой в подготовке научных кадров, работа преподавателем Иркутского университета, руководство дипломниками и аспирантами. Отмечен вклад в разработку алгоритмов определения метрологических характеристик методик количественного химического анализа.

**Ключевые слова:** рентгенофлуоресцентный анализ, влияние крупности частиц, разработка методик РФА, метрологические характеристики

For citation: *Analitika i kontrol'* [Analytics and Control], 2019, vol. 23, no. 2, pp. 274-290

## 85<sup>th</sup> birthday anniversary of Antonina Nikonovna Smagunova

<sup>1</sup>A.G. Revenko\*, <sup>2</sup>Sh.I. Duymakaev

<sup>1</sup>Institute of the Earth's Crust, SB RAS, 128 Lermontova Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation

<sup>2</sup>Southern Federal University, R. Sorge Str., 5, Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation

\*Corresponding author: Anatolii G. Revenko, E-mail: xray@crust.irk.ru

Submitted 06 June 2019, received in revised form 11 June 2019

The creative way of the honored science worker of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor A.N. Smagunova (13.08.1934 – 05.03.2018) is traced. The main directions of her research were the development of X-ray fluorescence techniques of various materials, the study of the influence of particle size of powder samples on the intensity of X-ray fluorescence, the study of possibilities and the selection of optimal conditions for using the separate X-ray fluorescence methods, the planning of experiments in the methodical studies of analytical chemistry, and the development and introduction of X-ray methods for industrial laboratories. Her contribution to the development of the X-ray fluorescent method of analysis was discussed (a vivid physical interpretation of the particle size effect on the XRF results was given, the X-ray background components of homogeneous and heterogeneous samples in XRF were studied, the possibilities and limits of using classical X-ray fluorescence methods were studied theoretically and experimentally, methods for

analyzing biological, medical and environmental materials have been developed). The detailed study of the process of dry and wet grinding of multicomponent materials in various mechanical devices has led her to the practically important conclusion that wet grinding of powder samples, which excludes the effect of enveloping, was more promising. Her significant contribution to the preparation and publication of the reviews both on the general state of the XRF and on the specific areas of its application is noted. The role of A.N. Smagunova in the training of scientific personnel and her work as a teacher at the Irkutsk State University, supervising graduate and postgraduate students were examined. Her contribution to the development of algorithms for determining the metrological characteristics of quantitative chemical analysis is distinguished.

**Keywords:** X-ray fluorescence analysis, influence of particle size, development of XRF procedures, metrological characteristics

*«Я не принадлежу к числу баловней судьбы, но она иногда всё-таки бывает ко мне благосклонна.»  
А.Н. Смагунова, 2002 г. [1].*

Заслуженный деятель науки РСФСР, доктор технических наук, профессор, отличник просвещения, эксперт-аудитор системы аккредитации аналитических лабораторий, член НСАХ АН СССР и РАН, лауреат премии НСАХ РАН Антонина Никоновна Смагунова родилась 13 августа 1934 года в с. Мугун, Тулунского района, Иркутской области.



Проф. А.Н. Смагунова.  
Prof. A.N. Smagunova.

### Учёба в Иркутском университете. Начальный период работы

В 1957 г. А.Н. Смагунова окончила физико-математический факультет Иркутского госуниверситета (ИГУ). Приведём отрывок из воспоминаний А.Н. Смагуновой о проф. Н.Ф. Лосеве [1].

“В пятидесятые годы физическое отделение физмата ИГУ готовило специалистов трёх направлений: рентгеновские методы исследования вещества, оптический спектральный анализ и радиофизика.

«Рентгенщикам» нашего курса Николай Фомич, по-моему, первым читал лекции по рентгеноспектральному анализу (РСА). Молодой, обаятельный он преподносил материал прекрасно: живо, доступно, увлечённо, с характерным для южных районов нашей страны - глухим произношением звука «г». Девчонки-оптики специально приходили посмотреть на красивого и умного мужчину и слегка завидовали нам. Такой была моя первая встреча с Учителем.

Летом 1956 г. для выполнения дипломной работы я к нему попала уже не случайно. Ребята — старшекурсники (отличники В. Дриц и Ю. Цыценков)

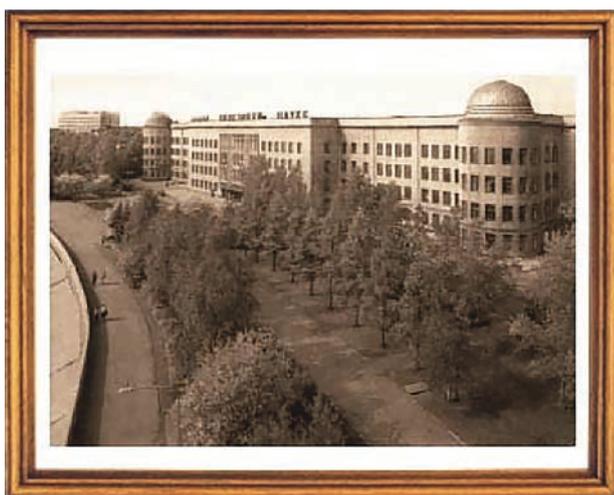


А.Н. Смагунова (50-е годы XX века).  
A.N. Smagunova (50s of the twentieth century).

советовали: «На дипломную иди в Иргиредмет. Попадёшь в Иргиредмет, иди к Лосеву». Я так и сделала: в Иргиредмет на преддипломную практику А.С. Ивойлов с некоторой задержкой (был конкурс!) меня взял, а там, проявив свойственное мне упорство, попала в группу РСА. Николай Фомич тогда поступил в аспирантуру к С.А. Немнонову по теме, связанной с изучением тонкой структуры рентгеновских спектров серы, поэтому для её выполнения в помощники себе взял умного, серьёзного парня с нашего курса, отличника Колю Баранова, а меня – на прикладную тему: «Разработка методики рентгеноспектрального

определения циркония». Вот здесь мне крупно повезло: Николаю Фомичу по требованию дирекции института пришлось изменить тему диссертационной работы — обязали заниматься анализом. Так я из помощников второго сорта попала в высший и стала первой (к сожалению, не по способностям, а только по порядку) его ученицей, которая первая в 1965 г. пересекла стартовую ленточку кандидата физико-математических наук среди многочисленных в последующие годы его учеников — кандидатов наук.”

После окончания ИГУ А.Н. Смагунова работала в НИИ редких и цветных металлов (“Иргиредмет”, г. Иркутск; 1957-1969 гг.) первоначально в должности лаборанта, затем младшего и старшего научного сотрудника. Первая научная статья с её участием посвящена разработке методики определения Zr в рудах с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) [2]. В дальнейшем именно разработка методик РФА разнообразных материалов стала основным направлением её исследований. Следующая работа по исследованию влияния крупности частиц порошковых проб на интенсивность аналитических линий при РФА получила мировое признание [3].



“Иргиредмет”.

“Irgiredmet”.

Исследование возможностей и выбор оптимальных условий применения отдельных способов РФА — это ещё одно направление творческих поисков А.Н. Смагуновой [4, 5]. Следует отметить её существенный вклад в подготовку и публикацию обзоров как по общему состоянию РСА, так и по конкретным областям применения РФА. Если инициатором первых двух обзоров с участием Антонины Никоновны был Н.Ф. Лосев [6, 7], то в последующих обзорах она и инициатор, и основной исполнитель [8-17]. В 1965 г. по материалам работ [2-6, 18-20] А.Н. Смагуновой была защищена диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по теме “Изучение источников погрешностей в рентгеноспектральном анализе”.

После защиты диссертации А.Н. Смагунова продолжала свои исследования в “Иргиредмете”, а в 1969-1971 гг. она работала старшим научным сотрудником НИИФТРИ. В этот период складывалась и успешно развивалась Иркутская школа рентгеноспектрального анализа: научный руководитель Н.Ф. Лосев, лаборатории РСА в “Иргиредмете” и Институте геохимии СО АН СССР [15, 21, 22]. Антонина Никоновна играла ключевую роль в этом процессе. В рассматриваемый период с её участием опубликованы два обзора [7, 8] и несколько оригинальных работ [23-27]. В эти годы ею выполнены первые исследования по разработке методик РФА для производственных лабораторий, результаты опубликованы в [23, 26, 27].

## Иркутский государственный университет (ИГУ)

В 1971 г. А.Н. Смагунова перешла в ИГУ на новую кафедру физических методов анализа (ФМА), организованную Н.Ф. Лосевым на химическом факультете. Почти полвека прожито вместе с ИГУ. Первоначально она доцент, читает лекции и ведёт лабораторные работы по специальности “рентгеноспектральный анализ”, потом профессор и как итог — старейший преподаватель химического факультета ИГУ. Её дипломники С.В. Тарасенко, Л.М. Дзуркина (Панькова), Т.Ю. Рылова, Г.П. Хренова (Петрова), Е.С. Цубина (Кузнецова), Т.А. Кутякова (Китова), О.М. Савченко (Карпукова), Е.В. Базыкина (Коржова), С.Д. Паньков, Н.Н. Володина, Е.И. Молчанова, Е.В. Худоногова, Пантеева С.В. и многие др.

**Проф. Ф.К. Шмидт, зав. кафедрой физической и коллоидной химии ИГУ (с 1973), проректор ИГУ по научной работе (1981-1989), ректор ИГУ (1990-1997), председатель диссертационного совета (с 1984 г. по настоящее время):**

1. Проф. А.Н. Смагунова ввела в обиход не только на кафедре ФМА, но и на химфаке в целом всё, что связано с математической обработкой результатов эксперимента. Она впервые на факультете разработала спецкурсы по применению математической теории планирования эксперимента в методических исследованиях аналитической химии<sup>1</sup>;
2. В 1975 г. она организовала и возглавила студенческую лабораторию по контролю загрязнения окружающей среды;
3. А.Н. Смагунова внесла огромный вклад в развитие хозяйственной науки в университете. Так, например, для Ачинского глиноземного комбината и Павлодарского алюминиевого завода она обеспечила разработку и внедрение методик РФА на всех стадиях производства;
4. Необходимо отметить вклад Антонины Никоновны в науку. Её исследования научно-технических проблем РФА, в первую очередь выполненных на реальных

<sup>1</sup> Опыт преподавания метрологии на химическом факультете ИГУ обобщён в работе [28].

производственных материалах, были завершены в 1983 г. защитой в г. Москве докторской диссертации на тему “РСА продуктов глиноземной и медной промышленности” и ей была присвоена учёная степень доктора технических наук.

5. На что ещё хотелось бы обратить внимание: она отличалась свободой мысли и независимостью при общении в самых разных коллективах. В качестве примера можно привести её выступление на защите кандидатской диссертации в декабре 2017 г. Выступавшие перед ней два профессора с пренебрежением высказались о рассматриваемой работе. Антонина Никоновна высказала своё мнение о неуважительном отношении коллег и предельно чётко сформулировала научную новизну работы. В итоге работа получила одобрение большинства членов диссертационного совета (при двух голосах против).

