

Для цитирования: Аналитика и контроль. 2020. Т. 24, № 2. С. 152-157
For citation: *Analitika i kontrol'* [Analytics and Control], 2020, vol. 24, no. 2, pp. 152-157

Памяти Дмитрия Алексеевича Гоганова (07.05.1936 – 15.02.2020)

In Memory of Dmitry Alekseevich Goganov (07 May 1936 – 15 February 2020)

Адрес для переписки: Калинин Борис Дмитриевич, E-mail: kalinin_boris@mail.ru
Corresponding author: Boris D. Kalinin, E-mail: kalinin_boris@mail.ru

Поступила в редакцию 26 марта 2020 г.
Submitted 26 March 2020



Дмитрий Алексеевич Гоганов (07.05.1936 – 15.02.2020). Доктор технических наук, член Научного совета РАН по аналитической химии, лауреат государственной премии СССР 1978 г. за цикл работ по рентгеновскому излучению Солнца. Награждён орденами «За заслуги перед Отечеством» и «Знак Почета» за разработку и серийное производство газоразрядных спектрометрических и позиционно-чувствительных детекторов рентгеновского излучения в приборах, применяемых в науке и технике.

Dmitry Alekseevich Goganov (07.05.1936 – 15.02.2020). Doctor of Technical Sciences, member of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Analytical Chemistry, winner of the 1978 USSR State Prize for the cycle of work on X-ray radiation of the Sun. He was awarded the «Order of Merit to the Fatherland» and the “Sign of Honor” for the development and serial production of gas-discharge spectrometric and positional-sensitive X-ray detectors in the devices used in science and technology.

УРАЛЬСКИЙ СТАРТ

Дмитрий Алексеевич Гоганов родился 7 мая 1936 г. в г. Свердловске (Екатеринбург). Родители – работники сельского хозяйства, закончили агрономический факультет Пермского Университета в 1925 г. Отец работал преподавателем в школе Народного комиссариата зерновых и животноводческих совхозов СССР в г. Свердловске; мать – агрохимик. В начале 1938 г. отец был арестован по политическим мотивам (ст. 58). В начале 1940 г. уголовное дело в отношении Гоганова Алексея Владимировича (1899 г.р.) было прекращено за отсутствием состава преступления с полной реабилитацией. Новая жизнь началась в г. Пермь, куда был направлен отец. Родители не пали духом – отец работал в воинской части, в дальнейшем он – заместитель директора по науке Пермской сельскохозяйственной станции, защитил кандидатскую диссертацию, стал соавтором нескольких учебников по сельскому хозяйству.

В 1943 г. Дмитрий Гоганов поступил в школу. По настоянию родителей, Дмитрий с братом Владимиром и сестрой Ириной окончили музыкальную школу по классу фортепиано. Сестра закончила консерваторию и преподавала в музыкальном училище. Брат закончил геологический факультет Пермского университета и объездил со своей семьей весь СССР. Дополнительно получил образование для осуществления статистической обработки результатов геологического поиска.

В 1953 г. Дмитрий Гоганов окончил школу с серебряной медалью и, с согласия родителей, уехал в Ленинград для получения высшего образования.

НАЧАЛО УЧЕБЫ В ЛЕНИНГРАДЕ

В 1953 г. Дмитрий Гоганов сдал вступительные экзамены в Ленинградский Государственный Университет (ЛГУ) и был зачислен на физический факультет. Учеба шла успешно, и Дмитрий Гоганов получал все время повышенную стипендию. Проблем с учёбой не было. Наряду с общими предметами начались специальные курсы, где сделан был упор на физический смысл методов рентгенографии и кристаллографии. Лекции читали известные советские ученые, внесшие большой вклад в исследование физики рентгеновского излучения и развитие рентгеновского приборостроения: Михаил Александрович Румш, Евгений Александрович Порай-Кошиц, Андрей Петрович Лукирский.

В университетских лабораториях было начато изготовление образцов рентгеновских детекторов различных конструкций, параллельно создавалась электроника для этих детекторов.

СТАНОВЛЕНИЕ УЧЕНОГО

В 1958 г. Дмитрий Гоганов поступил в аспирантуру ЛГУ. Направление научной работы определил Е.А. Порай-Кошиц: «Исследование структуры

неорганических стекол методом рентгеновского малоуглового рассеяния», которая впоследствии стала темой его кандидатской диссертации. Работа в этом научном направлении определила стойкий технический интерес к детекторам рентгеновского излучения, поскольку именно эти технические устройства должны были повысить информативность малоугловых исследований неорганических стекол.

