

ся анализ главных направлений получения, изучения свойств и практического использования фуллеренов — нового класса углеродных материалов, открытых около десяти лет тому назад. Решение Нобелевского комитета о присуждении премии в 1996 г. по химии сэру Гарольду Крото (Великобритания), Ричарду Смолли и Роберту Керлу из университета Райса в Хьюстоне (США) подвело первые итоги исследований в области фуллеренов.

У атомов углерода была открыта способность соединяться друг с другом с образованием сферических оболочек — фуллеренов, включающих пяти- и шестичленные циклы, содержащие от двух десятков до нескольких тысяч атомов углерода. Трудно указать на какое-либо другое открытие в области химии, которое инициировало бы такое же интенсивное развитие исследований по химии, физической химии и физике и практическому использованию.

Исследование фуллеренов находится на переднем крае науки, точнее сказать, на переднем крае стыка наук, в области междисциплинарных и межатраслевых взаимодействий. Это обстоятельство в значительной степени определило выбранный нами метод исследования: комплексное использование традиционных (бумажных) и электронных источников информации, занимающих различные “ниши” в системе научных коммуникаций — первичных и вторичных (реферативных) журналов, мате-

риалов конференций, баз данных и информационно-поисковых систем и, разумеется, Интернет. Такой подход призван обеспечить “панорамное” и многоаспектное видение исследуемого объекта.

Для анализа были использованы отечественная база данных БК “Химия” (ВИНИТИ); международная система автоматизированного поиска STN International (The Scientific and Technical Information Network), включая базы данных BUSI (The International Business Opportunities Service), CEN (Chemical & Engineering News), INVESTEX (крупнейшая в мире полнотекстовая база данных инвестиционных проектов), NLDB (Newsletter Database), NTIS (National Technical Information Service), PROMT (Predicasts Overview of Markets and Technology), INPADOK. Кроме того, был осуществлен поиск публикаций по фуллеренам непосредственно по годовым комплектам восьми наиболее авторитетных, главным образом обзорных, японских химических журналов на японском языке из фонда Библиотеки Российской Академии наук за период с 1991 по 1996 г. и по таким известным англоязычным журналам, как Journal of American Chemical Society, Nature, Science, Chemistry and Industry, Chemical and Engineering News. Объектом анализа стали также материалы международной конференции “Фуллерены и атомные кластеры” [2]. Информация статистического характера получена из предметного указателя журнала Chemical Abstracts.

Таблица 1

Распределение документов в БК “Химия” по направлениям исследований

Область исследования	Годы						Всего
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
Синтез, свойства, нахождение в природе	40	191	327	561	455	167	1741
Производные, их реакции	—	24	33	130	282	215	684
							24,0%
Сверхпроводники, ферромагнетики	—	31	41	30	15	12	212
Химия полимеров	—	—	—	19	37	27	83
							2,9%
Фотоматериалы	—	6	11	10	3	—	30
							1,05%
Электроника, полупроводники	—	—	4	14	4	6	28
							1,0%
Лекарства, медицина, биохимия	—	1	1	15	1	3	21
							0,7%
Космос	—	2	—	7	3	—	12
							0,4%
Получение алмазов и алмазоподобных покрытий	—	1	1	2	3	4	11
							0,4%
Топливо для ракет и ионных двигателей	—	—	—	3	3	3	9
							0,3%
Состав смазок	—	2	3	1	—	2	8
							0,3%
Композиции	—	—	—	—	6	2	8
							0,3%
Пестициды, ОВ	—	—	—	—	4	—	4
							0,15%
Косметика	—	—	—	—	1	—	1
							0,04%
Всего	40	258	421	792	817	441	2848

Использование крупнейшей и наиболее доступной отечественной базы данных БК "Химия" (выявлено 2848 документов за период с 1991 по 1996 г.)\* и американского РЖ Chemical Abstracts (выявлено около 9200 документов за 2,5 года в период с 1993 по 1995 гг.)\*\* обеспечивает репрезентативность полученных результатов и позволяет на больших массивах выявить статистические особенности потока документов по фуллеренам. Информационный поиск по японским обзорным журналам, в ходе которого было выявлено 59 публикаций, не претендуя на полноту получаемых данных, выполняет функцию своего рода "зондирования" мирового потока литературы по фуллеренам. В результате была получена не только ценная фактографическая информация, но и обнаружены наиболее часто цитируемые англоязычные журналы, 48 публикаций из которых стали объектом контент-анализа.

