

# Анализ библиографических ссылок как средство изучения развития информационных потоков в науке (на примере разработки малоактивируемых материалов)

© М.В. Аленина, В.П. Колотов

Ордена Ленина и ордена Октябрьской революции  
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН  
alenina\_m@rambler.ru

## Аннотация

Проведено наукометрическое исследование одного из направлений современного материаловедения с использованием анализа библиографических ссылок, приведенных в источниках, связанных с разработкой экологически безопасных конструкционных малоактивируемых материалов (МАМ). Период полустарения публикаций по малоактивируемым материалам составляет 5,2 года, что свидетельствует о динамичном развитии этой области науки. Более старые работы цитируются реже, но некоторые из них (1997-1983гг.) имеют высокие показатели по цитируемости. Генерация публикаций по малоактивируемым материалам за последнее время вызвана повышенным вниманием к таким аспектам этой области как технология изготовления материалов, исследования их свойств и микроструктуры. Новый шаг в развитии МАМ очевидно будет связан с адаптацией этих материалов для реакторов на быстрых нейтронах нового поколения.

## 1. Введение

В последнее время в нашей стране произошла переоценка приоритетных тем развития атомной энергетики, в результате которой на первый план вышла тема по разработке реакторов нового поколения на быстрых нейтронах с замкнутым ядерным топливным циклом. Научно-исследовательские работы, связанные с Международным экспериментальным термоядерным реактором (ITER), частично отложены. Ранее нами была представлена оценка и оптимистичный прогноз по разработке

экологически безопасных конструкционных материалов, отличающихся ускоренным спадом наведенной радиоактивности или малоактивируемых материалов (МАМ) для термоядерного реактора [1], которые принадлежат к одному из перспективных направлений современного материаловедения. Все это обусловило необходимость определения текущего состояния дел в этой области радиационного материаловедения и тенденций её развития, опираясь на анализ мирового информационного потока.

В классической работе по наукометрии [4] предлагается рассматривать систему библиографических ссылок как особый информационный язык, статистический анализ которого может быть средством для изучения динамики информационных потоков в науке. Пользуясь этим методом, можно проследить за развитием отдельных научных направлений и за проникновением новых методов исследования в смежные области, оценить эффективность труда учёных, оценивая влияния их работ на развитие того или иного научного направления и т.д. В данной работе проведен анализ библиографических ссылок, приведенных в статьях связанных с разработкой малоактивируемых материалов.

## 2. Результаты и обсуждение

Наукометрический анализ информационного потока по МАМ проведенный в 1998г. [3] показал, что 51% полученной информации опубликован в журналах, 22% - в отчётах лабораторий НИИ, 15% - в трудах конференций, 7% - в сборниках тезисов конференций, 4% - в книгах. Причем, информация, представленная в трудах и сборниках тезисов конференций, практически полностью появляется снова спустя 0,5-1 года в виде статей в журналах. Основные результаты научных исследований, опубликованные в отчётах различных организаций, также встречаются в виде статей в журналах. Например, одним из основных условий предоставления Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ)

---

Труды 13<sup>й</sup> Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» - RCDL'2011, Воронеж, Россия, 2011.

финансовой поддержки является обязательство ученых сделать результаты исследований общественным достоянием, опубликовав их в периодических изданиях, в том числе непременно и в российских. Поэтому дальнейший поиск тематической информации было решено ограничивать статьями в различных журналах. Распределение публикаций по МАМ между журналами за разные промежутки времени представлены в Таблице 1.

Таблица 1 Распределение публикаций между различными журналами во времени.

| Рассматриваемый интервал времени             | 1976-1996гг        | 1997-2008гг. |
|--|--------------------|--------------|
| Число журналов, участвующих в анализе        | 34                 | 18           |
| Название журнала                             | Доля публикаций, % |              |
| Journal of Nuclear Materials                 | 50                 | 51,2         |
| Fusion Engineering and Design                | 10                 | 33,6         |
| Fusion Technology                            | 13                 | 3,9          |
| Fusion Science and Technology                | -                  | 2,7          |
| Transactions of the American Nuclear Society | 6                  | -            |
| остальные журналы                            | 21                 | 8,6          |

Как видно из приведенных данных, два журнала издательства Elsevier [5] («Journal of Nuclear Materials» и «Fusion Engineering and Design») на протяжении всех лет традиционно публиковали много статей по МАМ (от 60% до 85%). Поэтому сбор тематической информации за последние 2 года проводили по содержанию этих двух журналов. Кроме того, издательство Elsevier является разработчиком базы данных SciVerse Scopus располагающей информацией по цитированию статей. На странице журнала (на сайте издательства) можно найти список статей с сопутствующей библиографической информацией (авторы, организация, реферат), а также данные о цитировании этих статей и других работ, ссылки на которые включены в статьи. В течение 2009-2010гг. в выбранных журналах было опубликовано 2295 статей. В результате запроса по ключевым словам из них поисковая система выбрала 560 статей по МАМ, включая и «информационный шум» (статьи, не относящиеся к малоактивируемым материалам), который был отфильтрован вручную. Полученный информационный массив не содержал данных по цитированию и библиографическим ссылкам. Последние данные можно получить только при непосредственном обращении к реферату статьи.

