

ISSN 2518-170X (Online)
ISSN 2224-5278 (Print)

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

4 (460)

JULY – AUGUST 2023

THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными

возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

С уважением, Благотворительный Фонд «Халык»!

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of geology and technical sciences scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of geology and technical sciences in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of geology and engineering sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді геология және техникалық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по геологии и техническим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) **Н = 4**

Ғылыми хатшы

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА жауапты хатшысы, А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты (Алматы, Қазақстан) **Н = 5**

Редакциялық алқа:

ӘБСАМЕТОВ Мәліс Құдысұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «У.М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институтының» директоры (Алматы, Қазақстан) **Н = 2**

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтайұлы (бас редактордың орынбасары), геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, Қ.И. Сатпаев атындағы геология ғылымдары институтының директоры (Алматы, Қазақстан) **Н = 2**

СНОУ Дэниел, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Небраска университетінің Су ғылымдары зертханасының директоры (Небраска штаты, АҚШ) **Н = 32**

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, табиғи тарих мұражайының Жер туралы ғылымдар бөлімінде петрология және пайдалы қазбалар кен орындары саласындағы зерттеулердің жетекшісі (Лондон, Англия) **Н = 37**

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, техника ғылымдарының докторы, Нанси университетінің профессоры (Нанси, Франция) **Н = 15**

ШЕН Пин, Ph.D, Қытай геологиялық қоғамының тау геологиясы комитеті директорының орынбасары, Американдық экономикалық геологтар қауымдастығының мүшесі (Пекин, Қытай) **Н = 25**

ФИШЕР Аксель, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) **Н = 6**

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, РФА академигі, А.А. Трофимука атындағы мұнай-газ геологиясы және геофизика институты (Новосибирск, Ресей) **Н = 19**

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, химия ғылымдарының докторы, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) **Н = 13**

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, Дрезден техникалық университетінің қауымдастырылған профессоры (Дрезден, Берлин) **Н = 20**

СЕЙТМҰРАТОВА Элеонора Юсуповна, геология-минералогия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қ.И. Сатпаев атындағы Геология ғылымдары институты зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) **Н = 11**

САҒЫНТАЕВ Жанай, Ph.D, қауымдастырылған профессор, Назарбаев университеті (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) **Н = 11**

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, Бикокк Милан университеті қауымдастырылған профессоры (Милан, Италия) **Н = 28**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ39VPY00025420** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *геология, мұнай және газды өңдеудің химиялық технологиялары, мұнай химиясы, металдарды алу және олардың қосындыларының технологиясы.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2023

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) **Н = 4**

Ученый секретарь

АБСАДЫКОВ Бахыт Нарикбаевич, доктор технических наук, профессор, ответственный секретарь НАН РК, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова (Алматы, Казахстан) **Н = 5**

Редакционная коллегия:

АБСАМЕТОВ Малис Кудысович, (заместитель главного редактора), доктор геологоминералогических наук, профессор, академик НАН РК, директор Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (Алматы, Казахстан) **Н = 2**

ЖОЛТАЕВ Герой Жолтаевич, (заместитель главного редактора), доктор геологоминералогических наук, профессор, директор Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) **Н=2**

СНОУ Дэниел, Ph.D, ассоциированный профессор, директор Лаборатории водных наук университета Небраски (штат Небраска, США) **Н = 32**

ЗЕЛЬТМАН Реймар, Ph.D, руководитель исследований в области петрологии и месторождений полезных ископаемых в Отделе наук о Земле Музея естественной истории (Лондон, Англия) **Н = 37**

ПАНФИЛОВ Михаил Борисович, доктор технических наук, профессор Университета Нанси (Нанси, Франция) **Н=15**

ШЕН Пин, Ph.D, заместитель директора Комитета по горной геологии Китайского геологического общества, член Американской ассоциации экономических геологов (Пекин, Китай) **Н = 25**

ФИШЕР Аксель, ассоциированный профессор, Ph.D, технический университет Дрезден (Дрезден, Берлин) **Н = 6**

КОНТОРОВИЧ Алексей Эмильевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск, Россия) **Н = 19**

АГАБЕКОВ Владимир Енокович, доктор химических наук, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) **Н = 13**

КАТАЛИН Стефан, Ph.D, ассоциированный профессор, Технический университет (Дрезден, Берлин) **Н = 20**

СЕЙТМУРАТОВА Элеонора Юсуповна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, заведующая лабораторией Института геологических наук им. К.И. Сатпаева (Алматы, Казахстан) **Н=11**

САГИНТАЕВ Жанай, Ph.D, ассоциированный профессор, Назарбаев университет (Нурсултан, Казахстан) **Н = 11**

ФРАТТИНИ Паоло, Ph.D, ассоциированный профессор, Миланский университет Бикокк (Милан, Италия) **Н = 28**

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ39VPY00025420**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *геология, химические технологии переработки нефти и газа, нефтехимия, технологии извлечения металлов и их соединений.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editorial chief

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) **H = 4**

Scientific secretary

ABSADYKOV Bakhyt Narikbaevich, doctor of technical sciences, professor, executive secretary of NAS RK, Bekturov Institute of chemical sciences (Almaty, Kazakhstan) **H = 5**

Editorial board:

ABSAMETOV Malis Kudysovich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the Akhmedsafin Institute of hydrogeology and hydrophysics (Almaty, Kazakhstan) **H=2**

ZHOLTAEV Geroy Zholtaevich, (deputy editor-in-chief), doctor of geological and mineralogical sciences, professor, director of the institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) **H=2**

SNOW Daniel, Ph.D, associate professor, director of the laboratory of water sciences, Nebraska University (Nebraska, USA) **H = 32**