Поиск информации по STN International позволил включить в орбиту исследования целое "созвездие" современных баз данных, дающих разнообразную фактографическую лицензионно-коммерческую информацию о фуллеренах. Аналогичную роль призван был сыграть и поиск в Интернет.

Распределение всего массива отобранных в БК "Химия" документов по направлениям исследований дано в табл. 1. Публикационная динамика представлена в виде графиков.

На рис. 1 показаны направления, отраженные в наибольшем числе публикаций: синтез, свойства, нахождение в природе, производные и их реакции. На рис. 2 представлены направления практического применения фуллеренов: химия полимеров, лекарства и медицина, сверхпроводимость и ферромагнетика, фотоматериалы, электроника. Наименьшее число публикаций посвящено применению фуллеренов в космосе, получению алмазов, фуллереновым добавкам к топливу для ракет и ионным двигателям и др. (рис. 3).

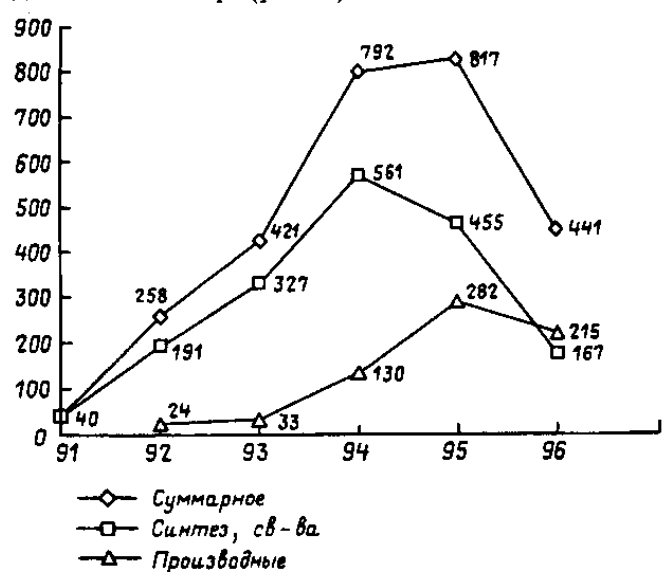


Рис. 1. Направления исследований, отраженные в наибольшем числе публикаций (синтез, свойства, нахождение в природе; производные, их реакции) (БК "Химия")

\*К сожалению, мы не имеем возможности осуществить автоматический поиск в БК "Химия" по полям, что существенно затрудняет и удорожает процесс многоаспективной обработки массива.

\*\*Поиск в "Chemical Abstracts" проводился в Библиотеке РАН (г. Санкт-Петербург) и был ограничен имеющимися комплектами журналов: 1993, 1994 и второй половины 1995 гг.

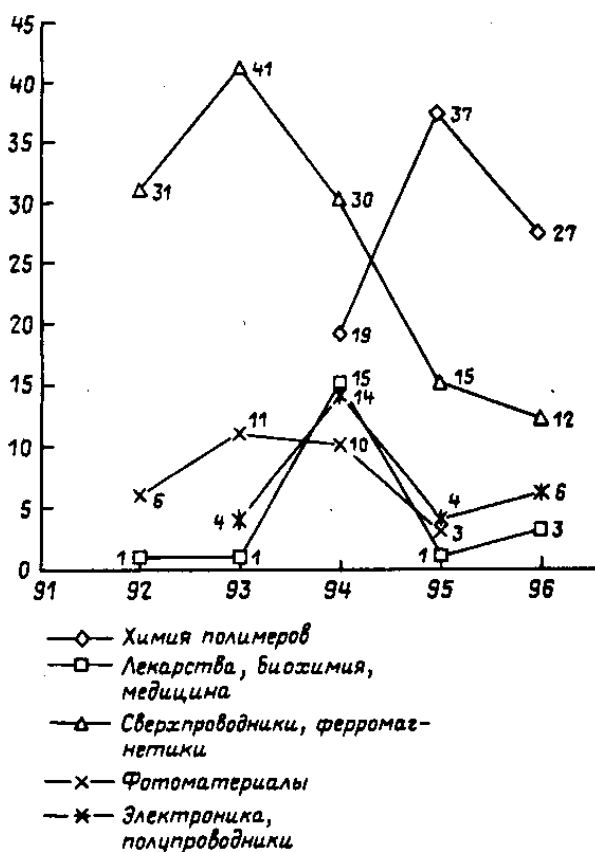


Рис. 2. Направления практического применения фуллеренов: химия полимеров, лекарства и медицина, сверхпроводимость и ферромагнетика, фотоматериалы, электроника (БК "Химия")