В 1962 г. Дмитрий Алексеевич был назначен на должность руководителя группы электротехнической лаборатории в Специальном конструкторском бюро Рентгеновской Аппаратуры (СКБ РА). В 1964 г. Дмитрий Алексеевич становится начальником лаборатории рентгеновских детекторов. Днём Дмитрий Алексеевич занимался разработками детекторов мягкого рентгеновского излучения, а вечером приезжал в Институт химии силикатов АН СССР и анализировал очередной образец стекла в малоугловой области на уже созданном с его участием малоугловом дифрактометре, в основе которого использовался газовый пропорциональный счетчик. По результатам работы на малоугловом дифрактометре были опубликованы три статьи в журналах «Приборы и техника эксперимента» и «Доклады Академии наук СССР» [1-3]. В 1969 г. Дмитрий Алексеевич был назначен начальником рентгенофизического отдела СКБ РА. 20 июня 1969 г., после защиты диссертации, Д.А. Гоганову решением Совета Института Химии силикатов им. И.В. Гребенщикова АН СССР была присуждена учёная степень кандидата технических наук.

НАУЧНАЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

По месту своей основной деятельности в СКБ РА Дмитрий Алексеевич активно проводил работы по созданию разнообразных систем регистрации рентгеновского излучения.

Газовые пропорциональные детекторы. При создании таких изделий был решён ряд научных задач: определение требований к чистоте газа-наполнителя, расчёт электростатических полей, радиационный ресурс. Это дополнялось решением таких технологических проблем, как выбор материала конструкции, используемых клеев, различных видов сварки (аргонодуговая, лазерная), методов получения вакуума и очистки газов. Была развита метрология измерения параметров детекторов, включавшая измерительные стенды, программы и методики испытаний, эталонные образцы. Метрологическое обеспечение создавалось в сотрудничестве с ВНИИФТРИ Госстандарта СССР.

В середине 70-х годов было подготовлено несколько десятков конструкций рентгеновских отпаянных (СРПО) и проточных (СРПП) газоразрядных детекторов и блоков детектирования, которые обеспечили регистрацию излучения от углерода до

железа в рентгеновских многоканальных и сканирующих спектрометрах [4].

Сцинтилляционные детекторы. Активно велись работы по созданию сцинтилляционных блоков детектирования, наиболее надёжных счётчиков рентгеновского излучения; они являются основными в рентгеновском анализе в диапазоне энергий от 5 до 40 кэВ. Сочетание кристаллов-сцинтилляторов и фотоэлектронных умножителей позволяет создавать низкошумящие устройства с эффективностью регистрации, близкой к 95 % в вышеуказанном диапазоне энергий. При проектировании таких детекторов была проведена значительная работа по выбору материала кристалла-сцинтиллятора и конструкции счётчика, а также по подбору фотоэлектронных умножителей для регистрации низкоэнергетического излучения. Исследования велись в сотрудничестве с Львовским госуниверситетом и ВНИИ Монокристаллов (г. Харьков). Результатом явилось создание целой серии блоков детектирования.

Детекторы для космических исследований.

После запуска первого спутника в нашей стране были начаты научно-исследовательские работы по спектрометрии рентгеновского излучения в космосе. Эти работы потребовали разработки и создания специальных детекторов для диапазона энергии 1–120 кэВ. За время с 1964 г. были проведены исследования и создано около 15 моделей счётчиков для измерения рентгеновского излучения в космосе [5]. Все созданные изделия можно разделить на три группы: газовые пропорциональные счётчики для исследования галактических и внегалактических источников (наиболее технологически совершенна в этой группе была многопроволочная пропорциональная камера (МПК-С)¹); детекторы для установки в фокусе рентгеновских телескопов с концентрацией потоков от звезд с помощью оптики скользящего падения; наконец, детекторы для использования в датчиках для рентгенорадиометрического анализа грунта иных космических тел Солнечной системы.

В целом с 1965 по 1985 гг. были разработаны, изготовлены и успешно использованы в космическом эксперименте счётчики специальных конструкций: СРПП-30 и -31, СРПП-36 и -37, СРПО-30, СРПО-30М, СРПО-31 и -32, СРПО-304 и -304М, СРПО-308. Изготовлено 600 шт. таких детекторов, позволивших осуществить 10 удачных экспериментов при изучении рентгеновского излучения Солнца (Интеркосмос-3, -4, -5), звезд (Салют-4, Космос-335, Луноход-1, Салют-4, Астрон) и планеты Венера (Вега-1, -2). Для проекта «Гранат» было изготовлено 20 камер МПК-С для диапазона энергий рентгеновского излучения 3–120 кэВ.

