АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ В ОБЛАСТЯХ, СВЯЗАННЫХ С НАНОТЕХНОЛОГИЕЙ И ЭКСТРАКЦИЕЙ

ANALYSIS OF DYNAMICS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS FOR AREAS RELATED TO NANOTECHNOLOGY AND EXTRACTION

УДК 66.061.3, ВАК 02.00.02, DOI: 10.22184/1993-8578.2017.73.3.46.54

Н.Мурашова*, А.Полякова*, Е.Юртов* / natur_home@mail.ru
N.Murashova*, A.Polyakova*, E.Yurtov*

Проведен анализ динамики публикаций в базе данных ScienceDirect за период с 1980 по 2015 год в областях, связанных с нанотехнологией и экстракцией, определены наиболее динамично развивающиеся направления исследований.

Publication dynamics in the ScienceDirect database for the period from 1980 to 2015 was analyzed for the areas related to nanotechnology and extraction. The most dynamically developing directions of research were determined.

Инструментом для оценки интереса научного сообщества к определенным областям и объектам исследований может служить анализ динамики научных публикаций в международных базах данных. Анализ динамики публикаций по определенной тематике за достаточно длительный (не менее 15 лет) промежуток времени позволяет оценить интерес к этой тематике по сравнению с другими областями исследований, изменение этого интереса во времени, спрогнозировать развитие научного направления. Анализ динамики научных публикаций может служить дополнением к другим вариантам оценки тенденций развития научных направлений – обзорным статьям в отечественных и зарубежных научных журналах [1, 2] и оценке результатов научных конференций [3].

Цель данной работы – анализ динамики научных публикаций в международной базе данных в областях, связанных с нанотехнологией и экстракцией. Известно, что наноразмерные частицы и наноструктуры могут самопроизвольно возникать в экстракционных системах и влиять на характеристики процесса, а некоторые специально полученные наноструктуры

могут использоваться для экстракционного выделения и разделения веществ [4, 5].

Чтобы оценить динамику публикаций, мы использовали возможности базы данных ScienceDirect – информационной платформы издательства Elsevier, которая содержит 25% мировых научных публикаций. ScienceDirect обеспечивает охват литературы из всех областей науки, предоставляет доступ к более 13 млн публикаций из 2500 научных журналов и более 33000 книг издательства Elsevier, а также к журналам, опубликованным другими научными сообществами [6].

Анализировалось число публикаций за период с 1980 по 2015 год, где целевые понятия входили в название и ключевые слова, либо в название, ключевые слова и аннотацию, что позволило отсеять большинство случайных попаданий и адекватно оценить уровень интереса ученых к данному направлению. При этом число публикаций и скорость его роста сравнивалась с другими научными направлениями.

Для выявления тенденций развития узкоспециализированных областей исследования или изменения интереса к объектам исследова-

* Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева / D.Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia.

ния целесообразно проводить поиск публикаций по двум и более целевым понятиям, которые могут входить в название, ключевые слова и аннотацию. Чтобы снизить влияние случайных колебаний числа публикаций по годам и лучше выявить тенденцию, следует использовать данные по числу публикаций за пять лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки тенденций развития крупных направлений науки и техники сравнивалось количество публикаций, посвященных широко применяемым методам разделения веществ в химической технологии (фильтрация, сорбция, выщелачивание, жидкостная экстракция), нанотехнологиям и наноматериалам (слова, в составе которых присутствует приставка "нано"). Анализировалось количество публикаций, в которых целевые понятия входили в название и ключевые слова. На рис.1 показаны данные о количестве публикаций за пятилетний период.

Как видно из рис.1, по числу публикаций традиционные методы химической технологии можно расположить в порядке убывания: фильтрация, сорбция, выщелачивание, жидкостная экстракция. Этот порядок не меняется на протяжении последних 30 лет. Скорость роста числа публикаций по этим направлениям различается. Среднее время удвоения числа публикаций составляет 8,8 лет для сорбции, 9,1 год для выщелачивания, 9,8 лет для фильтрации, 11,6 лет для жидкостной экстракции.

