

# Карта аналитики – 2022: миниатюрные приборы, COVID-19, микропластик, глубокая эвтектика

Б. Л. Мильман, д. х. н.<sup>1, 2</sup>, И. К. Журкович, к. х. н.<sup>1</sup>

УДК 543; 001.811

Эта публикация – шестая в серии статей, содержащих результаты регулярного мониторинга развития аналитической химии. Передовые области (фронты) исследований традиционно соотносятся с группами высокоцитируемых профильных публикаций, часто цитируемых (социтируемых) совместно. В 2022 году, как и в предыдущие годы, продолжались интенсивные исследования, связанные с медикализацией и миниатюризацией химического анализа (сенсорные и микрофлюидные устройства). Многие работы направлены на обнаружение патогенов, в том числе вируса COVID-19. К экологически значимым направлениям работ принадлежат определение микропластика и экстракция глубокими эвтектическими растворителями. Применение спектрометрии ионной подвижности дополняет широкое распространение хромато-масс-спектрометрии.

**Ключевые слова:** аналитическая химия, наукометрия, фронты исследований, сенсоры, микрофлюидика, COVID-19, микропластик, глубокие эвтектические растворители, спектрометрия ионной подвижности

Все, кто активно занимается научной работой, так или иначе следят за развитием науки. Стандартная практика – просмотр журналов, материалов конференций и сайтов в своей области. В последние годы возможности мониторинга науки возросли. Современная информатика позволяет выделить те исследования, которые в наибольшей степени определяют развитие научной сферы. При этом степень влияния/воздействия тех или иных работ оценивается по количеству (индексу) их цитирования в последующих публикациях.

Углубленная статистика ссылок позволяет выявить не только отдельные важные публикации, но и сформировавшиеся направления интенсивного развития науки и технологии на их переднем крае. Это «горячие» области или фронты исследований. Их основу составляют группы статей, которые не

только часто цитируются в отдельности, но и цитируются совместно (социтируются) в одних и тех же последующих публикациях. В этом проявляется общая закономерность: работы общей тематики и высокой значимости часто социтируются.

В последние годы такого рода наукометрией занимается американская компания Clarivate совместно с институтами Академии наук КНР. Результат этой работы – ежегодные отчеты, информирующие о новых «горячих» областях во всех основных науках; последний отчет – «Фронты исследований – 2022» [1]. Совместно анализируется вся значимая периодическая научная литература, результаты распределяются по отдельным разделам. Химическим исследованиям соответствует раздел «Химия и наука о материалах». Как и в других науках, здесь выявляют 10 (или несколько больше) фронтов исследований, которые базируются на высокоцитируемых и высокосоцитируемых публикациях шести последних лет, предшествующих 2022 году, и ссылках на эти работы.

<sup>1</sup> ФГБУ «НКЦТ им. С. Н. Голикова ФМБА России».

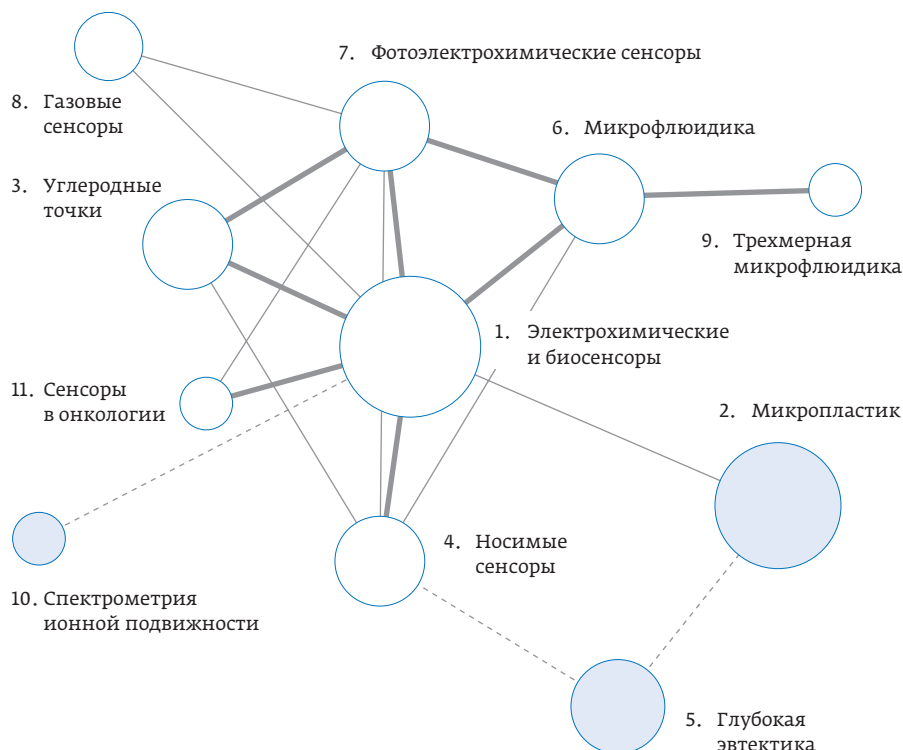
<sup>2</sup> bormilman@yandex.ru.