Каждый из детекторов обладал своеобразием и соответствовал специфическим требованиям. Так, счётчики для аппаратов «Вега» в соответствии с программой должны были выдержать шесть месяцев

полёта в космическом вакууме. После посадки они должны были в течение часа при температуре 70 °С измерять интенсивности излучения аналитических линий для проведения анализа химического состава грунта; с учётом уровня наводок на борту требовалось, чтобы сигнал с детектора был не менее 50 мВ. Конструкции и технологии, ориентированные на космос, обеспечивали длительную работоспособность устройств на орбите (в случае десяти счётчиков СРПО-304 на станции «Астрон» — шесть лет). Так взвешенные эксперименты способствовали повышению надёжности обычных серийных изделий.

Созданные детекторы позволили получить ценную научную информацию по интенсивностям и спектральному распределению рентгеновского излучения звезд, барстеров (вспыхивающих галактических рентгеновских источников с длительностью вспышек порядка 10 с), черных дыр, исследованию кинетики рентгеновских вспышек; обнаружена поляризация рентгеновского излучения солнечных вспышек и тем самым доказан нетепловой характер генерируемого при этом излучения. Был определен состав грунта Венеры в различных областях на ее поверхности.

27 октября 1978 г. постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Гоганову Дмитрию Алексеевичу, сотрудникам Института спектроскопии АН СССР и Физического института им. П.Н. Лебедева Академии наук СССР присуждена Государственная Премия СССР в области науки «за цикл работ по рентгеновскому излучению Солнца»².

Полупроводниковые детекторы. Важное место в аппаратуре рентгеновского анализа занимают полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения (ППД). Обладая наивысшим энергетическим разрешением в сравнении с другими детекторами, они способны зарегистрировать отдельно линии рентгеновского флуоресцентного излучения практически всех элементов Периодической системы. Это делает данные детекторы незаменимыми при использовании в бескристалльных рентгенофлуоресцентных анализаторах, в приставках для элементного анализа к растровым электронным микроскопам и микроанализаторам.

В содружестве с Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе АН СССР разрабатывались охлаждаемые германиевые детекторы, а в содружестве с Ленинградским институтом ядерной физики им. Б.П. Константинова были разработаны и выпускались мелкими сериями германиевые детекторы, способные сохранять свою структуру при комнатной температуре.

Блоки детектирования, включающие криостат, детектор и предусилитель, обеспечивали высокий вакуум в головке детектора и эффективное охлаждение, как самого счётчика, так и головно-

¹ Французский физик Жорж Шарпак в 1992 г. получил Нобелевскую премию по физике «за открытие и создание детекторов частиц, в частности многопроволочной пропорциональной камеры».

² Американский физик итальянского происхождения Риккардо Джакони в 2002 году получил половину Нобелевской премии по физике «за исследования в области астрофизики, которые привели к открытию космических источников рентгеновского излучения».

го каскада. Типичное значение энергетического разрешения, достигнутое с помощью таких блоков детектирования, составляло 180-250 эВ. На основе созданных детекторов были впервые в стране разработаны промышленные спектрометры АРСР-1 и АРСР-2 — лабораторные анализаторы элементного состава для использования в геологии и водоохранной практике.

Позиционно-чувствительные детекторы.

Кроме разработки газовых пропорциональных счетчиков были созданы позиционно-чувствительные детекторы (ПЧД) мягкого рентгеновского излучения [6]. Они позволили одновременно регистрировать целые участки рентгендифракционного спектра, приводя к сокращению экспозиции (до 100 раз) что давало возможность измерять кинетику фазовых превращений в веществе. В лаборатории детекторов Д.А. Гоганова был создан оригинальный резистивный анод с высоким рабочим ресурсом, выдерживающий попадания мощного первичного пучка в объем детектора, и на его основе создать линейный и изогнутый по радиусу ПЧД. ПЧД обладали высоким позиционным и энергетическим разрешением ($\leq 20\%$ на линии $\text{CuK}\alpha$). Изучены основные факторы, определяющие позиционное разрешение. Впервые экспериментально была показана возможность определения степени поляризации рентгеновского излучения на линии $\text{CuK}\alpha$ по изменению пространственного разрешения линейного координатно-чувствительного газового детектора, предложен оригинальный способ определения степени поляризации. Создан отпаянный линейный позиционно-чувствительный детектор с разрешением лучше 120 мкм для рабочей длины окна 50 мм. Для регистрации расходящихся пучков рентгеновских лучей создан изогнутый по радиусу детектор с диапазоном углов регистрации 55° (2θ); лучшее разрешение в центре окна достигало 190 мкм, а на краях — 240 мкм. Впервые обоснован и предложен метод «шунта» для исправления интегральной и дифференциальной нелинейности характеристики преобразования. Метод запатентован в США, ФРГ, Франции и ряде других стран.