ZELTMAN Reyman, Ph.D, head of research department in petrology and mineral deposits in the Earth sciences section of the museum of natural history (London, England) **H = 37**

PANFILOV Mikhail Borisovich, doctor of technical sciences, professor at the Nancy University (Nancy, France) **H=15**

SHEN Ping, Ph.D, deputy director of the Committee for Mining geology of the China geological Society, Fellow of the American association of economic geologists (Beijing, China) **H = 25**

FISCHER Axel, Ph.D, associate professor, Dresden University of technology (Dresden, Germany) **H=6**

KONTOROVICH Aleksey Emilievich, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, academician of RAS, Trofimuk Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS (Novosibirsk, Russia) **H = 19**

AGABEKOV Vladimir Enokovich, doctor of chemistry, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of chemistry of new materials (Minsk, Belarus) **H = 13**

KATALIN Stephan, Ph.D, associate professor, Technical university (Dresden, Berlin) **H = 20**

SEITMURATOVA Eleonora Yusupovna, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, head of the laboratory of the Institute of geological sciences named after K.I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan) **H=11**

SAGINTAYEV Zhanay, Ph.D, associate professor, Nazarbayev University (Nursultan, Kazakhstan) **H = 11**

FRATTINI Paolo, Ph.D, associate professor, university of Milano-Bicocca (Milan, Italy) **H = 28**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ39VPY00025420**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *geology, chemical technologies for oil and gas processing, petrochemistry, technologies for extracting metals and their connections.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES
ISSN 2224–5278
Volume 4. Number 460 (2023), 84–96
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.387>

UDK 551.508.95, 537.533.3

© **A.T. Ibrayev**^{1,2*}, **D.A. Aitimova**³, 2023

¹Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems,
Uralsk, Kazakhstan;

²Kazakhstan Academy of Information and Business, Almaty, Kazakhstan;

³Kazakh National University named by Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: pok_rk@mail.ru

MODELING AND IMPROVEMENT OF RADIO FREQUENCY MASS SPECTROMETERS FOR THE ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF MINERALS AND THE ENVIRONMENT

Ibrayev Alpamys Tuyakovich — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher, Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems, Uralsk, Kazakhstan; Kazakhstan Academy of Information and Business, Almaty, Kazakhstan

E-mail: pok_rk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5263-0384>;

Aitimova Diana — PhD student at Kazakh National University named by Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

E-mail: diwka055@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4757-1321>.

Abstract. Analytical instruments and devices are widely used to solve a wide range of technological and managerial tasks in various fields of industry and society. For example, in geology, in the oil and gas, mining, metallurgical and chemical sectors of the economy, in environmental pollution control systems, as well as in many other areas of industry and the production of goods, there is a constant need to analyze the chemical composition of substances, minerals and gas mixtures. Currently, gas analyzers and chromatographs are often used to analyze the composition of binary and multicomponent gas mixtures. The advantages of these devices are simplicity and low cost. The main disadvantages of gas analyzers and chromatographs are: the duration of the analysis time, the small number of components analyzed by one device, low reliability and relatively short service life. These devices are practically not suitable for qualitative analysis of multicomponent minerals. Therefore, mass spectrometers are used for effective and qualitative analysis of the composition of various minerals and gas mixtures. Currently, there are various types of mass spectrometers whose operating principles are based on the focusing properties of magnetic and electric fields. At first, magnetic mass spectrometers were invented for a detailed analysis of the composition of substances, which were not widely used due to their high cost and bulkiness. Later, several types of less bulky mass spectrometers were invented, which do not use a magnetic field. These include time-of-flight and radio frequency (high

frequency) mass spectrometers. The disadvantages of time-of-flight mass spectrometers are their rather large dimensions and insufficiently high resolution, and high-frequency mass spectrometers have relatively low sensitivity. The disadvantages of a high-frequency mass spectrometer are associated with the presence of grid electrodes, which significantly impair its sensitivity and resolution. Therefore, in this article, in order to solve theoretical problems of improving radio frequency mass spectrometers, a method for modeling and analyzing the movements of charged particles in fields with a high-frequency component of the field in emission systems without grid electrodes is considered. The method proposed in the article for studying the focusing properties of charged particle sources with a high-frequency component of the field makes it possible to provide the necessary conditions for eliminating grid electrodes when designing specific radio frequency mass spectrometers with improved technical characteristics.

Keywords: mass spectrometer, mineral composition, emission system, high-frequency potential, property, sensitivity

© А.Т. Ибраев^{1,2*}, Д.А. Айтимова³, 2023

¹Қазақстанның инновациялық және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Орал, Қазақстан;

²Қазақстанның ақпарат және бизнес академиясы, Алматы, Қазақстан;

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: pok_rk@mail.ru

МИНЕРАЛДАР МЕН ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ҚҰРАМЫН ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН РАДИОЖИІЛІКТІ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЖЕТІЛДІРУ

Ибраев Алпамыс Тұяқұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, басшы ғылыми қызметкер, Қазақстанның инновациялық және телекоммуникациялық жүйелер университеті, Орал, Қазақстан; Қазақстанның ақпарат және бизнес академиясы, Алматы, Қазақстан

E-mail: pok_rk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5263-0384>;

Айтимова Диана — PhD докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: diwka055@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4757-1321>.