Указанные отчеты очень важны, но они отражают развитие далеко не всех разделов химии и других специальностей, хотя бы потому, что этих разделов гораздо больше, чем основных наук (рассматривается 11 областей), между которыми распределяют статьи – лидеры цитирования и социализации. «Не везет», в частности, аналитической химии, где проявляются некоторые важные направления исследований, но, в целом, уровни цитирования в аналитике чаще всего оказываются ниже, чем в других, «конкурирующих», областях, покрываемых американско-китайским мониторингом. Своеобразное восстановление справедливости – цель наших публикаций, в которых мы самостоятельно выявляем высокоцитируемые и высокосоциализуемые статьи в аналитике и определяем «горячие» области соответствующих исследований [2–6].

Настоящая статья продолжает эту серию работ и характеризует направления исследований переднего края в области аналитической химии в 2022 году. Выводы общенаучного мониторинга (американско-китайские отчеты) также приняты во внимание.

### Методология

Методика исследования опубликована в предшествующих статьях [2–6] и, по существу, оставлена без изменений. Выбрано 100 профильных статей (точнее, 102 публикации), наиболее цитируемых в период 2017–2021 годов. При этом использован список основных журналов по аналитической химии и статей в них за указанный период времени (опубликован в июне 2022 года [7]). Работы из выборки 102 статей были сгруппированы нами по степени их социализации в 2022 году, другими словами, по показателю их тематического сходства. Ранее чаще всего мы использовали порог значимого социализации, равный трем совместным ссылкам, в этой работе – четырем (за единичными исключениями). Выбор порога социализации означает пренебрежение слабыми его значениями и появление кластеров (высокоцитируемых)



**Рис. 1.** Карта аналитической химии 2022 года. Круги – отдельные научные области переднего края. Размер кругов приблизительно отражает число соответствующих публикаций. Линии, соединяющие отдельные фронты, показывают тематические связи между ними. Толстые линии и линии средней толщины – сильные и средние связи, соответственно. Слабые связи, пунктир, показаны лишь в тех случаях, где других связей нет. Области, отмеченные светлыми кругами, образуют суперкластер

публикаций, внутри которых каждая из статей связана хотя бы с одной другой прочной (надпороговой) связью социализации. Суммы слабых связей соединяют кластеры между собой.

В 2022 году появилось 11 таких кластеров, каждый из которых, вместе с соответствующими цитируемыми статьями, образует отдельный фронт (направление) исследований (рис. 1, табл. 1). Эти направления могут быть близки или отдалены тематически, что показывает карта аналитики, на которой родственные направления работ связаны сильнее (рис. 1).

### Суперкластер миниатюрных приборов

На карте аналитики-2023 (рис. 1) можно увидеть, что большинство «горячих» направлений связано с малыми приборами – химическими сенсорами и микрофлюидными устройствами. Эти области аналитики – постоянно «в топе», начиная с первого года нашего мониторинга (2012 год [2]). Как правило,