Вот как запомнила период учёбы **Г.П. Петрова (ст. научный сотр. АО “Иргиредмет”)**: “После окончания 3 курса химфака ИГУ, я выбрала специализацию «физические методы анализа». Многие тогда были очарованы перспективой работы на умных новых приборах, которые только-только появлялись у нас, и о которых говорили преподаватели на лекциях. Одним из таких методов, существовавших на факультете, был РФА. Руководила этим направлением Антонина Никоновна Смагунова. Это был только второй набор студентов на эту специализацию. И вот мы, 5 человек, Ан Ен Док, Лена Базыкина, Таня Кутякова, Катя Цубина и Галя Хренова, начали разбираться в премудростях физики рентгеновских лучей. Нам было сложно, да ещё Антонина Никоновна сразу, с места в карьер, поручила нам работу по хоздоговорным темам. Наши работы были связаны с реальными задачами производства. Кроме спектрального анализа очень большое внимание уделялось математической статистике. Нам пришлось осваивать и глубоко прочувствовать “идеологию” дисперсионного анализа, выполнять разбор и оценку погрешностей, вносимых в результаты измеренной интенсивности, изучать влияние на аналитические сигналы размеров частиц пробы и др., напряжения и силы тока рентгеновской трубки и т. д. Все эти вопросы без ответов навалились сразу, и мы должны были искать ответы в литературе и у старших товарищей.

После окончания 4 курса, мы поехали на Ачинский глиноземный комбинат. На этом предприятии, наверное, одном из первых в стране, для анализа силикатных материалов использовали японские рентгеновские спектрометры. И мы, студенты, работали в дневные и ночные смены наравне с другими сотрудниками лаборатории.

Два года студенчества под руководством Антонины Никоновны были прекрасной школой. Она научила нас работать с полной отдачей, сомневаться во всем, проверять все результаты несколько раз, добиваться решения поставленной задачи. После



Иркутск, 2008, 90 лет ИГУ. Юбилейный вечер в музыкальном театре. Слева направо: А.Г. Ревенко, А.Н. Смагунова и Г.В. Павлинский.

Irkutsk, 2008, 90 years of ISU. The anniversary evening in the musical theater. From left to right: A.G. Revenko, A.N. Smagunova and G.V. Pavlinsky.

такой подготовки, где бы мы ни работали, вспоминаем её добрым словом. Темп и качество работы, заданные Антониной Никоновной, до сих пор являются для нас эталоном.”

Воспитанные Антониной Никоновной специалисты-аналитики успешно работают на многих предприятиях нашей страны, некоторые из них занимают руководящие посты. В течение многих лет под её руководством проводились курсы повышения квалификации с участием аналитиков нашей страны. Необходимо отметить, что с 1984 г. до последних дней жизни А.Н. Смагунова была заведующей научно-исследовательской лабораторией РФА Института нефте- и углехимического синтеза при ИГУ.

## Научно-организационная работа

Проф. А.Н. Смагунова активно работала в Научном совете АН СССР и РАН по аналитической химии, в течение многих лет была членом Комиссии по рентгеновским методам анализа НСАХ. Опубликовала более 400 работ и несколько монографий, посвящённых развитию теории и практики РФА, имеет 9 патентов на изобретение. А.Н. Смагунова – участник большинства Всесоюзных (Всероссийских) и ряда международных совещаний и конференций, посвящённых РФА. Она была членом Оргкомитетов ряда конференций (в 2002 г. – председатель Оргкомитета IV Всероссийской конференции, г. Иркутск). Многие годы А.Н. Смагунова была членом диссертационных советов при Иркутском университете (химический факультет ИГУ). В 2012 г. Антонина Никоновна была удостоена премии НСАХ РАН за существенный вклад в развитие рентгенофлуоресцентного анализа.

Многие годы А.Н. Смагунова сотрудничала с журналами «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» и «Журнал аналитической химии», была активным автором (более 50 статей в первом и



Норильск, ул. Ленина, 1973.

Noril'sk, st. Lenina, 1973..

более 40 статей во втором журнале) и рецензентом. Редакции журнала «Аналитика и контроль» она помогала в трудные годы становления, активно работала в редколлегии журнала.

Антонина Никоновна была одним из ведущих специалистов в области метрологии в аналитической химии. Особым спросом в настоящее время пользуются её монографии и учебные пособия по метрологической обработке результатов определенных элементного состава [29-37]. А.Н. Смагуновой предложена оригинальная методология разработки стандартных образцов состава (СОС), реализованная при выпуске комплектов СОС для РФА сталей и осадочных пород, а также синтетических СОС атмосферных аэрозолей, собранных на фильтр (оригинальная технология их изготовления и аттестации); алгоритмы определения метрологических характеристик методик анализа и статистического контроля качества работы аналитических лабораторий. Она подготовила (воспитала) 19 кандидатов и трёх докторов наук. Это кандидаты наук И. Фавинский (1979), В. Обольянинова (1980), О. Розова (1981), Е. Базыкина (Коржова) (1984), В. Кюн (1984), А. Конев (1987), С. Паньков (1988), Е. Молчанова (1988), В. Козлов (1990), В. Белых (1993), О. Карпукова (1994), У. Ондар (2001), О. Болормаа (2001), Ю. Малых (2002), О. Кузнецова (2004), Л. Потапова (2009), Г. Пашкова (2011), М. Ставицкая (2012), Т. Батуева (2017) и доктора наук – д.т.н. Молчанова Е.И. (2001), д.х.н. Швецов В. А. (2006) и д.х.н. Белых Л.И. (2015).

**Г.В. Пашкова (ст. научный сотр. ЦКП ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология»:** «Я познакомилась с Антониной Никоновной, когда была студенткой химфака ИГУ (2000-2005 гг.). Она вела у нас курсы «Физика», «Математическая статистика» и «Рентгеноспектральный анализ». Сдавать экзамены ей было непросто, так как требования к знанию материала были очень высокие. После окончания университета я начала работать в области РФА и поступила в аспирантуру, но так сложились обстоятельства, что мне пришлось прервать обучение в аспирантуре, и

в сложный период моей жизни судьба опять свела меня с Антониной Никоновной. В марте 2010 г. она предложила мне продолжить диссертационное исследование и довести его до защиты. Благодаря её руководству и помощи, уже в июне 2011 г. диссертация на соискание степени кандидата химических наук была успешно защищена. Время совместной работы над диссертацией навсегда останется в моей памяти. Антонина Никоновна отличалась высочайшей организованностью и работоспособностью, и требовала такой же отдачи от своих аспирантов. Помню, как 8 марта, в Международный женский день, мы работали до позднего вечера ..., как я ездила к ней в больницу с расчетами и текстом, и она, несмотря на плохое самочувствие и проблемы со здоровьем, обсуждала со мной полученные результаты. Меня поражали в ней категоричность при обсуждении некоторых вопросов, в то же время она всегда внимательно выслушивала мои предложения, поддерживала мои новые начинания. А как скрупулёзно Антонина Никоновна относилась к интерпретации и представлению полученных результатов – текст переписывали многократно, уделялось внимание каждому слову в предложении. Порой работать вместе было сложно, но я получила колоссальный опыт и навыки, которые сейчас так помогают мне в моей работе и жизни.»

**Л.И. Белых, д. х. н., профессор кафедры «Промышленная экология и БЖД» Иркутского национального исследовательского технического университета:** « Антонина Никоновна Смагунова была и остаётся Учителем. Она входила в ту плеяду учителей, которые работали в 60-90 годы и были лучшими представителями советской школы. Очень памятными и точными остались слова об Антонине Никоновне директора НИИ биологии при ИГУ, проф., д. б. н. Ольги Михайловны Кожовой. Как-то она заинтересовалась, с кем из химиков мы работаем. И когда услышала, что со Смагуновой, то радостно воскликнула: «Это очень хорошо, так как Антонина Никоновна из тех специалистов, которые дают и которым есть что дать в науке и в своей специальности». На протяжении всей моей трудовой деятельности Антонина Никоновна была таким Учителем, постоянно дающим знания и умения, своим примером показывающим, как надо работать. И это было всегда – в годы учебы на химфаке ИГУ (1969-1974 гг.), потом в трудный перестроечный период выживания (1990–1999 гг.), в период её руководства в докторантуре (2000–2002 гг., Антонина Никоновна – научный консультант), постоянная помощь в работе над докторской диссертацией и в её защите (2015). Под руководством Антонины Никоновны стали возможны разработки и аттестация ряда методик, применяемых для решения актуальных экологических задач, привлечение и обучение студентов химического и биологического факультетов ИГУ, многочисленные публикации и выступления на конференциях различного уровня. В тот трагический день 10 января 2018 г. планировалась

встреча для обсуждения результатов одной из диссертационных работ.

Поражала высокая активность и неутомимость Антонины Никоновны в её научной деятельности, безграничное трудолюбие, желание передавать и делиться своими знаниями и мыслями, человеческая теплота и забота во всем. При этом её теплоты и заботы хватало и на родных людей: в воспитании двух замечательных сыновей, заботе о внуках и правнуках. Жизнь Антонины Никоновны смело можно назвать примером для подражания, за что мы можем ей быть только благодарны. Наследие Смагуновой А.Н. пустило глубокие корни, оставило след в людях из всех сфер её деятельности. Она остается в нас, и мы ей за это очень благодарны.”

Далее кратко рассмотрим вклад А.Н. в развитие отдельных направлений РФА. По мнению коллег, вся деятельность Антонины Никоновны всегда была связана с решением исключительно трудных, в определенном смысле «некомфортных», задач РФА.

### Разработка методик РФА для промышленных предприятий

Работы А.Н. Смагуновой имели большое прикладное значение. Особое внимание она уделяла использованию своих разработок для оперативного и высокоэффективного рентгенофлуоресцентного контроля элементного состава продуктов производства, о чём свидетельствуют многочисленные акты внедрения этого метода на ряде ведущих промышленных предприятий Советского Союза и России (комбинаты – Сорский и Белогорский горно-обогатительные (ГОКи) [26], Ачинский глинозёмный [38-49], Лениногорский полиметаллический [38, 43, 50, 51], Норильский [52, 53], Балхашский [54-57] горно-металлургический; заводы – Челябинский металлургический (ЧМЗ) [38, 58, 59], Павлодарский алюминиевый [47, 60-63], Дnepроспецсталь [64], Красноярский цветных металлов [65-70] и др.).

Здесь следует сказать, что внедрение методик РФА в лабораториях промышленных предприятий требовало больших затрат моральных и физических сил. Само понятие “внедрение” подсказывает, что процесс этот встречает сопротивление. Технические сбои, неподготовленность персонала, отсутствие надёжных стандартных образцов и т.д. и т.п. Комбинаты, заводы и ГОКи расположены далеко за городской чертой Иркутска. «Переходы, перегрузки, долгий путь домой...» – часто приходилось ночной порой в нервной обстановке ожидать свободные места на единственный рейс до Иркутска. Для выполнения такой работы необходимы не просто энтузиасты, а фанаты РФА. “Всепогодная” Антонина Никоновна вполне соответствовала этим требованиям.

Повышению профессионального уровня специалистов-аналитиков страны способствовали лекции А.Н. Смагуновой по РФА и метрологии, читаемые на предприятиях, а также опубликованные обзоры

литературы, посвящённые современному состоянию РФА и проблемам развития метода.