С середины 1990-х годов отмечается резкий рост числа исследований в области нанотех-

Рис.1. Динамика публикаций по традиционным методам химической технологии и по нанотехнологии и наноматериалам за 1980–2015 годы. Поиск по словам: 1 – фильтрация; 2 – сорбция; 3 – выщелачивание; 4 – жидкостная экстракция; 5 – нано

Fig.1. Dynamics of publications about conventional methods of chemical technology, nanotechnology and nanomaterials in 1980–2015 years. Search words: 1 – filtration; 2 – sorption; 3 – leaching; 4 – solvent extraction; 5 – nano

нологии и наноматериалов. Скорость этого роста существенно выше, чем у традиционных методов химической технологии, время удвоения числа публикаций составляет 2,5 года. За период с 2011 по 2015 год количество публика-

The analysis of the dynamics of scientific publications in international databases can be a tool to assess the interest of the scientific community to specific fields and objects of research. The analysis of the dynamics of publications on a certain topic for long enough (at least during 15 years) period of time allows to assess the interest in this subject compared to other areas of research, the change of this interest in time, to predict the development of the research field. The

analysis of the dynamics of scientific publications can serve as a complement to other methods for the evaluation of trends of development of scientific directions, including review articles in national and international scientific journals [1, 2] and the evaluation of results of scientific conferences [3].

The aim of this paper is the analysis of the dynamics of scientific publications in international database in the fields related to nanotechnology and extraction. It is

known that nanoscale particles and nanostructures can spontaneously arise in the extraction systems and influence the characteristics of the process, and some special obtained nanostructures can be used for extraction and separation of substances [4, 5].

To assess the dynamics of publications, we have used the capabilities of the ScienceDirect database, an information platform of Elsevier, which contains 25% of world scientific publications. ScienceDirect provides coverage of

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"

Цена 550 руб.

НЕИЗВЕСТНЫЙ АЛМАЗ. "АРТЕФАКТЫ" ТЕХНОЛОГИИ

Карасев В.Ю.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2015. – 96 с.
ISBN 978-5-94836-405-6

В книге описываются результаты экспериментов по изучению оригинального квантово-волнового метода механического воздействия на кристаллы алмаза. Проведенные эксперименты открывают новые свойства и особенности этих кристаллов, находящихся в сильно неравновесных условиях обработки. Показана принципиальная возможность возникновения необратимых сильно неравновесных явлений в кристаллах алмаза при формировании в их объеме волновых потоков с винтовым возмущением волнового фронта. Взаимодействие этих волновых потоков в объеме алмаза приводит как к изменению дефектно-примесной структуры алмаза, снятию внутренних напряжений, так и к формированию морфологического рельефа поверхности кристалла без непосредственного касания всей его поверхности инструментом. Открытие этого метода воздействия на кристаллы алмаза – еще один шаг в создании технологий направленной модификации свойств алмаза, который является модельным объектом всей физики твердого тела. Описывается динамическая волновая среда, влияющая на получаемые результаты.

Книга предназначена для специалистов в области обработки алмазов, физики твердого тела, материаловедения, квантовой механики, а также для любознательных студентов и аспирантов.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 234-0110; 📠 (495) 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

ций в области "нано" сравнялось с "сорбцией" и приблизилось к "фильтрации". Таким образом, анализ динамики публикаций в базе данных ScienceDirect подтвердил известный факт резкого

роста интереса к исследованиям в области наноматериалов и нанотехнологии, начиная с середины 1990-х – начала 2000-х годов. С другой стороны, судя по числу публикаций, интерес ученых

publications from all areas of science, provides access to over 13 million publications from 2500 journals and more than 33,000 books of Elsevier, and to the journals published by other scientific communities [6].

We analyzed the number of publications between 1980 and 2015, where the key concepts are included in the title and keywords or in the title, keywords and abstract, which allowed to cut off most random hits and to adequately assess the level of interest of scientists to this field. The number of publications and its rate of growth were compared with other scientific areas.

To identify trends in the development of specialized fields of study or in change of interest in the objects of study, it is advisable to search for publications on two or more key concepts, which can be included in the title, keywords and abstract. To reduce the effect of random fluctuations in the number of publications by year and better identify the trend, it is expedient to use data on the number of publications for five years.

RESULTS AND DISCUSSION

To assess trends in the development of major areas of science

and technology, we have compared the number of publications on the widely used methods of separating substances in chemical engineering (filtration, sorption, leaching, liquid extraction) and nanotechnology and nanomaterials (words with the prefix "nano"). We have analyzed the number of publications, where the key concepts were included into the title and keywords. Fig.1 shows data on the number of publications over a five-year period.