Таблица 1. Передний край развития аналитики в 2022 году

№	Фронт исследований*	Цитируемые статьи	Число ссылок в 2017–2021 гг.	Число ссылок в 2022 г.	Средний год цитируемой статьи	Комментарии
1	Электрохимические и биосенсоры	16	5 649	2 488	2018,6	Миниатюрные устройства, чувствительные к изменению содержания аналита. Широкое применение наноматериалов
2	Микропластик в окружающей среде	10	3 835	1 470	2017,9	Определение мелких частиц (<5 мм) полимеров в водных и других объектах
3	Углеродные квантовые точки	6	2 428	820	2017,7	Флуоресцентные наноматериалы для медицинской диагностики и др. Синтез, свойства
4	Носимые сенсоры	6	2 287	645	2017,5	Сенсоры, в том числе «татуировки», размещенные на теле человека
5	Глубокие эвтектические растворители	6	2 041	741	2017,7	Экстракция низкоплавкими смесями мало-летучих соединений и родственные «зеленые» процедуры экстракции
6	Микрофлюидика, прежде всего, бумажная	5	2 002	464	2017,2	Движение жидкости и разделение ее компонентов в узких каналах (порах бумаги). Диагностические устройства и др.
7	Фотоэлектрохимические сенсоры	5	1 424	418	2017,6	Электрохимическое детектирование в условиях фотооблучения
8	Газовые сенсоры	4	1 270	341	2017,8	Изменение свойств (электропроводности и др.) наноматериалов в газовой среде
9	Трехмерная микрофлюидика	3	829	198	2017,0	Трехмерные принтеры в изготовлении микрофлюидных устройств
10	Спектрометрия ионной подвижности (СИП)	2	653	259	2017,5	Эффективное дополнение к хроматографии – масс-спектрометрии
11	Сенсоры в онкологии	2	528	158	2018,0	Детектирование маркеров рака (онкомаркеров)

\* Указана основная тема исследований; в больших фронтах может быть представлена также другая, но родственная тематика.

сенсоры и микрофлюидика представлены несколькими фронтами, как и в этом году. Если сравнить с предыдущим анализом (карта 2020 года [6]), то, несмотря на новые цитируемые и цитирующие статьи, тематика во многом повторилась. Так, в дополнение к широкому/общему направлению исследований в области сенсорики (фронт № 1, рис. 1), вновь представлены сравнительно большими фронтами углеродные квантовые точки (фронт № 3) и носимые сенсоры (фронт № 4). Работы в последней области развивают новые способы медицинской диагностики (рис. 2). Трехмерная (№ 9) и бумажная (№ 6) микрофлюидика также проявлялись как самостоятельные области в двух последних мониторингах [5, 6].

Наша карта аналитики и подобные ей карты науки отражают прежде всего развитие научных исследований и начальные этапы технологических разработок. За ними в наукоемких отраслях промышленности

следует полноценное развитие технологии и организация производства. Обзоры рынков показывают, что технология миниатюрных аналитических приборов – сенсоров и микрофлюидики – достигла достаточно высокого уровня, и эти приборы находят широкий спрос в медицине. Так, мировые продажи электрохимических биосенсоров в 2022 и 2023 годах оценены суммами 15,9 и 16,9 млрд долл. соответственно [9]. Глобальный рынок микрофлюидных устройств еще шире: 21,7 млрд долл. в 2021 году с перспективой роста более 20% в год [10].

Масштаб этих продаж можно оценить, если сравнить ситуацию с рынками традиционных аналитических приборов, например хроматографов. Их продажи скромнее: 8,7 млрд долл. в 2020 году, уровень 15,3 млрд будет достигнут только в 2030 году. [11]. Далее, трудно переоценить значение масс-спектрометров, но их рынок еще меньше:

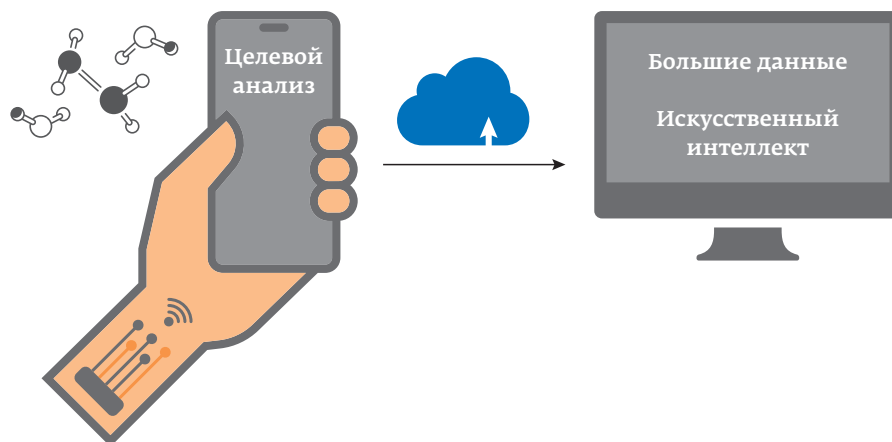
5,9 млрд долл. в 2020 году и прогноз 12,7 млрд в 2030 году [12].