Аннотация. Өнеркәсіп пен қоғам өмірінің әртүрлі салаларында технологиялық және басқару жүйелердің мәселелерін кең ауқымды шешу үшін аналитикалық құралдар мен құрылғылар белсенді қолданылатыны белгілі. Мысалы, геологияда, экономиканың мұнай-газ, тау-кен, металлургия және химия салаларында, қоршаған ортаның ластануын бақылау жүйелерінде, сондай-ақ өнеркәсіп пен тауарлар өндірісінің көптеген басқа салаларында заттардың, минералдардың және газ қоспаларының химиялық құрамын талдаудың тұрақты қажеттілігі бар. Қазіргі уақытта екі және көп компонентті газ қоспаларының құрамын талдау үшін газ анализаторлары мен хроматографтар жиі қолданылады. Бұл құрылғылардың

артықшылықтары - қарапайымдылығы мен арзандығы. Газ анализаторлары мен хроматографтардың негізгі кемшіліктері: талдау уақытының ұзақтығы, бір құралмен талданатын компоненттердің санының аздығы, төмен сенімділік және салыстырмалы қарағанда қысқа қызмет ету мерзімі. Бұл құрылғылар көп компонентті минералдарды сапалы талдау үшін іс жүзінде жарамсыз. Сондықтан әртүрлі минералдар мен газ қоспаларының құрамын тиімді және сапалы талдау үшін масс-спектрометрлер қолданылады. Қазіргі уақытта масс-спектрометрлердің бірнеше түрлері бар, олардың әрекет ету принциптері магниттік және электр өрістерінің фокустық қасиеттеріне негізделген. Біріншіден, заттардың құрамын егжей-тегжейлі талдау үшін магниттік масс-спектрометрлер ойлап табылды, олар қымбат және көлемді болғандықтан кеңінен қолданылмады. Кейінірек магнит өрісін пайдаланбайтын аз көлемді масс-спектрометрлердің бірнеше түрі ойлап табылды. Оларға ұшу уақытты мен радиожилікті (жоғары жиілікті) масс-спектрометрлер жатады. Ұшу уақытты масс-спектрометрлерінің кемшіліктері, олардың едәуір үлкен көлемдері және ажыратымдылығы жеткіліксіз, ал жоғары жиілікті масс-спектрометрлер салыстырмалы қарағанда сезімталдығы төмен. Жоғары жиілікті масс-спектрометрдің кемшіліктерін, оның сезімталдығы мен ажыратымдылығын, айтарлықтай нашарлататын торлы электродтардың болуымен байланысты. Сондықтан, осы мақалада радиожилікті масс-спектрометрлерін жетілдірудің теориялық мәселелерін шешу үшін торлы электродтарсыз эмиссиялық жүйелердегі өрістің жоғары жиілікті компоненті бар өрістердегі зарядталған бөлшектердің қозғалысын модельдеу және талдау әдісі қарастырылған. Мақалада ұсынылған жоғары жиілікті өріс компоненті бар өрістерде зарядталған бөлшектер көздерінің фокустық қасиеттерін зерттеу әдісі, техникалық сипаттамалары жақсартылған нақты радиожилік масс-спектрометрлерін жобалау кезінде, торлы электродтарды жоюдың қажетті шарттарын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: масс-спектрометр, минералдар құрамы, эмиссиялық жүйе, жоғары жиілікті потенциал, қасиет, сезімталдық

© **А.Т. Ибраев**^{1,2*}, **Д.А. Айтимова**³, 2023

¹Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, Уральск, Казахстан;

²Казахстанская академия информации и бизнеса, Алматы, Казахстан;

³Казахский Национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: pok_rk@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫХ МАСС-СПЕКТРОМЕТРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА МИНЕРАЛОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ибраев Алпамыс Туякович — доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, Уральск, Казахстан; Казахстанская академия информации и бизнеса, Алматы, Казахстан
E-mail: pok_rk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5263-0384>;

Айтимова Диана — PhD докторант, Казахский Национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: diwka055@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4757-1321>.

Аннотация. Для решения широкого круга технологических и управленческих задач в различных сферах промышленности и жизнедеятельности общества, как известно, активно используются аналитические приборы и устройства. Например, в геологии, в нефтегазовой, горно-металлургической и химической отраслях экономики, в системах контроля загрязнений окружающей среды, а также во многих других сферах промышленности и производства товаров имеется постоянная необходимость анализа химического состава веществ, минералов и газовых смесей. В настоящее время для анализа состава бинарных и многокомпонентных газовых смесей нередко применяются газоанализаторы и хроматографы. Преимуществами этих устройств являются простота и невысокая стоимость. Основными недостатками газоанализаторов и хроматографов являются: длительность времени анализа, малое число анализируемых одним прибором компонентов, низкая надежность и сравнительно малый срок службы. Эти приборы практически не пригодны для качественного анализа многокомпонентных минералов. Поэтому, для эффективного и качественного анализа состава различных минералов и газовых смесей используются масс-спектрометры. В настоящее время имеются различные типы масс-спектрометров, принципы действия которых основаны на фокусирующих свойствах магнитных и электрических полей. Сначала для детального анализа состава веществ были изобретены магнитные масс-спектрометры, которые не получили широкого применения ввиду их дороговизны и громоздкости. Позднее были изобретены несколько видов менее громоздких масс-спектрометров, в которых не используется магнитное поле. К их числу относятся времяпролетные и радиочастотные (высокочастотные) масс-спектрометры. Недостатками времяпролетных масс-спектрометров являются довольно большие их габариты и недостаточно высокая разрешающая способность, а высокочастотные масс-спектрометры обладают сравнительно малой чувствительностью. Недостатки высокочастотного масс-спектрометра связаны с наличием сеточных электродов, которые значительно ухудшают его чувствительность и разрешающую способность. Поэтому, в настоящей статье, для решения теоретических проблем по совершенствованию радиочастотных масс-спектрометров рассмотрен метод моделирования и анализа движений заряженных частиц в полях с высокочастотной составляющей поля в эмиссионных системах без сеточных электродов. Предложенный в статье метод исследования фокусирующих свойств источников заряженных частиц с высокочастотной составляющей поля дает возможность обеспечить необходимые условия устранения сеточных электродов при проектировании конкретных радиочастотных масс-спектрометров с улучшенными техническими характеристиками.