Каждая статья в среднем имеет 19 ссылок. Следовательно, необходимо обработать около 10640 ссылок. В виду большого объема информации было решено провести экспертный отбор статей и рассматривать литературные ссылки только на статьи выбранных журналов (например, статья из «Journal of Nuclear Materials» ссылается на другие статьи этого же журнала).

Отобранные экспертом библиографические данные статей, включая библиографические ссылки, были загружены в таблицы базы данных MS Access для последующей обработки. Информация о числе публикаций по малоактивируемым материалам, количеству ссылок и цитирований, приходящихся на статьи за каждый год, приведена в Таблице 2. На первый взгляд, картина развития данной области материаловедения за последние 2 года не так плоха, но настораживает очень маленькое число статей в «Journal of Nuclear Materials» за 2010г. Одним из объяснений малого количества работ выбранных по запросу «low activation materials» («малоактивируемые материалы») является то, что, похоже, меняется направленность работ в этой области. Малоактивируемые материалы стали предлагать как перспективные конструкционные материалы для инновационных ядерных систем, таких как реакторы нового поколения на быстрых нейтронах типа GEN IV. Кроме того, ряд марок малоактивируемых сталей имеют запатентованные названия, например, CLAM – китайская малоактивируемая мартенситная сталь. Такие названия известны специалистам данной области материаловедения, и поэтому в своих работах авторы делают акцент на исследованиях, к примеру, различных свойств материалов, не заостряя внимание на том, что эти материалы малоактивируемые.

Таблица 2 Статистическая информация о статьях по малоактивируемым материалам за 2009-2010гг.

|                        | Fus-Eng-Design |       | J-Nucl-Mater |       | Итого |
|------------------------|----------------|-------|--------------|-------|-------|
|                        | 2009г          | 2010г | 2009г        | 2010г |       |
| Число статей           | 5              | 8     | 18           | 2     | 33    |
| Число ссылок           | 91             | 129   | 274          | 124   | 618   |
| Количество цитирований | 10             | 0     | 45           | 0     | 55    |

Другая причина связана с изменением политики журнала, который хоть и продолжает публиковать материалы международных конференций, например, ICFRM, традиционно имеющей секцию по малоактивируемым материалам, но не в полном объеме как раньше, а только избранные пленарные доклады. Ко всему прочему статьи по малоактивируемым материалам опубликованные в 2010г. ещё слабо цитировались в силу малого

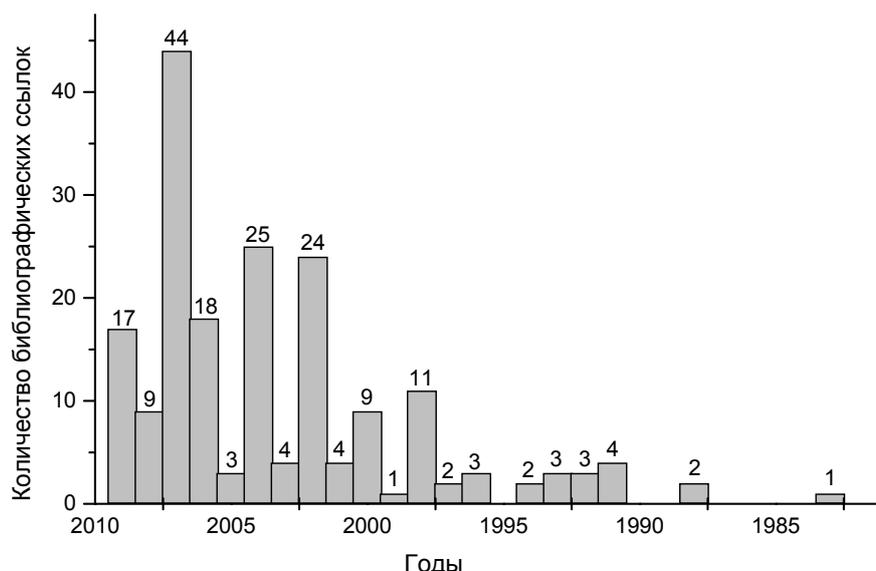


Рисунок 1 Хронологическое распределение числа библиографических ссылок в статьях по малоактивируемым материалам.