Электролюминесцентные детекторы.

Требования к точности аппаратуры и её разрешающей способности выявили необходимость исследований по созданию новых типов газоразрядных спектрометрических детекторов с эффектом электролюминесценции. Комбинация газовой ионизационной камеры и детектора фотонов привели к созданию детектора с разрешением в два-три раза более высоким, чем с обычным пропорциональным счётчиком В этом детекторе первичные электроны, возникшие при поглощении квантов в газовой смеси, в сильном электрическом поле возбуждают атомы инертных газов, в результате чего возникает ультрафиолетовое излучение, регистрируемое фотоэлектронным умножителем. Такие детекторы способны разделить линии флуоресцентного излучения элементов Z

и $(Z + 2)$ в диапазоне средних Z. Эта задача под руководством Д.А. Гоганова была решена в ходе разработки нового типа газонаполненного счетчика — электролюминесцентного детектора (ДЭЛГ) наполненного чистым ксеноном [7-10]. Подобные детекторы (энергетическое разрешение лучше 10 % для излучения с энергией 5.9 кэВ, площадь окна более 100 мм²) позволили создать промышленную партию анализаторов серии БРА, применяемых в качестве инструмента диагностики износа двигателей в авиации. В трудах Д.А. Гоганова и соавторов были показаны возможности использования ДЭЛГ в рентгеновских дифрактометрах (без подавления $\text{K}\beta$ -линии анода фильтром), а также при анализе поверхностной структуры (слой толщиной 200 нм, использование синхротронного излучения) упрочненной лазером стали. Непосредственное участие Д.А. Гоганова обеспечило весомые научные результаты в достижении предельных характеристик ДЭЛГ посредством замены ФЭУ фотоэлементом и анализом возможности использования смеси инертных газов в качестве рабочего наполнения ДЭЛГ. Следует особенно отметить конструкцию ДЭЛГ со встроенным фотокатодом, а также ДЭЛГ с рекордным разрешением 7.25 % (для излучения с энергией 5.9 кэВ).

Рентгеновские детекторы для исследования биологических объектов. В 70-е гг. появился большой круг задач, связанный с исследованиями структурных изменений биологических объектов в прижизненном состоянии. Для решения такого рода задач требовалось создать метод скоростной дифрактометрии с временным разрешением порядка секунд и даже миллисекунд. Это в свою очередь выдвинуло требования, как к интенсивности рентгеновского источника, так и к эффективности регистрации детектирующим устройством дифрагированного рентгеновского излучения. У истоков решения этой задачи стоял отдел, руководимый Д.А. Гогановым. Уже в 1978 г. ими была обоснована и показана возможность создания метода скоростной дифрактометрии на основе использования синхротронного излучения накопителя ВЭПП-3 и полупроводникового спектрометра СЭРП-1 для изучения прижизненных состояний биологических объектов и получения информации о динамике структурных превращений. Зарегистрировано изменение дифракционной картины в процессе функционирования биологической системы.

При дифрактометрии кристаллов белков возникают экспериментальные трудности из-за большого числа отражений, подлежащих измерению, а также малой их интенсивности. Дополнительные трудности обусловлены радиационным разрушением белка и его нестабильностью во времени. Таким образом, перед исследователями биологических объектов стояла задача измерения интенсивностей с требуемой точностью при минимальной экспозиции в рентгеновском пучке. Многоканальный дифрактометр с мозаичным детектором из 512 миниатюрных