Ключевые слова: масс-спектрометр, состав минералов, эмиссионная система, высокочастотный потенциал, свойство, чувствительность

Introduction

In geology, in oil and gas, mining, metallurgical and chemical sectors of the economy, in environmental pollution control systems, as well as in a number of other industries and the production of goods, it is often necessary to analyze the chemical composition of substances, minerals and gas mixtures (Chhabil, 2007: 585; Ganeyev et al., 2015: 80901–80910; Ganeyev et al., 2016: 427–444; Mosichev et al., 2008: 608; Sanchez et al., 2012: 71–79; Starostin et al., 1997: 304). Currently, various types of gas analyzers are used to analyze the composition of binary gases, i.e. to measure the concentration of the component being determined, while chromatographs are used to analyze the composition of multicomponent gas mixtures. According to the principle of operation, the following types of gas analyzers are distinguished: thermoconductometric, diffusion, magnetic sorption, evaporative, condensation, optical, ionization, thermochemical, potentiometric, electrolysis and others. The main disadvantages of gas analyzers and chromatographs are: the duration of the analysis time, the small number of components analyzed by one device, low reliability and relatively short service life. These devices are practically not suitable for qualitative analysis of multicomponent minerals. Mass spectrometers can be used for effective and qualitative analysis of the composition of various minerals and gas mixtures (Bothner et al., 2000: 13455–13459; Dong et al., 2014: 1–14; Edmond de Hoffmann et al., 2007: 489; Fabris, 2005: 30–54; Ibrayev et al., 2017: 108–114; Kel'man et al., 1968: 488; Lebedev, 2013: 632; L. McDonnell et al., 2005: 160–168). Currently, there are various types of mass spectrometers whose operating principles are based on the focusing properties of magnetic and electric fields. Note that magnetic mass spectrometers were first invented. However, currently magnetic mass spectrometers are almost not used due to their high cost and bulkiness. Existing time-of-flight mass spectrometers have rather large dimensions and insufficiently high resolution, and high-frequency mass spectrometers have relatively low sensitivity.

In a radio frequency (high frequency) mass spectrometer, ions in a static electric field acquire a certain energy and pass through a system of sequentially arranged grid cascades. Each cascade consists of three plane-parallel grids that are located at an equal distance from each other. A high-frequency potential is applied to the middle grid, which forms a high-frequency electric field relative to the two extreme electrodes. Inside a cascade with a high-frequency field, ions with different masses receive kinetic energy increments of different values, and only ions with a certain mass receive additional energy in a high-frequency field sufficient to overcome the braking field and hit the collector. The radio frequency mass spectrometer is adjusted to register ions with different masses by changing the ratio of the constant and high-frequency components of the fields.

The main disadvantages of a high-frequency mass spectrometer are associated with the presence of grid electrodes, which significantly impair its sensitivity and resolution. The theory of focusing charged particles in static electric and magnetic fields has been developed in sufficient detail (Ibrayev et al., 1981: 22–30; Ibrayev, 2015: 270–275; Ibrayev, 2023: 1307; Sikharulidze, 2004: 21–30; Szilagyi, 1990: 639; Yakushev, 2013: 147–247), and the problems of focusing in high-frequency fields have been considered

quite a bit. Therefore, in order to solve theoretical problems of improving radio frequency mass spectrometers, this paper considers a method for modeling and analyzing the movements of charged particles in fields with a high-frequency component of the field in emission systems without grid electrodes.

Materials and methods of research

The motion of a charged particle with charge e and mass m in an emission system with static and dynamic components of the field in a non-relativistic approximation is described by the equations

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e \text{grad} \varphi, \quad (1)$$

where \vec{v} is the velocity vector of the charged particles, φ is the distribution of the electric potential in the system under consideration, t is time.

In the Cartesian coordinate system x, y, z , the function can be represented as $\varphi(x, y, z, t)$

$$\varphi(x, y, z, t) = \varphi_s(x, y, z) + \varphi_r(x, y, z)f(t), \quad (2)$$

where $\varphi_s(x, y, z)$ is the static component of the potential distribution function, $\varphi_r(x, y, z)$ is the modulus of the dynamic component of the potential distribution function, $f(t)$ is a function of time.

Multiplying the scalar right and left sides of equation (1) by the vector \vec{v} and considering that

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \vec{v} \text{grad} \varphi,$$

we get

$$\frac{d}{dt}(v^2) = -\frac{2e}{m} \left(\frac{d\varphi}{dt} - \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right), \quad (3)$$

from where we have

$$v^2 = -\frac{2e}{m} \left(\varphi_s + \int \varphi_r' f dz \right), \quad (4)$$

where the stroke denotes differentiation by z .

It follows from (4) that charged particles in the field under study acquire additional energy ΔW

$$\Delta W = -e \int \varphi_r' f dz. \quad (5)$$

The distribution of potentials φ_s and φ_r in a two-symmetric emission system can be represented as

$$\begin{aligned} \varphi_i(x, y, z) = & \Phi_i(z) - \left(\frac{\Phi_i''}{4} - f_{KBi} \right) x^2 - \\ & - \left(\frac{\Phi_i''}{4} + f_{KBi} \right) y^2 + \left(\frac{\Phi_i^{IV}}{64} - \frac{f_{KBi}''}{12} + f_{OKi} \right) x^4 + \\ & + \left(\frac{\Phi_i^{IV}}{64} + \frac{f_{KBi}''}{12} + f_{OKi} \right) y^4 + \left(\frac{\Phi_i^{IV}}{32} - 6f_{OKi} \right) x^2 y^2 + \dots, \quad (i = s, \tau), \end{aligned} \quad (6)$$

where the index s indicates that the magnitude belongs to the static component of the field, τ — its dynamic component; Φ_s and Φ_τ — distribution functions along the axis z , respectively, of the static and dynamic components of the field; f_{KBi}, f_{OKi} - quadrupole and octupole components of the fields under study.

