Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ «Арктика»

163002, Архангельск, ул. Северодвинская, 14, тел: 8(8182)216100 доб.1721

Отзыв научного консультанта

на диссертационную работу Құрманбаевой Толқын Серікбайқызы "Development of simple and accurate methods for on-site gas chromatographic determination of volatile organic compounds in environmental objects using solid-phase microextraction" («Разработка точных методик газохроматографического определения летучих органических соединений в объектах окружающей среды на месте отбора с использованием твердофазной микроэкстракции»), представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05301 – Химия»

Одним из важных и быстро развивающихся направлений современной аналитической химии является создание методологии анализа «на месте», в том числе в полевых условиях, когда сама аналитическая лаборатория перемещается к объекту исследования, а перенос образцов заменяется переносом информации. Такой подход позволяет, с одной стороны, решать проблемы оперативного контроля загрязнения окружающей среды, а с другой стороны, снижать количество доставляемых в лабораторию проб для детального исследования за счет выполнения их предварительного скрининга на месте отбора.

Естественно, что аналитические технологии анализа «на месте» существенно отличаются от используемых в стационарной лаборатории из-за невозможности доставки и нормальной эксплуатации в полевых условиях сложного аналитического оборудования, такого как хромато-масс-спектрометрические системы. Это накладывает серьезные ограничения на работу химика-аналитика, сильно усложняя разработку методик, обеспечивающих необходимый уровень чувствительности и селективности анализа. В такой ситуации на первый план выходит внедрение максимально простых и селективных аналитических технологий в комбинации с максимально эффективными методами извлечения и концентрирования аналитов из сложных матриц, обеспечивающих желаемые уровни чувствительности анализа.

Именно в это актуальное и перспективное направление вписывается диссертационное исследование Т. Курманбаевой, развивающее методологию сорбционного концентрирования летучих и полулетучих загрязняющих веществ методом твердофазной микроэкстракции (ТФМЭ) с последующим газохроматографическим анализом с применением портативных передвижных ГХ систем, оснащенных фотоионизационным (ФИД) и термоионным (ТИД) или селективным азотно-фосфорным детекторами. В качестве целевых аналитов соискателем ученой степени выбраны как наиболее приоритетные для контроля токсичные ароматические углеводороды группы BTEX, так и специфические для Казахстана азотсодержащие соединения, являющиеся важнейшими продуктами трансформации ракетных топлив на основе 1,1-диметилгидразина, используемых в ракетах-носителях тяжелого класса «Протон», стартующих с космодрома Байконур, а также разгонных блоках (орбитальных ступенях) ракет

различных типов. Загрязнение почв и природных вод токсичным ракетным топливом вызывает широкий общественный резонанс и с этой точки зрения выбор целевых аналитов выглядит совершенно оправданным и неразрывно связанным с решением наиболее актуальных для Казахстана, а также ряда других стран с развитой ракетно-космической отраслью, экологических проблем.

Основная часть выполненного соискателем исследования посвящена разработке и оптимизации процедуры ТФМЭ соединений группы BTEX из атмосферного воздуха, а также шести азотсодержащих соединений, в том числе высокотоксичного *N*-нитрозодиметиламина, в природных водах и почвах. Используемые и предложенные в диссертационной работе методические решения основаны на уникальном опыте и имеющемся огромном заделе, созданном научным коллективом под руководством проф. Б. Кенесова. Они включают оригинальный подход к оптимизации ТФМЭ с использованием моделирования процессов диффузии/сорбции на волокне методом анализа конечных элементов (finite element analysis) в программной среде COMSOL Multiphysics, а также применение техники вакуумной ТФМЭ, обеспечивающей ускоренное достижение равновесия сорбента и исследуемого объекта и, как следствие, существенный выигрыш в достигаемых пределах обнаружения при анализе воды и почвы.

Соискателем выполнен впечатляющий объем экспериментальной работы по оптимизации ТФМЭ, разработке на этой основе и валидации ряда аналитических методик. Последние обеспечили определение BTEX на уровнях от 0,07 до 2 мкг/м^3 методом ТФМЭ-ГХ-ФИД и продуктов трансформации 1,1-диметилгидразина в воде с величинами пределов обнаружения от 0,2 до 40 мкг/л методом Вак-ТФМЭ-ГХ-ТИД. В случае почв, загрязненных ракетным топливом, предложены и разработаны процедуры предварительной водной экстракции и матрично-согласованной градуировки, позволившие надежно определять аналиты при содержании от 3-60 мкг/кг. Достигнутые уровни чувствительности полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к методикам анализа «на месте» и обеспечивают определение аналитов в концентрациях, которые существенно ниже реальных значений, характерных для загрязненного атмосферного воздуха городов и вблизи промышленных центров, а также почв и вод в местах проливов ракетного топлива.