As can be seen from Fig.1, by the number of publications the traditional methods of chemical technology can be placed in

к нанотехнологии и наноматериалам сравним с интересом к такой давно разработанной области химической технологии, как сорбция, и ниже, чем интерес к фильтрации. Несмотря на отсутствие специальных программ поддержки, таких как Национальная нанотехнологическая инициатива США, интерес исследователей к работе в традиционных областях химической технологии, связанных с разделением веществ, не снижается.

Дополнительно была проанализирована динамика публикаций по отдельным терминам: "сорбент" (sorbent), "экстрагент" (extractant) и "наночастица" (nanoparticle). Анализировалось количество публикаций, где целевые понятия входили в название и ключевые слова.

Экспоненциальный рост числа публикаций был выявлен для исследований как в области традиционных химических технологий, так и нанотехнологии. Но скорость роста числа публикаций, где в названии и ключевых словах присутствует термин "наночастица", существенно выше, чем для понятий "сорбент" и "экстрагент". Время удвоения числа публикаций составляет 7,1 года для термина "сорбент", 10,7 лет – для "экстрагент" и 2,6 года – для "наночастица", что согласуется с полученными ранее данными по среднему времени удвоения для слов "сорбция", "жидкостная экстракция" и "нано".

Представляет интерес динамика публикаций, посвященных исследованию и использованию наноразмерных объектов в экстракционных систе-

Рис.2. Динамика публикаций по применению жидкостной экстракции для извлечения и разделения некоторых металлов за 1980–2015 годы. Поиск по словам "жидкостная экстракция" плюс: 1 – медь; 2 – железо; 3 – кобальт; 4 – лантаноиды; 5 – уран; 6 – платина; 7 – фуллерены

Fig.2. Dynamics of publications on use of solvent extraction for extraction and separation of some metals in 1980–2015 years. Search words are "solvent extraction" plus: 1 – copper; 2 – iron; 3 – cobalt; 4 – lanthanide; 5 – uranium; 6 – platinum; 7 – fullerene

мах, то есть относящихся и к нанотехнологии, и к экстракции. Среди таких публикаций можно выделить три направления:

descending order: filtration, sorption, leaching, liquid extraction. This order is not changed for the past 30 years. The rate of growth in the number of publications in these areas varies. The average time of doubling in the number of publications is 8.8 years for sorption, 9.1 years for leaching, 9.8 years for filtration, 11.6 years for liquid extraction.

Since the mid 1990-ies there has been a sharp increase in the number of studies in the field of nanotechnology and nanomaterials. The rate of this growth is significantly higher than for the traditional methods of chemical

technology and the doubling time in the number of publications is 2.5 years. For the period from 2011 to 2015, the number of publications in the field of "nano" caught up with "sorption" and has closer to "filtration". Thus, the analysis of the dynamics of publications in ScienceDirect database confirmed well-known fact of sharp growth of interest in research in the field of nanomaterials and nanotechnology since the mid-1990-ies-beginning of 2000-ies. On the other hand, judging by the number of publications, the interest of scientists to nanotechnology and nanomaterials is comparable to the interest in

such a long time developing field of chemical technologies, as sorption, and is less than the interest in filtration. Despite the lack of special support programs such as the National Nanotechnology Initiative in the United States, the interest of researchers to work in the traditional areas of chemical engineering related with separation of substances, is not reduced.

Additionally the dynamics of publications on terms "sorbent", "extractant" and "nanoparticle" (nanoparticle) was analyzed. The number of publications where the key concepts are included in the title and keywords was analyzed.

Рис.3. Динамика публикаций, связанных с экстракцией и нанотехнологией. Поиск по словам: 1 – твердофазная экстракция + углеродные нанотрубки; 2 – твердофазная экстракция + магнитные наночастицы; 3 – экстракция + обратные мицеллы; 4 – экстракция + микроэмульсия

Fig.3. Dynamics of publications related to extraction and nanotechnology. Search words: 1 – solid phase extraction + carbon nanotube; 2 – solid phase extraction + magnetic nanoparticle; 3 – extraction + reverse micelle; 4 – extraction + microemulsion

- применение жидкостной экстракции для выделения и разделения наноразмерных частиц, например фуллеренов;

The exponential growth in the number of publications was identified for research in the field of both traditional chemical technologies and nanotechnology. But the speed of growth in the number of publications where the title and keywords include the term "nanoparticle", is significantly higher than for the terms "sorbent" and "extractant". The doubling time in the number of publications is 7.1 years for the term "sorbent", 10.7 years for the "extractant" and 2.6 years for "nanoparticle", which is consistent with earlier data on the average doubling time for the words "sorption", "liquid extraction" and "nano".