пропорциональных счетчиков позволил ускорить съемку белков в 20-60 раз при соответствующем сокращении дозы облучения образца [11]. В работе было показано, что, для того, чтобы уменьшить погрешность измерений из-за поглощения в перегородках между счетчиками до допустимого уровня, ширина дифрагированного пучка должна быть близка к ширине входного окна счетчика. Для регулирования ширины дифрагированного пучка было предложено изменять в гониометре расстояние от источника до образца, и блок детекторов излучения должен быть выполнен в виде дискретного набора одномерных детекторов излучения, расположенных параллельно друг другу, с механизмами для изменения расстояния между ними. Возможности новой рентгенооптической схемы для исследования структуры белков было реализовано на дифрактометре ДАРК-2.0 [12], где было показано, что она позволяет находить оптимальные условия съемки каждого конкретного кристалла белка и минимизировать погрешности измерения, вызванные поглощением в перегородках между элементами детектора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе вновь разработанных с участием Д.А. Гоганова детекторов рентгеновского излучения были сконструированы и внедрены в серийное производство для нужд промышленности рентгеновские спектрометры, анализаторы и квантометры, рентгеновские дифрактометры и иная рентгеновская аппаратура.

Несмотря на заводскую структуру НПП «Буревестник», Гоганову Д.А. удавалось сохранить исследовательский дух в работе отдела. В результате сотрудники защитили пять кандидатских диссертаций и одну на соискание ученой степени доктора технических наук на тему «Спектрометрические и позиционно-чувствительные детекторы рентгеновского излучения и их применение» в 1991 г. защитил Д.А. Гоганов.

Гоганов Д.А. является автором и соавтором свыше 100 научных работ, авторских свидетельств и патентов (в том числе в США, Германии и др.), активно участвовал в международном сотрудничестве (Германия, Финляндия). В конце своей трудовой деятельности Д.А. Гоганов опубликовал сборник «Лучших научных работ доктора технических наук Гоганова Дмитрия Алексеевича. 07.05.2015 [1-10]. Эти работы в полной мере отражают область научных интересов Д.А. Гоганова, описывают результаты его творческой деятельности. Данный сборник был выпущен небольшим тиражом в мае 2016 г. и передавался автором при жизни всем заинтересованным лицам.

Таковы основные достижения Гоганова Дмитрия Алексеевича в области физики и техники изме-

рения рентгеновского излучения. Деятельность Д.А. Гоганова легла в основу разработки целых направлений рентгеноспектральных и рентгеноструктурных приборов, а также в области исследования веществ и материалов (интерпретация данных и их анализ), которые и в настоящее время имеют широкое распространение.

15 февраля 2020 года Гоганова Дмитрия Алексеевича не стало. Ушел из жизни большой ученый, инженер-разработчик, прекрасный человек, заботливый отец, отличный руководитель, преданный своему коллективу, благодарный своим учителям, родителям, своей семье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гоганов Д.А., Порай-Кошиц Е.А., Соколов Ю.Г. Малоугловая камера с пропорциональным счетчиком рентгеновского излучения // Приборы и техника эксперимента. 1963. № 3. С. 155-160.
2. Гоганов Д.А., Порай-Кошиц Е.А. Изменение надмолекулярной структуры натриево-силикатного стекла при его нагревании // Доклады Академии наук СССР. 1965. Т. 165, № 5. С. 1037-1040.
3. Гоганов Д.А., Порай-Кошиц Е.А. О ликвиционной природе неоднородного строения малощелочных натриево-силикатных стекол // Доклады Академии наук СССР. 1966. Т. 167, № 6. С. 1266-1368.
4. Гоганов Д.А. Экспериментальное наблюдение зависимости энергетического разрешения пропорциональных счетчиков от коэффициента газового усиления / Д.А. Гоганов (и др.) // Аппаратура и методы рентгеновского анализа. Л.: Машиностроение. 1972. Вып. 10. С. 192-196.
5. Комяк Н.И., Гоганов Д.А. Газовые пропорциональные счетчики для космических исследований // Научное приборостроение. 2000. Т. 10, № 1. С. 14-18.
6. Позиционно-чувствительные детекторы мягкого рентгеновского излучения и их применение / Д.А. Гоганов (и др.) // Приборы и техника эксперимента. 2015. № 1. С. 109-116.
7. Goganov D.A., Schultz A.A. A gas electroluminescence detector with improved performance for X-ray analysis instruments // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1997. A 394. P. 151-156.
8. Goganov D.A., Schultz A.A. A gas-filled electroluminescence detector for EDXRF Spectrometry // X-Ray Spectrometry. 2006. V. 35. P. 47-51.
9. Goganov A.I.D., Goganov D.A., Schultz A.A., Vazina A.A. Electroluminescence gas-filled detector with a build-in photocell // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2009. A 603. P. 56-57
10. Гоганов Д.А., Шульц А.А. Характеристики газового электролюминесцентного детектора рентгеновского излучения, наполненного смесью аргон+ксенон // Приборы и техника эксперимента. 2011. № 3. С. 126-130.
11. А.с. 458747 СССР М. Кл. G 01p 23/20 Многоканальный дифрактометр / Вайнштейн Б.К. и [др.] (СССР) № 1881913/26-25 (51), Заявлено 14.02.73 (21); опубл. 30.01.75. Бюл. № 4.
12. Методика исследования белков в 512-канальном дифрактометре ДАРК-2,0 / О.И. Агеев [и др.] // Кристаллография. 1981. Т. 26, № 3. С. 451-457.