Три разработанные аналитические методики прошли тщательную апробацию на реальных объектах, а их применение вносит существенный вклад в создание системы оперативного мониторинга загрязнения окружающей среды и позволяет значительно сократить затраты времени и стоимость анализа.

Высокий научный уровень полученных результатов подтверждаются также опубликованными соискателем в соавторстве статьями в ведущих профильных международных журналах - Advances in Sample Preparations, Microchemical Journal, International Journal of Environmental Analytical Chemistry. Достоверность представленных данных и правомерность сделанных выводов не вызывают сомнений и подтверждаются глубокой проработкой автором методологических аспектов, а также анализом литературных данных.

В ходе экспериментальных исследований и подготовки диссертационной работы соискателем продемонстрированы глубокие знания современной методологии и техники хроматографического анализа, подходов к пробоподготовке, специфики техники ТФМЭ и наиболее актуальных подходов к оптимизации и валидации аналитических методик. Соискатель показал умение грамотно планировать и ставить эксперимент, обрабатывать и анализировать полученные данные. Особенно следует отметить навыки соискателя в

подготовке научных публикаций, а также представления своей работы в виде докладов и презентаций.

Исходя из вышесказанного, считаю, что Құрманбаева Толқын Серікбайқызы является высококвалифицированным исследователем, заслуживающим присвоения ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05301 - Химия», а ее диссертация «Development of simple and accurate methods for on-site gas chromatographic determination of volatile organic compounds in environmental objects using solid-phase microextraction» является завершенным научным исследованием, которое по актуальности темы, научной новизне, практической ценности и объему полностью соответствует всем требованиям Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан к диссертации на соискание степени доктора философии (PhD).

12.05.2026

Научный консультант
Директор Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова
Член научного совета по аналитической химии РАН
Канд. хим. наук, доцент Д.С. Косяков

Личную подпись Косякова Д.С.
заверяю: ученый секретарь ученого совета САФУ
Е.Б. Раменская
«12» мая 2026 г.

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
SHARED USE CENTER FOR SCIENTIFIC EQUIPMENT "ARKTIKA"
163002, Arkhangelsk, ul. Severodvinskaya, 14, tel: 8(8182)216100 ext. 1721

Review of the foreign scientific advisor on the dissertation of Tolkyn Serikbaikyzy Kurmanbayeva "Development of simple and accurate methods for on-site gas chromatographic determination of volatile organic compounds in environmental objects using solid-phase microextraction" submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.) on the educational program "8D05301 – Chemistry"

One of the important and rapidly developing areas of modern analytical chemistry is the development of "on-site" analysis methodology, including field conditions, where the analytical laboratory itself moves to the research subject and sample transport is replaced by information transfer. This approach makes it possible, on the one hand, to address problems of operational monitoring of environmental contamination, and on the other hand, to reduce the number of samples delivered to the laboratory for detailed analysis by performing their preliminary on-site screening.

Naturally, on-site analytical technologies significantly differ from those used in stationary laboratories, due to the impossibility of delivering and normally operating complex analytical equipment in field conditions, such as chromatography-mass spectrometry systems. This imposes serious limitations on the work of the analytical chemist, greatly complicating the development of analytical methods that ensure the required levels of analytical sensitivity and selectivity. In this situation, the implementation of maximally simple and selective analytical technologies in combination with highly effective methods for the extraction and pre-concentration of analytes from complex matrices, ensuring the desired sensitivity levels, becomes paramount.

It is precisely into this relevant and promising direction that the doctoral research of T. Kurmanbayeva fits, developing the methodology of sorption pre-concentration of volatile and semi-volatile pollutants using solid-phase microextraction (SPME) with subsequent gas chromatographic analysis using portable mobile GC systems equipped with photoionization (PID) and thermionic (TID) or selective nitrogen-phosphorus detectors. As analytes, the candidate selected both the most priority toxic aromatic hydrocarbons of the BTEX group and nitrogen-containing compounds specific to Kazakhstan, which are the most important transformation products of rocket fuel based on 1,1-dimethylhydrazine, used in the Proton heavy-class launch vehicles launching from the Baikonur Cosmodrome, as well as the upper stages (orbital stages) of various types of rockets. The contamination of soils and natural waters with toxic rocket fuel generates wide public concern, and from this perspective the choice of analytes appears entirely justified and is inextricably linked to solving the most pressing environmental problems for Kazakhstan, as well as for a number of other countries with an advanced space industry.

The main part of the research carried out by the candidate is devoted to the development and optimization of the SPME procedure for BTEX compounds from atmospheric air, as well as for six nitrogen-containing compounds, including the highly

toxic *N*-nitrosodimethylamine, in natural waters and soils. The methodological approaches used and proposed in the dissertation are based on the unique experience and considerable accumulated expertise of the scientific team led by Prof. B. Kenessov. They include an original approach to SPME optimization using finite element analysis modeling of diffusion/sorption processes on the fiber in the COMSOL Multiphysics software environment, as well as the application of vacuum-assisted SPME technique, which enables accelerated equilibration between the sorbent and the analyzed subject, and consequently a substantial gain in the achieved limits of detection for water and soil analysis.

