

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИИ: НАУКО- МЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Проф. А.И.ДИКУСАР,  
Д.н. Ю.Ю. КРАВЧЕНКО,  
Д.н. В.И. ПЕТРЕНКО

Использование количественных методов анализа науки вообще и отдельных ее отраслей в частности начало интенсивно развиваться со второй половины XX века. Основной базой данных для этих исследований являются издаваемые Институтом научной информации (ISI, США, Калифорния) "Индекс научных ссылок" [Science Citation Index (SCI)] – периодическое издание, фиксирующее информационные потоки в области естественных наук, и Social Science Citation Index (SSCI) – аналогичное издание в области социальных наук.

Таблица 1

**Вклад в мировой информационный процесс ведущих стран мира, оцениваемый по доли статей (в %), опубликованных в журналах, анализируемых SCI**

| № n/n | Страна         | 1994 г. | 1996-2000 гг. |
|-------|----------------|---------|---------------|
| 1     | США            | 30,8    | 30,5          |
| 2     | Великобритания | 7,92    | 8,16          |
| 3     | Япония         | 8,24    | 8,16          |
| 4     | Германия       | 7,18    | 7,56          |
| 5     | Франция        | 5,65    | 5,51          |
| 6     | Канада         | 4,30    | 4,03          |
| 7     | Италия         | 3,39    | 3,51          |
| 8     | Россия         | 4,09    | 3,10          |
| 9     | Китай          | 1,34    | 2,50          |
| 10    | Австралия      | 2,15    | 2,46          |
| 11    | Испания        | 2,03    | 2,39          |
| 12    | Голландия      | 2,28    | 2,23          |
| 13    | Индия          | 1,64    | 1,86          |
| 14    | Швеция         | 1,84    | 1,77          |

|    |             |      |      |
|----|-------------|------|------|
| 15 | Швейцария   | 1,64 | 1,61 |
| 16 | Южная Корея | 0,55 | 1,17 |
| 17 | Бельгия     | 1,06 | 1,14 |
| 18 | Израиль     | 1,07 | 1,09 |
| 19 | Тайвань     | 0,81 | 1,05 |
| 20 | Польша      | 0,91 | 1,01 |

Можно утверждать, что с созданием SCI и SSCI, а также фактографических баз данных журнала Journal Citation Reports (JSR) и на этой основе раздела науковедения – наукометрии само науковедение вышло на новый уровень, поскольку появилась возможность количественного анализа мировых информационных потоков.

Идеологической основой наукометрии является информационная модель науки, в которой наука рассматривается как самоорганизующаяся система, управляемая собственными информационными потоками, а развитие науки рассматривается как развитие ее информационных потоков [1]. О том, что наукометрия в настоящее время выделилась в специальный раздел знания, свидетельствует не только большое количество исследований, опубликованных в различных журналах и сборниках, но и издание специального международного журнала *Scientometrics*.

В том, что результаты наукометрического (библиометрического) анализа действительно представляют собой объективные показатели развития науки, можно убедиться на основе данных, представленных в табл. 1, в которой приведены доли статей, опубликованных исследователями различных стран в журналах, анализируемых SCI. В этот список входят приблизительно 5 тыс. журналов в области естественных наук (*Journal Citation Reports: Science Edition JCR SE*) и примерно 1700 журналов в области социальных и гуманитарных наук – *Journal Citation Reports: Social Science Edition (JCR SSE)*. Как видно из табл. 1, основной вклад в науку (в области естественных наук) вносят исследователи 8 ведущих стран мира ("восьмерка" наиболее промышленно развитых государств мира), а 30% общего вклада принадлежит ведущей в настоящее время стране мира – США. Следует отметить также динамику показателей таких стран, как Китай и Южная Корея.

В настоящей статье изложены результаты наукометрического анализа развития за период времени 1999-2005 гг. отдельной отрасли зна-

ния – электрохимии, а также место молдавских исследователей в этом процессе.

### Методика анализа. Анализируемая база данных

В табл. 2 приведена характеристика журналов по разделам “Электрохимия”, входящих в список анализируемых SCI по данным JCR за

2004 и 2005 гг. Как видно, таких журналов 15. Анализировались первые 12. В табл. 2 представлены количественные характеристики анализируемых журналов: общее количество статей, доля работ, выполненных совместно исследователями различных стран, среднее количество авторов публикаций и список стран, лидирующих по числу изданных работ в конкретном периодическом издании.