времени, прошедшего с момента опубликования. Можно констатировать, что статьи, вышедшие в 2009г., востребованы научным сообществом. Так, по оценкам базы данных Scopus количество цитирований равно 55.

Таблица 3 Международное сотрудничество авторов за 2009-2010гг.

| Страна 1-го автора | Страны соавторов |
|--------------------|------------------|
| Китай              | UK               |
|                    | Япония           |
| Нидерланды         | Германия         |
|                    | Франция          |
| США                | Бельгия          |
|                    | Германия         |
|                    | Китай            |
|                    | Нидерланды       |
|                    | Франция          |
|                    | Швейцария        |
| Франция            | Япония           |
|                    | Германия         |
| Швейцария          | Испания          |
|                    | Франция          |
| Япония             | Китай            |
|                    | США              |
|                    | Украина          |

Оценка научных связей учёных по анализу библиографических данных за 2009-2010гг. показала, что больше всего партнёров у американских авторов - 7 стран (см. Таблица 3). Появились работы по малоактивируемым

материалам авторов из таких стран, как Индия, Корея и Чехия. От Российской стороны за рассмотренный период времени в данных журналах работ нет.

При наукометрическом анализе информации важно не только подсчитывать суммарные показатели цитирования, но и определять хронологическую структуру библиографических ссылок. На Рис. 1 представлена хронологическая структура библиографических ссылок, приведенных в статьях по малоактивируемым материалам за 2009-2010гг. Видно, что распределение имеет максимум (приходящийся на 2007 г.), далее наблюдается уменьшение количества цитируемой литературы. Более старые работы цитируются реже. Однако к публикациям, вышедшим в 1997-1983гг., наблюдается стабильный интерес, а для некоторых из них, по оценкам базы данных Scopus, показатели по цитируемости просто отличные (см. Табл.4).

Одной из характеристик фронта научных исследований может служить скорость старения тех публикаций, на которые опираются новые исследования. Скорость старения обычно определяется периодом полустарения публикаций – это время, в течение которого была опубликована половина цитируемой литературы. В некоторых работах [6,7] период полустарения ссылок называют «периодом полужизни» цитирования/цитируемости (citing/cited half-life). На рисунке 2 приведена зависимость для оценки периода полустарения: по оси абсцисс отложен год выхода в свет цитируемой работы, а по оси ординат - накопленные суммы цитируемых работ. Зависимость можно аппроксимировать экспонентой:  $y=1,8 \cdot \exp(x/5,9)$ . Период полустарения публикаций по малоактивируемым материалам, на которые

Таблица 4 Библиографическая информация наиболее цитируемых статей, опубликованных в 1983-1997гг.

| 1-й автор цитируемой статьи | Название статьи   | Год публикации статьи | Количество цитирований, приходящихся на статью в Scopus | Источник                            |
|-----------------------------|---|-----------------------|---|-------------------------------------|
| M. Tamura                   | Phase stability of reduced activation ferritic steel: 8%Cr-2%W-0.2%V-0.04%Ta-Fe                   | 1988                  | 62  | J.Nucl.Mater., v.155-157, p.620-625 |
| R.L. Klueh                  | Ferritic/martensitic steels: promises and problems  | 1992                  | 70  | J.Nucl.Mater., v.191-194, p.116     |
| S. Ukai                     | Alloying design of oxide dispersion strengthened ferritic steel for long life FBRs core materials | 1993                  | 73  | J.Nucl.Mater., v.204, p.65-73       |
| S. Ukai                     | Tube manufacturing and mechanical properties of oxide dispersion strengthened ferritic steel      | 1993                  | 46  | J.Nucl.Mater., v.204, p.74-80       |