Проведенное сравнение носит, конечно, условный характер, поскольку «большие» и мини-приборы имеют различную стоимость, у них разные сегменты рынка и т. д. В любом случае, размеры продаж показывают, что новая миниатюрная техника пользуется широким спросом, демонстрирующим значение аналитики в медицинской диагностике и мониторинге состояния здоровья.

### Сенсоры против COVID-19

Пандемия COVID-19 затронула все стороны современной цивилизации. Помимо огромной смертности, в немалой степени пострадали экономика и социальная сфера, вынужденно изменилась жизнь большинства населения планеты. Появилось множество проблем, и научные организации не остались в стороне от их решения. Широкие исследования, например, посвящены различным аспектам распространения вируса SARS-CoV-2. Многие из таких работ, понятно, оказались передовыми и попали в списки фронтов разных наук 2022 года [1]. В первую очередь это относится к биомедицине. Так, в области клинической медицины 24 из 27 фронтов принадлежат к рассматриваемой теме (основное направление – «безопасность и эффективность вакцины против COVID-19»). В биологии к тематике COVID-19 принадлежат 17 из 21 фронта. Своя роль проявилась у экологии и наук об окружающей среде. По четырем основным направлениям представлены исследования, связанные с попаданием вирусов в медицинские отходы и сточные воды и способами нейтрализации этих отходов.

Химические науки проявляются здесь в меньшей, но также очень важной степени. В американско-китайских отчетах указаны новые фронты «быстрое обнаружение вируса COVID-19, используя химический сенсор» (2021 год [13]) и «технология электрохимической сенсорики, используемая для обнаружения вируса-возбудителя COVID-19» (2022 год [1]). Это перекликается с нашими результатами наукометрического мониторинга, где электрохимические и биосенсоры (вместе с родственными техниками) занимают основное место. Для обсуждаемого вируса



**Рис. 2.** Схематическое изображение электрохимического сенсора, носимого на руке человека, для непрерывного мониторинга уровня биомаркеров (например, электролитов) в потовых выделениях. Электрический сигнал регистрируется смартфоном и в обработанном виде (количество или концентрация аналита) может далее попадать в большие информационные системы. Рисунок адаптирован из работы [8]

нет отдельного кластера, но самое большое направление № 1 (табл. 1) включает две высокоцитируемые статьи 2020 года [14, 15], связанные с разными методами обнаружения COVID-19, и 14 публикаций 2022 года, цитирующих по меньшей мере две статьи этого направления. Продемонстрированы, например, весьма большие возможности быстрого выявления коронавируса с использованием электрохимических биосенсоров на основе наноматериалов. Для них характерны неинвазивность, чувствительность, достаточная селективность, способность обеспечивать результаты в режиме реального времени при минимальных затратах [16].

### Загрязнение микропластиком

Передовых направлений развития аналитики, непосредственно не связанных с медициной и малыми приборами, не так много, но они есть. Среди них (табл. 1) определение микропластика – нового, умеренно опасного вида загрязнений окружающей среды, как водных объектов, так и суши. Первый небольшой фронт в этой области был зафиксирован два года назад [6], сейчас он резко вырос в размерах и стал вторым по величине. Это соответствует постоянному росту публикаций в этой области [17].

Значимые исследования воздействия микропластика, не всегда прямо связанные с аналитикой, также были выявлены в результате общенаучного мониторинга ряда последних лет (2016–17, 2020–22 годы [1, 13, 18–20]).