Of interest is the dynamics of publications devoted to the study and use of nano-sized objects in the extraction systems i.e. related to both nanotechnology and extraction.

Among such publications it is possible to allocate three areas:

- use of liquid extraction for release and separation of nanoscale particles, such as fullerenes;
- use of nanoparticles and nanostructures to create new and improve the existing methods of extraction;
- problems of spontaneous formation of nanoscale objects, such as reverse micelles or nanoparticles

- применение наночастиц и наноструктур для создания новых и совершенствования существующих методик экстракции;
- проблемы самопроизвольного образования наноразмерных объектов, например обратных мицелл или наночастиц твердой фазы, в экстракционных системах, и их влияния на параметры экстракции.

Была изучена динамика публикаций по применению жидкостной экстракции для извлечения и разделения фуллеренов и их производных в сравнении с извлечением и разделением некоторых металлов (меди, железа, кобальта, лантаноидов, урана и платины). Анализировалось количество публикаций за каждые пять лет, где целевые понятия ("жидкостная экстракция" плюс название вещества) входили в название, ключевые слова и аннотацию (рис.2).

Следует отметить рост числа публикаций, посвященных жидкостной экстракции всех упомянутых металлов, в последние годы. Лидером стабильно является экстракция меди, на втором месте находится железо. В 1980-1990-е годы третье место по количеству публикаций занимала жидкостная экстракция урана, в дальнейшем интерес сместился в сторону кобальта.

С начала 1990-х годов, когда появились первые статьи, и до настоящего времени экстракция фуллеренов по числу публикаций заметно уступает экстракции металлов. Количество публикаций по этой теме составляет единицы в год и не более 20-ти за пять лет. Можно отме-

of solid phase in extraction systems and their effects on the parameters of extraction.

The dynamics of publications on the use of liquid extraction for extraction and separation of fullerenes and their derivatives in comparison with the extraction and separation of some metals (copper, iron, cobalt, lanthanides, uranium and platinum) was studied. We analyzed the number of publications for each five years, where the key concept ("solvent extraction" plus the name of the substance) is included in the title, keywords and abstract (Fig.2).

It should be noted the increase in the number of publications devoted

тить рост числа публикаций примерно в три раза в период 2011–2015 годов, что свидетельствует об усилении интереса к экстракции фуллеренов и их производных. Среди методов, применяемых для извлечения фуллеренов, преобладает жидкостная экстракция толуолом при дополнительной ультразвуковой обработке, жидкостная экстракция толуолом в присутствии солей и экстракция в аппарате Сокслета [7].

Проблемы образования наночастиц и наноструктур в экстракционных системах и их применения для экстракции в ряде случаев связаны друг с другом. В экстракционных системах в объеме фаз и вблизи межфазной границы возможно образование целого ряда наноструктур – мицелл, микроэмульсий, жидких кристаллов, наночастиц твердой фазы и гелей из них. Структурообразование в экстракционных системах влияет на коэффициенты распределения и разделения веществ, скорость экстракции и скорость разделения фаз. В одних случаях образование наноструктур в экстракционных системах нежелательно, так как они уменьшают скорость экстракции, ухудшают разделение фаз, снижают коэффициенты разделения. В других случаях самопроизвольно образующиеся наноструктуры, например обратные мицеллы или микроэмульсии, могут повышать коэффициенты распределения веществ. Это позволяет использовать их в традиционных экстракционных процессах или разрабатывать новые [4, 5].

Для извлечения и разделения веществ могут применяться наночастицы (например, магнитные наночастицы или углеродные нанотрубки) и наноструктуры, образованные поверхностно-активными веществами (например, обратные мицеллы или микроэмульсии). Обратные мицеллы и микроэмульсии могут также самопроизвольно образовываться в экстракционных системах при ассоциации молекул ПАВ. При выборе публикаций рассматривали следующие комбинации слов, которые входили в название, ключевые слова и аннотацию: "твердофазная экстракция + углеродные нанотрубки"; "твердофазная экстракция + магнитные наночастицы"; "экстракция + обратные мицеллы"; "экстракция + микроэмульсия" (рис.3).