**Павлинский Г.В., д. ф.-м. н., профессор ИГУ. О Смагуновой, учёном и человеке:** “После приёма на работу в Институт геохимии СО АН СССР я был направлен в 1958 г. на стажировку к Н.Ф. Лосеву в Иргиредмет, где уже в течение года под его руководством работала Тоня Алексеевич (девичья фамилия). Так что являюсь свидетелем развития и становления, впоследствии широко известного среди специалистов, профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.Н. Смагуновой. Это было время интенсивного изучения сравнительно нового метода РФА, а именно межэлементного взаимодействия атомов флуоресцирующего материала. В этот период А.Н. Смагунова освоила тонкости рассматриваемого метода и внесла заметный вклад в формирование защищённой Н.Ф. Лосевым докторской диссертации (1968 г.). В частности, совместно с руководителем А.Н. Смагунова тщательно изучила влияние размера частиц анализируемого образца на интенсивность аналитического сигнала, и все последующие годы являлась наиболее грамотным специалистом в оценке значимости этого фактора.

В дальнейшем А.Н. Смагунова во главе созданной ей группы исполнителей посвятила внедрению рассматриваемого метода в практику контроля производственных процессов и качества выпускаемой продукции ряда крупных промышленных предприятий. Эти работы приносили предприятиям значительный экономический эффект и одновременно умножали авторитет Иркутской школы РСА.

Весьма важными явились работы А.Н. Смагуновой по изучению существующей системы обработки данных измерения аналитического сигнала. Результатом стало написание совместно с О.М. Карпуковой учебного пособия «Методы математической статистики в аналитической химии». Пособие содержит алгоритмы определения метрологических



А.Н. Смагунова и А. Кариваи. Первая конференция по рентгеновскому анализу в Монголии, Улан-Батор, 2006.

A.N. Smagunova and A. Karivai. The first conference on X-ray analysis in Mongolia, Ulaanbaatar, 2006.



“Это не гроза, не ураган ...” – А.Н. спешит к трибуне, чтобы выступить в дискуссии перед закрытием конференции, Туапсе, 2008.

“This is not a thunderstorm, not a hurricane ...” - A.N. Smagunova hurries to the podium to speak in the discussions before the closing of the conference, Tuapse, 2008.

характеристик методик анализа и оценки качества работы аналитических лабораторий.

А.Н. Смагунова разработала лекционный курс «Рентгеноспектральный анализ» и в течение всей работы в ИГУ преподавала его на химическом факультете. Ею подготовлен ряд учебных пособий по указанной теме. Высокое качество изложения материала сопровождалось требовательностью и справедливостью в отношениях со студентами. Весьма значимым в деятельности А.Н. Смагуновой являлась подготовка квалифицированных кадров для аналитической службы. Особого внимания заслуживает её работа в диссертационном Совете ИГУ по аналитической химии.

А.Н. Смагунова оставила неизгладимый след у аналитиков и специалистов, общавшихся с этим эрудированным, отзывчивым и коммуникабельным человеком.”

### **Исследование влияния крупности частиц пробы на интенсивность рентгеновского флуоресцентного излучения**

Интенсивная работа по внедрению в 60-80-е гг. прошлого столетия результатов РФА в науку и производство потребовала детальной разработки теории и методических основ РФА применительно к реальным условиям проведения элементного анализа. Частицы реальной порошковой пробы имеют произвольную, нередко причудливую форму и, как правило, разный размер. С целью упрощения теоретического рассмотрения обычно предполагают, что проба состоит из частиц (зерен) одинакового размера, т.е. рассматривают моодисперсные образцы. Н.Ф. Лосев, А.Н. Смагунова и В.П. Афонин одними из первых в мировой практике РФА всесторонне



Проф. А.Н. Смагунова и академик Ю.А. Золотов, VI Всероссийская конференция по РСА, Туапсе, 2008.

Prof. A.N. Smagunova and Academician Yu.A. Zolotov, VI All-Russian Conference on XRF, Tuapse, 2008.

исследовали вопросы влияния размера частиц порошкового образца на интенсивность рентгеновской флуоресценции [3, 71]. Ими дана наглядная физическая интерпретация этого эффекта и впервые высказано предположение об эффекте обволакивания.

В частности, получено выражение для интенсивности  $I_A$  флуоресценции порошка «средней» крупности в виде произведения величин интенсивности флуоресценции соответствующего (того же элементного состава) гомогенного образца и т.н. коэффициента абсорбционной микронеоднородности, зависящего от размера частиц, коэффициентов ослабления первичного излучения и флуоресценции элемента А в частице компонента  $\alpha$  (содержащей элемент А) и в реальном (пористом) образце в целом. В результате теоретического рассмотрения вопроса установлена природа эффекта гетерогенности: он определяется главным образом соотношением путей излучения (первичного и флуоресценции элемента А) в «своем» зерне и в образце [3, 71-73]. Разработанная теория Лосева–Смагуновой–Афонина получила широкое распространение. С высокой эффективностью она используется в самых различных ситуациях.



Всесоюзная научно-техническая конференция, г. Череповец, 1977.

All-Union scientific and technical conference, Cherepovets, 1977.

При РФА порошковых материалов главным источником погрешности является эффект гетерогенности, который обусловлен размером частиц образца и пустот, а также различием ослабляющих характеристик частиц, содержащих определяемый элемент, и частиц наполнителя образца. Изучение А.Н. Смагуновой процессов сухого и мокрого измельчения многокомпонентных материалов в различных механических устройствах привело её к практически важному выводу: более перспективным является их мокрое измельчение, так как оно, как правило, исключает эффект обволакивания [47, 60, 74-76].

Зависимость эффекта гетерогенности в РФА от условий измельчения порошковых материалов исследована в работе [74]. В ней во всей полноте «обнажена» эта проблема и, прежде всего, эффект обволакивания. Заострение внимания на этом важном вопросе, несомненно, будет пробуждать у читателя стремление вникнуть в суть процесса пробоподготовки, изучить и понять физико-химические закономерности измельчения. Глубокое знание технологии измельчения - необходимое условие эффективной работы по совершенствованию теории флуоресценции и рассеяния рентгеновского излучения гетерогенных сред.

Значимые надежды на возможность решения обратной задачи есть. Они будут реализованы в случае, когда в распоряжении аналитика окажутся результаты определения гранулометрического состава отдельных компонентов порошковой пробы. Это позволит построить РФА элементного состава полидисперсных образцов на основе теоретического учета взаимных влияний элементов или с использованием регрессионных уравнений связи.

Изучая работы А.Н. Смагуновой, чувствуешь, как глубоко проникала она в технологию аналитического объекта. Это позволило ей получить интересные результаты исследований. Её позиция созвучна с позицией выдающегося механика и математика Н.Н. Моисеева. В одной из первых работ, носившей, прежде всего, психологический характер, он пишет: «Для того, чтобы справиться с инженерной задачей, надо отчетливо понимать её содержание, т.е. самому сделаться инженером. Математику самому приходится искать то «жемчужное зерно», которое впоследствии он назовет моделью. Непонимание этого принципа часто приводит к тому, что прекрасно подготовленный, способный юноша-математик, оказавшись в промышленности, так и не находит своего места. Он недостаточно хорошо понимает необходимость преодолеть определенный барьер: быть не только математиком, но и сделаться инженером» [77].

А.Н. Смагунова была не только физиком и химиком, но стала инженером, и технологом. При этом, когда исследования носили чисто прикладной характер (хотя такое разделение – фундаментальные и прикладные – весьма условно) Антонина Никоновна стремилась к отчётливому пониманию необходимости глубоко изучать и развивать фундаментальные положения, которые используются

в этих прикладных исследованиях. Она старалась усилить фундаментальную составляющую своей работы. Поэтому весомая доля результатов А.Н. Смагуновой имеет фундаментальное значение для физики взаимодействия рентгеновского излучения с веществом и аналитической химии в целом.

В процессе изучения эффекта гетерогенности при РФА ультрамелких частиц в работах [75, 76] установлено, что даже при «мокром» измельчении порошков с добавлением этанола при размере зерен меньше 10 мкм имеют место агрегирование и обволакивание более крупных зёрен мелкими зёрнами другого химического состава, что изменяет характер исследуемой зависимости интенсивности флуоресценции от крупности частиц, особенно если флуоресценцию излучают крупные зёрна. Природа наблюдаемых эффектов подтверждена результатами гранулометрического анализа и методом рентгено-спектрального электронно-зондового микроанализа. Гипотезу образования агрегатов подтвердили результаты гранулометрического анализа порошков с привлечением обработки ультразвуком. С помощью специального эксперимента установлено, что агрегаты образуются на последнем этапе измельчения порошка при истирании смеси до сухого состояния: тонкоизмельченные частицы порошка коагулируют между собой, налипают друг на друга, образуя укрупненные частицы. При переходе от насыщенных излучателей к ненасыщенным изучаемые эффекты усиливаются. Несмотря на трудности учёта эффекта гетерогенности А.Н. Смагуновой разработаны методики, позволяющие получать результаты РФА с хорошей точностью. Всё это получено благодаря эффективному использованию регрессионного подхода в совокупности с математическим планированием эксперимента. Важно отметить, что вид уравнений связи в её исследованиях уточняется исходя из физических представлений о процессах возбуждения флуоресцентного излучения.

### **Оценка возможностей и границ применения классических способов РФА**

Как уже отмечалось, оценка влияния различных факторов на метрологические параметры отдельных способов РФА и выбор границ их применимости постоянно привлекали внимание А.Н. Смагуновой. Безусловно, доминирующее положение занимали способ стандарта фона [3, 4, 72, 73] и способ внутреннего стандарта [19, 25, 27, 39, 57, 66, 72, 73, 78-87]. Очень важно, что при исследовании особенностей и границ применимости этих методов использовалось моделирование с помощью теоретических интенсивностей рентгеновской флуоресценции. В результате проведённых исследований уточнены основные требования, предъявляемые к элементу сравнения, выполнение которых позволяет избежать проявления мешающих эффектов поглощения и избирательного возбуждения при анализе проб



Выступление на пленарном заседании. VIII Всероссийская конференция по PCA, Иркутск, 2014.

Speech at the plenary session. VIII All-Russian Conference on XRF, Irkutsk, 2014.

сложного химического состава. Кроме этого, сформулированы рекомендации по выбору оптимальных условий РФА способом внутреннего стандарта.

Способ градуировки использован в работах [43, 56, 60, 69, 70, 84, 91, 92] в основном как вариант решения какой-либо аналитической задачи. Только в нескольких работах представлены результаты исследований особенностей данного способа и вырабатывались общие рекомендации по применению конкретного варианта способа.

## Исследование состава рентгеновского фона

Выбор способа учёта рентгеновского фона – важный аспект разработки методики РФА. Уже в первых работах А.Н. Смагуновой предложены оригинальные варианты решения этой проблемы [73]. Так, в работе [18] использована интенсивность фона, которую измеряли для учёта химического состава проб. А.Н. Смагунова неоднократно возвращалась к проблеме изучения составляющих рентгеновского фона гомогенных и гетерогенных образцов в РФА [4, 68, 93-98]. В работе [96] исследован вклад многократно рассеянного возбуждающего излучения атомами образца в интенсивность фона во флуоресцентном спектре при использовании радиоизотопных источников  $Cd^{109}$ ,  $Am^{241}$ ,  $Gd^{153}$  и  $Co^{57}$ . Способ учёта фона при рентгенофлуоресцентном определении малых содержаний элементов в сталях предложен в [95], а в работе [98] при исследовании процессов образования фона в длинноволновой области рентгеновского спектра (область длин волн 0.3–1.2 нм) использованы приемы математического планирования эксперимента. Спектральный состав фона исследован для образцов, матрица которых состоит из элементов с малыми атомными номерами, в частности, образцов, имитирующих растительные материалы.