Equations (1) and (4) in the Cartesian system have the form

$$\ddot{x} = -\frac{e}{m} \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad \ddot{y} = -\frac{e}{m} \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad (7)$$

$$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 = -\frac{2e}{m} \left(\varphi_s + \varepsilon + \int \varphi_\tau' f dz \right). \quad (8)$$

The second term in parentheses on the right side of equation (8) takes into account the presence of a spread of the initial energies of charged particles in the beam, the points denote time differentiation.

The initial conditions for equations (7) and (8) are given in the form

$$x(t)|_{t=0} = x_k, \quad (9)$$

$$y(t)|_{t=0} = y_k, \quad (10)$$

$$z(t)|_{t=0} = z_k, \quad (11)$$

$$\dot{x}(t)|_{t=0} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon_x} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon \sin \alpha \cos \beta}, \quad (12)$$

$$\dot{y}(t)|_{t=0} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon_y} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon \sin \alpha \cos \beta}, \quad (13)$$

$$\dot{z}(t)|_{t=0} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon_z} = \sqrt{-\frac{2e}{m} \varepsilon \cos \alpha}, \quad (14)$$

where θ is the angle between the direction of departure of the particle emitted by the cathode and the main optical axis; θ_0 is the angle between the projection of the initial velocity vector on the xy plane and the x axis; the index « k » denotes the value of the quantities at $t=0$.

Results

The motion of an arbitrary charged particle in the system under consideration is investigated relative to the motion of the main particle, as which we choose a particle with $\varepsilon = 0$ and moving along the main optical axis. For this particle it is true

$$\dot{z}_{on} = \sigma \sqrt{-\frac{2e}{m} \Phi(z_{on})}, \quad (15)$$

where z_{on} is the axial coordinate of the main (reference) particle.

The coordinate z of an arbitrary particle differs from the value z_{on} of the longitudinal aberration $\eta(z_{on})$

$$z = z_{on} + \eta(z_{on}). \quad (16)$$

Using (6), (15) and (16) from equations (7) and (8) we obtain

$$2\Phi_s \frac{d^2x}{dz_{on}^2} + \Phi'_s \frac{dx}{dz_{on}} + \left(\frac{\Phi''_s}{2} - 2f_{KBs} \right) x = - \left(\frac{\Phi''_s}{2} - 2f_{KBs} \right)' \eta x - \left(\frac{\Phi''_s}{2} - 2f_{KBs} \right) f x, \quad (17)$$

$$2\Phi_s \frac{d^2y}{dz_{on}^2} + \Phi'_s \frac{dy}{dz_{on}} + \left(\frac{\Phi''_s}{2} + 2f_{KBs} \right) y = - \left(\frac{\Phi''_s}{2} + 2f_{KBs} \right)' \eta y - \left(\frac{\Phi''_s}{2} + 2f_{KBs} \right) f y, \quad (18)$$

$$2\Phi \frac{d\eta}{dz_{on}} - \Phi' \eta = \int \Phi'_\tau f dz_{on}. \quad (19)$$

In the right parts of equations (17) and (18), the terms are not higher than the second order of smallness, and in the right part (19) – not higher than the first order of smallness.

The solution of equation (19) has the form

$$\eta = \sqrt{\Phi_s} \left[\int \frac{1}{\sqrt{\Phi_s}} \left(\int \Phi'_\tau f dz_{on} \right) dz_{on} + C \right], \quad (20)$$

where C is the constant to be determined.

Taking into account the initial condition (14), we find

$$C = \frac{2}{\Phi'_{sk}} \sqrt{\varepsilon_z}. \quad (21)$$

From (20) and (21) it can be seen that the function η can be represented in the form

$$\eta = \sqrt{\varepsilon_z} \eta_s + \eta_\tau, \quad (22)$$

where

$$\eta_x = \frac{2}{\Phi_{z_1}}, \sqrt{\Phi_x}, \quad (23)$$

$$\eta_\tau = \sqrt{\Phi_x} \int \frac{1}{\sqrt{\Phi_x}} \left(\int \Phi_\tau' f dz_{on} \right) dz_{on}. \quad (24)$$

Note that the function $f = f(t)$ is a function of time t , which, taking into account (15), is determined by the expression

$$t = \frac{1}{\sqrt{-\frac{2e}{m}}} \int \frac{dz_{on}}{\sqrt{\Phi_x}}. \quad (25)$$

Equations (17) and (18) are solved by the method of successive approximations. In the first approximation, the right-hand sides of these equations are assumed to be zero

$$2\Phi_x \frac{d^2 x_1}{dz_{on}^2} + \Phi_x' \frac{dx_1}{dz_{on}} + \left(\frac{\Phi_x''}{2} - 2f_{KBx} \right) x_1 = 0, \quad (26)$$

$$2\Phi_y \frac{d^2 y_1}{dz_{on}^2} + \Phi_y' \frac{dy_1}{dz_{on}} + \left(\frac{\Phi_y''}{2} + 2f_{KBs} \right) y_1 = 0, \quad (27)$$

where the index «1» indicates that the value is determined in the first approximation. The general solutions of equations (26) and (27) have the form

$$x_1 = a_x u_x + b_x v_x, \quad y_1 = a_y u_y + b_y v_y, \quad (28)$$

where a_j and b_j are constants determined from the initial conditions, u_j and v_j are partial linearly independent solutions of linear homogeneous equations (17) and (18), $j=x, y$.

General solutions of equations (17) and (18) are sought in the form

$$x = x_1 + D_x, \quad y = y_1 + D_y, \quad (29)$$

where D_j are functions characterizing transverse aberrations of the second order of smallness.