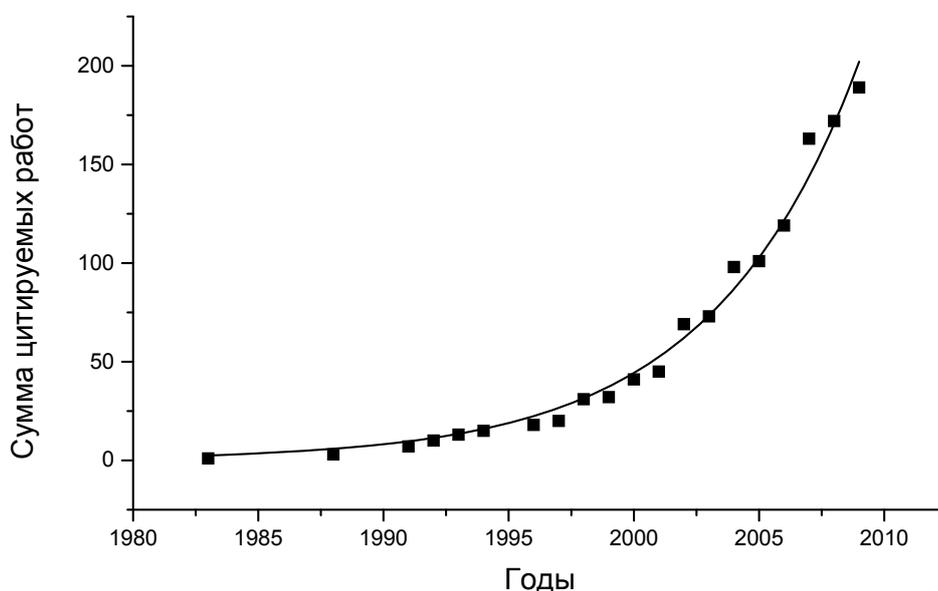


Рисунок 2 Изменение накопленных сумм цитируемых работ во времени.

Таблица 5 Периоды полустарения публикаций по разным отраслям науки (по литературным данным).

| Отрасль науки                    | Период полустарения публикаций, годы |          |          |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|
| Техническая химия                | 4,8                                  | -        | -        |
| Инженерная механика              | 5,2                                  | -        | -        |
| Металлургия                      | 3,9                                  | -        | -        |
| Математика                       | 10,5                                 | >9,6     | -        |
| Физика                           | 4,6                                  | 6        | 8,12     |
| Химия                            | 8,1                                  | 6,9      | 8,28     |
| Инженерно-технические разработки | -                                    | -        | 8        |
| Источник и год публикации данных | [6] 1960                             | [8] 1985 | [9] 2009 |

Таблица 6 Библиографическая информация наиболее цитируемых статей, опубликованных за 1983-2010гг.

| 1-й автор цитируемой статьи | Название статьи  | Год публикации статьи | Количество цитирований, приходящихся на статью в Scopus | Источник                          |
|-----------------------------|--|-----------------------|---|-----------------------------------|
| A. Hishinuma                | Current status and future R&D for reduced-activation ferritic/martensitic steels | 1998                  | 113   | J.Nucl.Mat., v.258-263, p.193     |
| R.L. Klueh                  | Ferritic/martensitic steels - Overview of recent results                         | 2002                  | 75  | J.Nucl.Mat., v.307-311, p.455-465 |
| S. Ukai                     | Perspective of ODS alloys application in nuclear environments                    | 2002                  | 122   | J.Nucl.Mat., v.307-311, p.749     |

ссылаются исследования за последние годы (2009-2010гг.), для выбранных журналов составляет 5,2 года. Можно констатировать, что старение публикаций по данной тематике происходит быстро. Для сравнения, публикации, в математике, геологии и ботанике стареют значительно медленнее (период полустарения 10,5 лет, 11,8 лет и 10 лет соответственно [4]). В Таблице 5 приведены данные по изменению периода полустарения публикаций во времени для некоторых отраслей науки. Как видно из таблицы 5, в последнее время публикации в физике стали стареть медленнее, а в химии – почти без изменений. Отсюда можно предположить, что со временем старение литературы по малоактивируемым материалам будет замедляться как и в других науках.

Библиографическая информация о статьях по малоактивируемым материалам за последние годы была добавлена в специализированную базу данных по МАМ [2] с хронологическим охватом с 1976г. по 2008г. Анализ динамики роста публикаций по МАМ в журналах во времени (1976-2010гг.) показал, что в последние годы приток информации замедлился, и период удвоения информации увеличился с 11,5 лет [1] до 14 лет. Для сравнения, соответствующий период в химии (1907-2007гг.) составляет 15 лет, в физике и математике (1997-2006гг.) – 18 и 25 лет соответственно [7]. Из приведенных данных видно, что период удвоения информации по МАМ всё же меньше, чем в других науках. Поэтому можно ожидать появление нового витка в развитии данной области материаловедения.