## Применение РФА в экологии

Охрана среды обитания человечества – одна из острых проблем 20-го и 21-го столетий. Это нашло отражение в работах А.Н. Смагуновой [87-89,

99-113]. РФА является перспективным методом при анализе биологических и медицинских объектов. Результаты исследований по разработке методик рентгенофлуоресцентного определения Zn в волосах на спектрометре VRA-30 и K, Ca, Fe, Cu, Zn и Pb в волосах с помощью спектрометра с полным внешним отражением первичного излучения представлены в [101, 102]. Разработанное методическое обеспечение применено для диагностики цинкдефицитных состояний, оценки изменения содержания Zn в волосах больных туберкулёзом, а также для исследования химического состава волос больных артериальной гипертензией и других патологий.

Задачи РФА атмосферных и сварочных аэрозолей, в значительной мере связанные с решением задач гетерогенности, А.Н. Смагунова решала с особым вдохновением, воодушевляя при этом своих соавторов на преодоление трудностей, которые их, как и Антонину Никоновну, только подстегивали [88, 99, 100, 105-107, 113]. Она с увлечением занималась исследованиями с использованием новых для неё аппаратных возможностей, например, для РФА ПВО [89, 101, 102].

Признаем заслуг А.Н. Смагуновой в развитии РФА явилось то, что она участвовала в составе авторского коллектива, руководимого профессорами М.А. Блохиным и Н.Ф. Лосевым, в конкурсе на соискание Государственной премии СССР 1988 г. по теме: «Теоретические основы и способы РФА химического состава веществ и материалов». Авторский коллектив успешно выдержал испытания в процессе 2 туров (из 3) этого престижного конкурса.

Антонина Никоновна любила природу, классическую музыку, художественную литературу, в том числе – поэзию. Её восхищали творения великих французских моралистов и мастеров афористического жанра – Ф. Ларошфуко (1613-1680), Б. Паскаля (1623-1662), Ж. Лабрюйера (1645-1696), Л. де Вовенарга (1715-1747), Н. Шамфора (1741-1794).

Отзывчивой, неутомимой в отстаивании интересов РФА, человеком с активной жизненной позицией – такой Антонина Никоновна останется в памяти своих коллег.

*Швейцарский психолог Карл Густав Юнг писал, что Вселенная благосклонна к тем, у кого хорошие замыслы и кто делает шаги в их направлении.*

## Благодарности

Авторы выражают благодарность профессорам Ф.К. Шмидту, Л.И. Белых и Г.В. Павлинскому, ст. научным сотр. Г.В. Пашковой и Г.П. Петровой, д.т.н. А.Л. Финкельштейну за большой интерес к этой работе и обсуждение публикации, а также научному сотр. Д.С. Шарыкиной и вед. инж. Барашу И.Г. за техническую помощь в оформлении материала.

## Acknowledgements

The authors are grateful to professors F.K. Schmidt, L.I. Belykh and G.V. Pavlinsky, Senior Researchers G.V. Pashkova and G.P. Petrova, Professor A.L. Finkelstein for the great interest in this work and the discussion of the publication, as well as the scientific researcher D.S. Sharykina and Lead Engineer Barash I.G. for technical assistance in the design of the material.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смагунова А.Н. "Если тебе выпало счастье иметь хорошего Учителя, чти Его и благодари небо за такой подарок судьбы" // В кн. "Николай Фомич Лосев". Иркутск: Типография "Оттиск". 2003. С. 9-10.
2. Лосев Н.Ф., Глотова (Смагунова) А.Н. Количественное определение циркония в рудах с помощью рентгеновских спектров флуоресценции // Заводская лаборатория. 1958. Т. 24, № 5. С. 619-621.
3. Лосев Н.Ф., Глотова (Смагунова) А.Н., Афонин В.П. О влиянии крупности частиц порошковой пробы на интенсивность аналитических линий при рентгеноспектральном флуоресцентном анализе // Заводская лаборатория. 1963. Т. 29, № 4. С. 421-426.
4. Способ стандарта-фона в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе / А.Н. Смагунова [и др.] // Заводская лаборатория. 1964. Т. 30, № 4. С. 426-431.
5. Глотова (Смагунова) А.Н., Лосев Н.Ф., Гуничева Т.Н. О некоторых источниках погрешностей в способах рентгеноспектрального анализа // Заводская лаборатория. 1965. Т. 31, № 6. С. 685-689.
6. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н., Стахеев Ю.М. Современные способы рентгеноспектрального анализа (обзор) // Заводская лаборатория. 1964. Т. 30, № 4. С. 420-425.
7. Современные способы рентгеноспектрального анализа (обзор) / А.Н. Смагунова [и др.] // Заводская лаборатория. 1968. Т. 34, № 8. С. 944-960.
8. Применение рентгеноспектрального анализа для контроля качества продуктов обогащения в потоке пульпы / А.Н. Смагунова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1970, вып. 6, С. 177-186.
9. Препарирование проб в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе / А.Н. Смагунова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1973, вып. 12, С. 243-264.
10. Рентгенофлуоресцентный анализ в экологии / А.Н. Смагунова [и др.] // Ж. аналит. химии. 1979. Т. 34, № 2, С. 388-397.
11. Использование ЭВМ при рентгеноспектральном флуоресцентном анализе вещества / А.Н. Смагунова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1987. Т.42, № 1. С. 29-42.
12. Смагунова А.Н., Розова О.Ф., Скрибко Н.Н. Рентгенофлуоресцентный анализ порошковых продуктов черной металлургии (обзор) // Заводская лаборатория. 1990. Т. 56, № 9. С. 28-37.
13. Уравнения связи в рентгенофлуоресцентном анализе / Е.И. Молчанова [и др.] // Заводская лаборатория. 1994. Т. 60, № 2. С. 12-21.
14. Смагунова А.Н., Коржова Е.Н., Великова Т.М. Элементный рентгеноспектральный анализ органических материалов // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, № 7. С. 678-690.
15. Смагунова А.Н., Павлинский Г.В. Иркутская школа рентгеноспектрального анализа (РСА) // Журн. аналит. химии. 2005. Т. 60, № 2. С. 205-210.
16. Смагунова А.Н., Ревенко А.Г. Развитие отечественного рентгенофлуоресцентного анализа (по материалам совещаний) // Журн. аналит. химии. 2014. Т. 69, № 3. С. 316-332.
17. Контроль состава сварочных аэрозолей (обзор) / Е.Н. Коржова [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81, № 7. С. 6-18.
18. Глотова (Смагунова) А.Н., Лосев Н.Ф. Определение галлия и германия по вторичным рентгеновским спектрам // Заводская лаборатория. 1961. Т. 27, № 9. С. 1107-1109.
19. Глотова (Смагунова) А.Н., Лосев Н.Ф., Гуничева Т.Н. Об источниках погрешностей при рентгеноспектральном анализе с разбавлением проб // Заводская лаборатория. 1964. Т. 30, № 6. С. 685-689.
20. Смагунова А.Н., Лосев Н.Ф., Липская В.И. Новый вариант учёта влияния химического состава проб при рентгеноспектральном анализе // Заводская лаборатория. 1965. Т. 31, № 2. С. 166-168.
21. Ревенко А.Г. К 75-летию со дня рождения профессора Валерия Петровича Афонина // Аналитика и контроль. 2013. Т. 17, № 3. С. 358-364.
22. Ревенко А.Г. Павлинский Гелий Вениаминович (80 лет со дня рождения) // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19, № 1. С. 94-95.
23. О некоторых факторах, влияющих на результаты рентгеноспектрального анализа пульповидных материалов / Н.Ф. Лосев [и др.] // Заводская лаборатория. 1966, Т. 32, № 2, С. 154-158.
24. Смагунова А.Н., Стахеева С.А., Лосев Н.Ф. Сравнительная оценка точности некоторых способов рентгеноспектрального анализа неоднородных по составу материалов // Заводская лаборатория. 1966. Т. 32, № 9. С. 1066-1070.
25. О погрешностях способа внутреннего стандарта в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе / Н.Ф. Лосев [и др.] // Заводская лаборатория. 1968. Т. 34, № 12. С. 1454-1458.
26. Смагунова А.Н., Белова Р.А., Лосев Н.Ф. Рентгеноспектральное определение меди в медном концентрате Сорской фабрики. Заводская лаборатория, 1970. Т. 36, № 9, С. 1055-1058.
27. Рентгеноспектральное определение ниобия в растворах способом внутреннего стандарта / А.Н. Смагунова [и др.] // Заводская лаборатория. 1970. Т. 36, № 11, С. 1336-1340.
28. Смагунова А.Н. Преподавание метрологии на химическом факультете Иркутского государственного университета // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 2. С. 216-218.
29. Смагунова А.Н., Козлов В.А. Примеры применения математической теории эксперимента в рентгенофлуоресцентном анализе. Иркутск: ИГУ, 1990. 220 с.
30. Смагунова А.Н., Ондар У.В. Статистическая обработка результатов химического эксперимента: Учебное пособие. Кызыл: ТывГУ, 2005. 109 с.
31. Смагунова А.Н., Карпукова О.М., Белых Л.И. Алгоритмы определения метрологических характеристик методик количественного химического анализа: Учебное пособие. Иркутск: Иркутский ун-т, 2006. 98 с.
32. Смагунова А.Н., Ковязина Н.В., Молчанова Е.И. Организация контроля качества работы аналитической лаборатории: Учебно-методическое пособие. Иркутск: Иркутский ун-т, 2006. 51 с.
33. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии: Учебное пособие (гриф УМО). Иркутск: Иркутский ун-т, 2008. 339 с.