Using (22), (28) and (29) from (17) and (18) we obtain

$$2\Phi_x D_x'' + \Phi_x' D_x' + \left(\frac{\Phi_x''}{2} - 2f_{KBx} \right) D_x = a_x \sqrt{\varepsilon_x} P_{x1} + b_x \sqrt{\varepsilon_x} P_{x2} + a_x P_{x3} + b_x P_{x4}, \quad (30)$$

$$2\Phi_y D_y'' + \Phi_y' D_y' + \left(\frac{\Phi_y''}{2} + 2f_{KBs} \right) D_y = a_y \sqrt{\varepsilon_y} P_{y1} + b_y \sqrt{\varepsilon_y} P_{y2} + a_y P_{y3} + b_y P_{y4}, \quad (31)$$

where

$$\begin{aligned}
 P_{x1} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{\Phi_{s4}} \left(\Phi_s'' - 4f_{KBs} \right) u_x, & P_{y1} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{\Phi_{s4}} \left(\Phi_s'' + 4f_{KBs} \right) u_y, \\
 P_{x2} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{\Phi_{s4}} \left(\Phi_s'' - 4f_{KBs} \right) v_x, & P_{y2} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{\Phi_{s4}} \left(\Phi_s'' + 4f_{KBs} \right) v_y, \\
 P_{x3} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{2} \left(\Phi_s'' - 4f_{KBs} \right)' u_x \int \frac{1}{\sqrt{\Phi_s}} \left(\int \Phi_s' f dz_{on} \right) dz_{on} - f \Phi_s'' u_x, \\
 P_{y3} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{2} \left(\Phi_s'' + 4f_{KBs} \right)' u_y \int \frac{1}{\sqrt{\Phi_s}} \left(\int \Phi_s' f dz_{on} \right) dz_{on} - f \Phi_s'' u_y, \\
 P_{x4} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{2} \left(\Phi_s'' - 4f_{KBs} \right)' v_x \int \frac{1}{\sqrt{\Phi_s}} \left(\int \Phi_s' f dz_{on} \right) dz_{on} - f \Phi_s'' v_x, \\
 P_{y4} &= -\frac{\sqrt{\Phi_s}}{2} \left(\Phi_s'' + 4f_{KBs} \right)' v_y \int \frac{1}{\sqrt{\Phi_s}} \left(\int \Phi_s' f dz_{on} \right) dz_{on} - f \Phi_s'' v_y.
 \end{aligned}$$

We are looking for the function D_i in the form

$$D_x = a_x \sqrt{\varepsilon_z} D_{x1} + b_x \sqrt{\varepsilon_z} D_{x2} + a_x D_{x3} + b_x D_{x4}, \tag{32}$$

$$D_y = a_y \sqrt{\varepsilon_z} D_{y1} + b_y \sqrt{\varepsilon_z} D_{y2} + a_y D_{y3} + b_y D_{y4}. \tag{33}$$

Solving (30) and (31) by the method of variation of arbitrary constants and taking into account (32) and (33) we find

$$D_{jm} = \frac{1}{\Phi_{s4}} \left\{ u_j \int \frac{v_j}{\sqrt{\Phi_s}} P_{jm} dz_{on} + v_j \int \frac{u_j}{\sqrt{\Phi_s}} P_{jm} dz_{on} \right\} \tag{34}$$

where $m = 1, 2, 3, 4$.

In the conclusion (34), it was taken into account that

$$\sqrt{\Phi_s} \left(u_j' v_j - u_j v_j' \right) = \frac{\Phi_{s4}}{2} \tag{35}$$

Equations (29) are equations of motion in parametric form.

It is not difficult to obtain from equation (16)

$$z_{on} = z = \eta(\bar{z}). \tag{36}$$

Substituting (36) and (28) into (29), we find the equations of trajectories in explicit dependence on the coordinate z .

$$x = a_x u_x + b_x v_x + a_x \sqrt{\varepsilon_2} B_{x1} + b_x \sqrt{\varepsilon_2} B_{x2} + a_x B_{x3} + b_x B_{x4}, \quad (37)$$

$$y = a_y u_y + b_y v_y + a_y \sqrt{\varepsilon_2} B_{y1} + b_y \sqrt{\varepsilon_2} B_{y2} + a_y B_{y3} + b_y B_{y4}. \quad (38)$$

In the last equations

$$B_{j1}(z) = D_{j1}(z) - u_j'(z) \eta_1(z),$$

$$B_{j2}(z) = D_{j2}(z) - v_j'(z) \eta_1(z),$$

$$B_{j3}(z) = D_{j3}(z) - u_j'(z) \eta_2(z),$$

$$B_{j4}(z) = D_{j4}(z) - v_j'(z) \eta_2(z).$$

The first two terms in the right-hand sides of equations (37) and (38) describe the motion of charged particles in the field under study in the paraxial approximation. The last two terms in the right-hand sides of these equations describe aberrations associated with the presence of a dynamic component of the field. Due to the fact that in practice the magnitude of the amplitude of the dynamic component of the field is chosen to be small of the first order of smallness, these additional aberrations are values of the second order of smallness. Obviously, this conclusion can be used for each specific task of electron- and ion-beam instrumentation, taking into account the specifics of the problem being solved.