The candidate has carried out an impressive volume of experimental work on SPME optimization, the development of analytical methods on this basis, and their validation. The latter provided determination of BTEX compounds at levels of 0.07 to 2 μg/m³ by the SPME-GC-PID method and of 1,1-dimethylhydrazine transformation products in water with detection limits of 0.2 to 40 μg/L by the Vac-SPME-GC-TID method. For soils contaminated with rocket fuel, preliminary aqueous extraction and matrix-matched calibration procedures were proposed and developed, enabling reliable determination of analytes at contents of 3-60 μg/kg. The achieved sensitivity levels fully meet the requirements for on-site analytical methods and enable determination of analytes at concentrations substantially below the actual values characteristic of polluted urban ambient air and near industrial centers, as well as soils and waters in the vicinity of rocket fuel spill sites.

The three developed analytical methods have undergone thorough testing on real-world objects, and their application makes a significant contribution to the creation of a rapid environmental contamination monitoring system and allows considerable savings in the time and cost of analysis.

The high scientific level of the results obtained is also confirmed by the candidate's co-authored publications in leading international peer-reviewed journals – Advances in Sample Preparation, Microchemical Journal, and International Journal of Environmental Analytical Chemistry. The reliability of the presented data and the validity of the conclusions drawn are beyond doubt and are confirmed by the author's thorough treatment of methodological aspects, as well as by analysis of the relevant literature.

During the experimental research and preparation of the dissertation, the candidate demonstrated a thorough knowledge of modern chromatographic analysis methodology and techniques, sample preparation approaches, the specifics of SPME technology, and the most current approaches to the optimization and validation of analytical methods. The candidate demonstrated the ability to competently plan and conduct experiments, process and analyze the resulting data. Particular note should be made about the candidate's skills in preparing scientific publications and presenting work in the form of reports and presentations.

Based on the foregoing, I consider that Tolkyn Serikbaikyzy Kurmanbayeva is a highly qualified researcher deserving the award of the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.) in the educational program "8D05301 – Chemistry", and that her dissertation "Development of simple and accurate methods for on-site gas chromatographic determination of volatile organic compounds in environmental objects using solid-phase microextraction" is a completed scientific study that, in terms of the relevance of the

topic, scientific novelty, practical value, and scope, fully meets all the requirements of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for a dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.).

12.05.2026

Scientific Advisor
Director of the Shared Use Center for Scientific Equipment "Arktika"
of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
Member of the Scientific Council on Analytical Chemistry of RAS
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
D.S. Kosyakov ***/signed/*** ***/sealed/***

Республика Казахстан, город Алматы.
Двенадцатое июня две тысячи двадцать шестого года.

Текст-перевод документа с русского/казахского языков на английский язык выполнен переводчиком Кенжетаевой Дианой Серикболовной.

Подпись

Кенжетаева Диана Серикболовна

Республика Казахстан, город Алматы.
Двенадцатое июня две тысячи двадцать шестого года.

Я, Рысқожа Айдар Құрманбайұлы, нотариус города Алматы, действующий на основании лицензии №24035361, выданной Министерством Юстиции Республики Казахстан от 19.12.2024 года, свидетельствую подлинность подписи переводчика Кенжетаевой Дианы Серикболовны. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за № 2051
Взыскано: 2292 тенге

Нотариус:

Republic of Kazakhstan, Almaty city.
The twelfth of June, two thousand and twenty-six.

The text-translation of the document from Kazakh/Russian into English is executed by translator Kenzhetayeva Diana Serikbolovna.

Signature

Kenzhetayeva Diana Serikbolovna

Republic of Kazakhstan, Almaty city.
The twelfth of June, two thousand twenty-six.

I, Ryskozha Aidar Kurmanbaiuly, notary of Almaty city, acting on the basis of license No. 24035361 issued by the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan dated 19.12.2024, hereby certify the authenticity of the signature of the translator, Kenzhetayeva Diana Serikbolovna. The translator's identity has been established, and her legal capacity and authority have been verified.

Registered in the register for N 2051
Collected: 2292 tenge

Notary: /signed/

Seal: Ryskozha Aidar Kurmanbaiuly
Private notary of the city of Almaty
State license No. 24035361 dated 19.12.2024,
issued by the Ministry of Justice
of the Republic of Kazakhstan

/QR-code and a unique number of the notarial action is available/

Stamp:
Numbered and tied together on 7 pages
Notary: /signed/

Seal: Ryskozha Aidar Kurmanbaiuly
Private notary of the city of Almaty
State license No. 24035361 dated 19.12.2024,
issued by the Ministry of Justice
of the Republic of Kazakhstan

Нөмірленген және бауықталған
Пронумеровано и прошнуровано
7 (семь)
Нотариус
парақта/страницах