34. Смагунова А.Н., Шмелева Е.И., Швецов В.А. Алгоритмы оперативного и статистического контроля качества работы аналитической лаборатории: Методическое руководство. Новосибирск: Наука, 2008. 60 с.
35. Смагунова А.Н., Карпукова О.М. Методы математической статистики в аналитической химии: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. 346 с.
36. Смагунова А.Н., Пашкова Г.В., Белых Л.И. Математическое планирование эксперимента в методических исследованиях аналитической химии: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2015. 137 с.
37. Смагунова А.Н., Пашкова Г.В., Белых Л.И. Математическое планирование эксперимента в методических исследованиях аналитической химии: учеб. пособие. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2017. 118 с.
38. Обобщенная схема разработки методики рентгеноспектрального анализа / А.Н. Смагунова [и др.] // Заводская лаборатория. 1974. Т. 40, № 12. С. 1461-1465.
39. Рентгеноспектральное определение ниобия и тантала способом внутреннего стандарта / В.Г. Оболянинова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1974. Вып. 13. С. 134-139.
40. Рентгеноспектральное определение элементов в продуктах Ачинского глиноземного комбината / О.Ф. Розова [и др.] // Заводская лаборатория. 1975. Т. 41, № 4. С. 417-420.
41. Разработка методик рентгеноспектрального анализа элементов в шламах Ачинского глиноземного комбината / О.Ф. Розова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1975. Вып. 17. С. 102-111.
42. Разработка методики рентгеноспектрального определения элементов в спеке Ачинского глиноземного комбината / Н.Н. Якимова [и др.] // Заводская лаборатория. 1976. Т. 42, № 4. С. 431-433.
43. Контроль корректирующих коэффициентов при рентгеноспектральном анализе способом калибровки / А.Н. Смагунова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1977. Т. 32, № 1, С. 15-20.
44. Базыкина Е.Н., Смагунова А.Н., Молчанова А.П. Выбор оптимальных условий пробоподготовки для рентгенофлуоресцентного анализа содопоташных растворов // Журн. аналит. химии. 1977. Т. 32, № 10. С. 2003-2008.
45. Хайрулина Г.А., Смагунова А.Н., Розова О.Ф. Влияние потерь при прокаливании на интенсивность флуоресценции в рентгеноспектральном анализе // Журн. аналит. химии. 1978. Т. 33, № 4. С. 660-666.
46. Оценка возможности использования различных устройств при подготовке порошковых проб к рентгеноспектральному анализу / В.И. Попова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1978. Вып. 20. С. 135-140.
47. Пудиков В.В., Смагунова А.Н. Некоторые вопросы организации рентгеноспектрального контроля технологического процесса в глиноземном производстве // Заводская лаборатория. 1981. Т. 47, № 2. С. 88-89.
48. Розова О.Ф., Смагунова А.Н., Завьялова Л.Л. Математическое планирование эксперимента для выбора оптимальных условий сплавления проб при подготовке к рентгеноспектральному анализу // Журн. аналит. химии. 1981. Т. 36, № 5, С. 872-879.
49. Розова О.Ф., Якимова Н.Н., Смагунова А.Н. Рентгеноспектральный анализ шламов переработки спека в глиноземном производстве // Заводская лаборатория. 1981. Т. 47, № 6. С. 48-49.
50. Сравнение методов учета плотности пульпы при рентгеноспектральном анализе / Ю.М. Гурвич [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1974. Вып. 14. С. 43-52.
51. Взаимное влияние элементов при рентгеноспектральном анализе гетерогенных систем / Ю.М. Гурвич [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение. 1974. Вып. 15. С. 147-153.
52. Разработка методик РСА штейнов и файнштейнов медно-никелевого производства / Т.Ю. Рылова [и др.] // Заводская лаборатория. 1978. Т. 44, № 11, С. 1331-1335.
53. Приготовление эталонов-реперов для рентгеноспектрального анализа / В.А. Шестаков [и др.] // Заводская лаборатория. 1975. Т. 41, № 8. С. 948-950.
54. О погрешностях рентгеноспектрального анализа пульпы / И.Я. Фавинский [и др.] // Заводская лаборатория. 1978. Т. 44, № 12. С. 1478-1480.
55. Обоснование требований к точности технологического контроля / И.Я. Фавинский [и др.] // Заводская лаборатория. 1979. Т. 45, № 10. С. 937-940.
56. Рентгеноспектральный анализ шлака электролитного производства меди / С.Д. Паньков [и др.] // Заводская лаборатория. 1980. Т. 46, № 6. С. 516-519.
57. Рентгеноспектральное определение сурьмы в шламах медеэлектролитического производства / О.М. Карпукова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1981. Вып. 26. С. 85-90.
58. Смагунова А.Н., Розова О.Ф., Прекина И.М. Влияние нагрузки, развиваемой при прессовании излучателей, на интенсивность рентгеновской флуоресценции // Журн. аналит. химии. 1994. Т. 49, № 7, С. 711-714.
59. Подготовка проб сырьевых материалов доменного производства к рентгеноспектральному анализу / О.Ф. Розова [и др.] // Заводская лаборатория. 1996. Т. 62, № 6. С. 17-23.
60. Выбор оптимальных условий определения корректирующих коэффициентов в уравнениях способа калибровки / А.Н. Смагунова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1981. Вып. 28. С. 15-23.
61. Разработка методик рентгеноспектрального анализа боксита / О.Ф. Розова [и др.] // Заводская лаборатория. 1981. Т. 47, № 11. С. 43-44.
62. Паньков С.Д., Смагунова А.Н., Панькова Л.М. Рентгенофлуоресцентный анализ твердого топлива при производстве глинозема // Заводская лаборатория. 1987. Т. 53, № 11. С. 91-93.
63. Рентгенофлуоресцентное определение примесей в промышленных гидрооксиде и оксиде алюминия / С.Д. Паньков [и др.] // Заводская лаборатория. 1987. Т. 53, № 12. С. 79-81.
64. Разработка и внедрение методик рентгеноспектрального анализа проб нержавеющей стали, отобранных по ходу плавки / О.Ф. Розова [и др.] // Заводская лаборатория. 1985. Т. 51, № 2. С. 26-30.
65. Рентгеноспектральный анализ технологических растворов / Е.Н. Базыкина [и др.] // Заводская лаборатория. 1981. Т. 47, № 9. С. 56-59.
66. Рентгеноспектральное определение платиновых металлов в технологических растворах / О.М. Карпукова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1983. Т. 38, № 7. С. 1279-1282.
67. Карпукова О.М., Смагунова А.Н., Гурова Т.М. Влияние массы выпарки на правильность рентгеноспектрального анализа растворов // Заводская лаборатория. 1983. Т. 49, № 9. С. 39-42.
68. Базыкина Е.Н., Смагунова А.Н., Баранова О.А. Учет фона при рентгеноспектральном анализе растворов, на-

- несенных на слабопоглощающую подложку // Журн. аналит. химии. 1984. Т. 39, № 10. С. 1745-1749.
69. Молчанова Е.И., Смагунова А.Н., Розова О.Ф. Выбор оптимальных условий установления градуировочной функции при рентгенофлуоресцентном анализе // Заводская лаборатория. 1984. Т. 50, № 11. С. 25-29.
70. Рентгеноспектральный анализ гидроксида ниобия / И.А. Хабеев [и др.] // Заводская лаборатория. 1985. Т. 51, № 8. С. 27-29.
71. Лосев Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. М.: Наука, 1969. 336 с.
72. Смагунова А.Н., Лосев Н.Ф. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (учебное пособие). Иркутск: Изд-во ИГУ, 1975. 225 с.
73. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. М.: Химия, 1982. 208 с.
74. Влияние условий подготовки проб к рентгенофлуоресцентному анализу на эффект микроабсорбционной неоднородности / А.Н. Смагунова [и др.] // Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63, № 8. С. 795-801.
75. Study of the possibility of the theoretical account for the microabsorption heterogeneity effect of emitters in X-ray fluorescence / A.N. Smagunova [et al.] // X-Ray Spectrom. 2010. V. 39, No. 1. P. 12-16.
76. Изучение эффекта микроабсорбционной неоднородности при рентгенофлуоресцентном анализе ультрамелких частиц / Е.Н. Коржова [и др.] // Журн. аналит. химии. 2011. Т. 66, № 2. С. 175-181.
77. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 224 с.
78. Die Wahl optimaler Bedingungen bei der röntgenspektrometrischen Bestimmung von Elementen mit Hilfe eines inneren Standards / N.F. Losev [et al.] // Vortrage der Tagung „Die Röntgenspektrometrie und ihre Bedeutung als Analysenmethode. Berlin, 1972. S. 166-184.
79. Выбор оптимальных условий рентгеноспектрального определения тантала способом внутреннего стандарта / В.Г. Обольянинова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1974. Т. 29, № 6. С. 1160-1164.
80. Влияние спектрального состава первичного излучения на точность рентгеноспектрального анализа способом внутреннего стандарта / О.М. Савченко [и др.] // Заводская лаборатория. 1975. Т. 41, № 4. С. 412-417.
81. Выбор оптимальных условий рентгеноспектрального анализа способом внутреннего стандарта и использование их при аттестации стандартных образцов / В.Г. Обольянинова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1976. Т. 31, № 12. С. 2409-2416.
82. Новый вариант способа внутреннего стандарта в рентгеноспектральном анализе и использование его при аттестации стандартных образцов / О.М. Карпукова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1979. Т. 34, № 11. С. 2085-2089.
83. Разработка методики рентгенофлуоресцентного определения олова и использование её при аттестации стандартных образцов / В.Г. Обольянинова [и др.] // Аппар. и методы рентг. анализа. Л.: Машиностроение, 1980. Вып. 23. С. 47-51.
84. Рентгеноспектральный анализ материалов способом внутреннего стандарта при использовании неоптимального элемента сравнения / О.М. Карпукова [и др.] // Ж. аналит. химии. 1986. Т. 41, № 4. С. 606-610.
85. Создание методик рентгеноспектрального анализа многокомпонентных материалов на основе способа внутреннего стандарта / О.М. Карпукова [и др.] // Ж. аналит. химии. 1992. Т. 47, № 4. С. 678-685.
86. Источники погрешностей при рентгенофлуоресцентном анализе на спектрометрах с полным внешним отражением и их учёт способом внутреннего стандарта / Г.В. Павлинский [и др.] // Журн. аналит. химии. 2002. Т. 57, № 3. С. 231-239.
87. Разработка унифицированной рентгенофлуоресцентной методики определения тяжёлых металлов в биоматериалах / У.В. Ондар [и др.] // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 8. С. 803-809.
88. Степанова Т.В., Смагунова А.Н., Коржова Е.Н. Выбор порошка-носителя аналитов для приготовления градуировочных образцов при рентгенофлуоресцентном анализе сварочных аэрозолей // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19, № 2. С. 139-145.
89. Пашкова Г.В., Смагунова А.Н., Финкельштейн А.Л. Возможности рентгенофлуоресцентного анализа молочных продуктов с помощью спектрометра с полным внешним отражением // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 19, № 3. С. 327-334.
90. Смагунова А.Н., Шестаков В.А. Рентгенофлуоресцентные методы // Аналитическая химия металлов платиновой группы: сб. обзор. ст. М., 2003. С. 441-463.
91. Смагунова А.Н., Молчанова Е.И. Рентгенофлуоресцентный анализ многокомпонентных проб с помощью уравнений связи: Методические указания. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 44 с.
92. Использование стандартных образцов для градуировки при рентгенофлуоресцентном анализе осадочных отложений / Е.И. Молчанова [и др.] // Журн. аналит. химии. 1995. Т. 50, № 3. С. 253-257.
93. Untersuchung der Abhängigkeit der Untergrundintensität von den Anregungsbedingungen und der chemischen Zusammensetzung der Proben / N.F. Losev [et. al.] // Vortrage der Tagung „Die Röntgenspektrometrie und ihre Bedeutung als Analysenmethode. Berlin, 1972. S. 192-215.
94. Исследование состава фона в коротковолновой области рентгеновского спектра флуоресценции / Б.Л. Сухоруков [и др.] // Журн. аналит. химии. 1975. Т. 30, № 2. С. 372-375.
95. Смагунова А.Н., Молчанова Е.И., Усова Е.Ф. Учёт фона при рентгенофлуоресцентном определении малых содержаний элементов в сталях // Журн. аналит. химии. 1987. Т. 42, № 10. С. 1797-1807.
96. Белых В.В., Смагунова А.Н., Козлов В.А. Многократно рассеянное излучение при рентгенорадиометрическом анализе // Журн. аналит. химии. 1994. Т. 49, № 10. С. 1092-1096.
97. Изучение зависимости интенсивности фона в рентгенофлуоресцентном анализе от размера частиц излучателя / А.Н. Смагунова [и др.] // Журн. аналит. химии. 2001. Т. 56, № 7. С. 660-664.
98. Чупарина Е.В., Смагунова А.Н., Елисеева Л.А. Исследование процессов образования фона в длинноволновой области рентгеновского спектра // Журн. аналит. химии. 2015. Т. 70, № 8. С. 828-834.
99. Рентгеноспектральный анализ атмосферных аэрозолей / А.Н. Смагунова [и др.] // Заводск. лаборатория, 1993, Т. 59, № 4, С. 20-27.
100. Карпукова О.М., Смагунова А.Н., Козлов В.А. Оценка погрешности отбора проб атмосферных аэрозолей // Заводская лаборатория. 1995. Т. 61, № 12. С. 18-20.
101. Рентгеноспектральное определение цинка в волосах / О. Болормаа [и др.] // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, № 7. С. 772-775.
102. Разработка методики рентгенофлуоресцентного анализа волос с помощью спектрометра с полным внеш-

ним отражением первичного излучения / О. Болормаа [и др.] // Аналитика и контроль. 1999. Т. 3, № 3. С. 27-31.