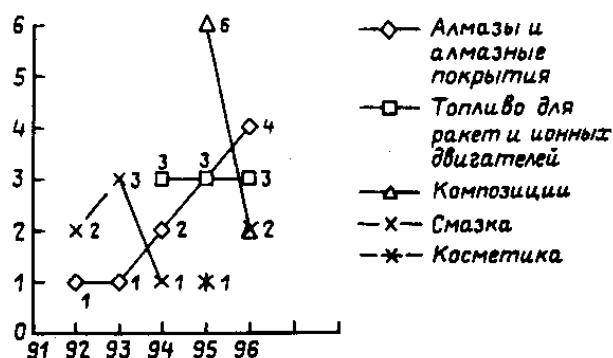


Рис. 3. Направления исследований: получение алмазов и алмазных покрытий, топливо для ракет и ионных двигателей, композиции, смазка, косметика (БК "Химия")

При интерпретации приведенных данных нужно иметь в виду, что информация за последние один-два года отражена в базе только частично, поскольку публикации в реферативных журналах могут отставать от времени публикации первичных документов от полугода до нескольких лет. В этом смысле интересно сравнить годовые распределения числа обзоров в восьми японских журналах (59 обзоров японских авторов) с мировым потоком обзоров, отраженных за тот же период в БК "Химия" (70 наименований) (рис. 4). Если принять во внимание указанное временное отставание (log-time), то просматривается общая тенденция публикационной активности за указанные годы. Кроме

того, данные рис. 4 демонстрируют насыщенность японских журналов обзорами, что вообще характерно для японской естественнонаучной и технической периодики [3].

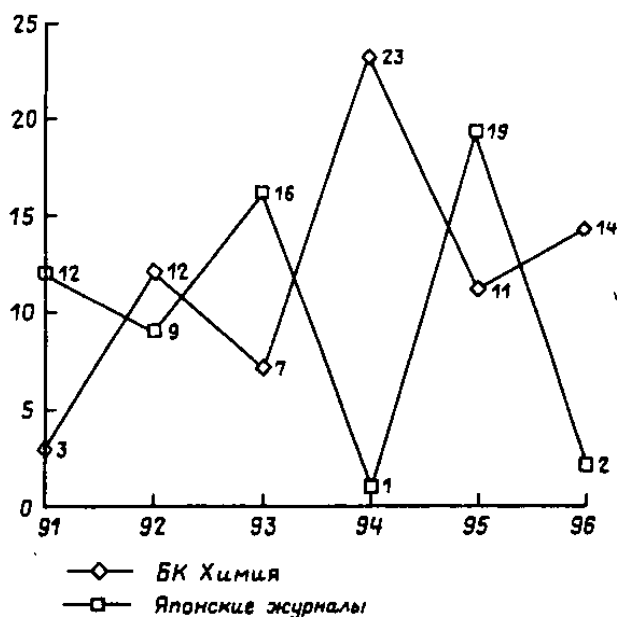


Рис. 4. Обзоры по фуллеренам в БК "Химия" и в японских журналах

1. Анализ показал, что патентные документы в БК "Химия" составляют около 2% от общего количества документов. Среди них 23 патента принадлежат США, 15 — ФРГ, 2 — Франции, по одному — Великобритании и Швеции (всего 42 патента). В Chemical Abstracts патенты составляют примерно 3,6%, т. е. почти в два раза больше. Для сравнения можно привести результаты анализа патентной документации с использованием базы данных INPADOK за период с 1996 по 1997 гг.: поиск по ключевому слову FULLERENE дал 22 патентных документа, из них 4 — США, 10 — ФРГ, 3 — Япония, 1 — Китай, 1 — Бразилия, 2 — ЕР, 1 — WO. Представляется интересным также сравнительный анализ отражения патентных документов по фуллеренам в БК "Химия", Fullerene Patent Database (регулярно обновляемая база данных, функционирующая в Интернет, в которой регистрируются только патенты США), и в реферативном журнале Chemical Abstracts (рис. 5; табл. 2). Сравнение данных за 1993 и 1994 гг. дает следующие результаты: Chemical Abstracts — 259 документов, Fullerene Patent Database — 86 документов, БК "Химия" — 11 документов. Принимая во внимание снижение данных за последние годы в связи с уже рассмотренным фактором log-time, можно сделать вывод о том, что в последнее время не наблюдается резкого подъема публикационной активности в области патентных документов. Нельзя не заметить и низкие количественные показатели, характерные для БК "Химия", объясняемые экономическими трудностями, которые испытывает эта крупнейшая отечественная реферативная служба.