Мерой полезности публикаций является её цитируемость. Если работа цитируется, то это значит, что она оказывает влияние на развитие того или иного направления в науке. При анализе библиографических ссылок статей по малоактивируемым материалам были выявлены 3 работы, имеющие самое большое число

цитирований в базе данных Scopus (см. Табл.6). В двух случаях (A. Hishinuma и R.L. Klueh) - это крупные международные проекты (4-5 стран участников). Статья S. Ukai и др. представляет результаты работы нескольких институтов Японии. Но все три публикации объединяет то, что они носят обзорный характер и посвящены анализу текущего состояния, планам дальнейшего развития и перспективам применения малоактивируемых материалов для атомной и термоядерной энергетики. Благодаря анализу тенденций и идеям, заложенных в этих статьях, в работах за 2009-2010гг. разными авторами развиты новые методы синтеза ODS-сталей (дисперсно-упрочнённая окислом сталь). В свою очередь, эти работы, спровоцировали появление статей связанных с микроструктурными исследованиями и изучением свойств этих новых малоактивируемых материалов. К примеру, при использовании одного, из предложенных технологических процессов, в сталях возникают тонкие и плотные нанокластеры, благодаря которым повышается рабочая температура материала и улучшаются его механические свойства. Таким образом, генерация публикаций по малоактивируемым материалам за последнее время связана с технологией изготовления, исследованиями свойств микроструктуры материалов.

### 3. Заключение

Анализ библиографических ссылок позволяет достоверно оценить скорость развития исследуемой области науки за прошедший период. В тоже время для оценки состояния интересующей области науки на текущий момент и динамики ее развития необходим наукометрический анализ библиографической информации статей за последние, например, два-три года. Анализ библиографических ссылок, приведенных в

представительной выборке статей по разработке малоактивируемых материалов, показал:

1. Период полустарения публикаций по малоактивируемым материалам составляет 5,2 года, что на сегодняшний день меньше показателя для естественных наук.
2. Хронологическое распределение статей цитируемых журналов имеет максимум, приходящийся на 2007 год. Несмотря на то, что более старые работы цитируются реже, некоторые из них (1997-1983гг.) имеют высокие показатели по цитируемости.
3. Генерация публикаций по малоактивируемым материалам за последнее время связана с инновациями в технологии их изготовления, а также с исследованиями свойств и микроструктуры этих материалов.

## Литература

- [1] Аленина М.В., Колотов В.П. Наукометрическое исследование развития работ по малоактивируемым материалам для термоядерного реактора. Труды XI Всероссийской научной конференции RCDL'2009 «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (г. Петрозаводск, Россия, 17-21 сентября 2009г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009, с.414-418.
- [2] Аленина М.В., Иванов Л.И., Колотов В.П., Садовников А.А. Электронная коллекция по малоактивируемым материалам. Сборник докладов Второй Всероссийской научной конференции "Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции" (Протвино, 26-28 сентября 2000г.). Протвино: ГНЦ ИФВЭ, 2000, с.73-77.
- [3] Колотов В.П., Аленина М.В., Иванов Л.И. Наукометрический анализ информационного потока в области развития малоактивируемых материалов для атомных и термоядерных установок. Перспективные материалы, 1998, №5, с.50-53.
- [4] Налимов В.В., Мульченко З.М. Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса. М.: Наука, 1969, 192 с.
- [5] Список научных журналов издательства Elsevier.  
[http://www.elsevier.com/wps/find/journal\\_browser.ws\\_home](http://www.elsevier.com/wps/find/journal_browser.ws_home)
- [6] Burton R.E., Kebler R.W. The "half-life" of some scientific and technical literatures. American Documentation, 1960, No.11, p.18-22.
- [7] Larsen P.O., M. von Ins. The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index. Scientometrics, 2010, vol.84, No.3, p.575-603.
- [8] Pravidž N., Pekorari R. The citing practices of the authors to the national journals in mathematics, physics and chemistry. Scientometrics, 1985, vol.8, No.3-4, p.233-246.
- [9] Tsay M.-Y. An analysis and comparison of scientometric data between journals of physics, chemistry and engineering. Scientometrics, 2009, vol.78, No.2, p.279-293.

## The Analysis of Bibliographic References as a Means of Studying the Development of Information Flows in Science (On an Example of Development of Low Activation Materials)

© M.V. Alenina, V.P. Kolotov

Scientometric investigation of one of areas of modern materials science using the analysis of the bibliographic references in the sources related to the development of environmentally friendly low activation structural materials (LAM) has been done. The citing half-life of publications on LAM is 5,2 years that testifies to dynamical development of this area of a science. Older works are cited rarely, but some of them (1997-1983) have high indicators on cited. Generation of publications on LAM is caused lately by special attention to such aspects of this area as manufacturing techniques of materials, researches of their properties and a microstructure. The new step in development of LAM will obviously deal with adaptation of these materials for reactors on fast neutrons of new generation.