## Глубокие эвтектические растворители

Второй фронт, не относящийся непосредственно к малым аналитическим приборам, связан с глубокими эвтектическими растворителями [21]. Так называют легкоплавкие смеси малолетучих химических соединений; их использование в качестве экстрагентов отвечает задачам «зеленой» химии (нет потерь растворителей при испарении). По свойствам они подобны популярным ионным жидкостям (фронты аналитики 2014 и 2016 годов [3, 4]), но обходятся дешевле и, по-видимому, менее токсичны. В 2022 году эта тематика проявилась достаточно большим единым направлением (шесть цитируемых работ, табл. 1), тогда как ранее – отдельными высокоцитируемыми статьями (в 2016 и 2018 годах). Упомянутый общенаучный анализ литературы (работы Clarivate и китайских соавторов) здесь также оказался результативным, выделив направление «Глубокие эвтектические растворители и их применение» в 2018 году [22].

## Другие результаты и выводы

В заключение следует указать на небольшой фронт исследований в области спектроскопии ионной подвижности (СИП, № 10, табл. 1). Это направление, однако, далеко не последнее по своему значению. Блок СИП встраивается в хромато-масс-спектрометры и способствует большей селективности определения аналитов в их смесях и более надежной идентификации этих соединений [23]. Такое направление работ было выделено и двумя годами ранее [6].

Метод СИП удачно применяется в нецелевом химическом анализе в дополнение к масс-спектрометрии и хроматографии. Эти техники определяли многие предыдущие направления исследований, отраженные нашим мониторингом, такие как протеомика и метаболомика [6]. Сейчас зафиксированы лишь отдельные высокоцитируемые публикации, связанные с этими методами; массовые направления соответствующих работ отсутствуют. Тем не менее, нет никаких оснований считать, что значимость масс-спектрометрии и хроматографии в химическом и биохимическом анализе падает. Отсутствие специальных фронтов здесь разумно связать с ограничениями применяемого мониторинга (цитируемые статьи – только по аналитической химии). В реальности произошло распространение этих методов на самые разные объекты исследования и сферы научной деятельности, что сопровождалось

рассеянием публикаций по разным наукам и их разделам. В журналы по аналитике, учитываемые нами, попадает уже не так много хроматографических и масс-спектрометрических статей, связанных с единым направлением исследований.

Исследования в области метаболомики и протеомики, вначале опиравшиеся на развитие хроматографии и масс-спектрометрии и поэтому часто отраженные журналами по аналитике, сейчас в большей степени касаются биологии и медицины и поэтому попадают преимущественно в биомедицинские издания. Химическая сенсорика и микрофлюидика, не менее важные для медицины, еще продолжают совершенствоваться как аналитические методы и поэтому не исчезают с карт аналитики. Пандемия COVID-19 повысила потребность в этих быстрых и достаточно дешевых методах мониторинга патогенной среды. Неослабевающее внимание к экологии и соответственно «зеленой» химии определяет высокую актуальность работ по аналитике микропластика и экстракции эвтектическими растворителями.

Продолжение мониторинга аналитики следует...

## Литература

- 2022 Research Fronts. URL: [https://discover.clarivate.com/2022ResearchFronts\\_EN](https://discover.clarivate.com/2022ResearchFronts_EN).
- Мильман Б., Журкович И. Аналитика и биоаналитика на картах науки. АНАЛИТИКА. 2013; (2):34–41.
- Мильман Б., Журкович И. Аналитика-2014: «горячие» области глобальных исследований. АНАЛИТИКА. 2015; (4):56–62.
- Мильман Б. Л., Журкович И. К. Новые рапорты с фронтов науки: наноматериалы, микрофлюидика, протеомика. АНАЛИТИКА. 2017; (5):30–33.
- Мильман Б. Л., Островидова Е. В., Журкович И. К. Химия-2018. Новые «горячие» области исследований. АНАЛИТИКА. 2019; 9(4):314–319.
- Мильман Б. Л., Луговкина Н. В., Журкович И. К. Передовые исследования в химии. 2012–2020 годы. АНАЛИТИКА. 2021; 11(5): 402–408.
- Google Scholar Metrics. URL: [https://scholar.google.ru/citations?view\\_op=top\\_venues&hl=ru&vq=chm\\_analyticalchemistry](https://scholar.google.ru/citations?view_op=top_venues&hl=ru&vq=chm_analyticalchemistry).
- Sempionatto J. R., Lasalde-Ramírez J. A., Mahato K., Wang J., Gao W. Wearable chemical sensors for biomarker discovery in the omics era. *Nat. Rev. Chem.* 2022; 6(12):899–915.
- Global electrochemical biosensors market overview. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/electrochemical-biosensors-market-2792>.
- Microfluidic Devices Market Research 2031. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/microfluidic-devices-market-A17085>.
- Chromatography Market Overview 2030. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/chromatography-market-A13099>.
- Mass Spectrometry Market Overview. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/mass-spectrometry-market>.
- Research Fronts 2021. URL: [https://discover.clarivate.com/ResearchFronts2021\\_EN](https://discover.clarivate.com/ResearchFronts2021_EN).
- Ravi N., Cortade D. L., Ng E., Wang S. X. Diagnostics for SARS-CoV-2 detection: A comprehensive review of the FDA-EUA COVID-19 testing landscape. *Biosens. Bioelectron.* 2020; 165:112454.