2. Достаточно разнообразную фактографическую лицензионно-коммерческую информацию удалось получить через систему STN International. Аналитическим образом отобраны 126 документов общим объемом 0.540 Мбайта, релевантных поисковому предписанию. Результаты анализа всех перечисленных выше входящих в STN International баз данных позволили выявить информацию о наи-

более продуктивных фирмах и о фирмах (учреждениях) — держателях государственных грантов в области исследования фуллеренов. Удалось обнаружить, в частности, интересную информацию в базе данных CEN (Chemical and Engineering News, 1993.— V. 71.— № 47.— P. 8), проливающую свет на неоднозначность вопроса о патентных правах и лицензировании фуллеренов. RCT (Research Corporation Technologies, Rice University), являющаяся одной из ведущих фирм по разработке фуллеренов, намерена контролировать рынок фуллеренов самостоятельно и не склонна предоставлять лицензии всем желающим. Но хотя фирма подала заявки на фуллерены и фуллереносодержащие смеси, выдача патентов на них находится под вопросом, поскольку патентные притязания фирмы ослаблены из-за нахождения фуллеренов в природе. Что касается разработки новых способов получения, основанных на известной технологической схеме Huffman-Kratschmer, то трудно ожидать полноценного рынка фуллеренов до тех пор, пока основной патент не прекратит своего существования.

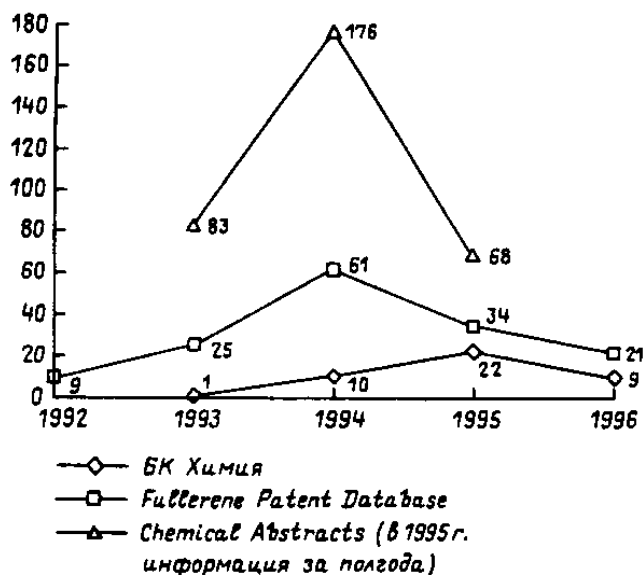


Рис. 5. Патентные документы по фуллеренам в БК "Химия", Fullerene Patent Database и Chemical Abstracts

Таблица 2

Данные, полученные при просмотре Chemical Abstracts по разделу фуллерены по Chemical Subject Index

№ тома, год	Общее количество документов	В т. ч. патентных, %
118, янв.-июнь 1993	1000	31 или 3,1
119, июль-дек. 1993	1500	52 или 3,5
120, янв.-июнь 1994	1500	115 или 7,6
121, июль-дек. 1994	2900	61 или 2,1
123, июль-дек. 1995	2300	68 или 3,0
За весь период	9200	327 или 3,6

В целом, результатом этой части исследования стали рекомендации, полезные для выработки эффективной стратегии поиска информации о фуллеренах в базах данных STN International.

3. Отдельным направлением исследования явился поиск информации через Интернет. Режим простого поиска с использованием автоматического индекса Alta Vista дает около 9000 документов.