Рассмотренные направления исследований можно разделить на две группы: с долговременным медленным ростом ("экстракция + обратные мицеллы"; "экстракция + микроэмульсия"); со "взрывным" ростом в последние 15 лет ("твердофазная экстракция + углеродные нанотрубки"; "твердофазная экстракция + магнитные наночастицы"). В период с 1980 по 2010 год наблюдается линейный рост числа публикаций, связанных с изучением и применением в экстракционных системах таких известных объектов коллоидной химии, как обратные мицеллы и микроэмульсии. В этом направлении достигнуты определенные успехи, имеются примеры практического применения разработанных методов [8]. В последние пять лет сохраняется линейный

to liquid extraction of all mentioned metals in recent years. The leader is consistently the extraction of copper, in the second place is iron. In 1980-1990-ies the third place by the number of publications was occupied by liquid extraction of uranium, in the future, the interest has shifted to cobalt.

Since the early 1990-ies, when the first article were published, until the present time, extraction of fullerenes in the number of publications is noticeably inferior to extraction of metals. The number of publications on this topic is a few per year and not more than 20 in five years. It is possible to note the increasing

number of publications about three times in the period 2011–2015, which indicates an increased interest in the extraction of fullerenes and their derivatives. Dominant methods of extraction of fullerenes are liquid extraction by toluene at an additional ultrasonic treatment, liquid extraction by toluene in the presence of salts and Soxhlet extraction [7].

Problems of the formation of nanoparticles and nanostructures in extraction systems and their application for extraction in some cases are related to each other. In the extraction systems in the bulk phase and near the phase boundary, the formation of a number of nanostructures

including micelles, microemulsions, liquid crystals, nanoparticles of a solid phase and gel from them is possible. Structure formation in the extraction system affects the distribution ratio and separation factor of substances, the extraction rate and the phase separation rate. In some cases, the formation of nanostructures in the extraction systems is undesirable, since they reduce the extraction rate, worsen the phase separation, reduce the separation factors. In other cases, spontaneously formed nanostructures, such as reverse micelles or microemulsions can increase the distribution ratio of substances. This allows to

Журналы с наибольшим числом публикаций по темам, относящимся к нанотехнологии и экстракции, за период 1980–2015 годов. Целевые понятия входили в название, ключевые слова и аннотацию

Journals with largest number of publications on topics related to nanotechnology and extraction during 1980–2015. Terms were searched in the titles, keywords and abstracts

Журнал Journals	Число публикаций Number of publications	Пятилетний импакт-фактор Five-year impact factor
Поиск по словам: экстракция + обратные мицеллы Search words: extraction + reverse micelle		
Biochemical Engineering Journal	20	2,859
Separation and Purification Technology	18	3,758
Process Biochemistry	15	3,067
Journal of Colloid and Interface Science	14	3,758
Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	12	2,834
Поиск по словам: экстракция + микроэмульсия Search words: extraction + microemulsion		
Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	13	2,834
Journal of Colloid and Interface Science	12	3,758
Analytica Chimica Acta	8	4,841
Hydrometallurgy	7	2,947
Journal of Chromatography A	7	4,150
Поиск по словам: твердофазная экстракция + углеродные нанотрубки Search words: solid-phase extraction + carbon nanotube		
Journal of Chromatography A	68	4,150
Talanta	57	3,749
Analytica Chimica Acta	30	4,841
TrAC Trends in Analytical Chemistry	26	7,474
Journal of Chromatography B	17	2,729
Поиск по словам: твердофазная экстракция + магнитные наночастицы Search words: solid-phase extraction + magnetic nanoparticle		
Journal of Chromatography A	57	4,150
Talanta	41	3,749
Analytica Chimica Acta	32	4,841
TrAC Trends in Analytical Chemistry	16	7,474
Journal of Chromatography B	10	2,729

рост количества публикаций, связанных с экстракцией и микроэмульсиями, но наблюдается уменьшение числа публикаций, связанных с экстракцией и обратными мицеллами. Метод мицеллярной экстракции (экстракции с помощью обратных мицелл) часто используется для извлечения веществ биологического происхождения. В последнее время широко распространился другой метод извлечения биологически активных веществ – сверхкритическая флюидная экстракция. Возможно, интерес исследователей, работающих в области извлечения, разделения и анализа биологически активных веществ, сместился от одного метода экстракции к другому.