103. Воздействие выбросов алюминиевого завода на почвы и растения близлежащей территории / А.Н. Смагунова [и др.] // Экологическая химия. 1999. Вып. 8, № 4. С. 253-261.

104. Разработка методики рентгенофлуоресцентного определения As в почвах и твердых отходах переработки кобальтовой руды / У.В. Ондар [и др.] // Аналитика и контроль. 2000. Т. 4, № 1. С. 66-71.

105. Использование рентгеноспектрального метода для анализа атмосферных аэрозолей / А.Н. Смагунова [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15. С. 641-644.

106. Сопоставление результатов атомно-абсорбционного и рентгенофлуоресцентного определения металлов в атмосферных аэрозолях / О.В. Кузнецова [и др.] // Ж. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 1. С. 46-51.

107. Ставицкая М.В., Коржова Е.Н., Смагунова А.Н. Разработка методики рентгенофлуоресцентного определения металлов в аэрозолях // Журн. аналит. химии. 2010. Т. 65, № 12. С. 1274-1282.

108. Пашкова Г.В., Смагунова А.Н. Изучение источников погрешностей при подготовке молочных продуктов к неdestructивному рентгенофлуоресцентному анализу // Аналитика и контроль. 2011. Т. 15, № 1. С. 47-55.

109. Smagunova A.N., Pashkova G.V. Choice of optimal conditions for X-ray fluorescence analysis of milk products with varying fat content // X-Ray Spectrom. 2013. V. 42 (6). P. 546-551.

110. Выбор оптимальных условий приготовления излучателей для рентгенофлуоресцентного анализа аэрозолей / Т.В. Степанова [и др.] // Журн. аналит. химии. 2017. Т. 72, № 2. С. 137-144.

111. Оценка составляющих погрешности отбора проб газопылевых организованных выбросов в атмосферу при определении бенз(а)пирена / Л.И. Белых [и др.] // Журн. аналит. химии. 2003. Т. 58, № 7. С. 746-753.

112. Рентгенофлуоресцентное определение тяжелых металлов в гумусовых кислотах / А.Н. Смагунова // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 11. С. 1181-1187.

113. Метрологические исследования методики выполнения измерений содержания бензо[а]пирена в газопылевых организованных выбросах в атмосферу методом низкотемпературной люминесценции / Ю.М. Малых [и др.] // Аналитика и контроль. 2002. Т. 6, № 1. С. 61-70.

## REFERENCES

1. Smagunova A.N. [If you have the good fortune to have a good Master, honor Him and thank heaven for such a gift of fate]. [Nikolai Fomich Losev]. Irkutsk, Ottisk Publ., 2003, pp. 9-10 (in Russian).

2. Losev N.F., Glotova (Smagunova) A.N. [Quantitative determination of zirconium in ores using x-ray fluorescence spectra]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1958, vol. 24, no. 5, pp. 619-621 (in Russian).

3. Losev N.F., Glotova (Smagunova) A.N., Afonin V.P. [The effect of particle size of a powder sample on the intensity of analytical lines in X-ray fluorescence analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1963, vol. 29, no. 4, pp. 421-426 (in Russian).

4. Smagunova A.N., Losev N.F., Belova R.A., Afonin V.P. [The scattered radiation method in X-ray fluorescence analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1964, vol. 30, no. 4, pp. 426-431 (in Russian).

5. Glotova (Smagunova) A.N., Losev N.F., Gunicheva T.N. [About some sources of errors in X-ray analysis methods]. *Za-*

*vodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1965, vol. 31, no. 6, pp. 685-689 (in Russian).

6. Losev N.F., Smagunova A.N., Stakheev Yu.M. [Modern methods of X-ray analysis (review)]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1964, vol. 30, no. 4, pp. 420-425 (in Russian).

7. Losev N.F., Smagunova A.N., Pavlinsky G.V., Afonin V.P., Gunicheva T.N., Revenko A.G. [Modern methods of X-ray analysis (review)]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1968, vol. 34, no. 8, pp. 944-960 (in Russian).

8. Smagunova A.N., Belova R.A., Kuhn V.A., Ivoilov A.S., Losev N.F. [Application of X-ray analysis to control the quality of enrichment products in the sludge flow]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1970, no. 6, pp. 177-186 (in Russian).

9. Smagunova A.N., Gunicheva T.N., Obolyaninova V.G., Losev N.F., Revenko A.G. [Preparation of samples in X-ray fluorescence analysis]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1973, no. 12, pp. 243-264 (in Russian).

10. Smagunova A.N., Tarasenko S.V., Bazykina E.N., Karpukova O.M. [X-ray fluorescence analysis in ecology]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1979, vol. 34, no. 2, pp. 388-397 (in Russian).

11. Smagunova A.N., Rozova O.F., Kitov B.I., Kozlov V.A. [The use of computers in X-ray fluorescence analysis of materials]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1987, vol. 42, no. 1, pp. 29-42 (in Russian).

12. Smagunova A.N., Rozova O.F., Skribko N.N. [X-ray fluorescence analysis of powder products of ferrous metallurgy (review)]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1990, vol. 56, no. 9, pp. 28-37 (in Russian).

13. Molchanova E.I., Smagunova A.N., Kozlov V.A., Azmuko N.N. [The constraint equations in X-ray fluorescence analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1994, vol. 60, no. 2, pp. 12-21 (in Russian).

14. Smagunova A.N., Korzhova E.N., Velikova T.M. [Elemental X-ray analysis of organic materials]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1998, vol. 53, no. 7, pp. 678-690 (in Russian).

15. Smagunova A.N., Pavlinsky G.V. The Irkutsk School of X-ray Spectrochemical Analysis]. *Journal of Analytical Chemistry*, 2005, vol. 60, no. 2, pp. 181-186. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10809-005-0058-1>

16. Smagunova A.N., Revenko A.G. [The development of domestic X-ray fluorescence analysis (based on meetings)]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 2014, vol. 69, no. 3, pp. 316-332 (in Russian).

17. Korzhova E.N., Stepanova T.V., Lodoisamba S., Smagunova A.N. [Control of the composition of welding aerosols (review)]. *Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov [Industrial laboratory. Diagnostics of materials]*, 2015, vol. 81, no. 7, pp. 6-18 (in Russian).

18. Glotova (Smagunova) A.N., Losev N.F. [Determination of gallium and germanium by X-ray fluorescence spectra]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1961, vol. 27, no. 9, pp. 1107-1109 (in Russian).

19. Glotova (Smagunova) A.N., Losev N.F., Gunicheva T.N. [Sources of error in X-ray spectral analysis with dilution of samples]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1964, vol. 30, no. 6, pp. 685-689 (in Russian).

20. Smagunova A.N., Losev N.F., Lipskaya V.I. [New way of accounting for the influence of the chemical composition of samples by X-ray spectral analysis]. *Zavodskaja labora-*