15. Chen Z., Zhang Z., Zhai X., Li Y., Lin L., Zhao H., Bian L., Li P., Yu L., Wu Y., Lin G. Rapid and sensitive detection of anti-SARS-CoV-2 IgG, using lanthanide-doped nanoparticles-based lateral flow immunoassay. *Anal. Chem.* 2020; 92(10): 7226–7231.
16. Naikoo G. A., Arshad F., Hassan I. U., Awan T., Salim H., Pedram M. Z., Ahmed W., Patel V., Karakoti A. S., Vinu A. Nanomaterials-based sensors for the detection of COVID-19: A review. *Bioeng. Transl. Med.* 2022; 7(3): e10305.
17. He D., Bristow K., Filipović V., Lv J., He H. Microplastics in terrestrial ecosystems: a scientometric analysis. *Sustainability.* 2020; 12(20): 8739.
18. Research fronts 2016. URL: <http://www.casisd.cn/zkcg/zkcg/201706/P020170630548078477885.pdf>.
19. Research fronts 2017. URL: [https://panel.gelisim.edu.tr/assets/2018/dokumanlar/Research-Fronts-2017-EN-final\\_9a67f8da96f444ea964a67b2251f23d3.pdf](https://panel.gelisim.edu.tr/assets/2018/dokumanlar/Research-Fronts-2017-EN-final_9a67f8da96f444ea964a67b2251f23d3.pdf).
20. 2020 Research Fronts. URL: <http://english.casisd.cn/research/rp/202011/P020201115257647013713.pdf>.
21. Shishov A., Bulatov A., Locatelli M., Carradori S., Andruch V. Application of deep eutectic solvents in analytical chemistry. A review. *Microchem. J.* 2017; (135): 33–38.
22. 2018 Research Fronts. URL: <http://english.casisd.cn/research/rp/201812/P020181226516012285926.pdf>.
23. Мильман Б. Л., Журкович И. К. Новое в методологии химической идентификации. *Ж. аналит. хим.* 2024; 79 (в печати).
8. Sempionatto J. R., Lasalde-Ramírez J. A., Mahato K., Wang J., Gao W. Wearable chemical sensors for biomarker discovery in the omics era. *Nat. Rev. Chem.* 2022; 6(12):899–915.
9. Global electrochemical biosensors market overview. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/electrochemical-biosensors-market-2792>.
10. Microfluidic Devices Market Research 2031. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/microfluidic-devices-market-A17085>.
11. Chromatography Market Overview 2030. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/chromatography-market-A13099>.
12. Mass Spectrometry Market Overview. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/mass-spectrometry-market>.
13. Research Fronts 2021. URL: [https://discover.clarivate.com/ResearchFronts2021\\_EN](https://discover.clarivate.com/ResearchFronts2021_EN).
14. Ravi N., Cortade D. L., Ng E., Wang S. X. Diagnostics for SARS-CoV-2 detection: A comprehensive review of the FDA-EUA COVID-19 testing landscape. *Biosens. Bioelectron.* 2020; 165:112454.
15. Chen Z., Zhang Z., Zhai X., Li Y., Lin L., Zhao H., Bian L., Li P., Yu L., Wu Y., Lin G. Rapid and sensitive detection of anti-SARS-CoV-2 IgG, using lanthanide-doped nanoparticles-based lateral flow immunoassay. *Anal. Chem.* 2020; 92(10): 7226–7231.
16. Naikoo G. A., Arshad F., Hassan I. U., Awan T., Salim H., Pedram M. Z., Ahmed W., Patel V., Karakoti A. S., Vinu A. Nanomaterials-based sensors for the detection of COVID-19: A review. *Bioeng. Transl. Med.* 2022; 7(3): e10305.
17. He D., Bristow K., Filipović V., Lv J., He H. Microplastics in terrestrial ecosystems: a scientometric analysis. *Sustainability.* 2020; 12(20): 8739.
18. Research fronts 2016. URL: <http://www.casisd.cn/zkcg/zkcg/201706/P020170630548078477885.pdf>.
19. Research fronts 2017. URL: [https://panel.gelisim.edu.tr/assets/2018/dokumanlar/Research-Fronts-2017-EN-final\\_9a67f8da96f444ea964a67b2251f23d3.pdf](https://panel.gelisim.edu.tr/assets/2018/dokumanlar/Research-Fronts-2017-EN-final_9a67f8da96f444ea964a67b2251f23d3.pdf).
20. 2020 Research Fronts. URL: <http://english.casisd.cn/research/rp/202011/P020201115257647013713.pdf>.
21. Shishov A., Bulatov A., Locatelli M., Carradori S., Andruch V. Application of deep eutectic solvents in analytical chemistry. A review. *Microchem. J.* 2017; (135): 33–38.
22. 2018 Research Fronts. URL: <http://english.casisd.cn/research/rp/201812/P020181226516012285926.pdf>.
23. Milman B. L., Zhurkovich I. K. New in the procedure of chemical identification. *J. Anal. Chem.* 2024. 79 (in print).