REFERENCES

1. Goganov D.A., Poray-Koshitz E.A., Sokolov Y.G. [Low-angle camera with a proportional X-ray radiation counter]. *Pribory i tekhnika eksperimenta [Experiment devices and techniques]*, 1963, no. 3, pp. 155-160 (in Russian).
2. Goganov D.A., Poray-Koshitz E.A. [Changing the supramolecular structure of sodium-silicate glass when it is heated]. *Doklady Akademii nauk SSSR [Reports of the Academy of Sciences of the USSR]*, 1965, vol. 165, no. 5, pp. 1037-1040 (in Russian).
3. Goganov D.A., Poray-Koshitz E.A. [On the jubilation alkaline structure of low-alkaline sodium-silicate glass]. *Doklady Akademii nauk SSSR [Reports of the Academy of Sciences of the USSR]*, 1966, vol. 167, no. 6, pp. 1266-1368 (in Russian).
4. Goganov D.A., Shchukovsky A.N., Komyak Ni, Ponomyrev V.S., Tsvetova N.B. [Experimental observation of the dependence of energy resolution of proportional counter on the gas gain factor]. *Apparatura i metody rentgenovskogo analiza [Equipment and methods of X-ray analysis]*. L., Mechanical Engineering Publ., 1972, vol. 10, pp. 192-196 (in Russian).
5. Komyak N.I., Goganov D.A. [Gas proportional counter for space research]. *Nauchnoe priborostroenie [Scientific instrumentation]*, 2000, vol. 10, no.1 pp. 14-18 (in Russian).
6. Goganov D.A., Kazansky B.V., Klimenskaya D.A., Klochkova I.B., Lebedev A.G., Lepik I.P., Pronichev V.A., Protasov Y.V., Serebryakov A.S. [Positional-sensitive detectors of soft X-ray radiation and their use]. *Pribory i tekhnika eksperimenta [Experiment devices and techniques]*, 2015, no 1, pp. 109-116. DOI: 10.7868/S0032816215010188 (in Russian).
7. Goganov D.A., Schultz A.A. A gas electroluminescence detector with improved performance for X-ray analysis instruments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 1997, vol. A 394, pp. 151-156.
8. Goganov D.A., Schultz A.A. A gas-filled electroluminescence detector for EDXRF Spectrometry. *X-Ray Spectrometry*, 2006, vol. 35, pp. 47-51. DOI: 10.1002/xrs.814.
9. Goganov A.I.D., Goganov D.A., Schultz A.A., Vazina A.A. Electroluminescence gas-filled detector with a build-in photocell. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 2009, vol. A 603, pp. 56-57. DOI: 10.1016/j.nima.2008.12.229.
10. Goganov D.A., Schulz A.A. [Characteristics of a gas electroluminescent X-ray detector filled with a mixture of argon-xenon]. *Pribory i tekhnika eksperimenta [Experiment devices and techniques]*, 2011, no. 3, pp. 126-130 (in Russian).
11. Weinstein B.C., Goganov D.A., Dmitriev G.D., Komyak N.I., Lube E.L., Malakhova L.F., Mirensky A.V., Reznikov F.P., Heiker D.M. *Mnogokanal'nyi difraktometr [Multichannel Diffractometer]*. Patent USSR, no. 458747, 1975 (in Russian).
12. Ageev O.I., Harutyunyan E.G., Goganov D.A., Popov A.N., Haker D.M., Shulmeister V.M. [Protein research technique in the 512-channel diffractometer DARK-2.0]. *Kristallografiya [Crystallography]*, 1981. vol. 26, no. 3. pp. 451-457 (in Russian).

**Коллеги по работе, учебе,
научным изысканиям.**