Discussions

As noted above, the analysis of the composition of minerals, the patterns of distribution of impurity elements and rock-forming elements are the main goals of geological and geochemical studies. Note that the main rock-forming elements are Fe, Si, Al, Ti, Mn, Mg, Ca, K, P, Na. In addition to the main elements, the minerals often contain the following impurity elements Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Pb, Th, U. Methods and means of mass spectrometry are widely used in practice for the group determination of rock-forming elements. The main problem in the analysis of geological objects by mass spectrometry is the extraction and formation of a stream of charged particles from a part of the studied mineral. To solve this problem, the method of opening the sample and the complete transfer of the elements to be determined into the solution are often used. Some geological objects require an individual approach to transferring the sample into solution. For example, such objects include carbonaceous rocks, which include a significant amount of heavy metals (copper, nickel, cobalt, vanadium, molybdenum, uranium, gold, zinc, lead, platinum group elements, rare earth metals, etc.), which form rich complex ores. The problems of forming flows of particles of analyzed minerals in mass spectrometry are solved by sources of charged particles, the properties of which were studied, for example, in the above articles of the author. Obviously, the development of new approaches and technical means for the complex analysis of geological rocks, rock-forming elements and impurity elements is an urgent and science-intensive problem that contains a number of scientific and technical

problems. The above results of this work are aimed at solving one of the most important problems in the research and development of new improved models of devices for the mass spectral analysis of substances.

Conclusions

Summarizing the content of this article, we note that nowadays, mass spectrometers are most often used for effective and qualitative analysis of the composition of various minerals and gas mixtures. In addition to mass spectrometers, gas analyzers and chromatographs are also used in certain cases, but they do not have the capabilities to analyze multicomponent mixtures, their resolution and speed are much lower than similar characteristics of mass spectrometers. At the same time, work continues to improve the existing schemes of mass spectrometers.

In conclusion, we note that in this paper, in order to achieve higher values of resolution and sensitivity, a study is conducted of a method for constructing a radio frequency mass spectrometer without grid electrodes. The method proposed in the article for studying the focusing properties of charged particle sources with a high-frequency component of the field makes it possible to design specific radio frequency mass spectrometers with improved technical characteristics that can be widely used in geology, oil and gas and many other industries and the manufacturing sector.

REFERENCES

- Bothner B. et al. (2000). Monitoring enzyme catalysis with mass spectrometry, *J. Biol. Chem.* Vol. 275. Pp. 13455–13459.
- Chhabil Dass. (2007). *Fundamentals of contemporary mass spectrometry.* A John Wiley & Sons, Inc. – 585 p.
- Dong J., Qian R., Xiong W., Qu H., Siqin B., Zhuo S., Jin J., Wen Z., He P., Robinson P.K. (2014). Determination of doping elements of synthetic crystals by direct current glow discharge mass spectrometry // *International Journal of Mass Spectrometry.* Vol. 361. Pp.1–14
- Edmond de Hoffmann, Vincent Stroobant. (2007). *Mass spectrometry: principles and applications.* – 3rd ed. A John Wiley & Sons, Inc. – 489 p.
- Fabris D. (2005). Mass-spectrometric approaches for the investigation of dynamic processes in condensed phase, *Mass Spectrom. Rev.* Vol. 24. Pp. 30–54.
- Ganeyev A.A., Gubal A.R., Potapov S.V., Agafonova N.N., Nemets V.M. (2016). Mass spectral methods of direct elemental and isotopic analysis of solid materials // *Uspekhi khimii.* Vol. 85. No. 4. Pp. 427–444.
- Ganeyev A. et al. (2015). Direct determination of uranium and thorium in minerals by time-off mass spectrometry with pulsed glow discharge / A. Ganeev, O. Bogdanova, I. Ivanov, B. Burakov, N Agafonova, B. Korotetski, A. Gubal, N. Solovyev, E. Yakovleva // *RSC Adv.*–Vol. 5. Pp. 80901–80910.
- Ibrayev A.T., Sapargaliev A.A. (1981). Transaxial electrostatic cathode lens, *Zhurnal Tekhnicheskoi Fiziki.* Vol. 51. Pp. 22–30.
- Ibrayev A.T., Sagyndyk A.B. (2017). Numerical investigation of the aberrational coefficients of a box shaped cathode lens, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences,* No 4. Pp. 108 – 114.
- Ibrayev A.T. (2015). Theory of Cathode Lens with Multipole Components of Electrostatic Field and the Space Charge, *Microscopy and Microanalysis.* Vol. 21. Pp. 270–275. <http://dx.doi.org/10.1017/S1431927615013495>.
- Ibrayev A.T. (2023). Correction of the Mathematical Method for Studying a Cathode Lens with Two Planes of Symmetry. *Symmetry,* Vol. 15(7), 1307. <https://doi.org/10.3390/sym15071307>.
- Kel'man V.M., Yavor S.Ya. (1968). *Electronic Optics,* Leningrad, Nauka. – 488 p.
- Lebedev A.T. (2013). *Mass spectrometry for the analysis of environmental objects.* Moscow: Technosphere, 632 p.

L. McDonnell A et al. (2005) Subcellular imaging mass spectrometry of brain tissues, *J. Mass Spectrom.* Vol. 40. Pp. 160–168.

Mosichev V.I., Nemets V.M., Teplykh V.F. (2008). Metals and alloys. Analysis and research. Mass spectrometry. Nuclear-physical and radiochemical methods. Gases in metals: a Handbook. / St. Petersburg: NPO Professional. - 608 p.

Sanchez P. et al. (2012). Influence of the hydrogen contained in amorphous silicon thin films on a pulsed radiofrequency argon glow discharge coupled to time of flight mass spectrometry. Comparison with the addition of hydrogen as discharge gas / P. Sanchez, D. Alberts, B. Fernandez, A. Menendez, R. Pereiro, A. Sanz-Medel // *J. Anal. At. Spectrom.* –Vol. 27 –Is. 1. -Pp. 71–79.

Sikharulidze G.G. (2004) Hollow cathode ion source for elemental analysis of solids // *Mass Spectrometry*. No. 1. P. 21–30

Starostin V.I., Ignatov P.A., (1997). *Geology of minerals: textbook*. M.: Publishing House of Moscow State University. 304 p.