- toriiia [Industrial laboratory], 1965, vol. 31, no. 2, pp. 166-168 (in Russian).
21. Revenko A.G. [On the 75th anniversary of prof. V.P. Afoin's birth]. *Analitika i kontrol' [Analytics and Control]*, 2013, vol. 17, no. 3, pp. 358-364 (in Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.15826/analitika.2013.17.3.014>
  22. Revenko A.G. [Pavlinskii Helii Veniaminovich (80 years anniversary)]. *Analitika i kontrol' [Analytics and Control]*, 2015, vol. 19, no. 1, pp. 94-95 (in Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.15826/analitika.2015.19.1.013>
  23. Losev N.F., Smagunova A.N., Belova R.A., Studennikov Yu.A. [On some factors influencing the results of X-ray spectral analysis of sludge-like materials]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1966, vol. 32, no. 2, pp. 154-158 (in Russian).
  24. Smagunova A.N., Stakheeva S.A., Losev N.F. [Comparative accuracy evaluation of some methods of X-ray spectral analysis of heterogeneous composition materials]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1966, vol. 32, no. 9, pp. 1066-1070 (in Russian).
  25. Losev N.F., Pavlinsky G.V., Smagunova A.N., Tsytsenkov Yu.A. [About the errors of internal standard method in X-ray fluorescence analysis]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1968, vol. 34, no. 12, pp. 1454-1458 (in Russian).
  26. Smagunova A.N., Belova R.A., Losev N.F. [X-ray spectral determination of copper in the copper concentrate of the Sora factory]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1970, vol. 36, no. 9, pp. 1055-1058 (in Russian).
  27. Smagunova A.N., Pavlinsky G.V., Andreeva L.Ya., Losev N.F. [X-ray spectral determination of niobium in solutions by internal standard method]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1970, vol. 36, no. 11, pp. 1336-1340 (in Russian).
  28. Smagunova A.N. Teaching Metrology at the Department of Chemistry of Irkutsk State University. *Journal of Analytical Chemistry*, 2004, vol. 59, no. 2, pp. 191-193. <https://doi.org/10.1023/B:JANC.0000014750.92247.02>
  29. Smagunova A.N., Kozlov V.A. *Primery primeneniia matematicheskoi teorii eksperimenta v rentgenofluorestsentnom analize [Application examples of the mathematical theory of experiment in X-ray fluorescence analysis]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 1990. 220 p. (in Russian).
  30. Smagunova A.N., Ondar U.V. *Statisticheskaiia obrabotka rezultatov khimicheskogo eksperimenta: Uchebnoe posobie. [Statistical analysis of the chemical experimental results: Textbook]*. Kyzyl, Tuva State University Publ., 2005. 109 p. (in Russian).
  31. Smagunova A.N., Karpukova O.M., Belykh L.I. *Algoritmy opredeleniia metrologicheskikh kharakteristik metodik kolichestvennogo khimicheskogo analiza: Uchebnoe posobie. [Algorithms for determining the metrological characteristics of quantitative chemical analysis techniques: Textbook]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2006. 98 p. (in Russian).
  32. Smagunova A.N., Kovyazina N.V., Molchanova E.I. *Organizatsiia kontroliia kachestva raboty analiticheskoi laboratorii: Uchebno-metodicheskoe posobie [Organization of quality control of the analytical laboratory: Study guide]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2006. 51 p. (in Russian).
  33. Smagunova A.N., Karpukova O.M. *Metody matematicheskoi statistiki v analiticheskoi khimii: Uchebnoe posobie [Methods of mathematical statistics in analytical chemistry: Textbook]*. Irkutsk, Irkutsk State University, 2008. 339 p. (in Russian).
  34. Smagunova A.N., Shmeleva E.I., Shvetsov V.A. *Algoritmy operativnogo i statisticheskogo kontroliia kachestva raboty analiticheskoi laboratorii: Metodicheskoe rukovodstvo [Algorithms for operational and statistical quality control of the analytical laboratory: Methodological manual]*. Novosibirsk, Science Publ., 2008. 60 p. (in Russian).
  35. Smagunova A.N., Karpukova O.M. *Metody matematicheskoi statistiki v analiticheskoi khimii: Uchebnoe posobie [Methods of mathematical statistics in analytical chemistry: Textbook]*. Rostov-on-Don, Phoenix Publ., 2012. 346 p. (in Russian).
  36. Smagunova A.N., Pashkova G.V., Belykh L.I. *Matematicheskoe planirovanie eksperimenta v metodicheskikh issledovaniiah analiticheskoi khimii: uchebnoe posobie [Mathematical planning of an experiment in methodical research of analytical chemistry: Textbook]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2015. 137 p. (in Russian).
  37. Smagunova A.N., Pashkova G.V., Belykh L.I. *Matematicheskoe planirovanie eksperimenta v metodicheskikh issledovaniiah analiticheskoi khimii: uchebnoe posobie [Mathematical planning of an experiment in methodical research of analytical chemistry: Textbook]*. St. Petersburg, Lan, 2017. 118 p. (in Russian).
  38. Smagunova A.N., Losev N.F., Revenko A.G., Mezhevich A.N. [The generalized procedure for the development of X-ray analysis techniques]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1974, vol. 40, no. 12, pp. 1461-1465 (in Russian).
  39. Obolyaninova V.G., Popova V.I., Smagunova A.N., Losev N.F. [X-ray spectral determination of niobium and tantalum using the internal standard method]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1974, no. 13, pp. 134-139 (in Russian).
  40. Rozova O.F., Smagunova A.N., Popova V.I., Turapov E.M., Bepalova L.L., Pavlinsky G.V., Losev N.F. [X-ray spectral determination of elements in the Achinsk Alumina enterprise products]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1975, vol. 41, no. 4, pp. 417-420 (in Russian).
  41. Rozova O.F., Bazykina E.N., Smagunova A.N., Zharkova T.A., Zarubina T.D. [Development of X-ray spectral analysis techniques elements in the Achinsk Alumina enterprise sludges]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1975, no. 17, pp. 102-111 (in Russian).
  42. Yakimova N.N., Smagunova A.N., Rozova O.F., Turapov V.M., Bepalova L.L. [Development of the X-ray determination techniques for elements in the sintered materials from Achinsk Alumina enterprise]. *Zavodskaiia laboratoriiia [Industrial laboratory]*, 1976, vol. 42, no. 4, pp. 431-433 (in Russian).
  43. Smagunova A.N., Pankov S.D., Losev N.F., Plotnikov R.I. [Monitoring of correction coefficients of the calibration method in the X-ray spectral analysis]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1977, vol. 32, no. 1, pp. 15-20 (in Russian).
  44. Bazykina E.N., Smagunova A.N., Molchanova A.P. [Selection of optimal sample preparation conditions for X-ray fluorescence analysis of soda-potash solutions]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1977, vol. 32, no. 10, pp. 2003-2008 (in Russian).
  45. Khairulina G.A., Smagunova A.N., Rozova O.F. [The effect of ignition loss on the fluorescence intensity in X-ray spectral analysis]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1978, vol. 33, no. 4, pp. 660-666 (in Russian).
  46. Popova V.I., Smagunova A.N., Rozova O.F., Barkova G.A., Turapov V.M. [Evaluation of the possibility of using various devices for sample preparation in X-ray analysis]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1978, no. 20, pp. 135-140 (in Russian).
  47. Pudikov V.V., Smagunova A.N. [Some organization issues of X-ray spectral control of the technological process

- in Alumina production]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1981, vol. 47, no. 2, pp. 88-89 (in Russian).
48. Rozova O.F., Smagunova A.N., Zavyalova L.L. [Mathematical planning of an experiment to select optimal fusion conditions for sample preparation in X-ray analysis]. *Zhurnal analiticheskoj khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1981, vol. 36, no. 5, pp. 872-879 (in Russian).
49. Rozova O.F., Yakimova N.N., Smagunova A.N. [X-ray analysis of sludge processing sinter in Alumina production]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1981, vol. 47, no. 6, pp. 48-49 (in Russian).
50. Gurvich Yu.M., Mezhevich A.N., Plotnikov R.I., Rogachev I.M., Smagunova A.N. [Comparison of accounting methods for the pulp density in X-ray analysis]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1974, no. 14, pp. 43-52 (in Russian).
51. Gurvich Yu.M., Mezhevich A.N., Plotnikov R.I., Rogachev I.M., Smagunova A.N., Tarasenko S.V. [Mutual influence of elements in heterogeneous systems by X-ray spectral analysis]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1974, no. 15, pp. 147-153 (in Russian).
52. Rylova T.Yu., Revenko A.G., Karpukova O.M., Smagunova A.N. [Development of the XRF techniques in mattes and converter mattes of copper-nickel production]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1978, vol. 44, no. 11, pp. 1331-1335 (in Russian).
53. Shestakov V.A., Arkhipov N.A., Makarov D.F., Smagunova A.N. [Preparation of reference standard samples for X-ray analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1975, vol. 41, no. 8, pp. 948-950 (in Russian).
54. Favinsky I.Ya., Skormin V.A., Smagunova A.N., Losev N.F. [On the errors of X-ray spectral analysis of the pulp]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1978, vol. 44, no. 12, pp. 1478-1480 (in Russian).
55. Favinsky I.Ya., Smagunova A.N., Pankova L.M., Losev N.F. [Validation of requirements to the accuracy of process control]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1979, vol. 45, no. 10, pp. 937-940 (in Russian).
56. Pan'kov S.D., Smagunova A.N., Filonenko L.G., Kuzmenko V.A. [X-ray spectral analysis of slag electrolytic copper production]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1980, vol. 46, no. 6, pp. 516-519 (in Russian).
57. Karpukova O.M., Filonenko L.G., Grishina T.L., Smagunova A.N. [X-ray spectrum determination of antimony in sludges of copper electrolytic production]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1981, no. 26, pp. 85-90 (in Russian).
58. Smagunova A.N., Rozova O.F., Prekina I.M. [Influence of the load obtained when pressing emitters on X-ray fluorescence intensity]. *Zhurnal analiticheskoj khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1994, vol. 49, no. 7, pp. 711-714 (in Russian).
59. Rozova O.F., Prekina I.M., Skribko N.N., Laurent A.V., Popova N.V., Smagunova A.N. [Sample preparation of raw materials of blast-furnace process for X-ray analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1996, vol. 62, no. 6, pp. 17-23 (in Russian).
60. Smagunova A.N., Rozova O.F., Pan'kov S.D., Molchanova E.I. [Selection of optimal determination conditions of correction factors in the calibration method equations]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1981, no. 28, pp. 15-23 (in Russian).
61. Rozova O.F., Pan'kov S.D., Markova G.G., Smagunova A.N. [Development of X-ray analysis techniques for bauxite]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1981, vol. 47, no. 11, pp. 43-44 (in Russian).
62. Pan'kov S.D., Smagunova A.N., Pan'kova L.M. [X-ray fluorescence analysis of solid fuel in the alumina production]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1987, vol. 53, no. 11, pp. 91-93 (in Russian).
63. Pan'kov S.D., Smagunova A.N., Pan'kova L.M., Pisareva V.I. [X-ray fluorescence determination of impurities in industrial aluminum hydroxide and aluminum oxide]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1987, vol. 53, no. 12, pp. 79-81 (in Russian).
64. Rozova O.F., Molchanova E.I., Smagunova A.N., Goreva E.I., Lauta T.M. [Development and implementation of X-ray spectral analysis techniques for selected stainless steel samples during fluxing]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1985, vol. 51, no. 2, pp. 26-30 (in Russian).
65. Bazykina E.N., Smagunova A.N., Slobodnyak T.G., Kubarev S.V. [X-ray analysis of process solutions]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1981, vol. 47, no. 9, pp. 56-59 (in Russian).
66. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Pergaty A.V., Khabeev I.A. [X-ray spectral determination of platinum metals in process solutions]. *Zhurnal analiticheskoj khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1983, vol. 38, no. 7, pp. 1279-1282 (in Russian).
67. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Gurova T.M. [Influence of residual mass on the accuracy of X-ray spectral analysis of solutions]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1983, vol. 49, no. 9, pp. 39-42 (in Russian).
68. Bazykina E.N., Smagunova A.N., Baranova O.A. [Accounting for the background in X-ray spectral analysis of supported solutions on the substrate with a weak absorption]. *Zhurnal analiticheskoj khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1984, vol. 39, no. 10, pp. 1745-1749 (in Russian).
69. Molchanova E.I., Smagunova A.N., Rozova O.F. [Selection of optimal parameters for establishing a calibration function in X-ray fluorescence analysis]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1984, vol. 50, no. 11, pp. 25-29 (in Russian).
70. Khabeev I.A., Smagunova A.N., Belkina V.A., Melnikova R.A., Makarova R.V. [X-ray spectral analysis of niobium hydroxide]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1985, vol. 51, no. 8, pp. 27-29 (in Russian).
71. Losev N.F. *Kolichestvennyi rentgenospektralnyi fluorestsennyi analiz. [Quantitative X-ray fluorescence analysis]*. Moscow, Science Publ., 1969. 336 p. (in Russian).
72. Smagunova A.N., Losev N.F. *Rentgenospektralnyi fluorestsennyi analiz (uchebnoe posobie). [X-ray fluorescence analysis (textbook)]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 1975. 225 p. (in Russian).
73. Losev N.F., Smagunova A.N. *Osnovy rentgenospektral'nogo fluorestsennogo analiza [Fundamentals of X-ray fluorescence analysis]*. Moscow, Chemistry Publ., 1982. 208 p. (in Russian).
74. Smagunova A.N., Potapova L.A., Ondar U.V., Pankov S.D., Rozova O.F., Polyakova S.V., Kozlov V.A. [Effect of the Conditions of Sample Preparation for X-Ray Fluorescence Analysis on the Effect of Microabsorption Heterogeneity]. *Journal of Analytical Chemistry*, 2008, vol. 63, no. 8, pp. 723-729. DOI: 10.1134/S1061934808080030
75. Smagunova A.N., Korzhova E.N., Stavitskaya M.V., Potapova L.A., Kozlov V.A. Study of the possibility of the theoretical account for the microabsorption heterogeneity effect of emitters in X-ray fluorescence. *X-Ray Spectrom.* 2010. vol. 39, no. 1. pp. 12-16. DOI 10.1002/xrs.1219
76. Korzhova E.N., Stavitskaya M.V., Belozherova O.Yu., Khaptagaeva E.A., Smagunova A.N. Effect of Microabsorption