Просмотреть столь большое число страниц в наших условиях функционирования Интернет невозможно. Тем не менее, удалось получить очень полезную информацию. Значительную ценность представляет уже упомянутая база данных Fullerene Patent Database. В период с 1992 по 1996 гг. в ней отражено 150 патентов по самым различным направлениям получения и применения фуллеренов. Библиографические записи документов в этой чисто интернетовской базе данных представляют комбинацию трех элементов: традиционного библиографического описания; краткой аннотации; обширного списка литературы (как патентной, так и журнальной), включающего подразделы "цитируемые источники" и "другие ссылки". По сути дела, это своего рода новый тип информационного источника — библиографические обзоры литературы по теме изобретения. Очень информативны гипертекстовые ссылки на страницы Интернет Fullerene NET — базы данных, посвященной персоналиям и организациям, занимающимся исследованиями и разработками в области фуллеренов.

К сожалению, низкая скорость передачи информации по существующим телефонным линиям, постоянные перебои связи и затрудненность доступа не позволили продвинуться достаточно далеко в этом направлении. Кроме того, мир Интернет очень подвижен (что характерно для интенсивно развивающихся систем), для него характерны смена URL адресов, переезд WWW страниц и другие метаморфозы. Работа во Всемирной паутине перспективна только при длительном и регулярном слежении за избранной темой. Поиск здесь может быть весьма эффективным — но только при соблюдении достаточно высоких эксплуатационных характеристик работы.

4. Большой интерес представляет поиск информации о фуллеренах по японским журналам. Японским журналам по химии, химической технологии и смежным отраслям присуща широко распространенная практика публикации многочисленных обзоров и обзорных спецвыпусков по наиболее актуальным темам. Разумеется, фуллерены привлекли особое внимание японского научного сообщества. Их исследованиям посвящены многочисленные публикации спецвыпуска журнала Кагаку (Химия) за 1995 г. и дополнительного выпуска журнала Кагаку за 1993 г., изданного под названием "Химия фуллеренов", а также многочисленные обзоры в других японских журналах.

Японские обзоры можно условно разбить на две группы. Обзоры первой группы представляют собой то, что обычно и принято называть научными обзорами. Они содержат анализ и ссылки на наиболее значительные публикации по фуллеренам. С помощью именно таких обзоров нами были оперативно выявлены англоязычные журналы и публикации по теме. Обзоры второй группы служат скорее для популяризации знаний в такой новой области, как фуллерены и содержат минимальное число ссылок. Но пренебрегать ими вовсе было бы неразумно — в таких обзорах могут содержаться "крупницы" чрезвычайно ценной фирменной технологической информации, поскольку авторами как правило являются сотрудники японских фирм, активно работающие в области фуллеренов и фуллереновых технологий.

Анализ проделанной работы показывает, что

в настоящее время идет накопление информации о возможностях практического применения фуллеренов. Совершенствуются методы их выделения и разделения, лабораторные исследования ежегодно расширяют круг возможных направлений применения. По некоторым из них идут технологические проработки. Это подтверждается тем, что существенная часть патентных документов выдана на лабораторные технологии производства и выделения  $C_{60}$  и  $C_{70}$ . Подавляющая масса патентных документов индексируется индексами МКИ, относящимися к классу C 01 B, т. е. к углероду и графиту, остальные индексы практически единичны. Известно, что в среднем количество патентов может составлять 8–10% от общего числа публикаций по теме. Результаты анализа по БК "Химия" и Chemical Abstracts показывают, что в случае фуллеренов этот показатель значительно ниже, что косвенно свидетельствует о преобладании научно-поискового характера исследований. Зачастую заявителями выступают университеты и научные лаборатории, работающие по грантам правительственных организаций, которые и являются патентообладателями.

Сделанные выводы подтверждаются опубликованными материалами конференций, которые позволяют определить основные направления исследований (научные и/или прикладные), ведущих научных лидеров, количественное и географическое распределение учреждений, проводящих исследования. О характере исследований свидетельствует также ведомственная принадлежность организаторов и спонсоров.

30 июня — 4 июля 1997 г. в Санкт-Петербурге прошла третья международная конференция "Фуллерены и атомные кластеры". Организаторами ее были Фонд интеллектуального сотрудничества (Санкт-Петербург), Физико-технический институт РАН и Институт ядерной физики РАН. В качестве спонсоров выступили Российский фонд фундаментальных исследований и Министерство науки и технологии Российской Федерации.