## References

1. 2022 Research Fronts. URL: [https://discover.clarivate.com/2022ResearchFronts\\_EN](https://discover.clarivate.com/2022ResearchFronts_EN).
  2. Milman B., Zhurkovich I. Analytics and bioanalytics on maps of science. *Analytics.* 2013; (2):34–41.
  3. Milman B., Zhurkovich I. Analytics-2014: hot fields of global research. *Analytics.* 2015; (4):56–62.
  4. Milman B. L., Zhurkovich I. K. New reports from the fronts of science: nanomaterials, microfluidics, proteomics. *Analytics.* 2017; (5):30–33.
  5. Milman B. L., Ostrovidova E. V., Zhurkovich I. K. Chemistry-2018. New hot research fields. *Analytics.* 2019; 9(4):314–319.
  6. Milman B. L., Lugovkina N. V., Zhurkovich I. K. Front research in chemistry. 2012–2020. *Analytics.* 2021; 11(5): 402–408.
  7. Google Scholar Metrics. URL: [https://scholar.google.ru/citations?view\\_op=top\\_venues&hl=ru&vq=chm\\_analyticalchemistry](https://scholar.google.ru/citations?view_op=top_venues&hl=ru&vq=chm_analyticalchemistry).
- Статья поступила в редакцию 26.08.2023  
Принята к публикации 18.09.2023



## ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



1090 руб.

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

коллективная монография

под ред. Карпова Ю.А., Барановской В.Б., Житенко Л.П.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 400 с. ISBN 978-5-94836-554-1

Благородные (драгоценные) металлы относятся к важнейшим видам современных материалов. Они являются валютными ценностями, широко применяются в ювелирном деле, в электронной, химической, машиностроительной промышленности, в медицине и многих других областях человеческой деятельности. Функциональные свойства этих материалов неразрывно связаны с их химическим составом, который устанавливают с помощью аналитического контроля. В настоящей монографии рассмотрены современные методы анализа (атомно-спектральные, рентгеноспектральные, физико-химические и другие), методы пробирного концентрирования, методики аналитического контроля конкретных объектов, стандарты на методы анализа и проблемы развития аналитической химии благородных металлов. Эта информация представляет интерес для работников аналитических лабораторий, научно-исследовательских организаций и многочисленных потребителей материалов и изделий, содержащих благородные металлы.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

125319, Москва, а/я 91; тел.: +7 495 234-0110; факс: +7 495 956-3346; e-mail: [knigi@technosfera.ru](mailto:knigi@technosfera.ru); [sales@technosfera.ru](mailto:sales@technosfera.ru)