- Heterogeneity in the X-Ray Fluorescence Analysis of Ultrafine Particles. *Journal of Analytical Chemistry*, 2011, vol. 66, no. 2, pp. 171-178. DOI: 10.1134/S1061934811020092
77. Moiseev N.N. *Matematika stavit eksperiment [Math sets up an experiment]*. Moscow, Science Publ., 1979. 224 p. (in Russian).
78. Losev N.F., Smagunova A.N., Obol'janinova V.G., Pavlinskij G.V. [The choice of optimal conditions in the X-ray spectrometric determination of elements using an internal standard]. *Vortrage der Tagung «Die Rontgenspektrometrie und ihre Bedeutung als Analysenmethode»*. [Reports of the conference «X-ray spectrometry and its importance as an analytical method»]. Berlin, 1972, pp. 166-184 (in German).
79. Obolyaninova V.G., Smagunova A.N., Pavlinsky G.V., Losev N.F. [Selection of optimal conditions for X-ray determination of tantalum by the method of internal standard]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1974, vol. 29, no. 6, pp. 1160-1164 (in Russian).
80. Savchenko O.M., Obolyaninova V.G., Smagunova A.N., Losev N.F. [Influence of the spectral composition of the primary radiation on the accuracy of X-ray spectral analysis using the internal standard method]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1975, vol. 41, no. 4, pp. 412-417 (in Russian).
81. Obolyaninova V.G., Savchenko O.M., Khrenova G.P., Smagunova A.N., Losev N.F., Lontsikh C.B. [The choice of optimal conditions for X-ray analysis by the method of the internal standard and their use in the attestation of standard samples]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1976, vol. 31, no. 12, pp. 2409-2416 (in Russian).
82. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Obolyaninova V.G., Vavilova O.V. [New version of the internal standard method in X-ray analysis and its use in the standard sample certification]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1979, vol. 34, no. 11, pp. 2085-2089 (in Russian).
83. Obolyaninova V.G., Smagunova A.N., Zakovyryn O.M., Lontsikh C.B. Development of the X-ray fluorescence determination technique for the tin and its use in standard sample certification]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*, Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1980, no. 23, pp. 47-51 (in Russian).
84. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Matsul V.M., Belomestnova N.V. [X-ray spectral analysis of materials by the method of internal standard using a non-optimal reference element]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1986, vol. 41, no. 4, pp. 606-610 (in Russian).
85. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Skribko N.N., Zhargalsaykhan D. [Development of the X-ray spectral analysis techniques for multicomponent materials by the internal standard method]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1992, vol. 47, no. 4, pp. 678-685 (in Russian).
86. Pavlinsky G.V., Smagunova A.N., Karpukova O.M., Bolormaa O., Dorzh D. Sources of Error in Total Reflection X-Ray Fluorescence Analysis and Error Correction Using the Internal Standard Method. *Journal of Analytical Chemistry*, 2002, vol. 57, no. 3, pp. 185-193. <https://doi.org/10.1023/A:1014427928483>
87. Ondar U.V., Molchanova E.I., Gomul'skaya G.V., Karpukova O.M., Smagunova A.N., Pavlinskii G.V. Development of a Unified X-ray Fluorescence Procedure for Determining Heavy Metals in Biological Materials. *Journal of Analytical Chemistry*, 2004, vol. 59, no. 8, pp. 715-721. <https://doi.org/10.1023/B:JANC.0000037274.85643.4b>
88. Stepanova T.V., Smagunova A.N., Korzhova E.N. [The choice of analytes' powder-carrier for the preparing calibration samples when analyzing welding fumes using X-ray fluorescence]. *Analitika i kontrol' [Analytics and control]*, 2015, vol. 19, no. 2, pp. 139-145 (in Russian). DOI: <http://dx.doi.org/10.15826/analitika.2015.19.2.011>
89. Pashkova G.V., Smagunova A.N., Finkelstein A.L. [Opportunities of X-ray fluorescence analysis of dairy products using a total reflection X-ray fluorescent spectrometer]. *Khimiia v interesakh ustoichivogo razvitiia [Chemistry for Sustainable Development]*, 2011, vol. 19, no. 3, pp. 327-334 (in Russian).
90. Smagunova A.N., Shestakov V.A. [X-ray fluorescence methods]. *Analiticheskaja khimiia metallov platinovoi grupy: sbornik obzornykh statei [Analytical chemistry of platinum-group metals: review book]*. Moscow, 2003. pp. 441-463 (in Russian).
91. Smagunova A.N., Molchanova E.I. *Rentgenofluorescentnyi analiz mnogokomponentnykh prob s pomoshch'iu uravnenii svyazi: Metodicheskie ukazaniia. [X-ray fluorescence analysis of multicomponent samples using the constraint equations: Guidelines]*. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2011. 44 p. (in Russian).
92. Molchanova E.I., Obolyaninova V.G., Berkovits L.A., Smagunova A.N. [The use of standard samples for calibration in the X-ray fluorescence analysis of sediment]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1995, vol. 50, no. 3, p. 253-257 (in Russian).
93. Losev N.F., Revenko A.G., Suchorukov B.L., Smagunova A.N., Pavlinskij G.V. [Investigation of the dependence of the background intensity on the excitation conditions and the chemical composition of the samples]. *Vortrage der Tagung «Die Rontgenspektrometrie und ihre Bedeutung als Analysenmethode»*. [Reports of the conference «X-ray spectrometry and its importance as an analytical method»]. Berlin, 1972, pp. 192-215 (in German).
94. Sukhorukov B., Smagunova A., Pavlinsky G., Losev N. [Investigation of the background composition in the short-wavelength region of the x-ray fluorescence spectrum]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1975, vol. 30, no. 2, p. 372-375 (in Russian).
95. Smagunova A.N., Molchanova E.I., Usova E.F. [Accounting for the background in the X-ray fluorescence determination of low contents of elements in steels]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1987, vol. 42, no. 10, p. 1797-1807 (in Russian).
96. Belykh V.V., Smagunova A.N., Kozlov V.A. [Multiple scattered radiation in X-ray radiometric analysis]. *Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]*, 1994, vol. 49, no. 10, p. 1092-1096 (in Russian).
97. Smagunova A.N., Ondar U.V., Nikitina V.G., Kozlov V.A. Background Intensity as a Function of the Particle Size of a Radiating Sample in X-ray Fluorescence Spectroscopy. *Journal of Analytical Chemistry*, 2001, vol. 56, no. 9, p. 833-836. <https://doi.org/10.1023/A:1016760413125>
98. Chuparina E.V., Smagunova A.N., Eliseeva L.A. Study of the Processes of Background Formation in the Long-Wavelength Region of X-Ray Spectrum. *Journal of Analytical Chemistry*, 2015, vol. 70, no. 8, p. 949-955. <https://doi.org/10.1134/S1061934815080055>
99. Smagunova A.N., Gunicheva T.N., Karpukova O.M., Kozlov V.A. [X-ray analysis of atmospheric aerosols]. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1993. vol. 59, no. 4, pp. 20-27 (in Russian).
100. Karpukova O.M., Smagunova A.N., Kozlov V.A. Estimation error of sampling atmospheric aerosols. *Zavodskaja laboratorija [Industrial laboratory]*, 1995. vol. 61, no. 12. pp. 18-20 (in Russian).
101. Bolormaa O., Karpukova O.M., Rozova O.F., Polonnikova V.V., Reshetnik L.A., Smagunova A.N. [Determination of

- Zinc in Hair by X-Ray Spectrometry] *Zhurnal analiticheskoi khimii* [Journal of Analytical Chemistry], 1998. vol. 53. no. 7. pp. 772-775 (in Russian).
102. Bolormaa O., Karpukova O.M., Gerbish Sh., Dorj D., Smagunova A.N. [Development of procedure of X-ray fluorescence analysis of hair using a spectrometer with full external reflection of the primary radiation]. *Analitika i kontrol'* [Analytical and control], 1999. vol. 3, no. 3. pp. 27-31 (in Russian).
103. Smagunova A.N., Rozova O.F., Aprelkova N.F., Belykh L.I., Kireeva A.N., Martynova N.A., Karpukova O.M., Ivanova E.I., Myl'nikova L.I., Ondar U.V., Bazina I.G., Biryukova E.V. [Impact of aluminum plant emissions on soils and plants in the nearby area]. *Ecological chemistry*. 1999. Issue 8, no. 4. pp. 253-261 (in Russian).
104. Ondar U.V., Karpukova O.M., Бутаков Э.М., Шитенкова Е.А., Smagunova A.N. [Development of procedures for X-ray fluorescent determination of As in soils and solid waste from the processing of cobalt ore]. *Analitika i kontrol'* [Analytical and control], 2000. vol. 4, no. 1. pp. 66-71 (in Russian).
105. Smagunova A.N., Karpukova O.M., Korzhova E.N., Kozlov V.A., Kuznetsova O.V. [Using the X-ray method for the analysis of atmospheric aerosols]. [Optics of the atmosphere and the ocean]. 2002. vol. 15, pp. 641-644 (in Russian).
106. Kuznetsova O.V., Korzhova E.N., Smagunova A.N., Mukhetdinova A.V., Tomilova O.A., Sizykh Yu.I. Comparison of the Results of Atomic Absorption and X-ray Fluorescence Analysis of Metals in Atmospheric Aerosols. *Journal of Analytical Chemistry*, 2004. vol. 59, no. 1, pp. 39-44. <https://doi.org/10.1023/B:JANC.0000011666.96528.bd>
107. Stavitskaya M.V., Korzhova E.N., Smagunova A.N. Development of a Procedure for the Determination of X-Ray Fluorescence of Metals in Aerosols. *Journal of Analytical Chemistry*. 2010. vol. 65, no. 12, pp. 1245-1253. <https://doi.org/10.1134/S1061934810120087>
108. Pashkova G.V., Smagunova A.N. [Study of sources of errors in the preparation of milk products for non-destructive x-ray fluorescence analysis] *Analitika i kontrol'*. [Analytical and control], 2011, vol. 15. no. 1, pp. 47-55 (in Russian).
109. Smagunova A.N., Pashkova G.V. Choice of optimal conditions for X-ray fluorescence analysis of milk products with varying fat content // *X-Ray Spectrom.* 2013. V. 42, no. 6, pp. 546-551. DOI 10.1002/xrs.2519
110. Stepanova T.V., Ondar U.V., Korzhova E.N., Tolmacheva V.S., Smagunova A.N. Choice of Optimum Conditions of Emitter Preparation for X-Ray Fluorescence Analysis of Aerosols. *Journal of Analytical Chemistry*, 2017. vol. 72, no. 2, pp. 163-170. <https://doi.org/10.1134/S1061934817020125>
111. Belykh L.I., Malykh Yu.M., Smagunova A.N., Penzina E.E., Kozlov V.A. Estimation of the Sampling Error in the Determination of Benzo[a]pyrene in Organized Gas-Dust Air Emissions. *Journal of Analytical Chemistry*. 2003. vol. 58, no. 7, pp. 665-672. <https://doi.org/10.1023/A:1024760104373>
112. Smagunova A.N., Ondar U.V., Molchanova E.I., Vashukevich H.V., Kozlov V.A., Aprelkova N.G., Boshchenko N.V. X-ray Fluorescence Determination of Heavy Metals in Humic Acids. *Journal of Analytical Chemistry*. 2004. vol. 59, no. 11, pp. 1066-1072. <https://doi.org/10.1023/B:JANC.0000047009.01907.14>
113. Malykh Yu.M., Belykh L.I., Smagunova A.N., Korzhova E.N., Penzina E.E., Kozlov V.A. [Metrological investigations of Benzo[a]pyrene Determination Methods in industrial Emissions from fixed Sources by low-temperature luminescence]. *Analitika i kontrol'* [Analytical and control], 2002, vol. 6, no. 1, pp. 61-70 (in Russian).