На конференции от имени 766 авторов было представлено 286 работ (17 лекций, 46 устных сообщений, 223 стендовых доклада) из многих научных учреждений промышленно развитых и развивающихся стран: России, США, Японии, Германии, Франции, Украины, Перу, Бразилии и других. При этом сообщения представлялись только от имени научных учреждений — университетов, колледжей, институтов, исследовательских центров. Не была представлена ни одна промышленная фирма. В России фуллерены исследуются практически во всех крупных городах, где имеются исследовательские институты, в первую очередь, Российской Академии наук: в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Казани, Уфе, Нижнем Новгороде, Дубне, Черногловке, Красноярске и других.

В качестве объекта исследования синтетические фуллерены выступали в 156 (54%) сообщениях, природные — в четырех. Различные производные фуллеренов представляли объект исследований в 126 (45%) докладах. Только 13 (1%) докладов можно было отнести к возможному практическому использованию фуллеренов, в частности, к изучению алмазоподобных пленок (9 сообщений). Единственная лекция затрагивала вопросы, связанные с

оценкой перспектив развития и практического использования фуллеренов.

Таким образом, анализ материалов этой конференции позволяет утверждать, что в России сложился устойчивый рынок фуллеренов, связанный только с научными исследованиями. При этом основным объектом изучения являются, в первую очередь, фуллерены, а во вторую — их производные. Объем рынка фуллеренов в России не превышает, в лучшем случае, нескольких килограммов продукции в год. Укрепить свои позиции может тот, кто первым начнет производство фуллеренов с гарантированной чистотой, в оговоренные контрактами сроки с наименьшей ценой. Возможно, что позиции производителя будут прочнее, если он достаточно известен в научном мире.

Области возможного применения фуллеренов весьма многообразны. Это фуллеренсодержащие композиционные материалы; применения, основанные на использовании биофизических, фотофизических и электрофизических свойств; фармацевтика и медицина. Но стоимость фуллеренов на рынке очень высока, что крайне ограничивает возможность производства продукции на их основе в промышленном масштабе. В качестве примера в табл. 3 приведен Price-List Southern Chemical Group, LLC на 21.01.1997 г. (данные получены по Интернет).

Проделанная работа с использованием различных баз данных, первичных и вторичных источников информации показывает наличие устойчивого интереса к фуллеренам, технологии их получения и выделения, определению их структуры и к многообразным возможностям их практического использования. Особое значение поэтому приобретает постоянное слежение за направлениями научно-технических и технологических разработок и состоянием рынка фуллеренов с использованием современных баз данных, позволяющих получить новейшую информацию, — таких, как STN-International, Интернет и др. Хотя работа с традиционными реферативными журналами, так же как и просмотр ключевых журналов de visu остаются важными инструментами поиска, о чем свидетельствуют полученные нами результаты. Поэтому по-

стоянное и своевременное информационное обеспечение дальнейших разработок в области фуллеренов и фуллереновых технологий — важнейший залог их будущего коммерческого использования.

Таблица 3  
Price-List Southern Chemical Group,  
LLC на 21.01.1997 г.

Продукция	Количество	Цена (долл. США)
C <sub>60</sub> /C <sub>70</sub> смесь	1 г	34.90
	10 г	265.00
	100 г	1490.00
Carbon 60, 99,5%	1 г	42.00
	5 г	180.00
	10 г	288.00
	100 г	2495.00
Carbon 70, 98,0%	500 мг	198.00
	1 г	275.00
Carbon 76,95%	10 мг	760.00
Carbon 78,95%	10 мг	755.00
Carbon 84,95%	10 мг	450.00
Carbon 84,98%	10 мг	650.00
Fluorinated		
Carbon 60, C <sub>60</sub> /F <sub>48</sub>	100 мг	298.00
Shungite	500 г	98.20

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лялюшко Н. С. Некоторые сегменты информационного поля отечественной науки // НТИ. Сер. 1. — 1997. — № 3. — С. 23-31.
2. Fullerenes and Atomic Clusters: Abstracts of Invitation Lectures and Contributed Papers of the Third International Workshop in Russia, St. Petersburg, 30 June — 4 July, 1997. — St. Petersburg: Ioffe Physico-Technical Institute of Russian Academy of Sciences; St. Petersburg Nuclear Physics Institute of Russian Academy of Sciences, 1997. — 334 p.
3. Ставинский Е. Н. Особенности японских журналов по химии и химической технологии и проблемы их библиографирования: Автореф. дис. ... канд. пед. наук / БАН. — Спб., 1994. — 19 с.

Материал поступил в редакцию 15.12.97.