Начиная с 2001 года отмечается резкий рост числа публикаций по твердофазной экстракции с помощью новых наноразмерных объектов – магнитных наночастиц и углеродных нанотрубок. Эти методы предлагаются для выделения и концентрирования органических и неорганических веществ в аналитических целях. Используются магнитные наночастицы Fe_3O_4 с различными видами модификации поверхности, магнитные наночастицы, помещенные внутрь углеродных нанотрубок (эндоэдральная функционализация), либо привитые к поверхности нанотрубок (экзоэдральная функционализация), а сами УНТ выступают в качестве сорбента (твердого экстрагента) [9, 10]. Вероятно, в следующие пять лет тенденция роста продолжится. При этом возможности препаративного применения таких методов пока остаются под вопросом.

Результаты оценки динамики публикаций, посвященных исследованию и использованию наноразмерных объектов в экстракционных системах, подтверждаются анализом особенностей научных журналов, в которых опубликовано наибольшее число статей по рассмотренным направлениям (см. таблицу). Статьи об изучении и применении в экстракционных системах обратных мицелл и микроэмульсий опубликованы в журналах как фундаментальной, так и прикладной и технологической направленностей. Статьи, связанные с экстракцией и с магнитными наночастицами или с углеродными нанотрубками, в основном опубликованы в журналах, посвященных аналитической химии. Последние в среднем имеют более высокий импакт-фактор, чем журналы со статьями, связанными с экстракцией и обратными мицеллами или микроэмульсиями.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ динамики научных публикаций, представленных в международной базе

данных ScienceDirect, за период 1980–2015 годов в областях, связанных с нанотехнологией и жидкостной экстракцией, показал, что с середины 1990-х годов отмечается резкий рост исследований в сфере нанотехнологии и наноматериалов. В настоящее время по числу публикаций эта область сравнима с такими широко известными методами, как сорбция и фильтрация.

Традиционные методы химической технологии можно расположить по числу публикаций, образуя следующий ряд (в порядке убывания): фильтрация, сорбция, выщелачивание, жидкостная экстракция. Анализ числа публикаций по применению жидкостной экстракции к определенным металлам позволяет выделить в качестве лидеров медь и железо. Экстракция фуллеренов по этому показателю заметно уступает экстракции металлов, хотя в 2011–2015 годы отмечается рост количества публикаций по данной теме.

Оценка динамики публикаций, связанных с изучением и использованием наноразмерных объектов в экстракционных процессах, позволяет выделить две группы направлений: с долгосрочным медленным ростом и со "взрывным" ростом в последние 15 лет. Первая группа связана с изучением и применением в экстракционных системах обратных мицелл и микроэмульсий. Во вторую группу входят публикации по экстракции с помощью магнитных наночастиц и углеродных нанотрубок. Можно предположить, что и в следующие пять лет будет наблюдаться быстрый рост исследований в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королева М.Ю., Юртов Е.В. Наноэмульсии: свойства, методы получения и перспективные области применения // Успехи химии. 2012. Т. 81. № 1. С. 21–43.
2. Мурашова Н.М., Юртов Е.В. Лецитиновые органогили как перспективные функциональные наноматериалы // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10. № 7–8. С. 5–14.
3. Георгиев Д. EuroNanoForum 2015: развитие нанотехнологий в Европе // НАНОИНДУСТРИЯ. 2015. № 7(61). С. 22–25.
4. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Гели, микроэмульсии и жидкие кристаллы в экстракционных системах с ди-(2-этилгексил)фосфорной кислотой // Химическая технология. 2006. № 6. С. 26–31.
5. Юртов Е.В., Мурашова Н.М. Выщелачивание металлов экстрагент-содержащими микроэмульсиями // Химическая технология. 2010. № 8. С. 479–483.
6. Описание платформы ScienceDirect на сайте "Elsevier в России". <http://elsevierscience.ru/products/science-direct>.
7. Isaacson C., Kleber M., Field J. Quantitative Analysis of Fullerene Nanomaterials in Environmental Systems: A Critical Review // Environmental science and technology. 2009. Vol. 43. № 17. P. 6463–6474.
8. Perez de Ortiz S., Stuckey D. Recent Advances in Solvent Extraction Processes // Solvent Extraction Principles and Practice. Edt. by Jan Rydberg, Michael Cox, Claude Musikas, Gregory R. Choppin. Marcel Dekker, New York, Basel, 2004. P. 651–678.
9. Wierucka M., Biziuk M. Application of magnetic nanoparticles for magnetic solid-phase extraction in preparing biological, environmental and food samples // Trends in Analytical Chemistry. 2014. V. 59. P. 50–58.
10. Herrero-Latorre C., Barciela-García J., García-Martín S., Peña-Creciente R.M., Otárola-Jiménez J. Magnetic solid-phase extraction using carbon nanotubes as sorbents: A Review // Analytica Chimica Acta. 2015. Vol. 892. P. 10–26.

use them in the traditional extraction processes or develop new ones [4, 5].