Szilagyi M. (1990) *Electronic and ionic optics*, M.: Mir. – 639 p.

Yakushev E. (2013). Theory and Computation of Electron Mirrors: The Central Particle Method. // *Advances in Imaging and Electron Physics*, First Edition, 147–247. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-407701-0.00003-0>.

CONTENT

A.E. Abetov, D.B. Mukanov

HISTORY OF THE GEOLOGICAL EVOLUTION OF THE SOUTH TURGAY
BASIN IN THE PRE-CRETACEOUS.....6

N.N. Balgabayev, T.Sh. Ustabaev, G.E. Telgaraeva, B.D. Ismailov, S.Zh. Akhatova
HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND WATER SUPPLY SEASONAL
PASSION AREAS.....24

**I.K. Beisembetov, T.T. Bekibayev, U.K. Zhabasbayev, B.K. Kenzhaliyev,
H. Retnawati, G.I. Ramazanov**
DIGITALIZATION OF THE ASTRAKHAN-MANGYSHLAK MAIN
WATER PIPELINE.....33

A. Bektemirov, Zh. Berdeno, Zh. Inkarova, B. Doskenova, A. Dunets
STRUCTURAL ANALYSIS OF THE GEOSYSTEMS OF THE TOBOL
RIVER BASIN WITHIN THE KOSTANAY REGION.....45

A. Bolatova, V. Krysanova, A. Lobanova, S. Dolgikh, M. Tursumbayeva, K. Bolatov
MODELLING RIVER DISCHARGE FOR THE OBA AND ULBI RIVER
BASINS USING THE SWIM MODEL.....56

S.Zh. Galiyev, D.A. Galiyev, A.T. Tekenova, N.E. Axanaliyev, O.G. Khayitov
ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF
FUNCTIONING OF GEOTECHNOLOGICAL COMPLEXES AT QUARRIES:
DIRECTIONS AND WAYS OF MANAGEMENT.....74

A.T. Ibrayev, D.A. Aitimova
MODELING AND IMPROVEMENT OF RADIO FREQUENCY MASS
SPECTROMETERS FOR THE ANALYSIS OF THE COMPOSITION
OF MINERALS AND THE ENVIRONMENT.....84

**A.A. Kabdushev, F.A. Agzamov, B.Zh. Manapbayev, D.N. Delikesheva,
D.R. Korgasbekov**
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CEMENTS WITH DIFFERENTIAL
PROPERTIES FOR COMPLETING GAS WELLS.....97

**S.M. Koibakov, B.E. Zhigitbayeva, S.T. Abildaev, M.I. Kassabekov,
Zh.E. Yeskermessov**
RESEARCH DEVICES FROM MOVABLE, FLEXIBLE ELEMENTS
AND BLOCKS IN GEOLOGICAL CONDITIONS.....109

M.A. Mizernaya, K.T. Zikirova, Z.I. Chernenko O.N. Kuzmina, T.A. Oitzeva SCIENTIFIC RATIONALE FOR ASSESSMENT OF INVESTMENT POTENTIAL OF RUDNY ALTAI POLYMETALLIC DEPOSITS.....	130
G. Moldabayeva, M. Braun, M. Pokhilyuk, N. Buktukov, A. Bakesheva DIGITAL MODELING OF INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER INSULATION IN THE BOTTOM-HOLE ZONE OF A WELL WITH VARIOUS INJECTION AGENTS.....	145
Zh.S. Mustafayev, B.T. Kenzhaliyeva, G.T. Daldabayeva, E.N. Alimbayev HYDROCHEMICAL EXPLORATION AND ECOLOGICAL STATE OF THE TERRITORY IN THE LOWER DOWN OF THE SYRDARYA RIVER.....	157
T.A. Oitseva, M.A. Mizernaya, O.N. Kuzmina, G.B. Orazbekova FORECASTING RARE METAL PEGMATITE DEPOSITS OF THE KALBA REGION.....	176
T.K. Salikhov, T.S. Salikhova, I.M. Tolegenov, B.U. Sharipova, G.A. Kapbasova STUDY OF THE VEGETATION COVER OF ECOSYSTEMS OF THE CHINGIRLAU DISTRICT OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION BASED ON THE USE OF GIS TECHNOLOGIES.....	187
Y. Sarybayev, B. Beisenov, K. Yelemessov, R. Tagauova, R. Zhalikyzy MODERNIZATION OF CRUSHING AND MILLING EQUIPMENT USING NEUMATIC CHAMBER STARTING-AUXILIARY DRIVES.....	198
E.V. Sotnikov, O.L. Miroshnichenko, L.Y. Trushel, Sh.I. Gabdulina, Ye.Zh. Murtazin FORECASTING THE FLOODING PROCESSES OF URBAN AREAS BY METHODS OF MATHEMATICAL MODELING BY THE EXAMPLE OF PAVLODAR (KAZAKHSTAN).....	208
J.B. Toshov, K.T. Sherov, B.N. Absadykov, R.U. Djuraev, M.R. Sikhimbayev EFFICIENCY OF DRILLING WELLS WITH AIR PURGE BASED ON THE USE OF A VORTEX TUBE.....	225
A. Shakenov, R. Yegemberdiev, A. Kolga, I. Stolpovskih MONITORING THE CONDITION OF MINE HAUL ROADS USING DIGITAL SYSTEMS.....	236
Y.Y. Shmoncheva, S.G. Novruzova, G.V. Jabbarova STUDY OF THE EFFECT OF DRILLING FLUIDS ON SAMPLES OF SALT-BEARING ROCKS.....	249

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.geolog-technical.kz/index.php/en/>

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Подписано в печать 16.08.2023.

Формат 70x90^{1/16}. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

20,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.