Nanoparticles (e.g., magnetic nanoparticles or carbon nanotubes) and nanostructures formed by surface-active substances (for example, reverse micelles or microemulsion) can be used for the extraction and separation of substances. Reverse micelles and microemulsions can be formed spontaneously in the extraction systems at the association of the surfactant molecules. When choosing publications, the following combinations of terms included in the title, keywords and abstract were considered: "solid-phase extraction + carbon nanotube"; "solid-phase extraction + magnetic nanoparticle"; "extraction + reverse micelle"; "extraction + microemulsion" (Fig.3).

The considered areas of research can be divided into two groups: with long-term slow growth ("extraction + reverse micelle"; "extraction + microemulsion"); with the explosive growth in the last 15 years ("solid phase extraction + carbon nanotube"; "solid-phase extraction + magnetic nanoparticle"). In the period from 1980 to 2010, there is a linear increase in the number of publications associated with the study and application in extraction systems of such well-known objects of colloid chemistry, as reverse micelles and microemulsions. In this area a progress has been achieved and there are examples of the practical application of the developed methods [8]. In the last five years, a linear increase in the number of publications related to the extraction and microemulsion, but a decrease in the number of publications related to the extraction and reverse micelles are observed. Micellar extraction (extraction by reverse micelles) is often used for extracting substances of biological origin.

Recently, another method of extraction of biologically active substances by supercritical fluid extraction is widespread. It is possible that the interest of researchers working in the field of extraction, separation and analysis of biologically active substances, has shifted from one extraction method to another.

Since 2001, the sharp increase in the number of publications on solid-phase extraction using new nanoscale objects, magnetic nanoparticles and carbon nanotubes, is noted. These methods are offered for release and concentration of organic and inorganic substances in analytical purposes. Magnetic nanoparticles of Fe_3O_4 with different types of surface modifications, magnetic nanoparticles, encapsulated inside carbon nanotubes (endohedral functionalization) or grafted to the nanotube surface (exohedral functionalization) are used, and the CNTs act as a sorbent (a solid extractant) [9, 10]. It is likely that in the next five years growth trend will continue. But the possibility of preparative applications of such methods remain questionable.

The results of the evaluation of the dynamics of publications devoted to the study and use of nano-sized objects in the extraction systems are confirmed by the analysis of the characteristics of the scientific journals that published the largest number of articles on the considered areas (table). Articles about study and application of reverse micelles and microemulsion in extraction systems are published in journals of fundamental, applied and technological fields. Articles related to the extraction, magnetic nanoparticles or carbon nanotubes are mostly published in journals devoted to analytical chemistry. The latter have on average

higher impact factor than journals with articles related to the extraction and reverse micelles or microemulsions.

CONCLUSIONS

Thus, the analysis of the dynamics of scientific publications presented in international database ScienceDirect for the period 1980–2015 years in areas related to nanotechnology and liquid extraction, showed that since the mid 1990-ies there has been a sharp increase in research in field of nanotechnology and nanomaterials. Currently, this area is comparable by the number of publications to such well-known methods, as sorption and filtration. Traditional methods of chemical technology can be placed by a number of publications in the following order (in descending): filtration, sorption, leaching, liquid extraction. The analysis of the number of publications devoted to the liquid extraction of certain metals allows to select two leaders: copper and iron. Extraction of fullerenes by this indicator is noticeably inferior to metal extraction, although in 2011–2015 years there has been an increase in the number of publications on this topic.

Assessment of dynamics of publications related to the study and use of nanoscale objects in extraction processes allows to allocate two groups of areas: with long-term slow growth and with the "explosive" growth in the last 15 years. The first group is related to the study of reverse micelles and microemulsions and their application in extraction systems. The second group includes publications on extraction with magnetic nanoparticles and carbon nanotubes. It can be assumed that in the next five years the rapid growth of research in this area will be observed. ■