Таблица 2

### Характеристика журналов, анализируемых JCR по разделу “Электрохимия”

| №<br>n/n | Название журнала                                     | Кол-во<br>статей | Число<br>авторов<br>на статью | Доля работ<br>с междунар.<br>участием,<br>% | Страны с наибольшей долей публикаций за<br>год, %  |  |
|----------|--|------------------|-------------------------------|---|--|--|
|          |  |                  |                               |   | 2004   | 2005   |
| 1        | <i>J. Electrochemical Society</i>                    | 860/941          | 4,3/4,0                       | 10/14                                       | США – 31<br>Япония – 17<br>Южная Корея – 9         | США – 28<br>Япония – 21<br>Тайвань – 9           |
| 2        | <i>J. Electroanalytical Chemistry</i>                | 562/389          | 2,9/3,8                       | 16/15                                       | Китай – 10<br>Япония – 9<br>Франция – 8            | Китай – 12<br>Япония – 11<br>Франция – 9         |
| 3        | <i>Electrochimica Acta</i>                           | 704/676          | 3,8/3,9                       | 15/16                                       | Япония – 11<br>Китай – 10<br>США – 8               | Китай – 14<br>Япония – 12<br>Южная Корея – 9     |
| 4        | <i>J. Applied Electrochemistry</i>                   | 170/154          | 3,5/3,7                       | 23/22                                       | Франция – 14<br>США – 10<br>Китай – 7              | Япония – 9<br>США – 8<br>Китай – 7               |
| 5        | <i>J. Power Sources</i>                              | 577/669          | 3,7/4,5                       | 7/12  | США – 25<br>Япония – 13<br>Южная Корея – 9         | Япония – 20<br>США – 19<br>Южная Корея – 8       |
| 6        | <i>Electrochemistry (Denki Kagaku)</i>               | 94/112           | 4,3/4,2                       | 5/5   | Япония – 98<br>Франция – 1<br>США – 0,3            | Япония – 94<br>США – 1<br>Россия – 1             |
| 7        | <i>Электрохимия (Russian J. of Electrochemistry)</i> | 200/194          | 3,2/3,0                       | 2/6   | Россия – 77<br>Украина – 6<br>Китай – 2            | Россия – 83<br>Украина – 4<br>Китай – 3          |
| 8        | <i>Sensors and Actuators B: Chemical</i>             | 438/667          | 4,1/4,8                       | 18/18                                       | США – 11<br>Италия – 10<br>Китай – 9               | Япония – 15<br>США – 11<br>Китай – 11            |
| 9        | <i>Electrochemical and Solid State Letters</i>       | 369/449          | 4,5/4,6                       | 13/14                                       | США – 26<br>Япония – 16<br>Южная Корея – 14        | США – 22<br>Южная Корея – 16<br>Япония – 16      |
| 10       | <i>Electrochemistry Communications</i>               | 236/250          | 3,8/4,3                       | 20/14                                       | Япония – 13<br>Китай – 12<br>Германия – 8          | Китай – 23<br>Япония – 12<br>США – 10            |
| 11       | <i>J. Solid State Electrochemistry</i>               | 129/120          | 3,5/3,7                       | 21/18                                       | Германия – 14<br>Польша – 13<br>США – 9            | Германия – 15<br>Китай – 15<br>США – 4           |
| 12       | <i>Chemical Vapor Deposition</i>                     | 53/65            | 4,9/4,9                       | 19/32                                       | Великобритания – 26<br>Япония – 12<br>Германия – 9 | Германия – 16<br>США – 14<br>Велико-британия – 1 |

|    |  |   |   |   |   |   |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 13 | <i>Bulletin of Electrochemistry</i>              | - | - | - | - | - |
| 14 | <i>Corrosion Review</i>                          | - | - | - | - | - |
| 15 | <i>New Materials for Electrochemical Systems</i> | - | - | - | - | - |

\*Данные приведенные с разделительной чертой относятся к 2004 и 2005 годам, соответственно.

Следует подчеркнуть несколько особенностей представленной базы данных. Во-первых, каждый из этих журналов имеет различный объем: наибольший у *Journal of Electrochemical Society (JES)* ~900 статей в год, и наименьший у *Chemical Vapor Deposition (CVD)* ~ 50-60 статей в год, т.е. различные журналы обладают различным «весом» по своему вкладу в общую базу данных, которая подвергалась анализу.

Во-вторых, каждый из этих журналов обладает различным «весом» по своей значимости для мирового научного сообщества. Обычно в наукометрии для определения значимости журнала, его «научного веса» используется такой показатель, как импакт-фактор (ИФ), называемый еще показателем воздействия – это показатель частоты, с которой цитируется среднецитируемая статья этого журнала.

В ежегодных базах JCR этот показатель рассчитывается как количество ссылок, которые журнал получил в текущем году на статьи, опубликованные в нем за два предыдущих года, деленных на количество статей, опубликованных в нем за те же два года. Очевидно, что этот показатель: а) различен у разных журналов (наибольшее его значение у междисциплинарных журналов, таких, например, как *Nature*, *Science* с ИФ ~ 40 в рассматриваемый период и др.; б) постоянно изменяется во времени.

В табл. 2 первые 7 журналов расположены в порядке убывания ИФ на период начала 90-х годов прошлого века. В тот период в список JCR по разделу “Электрохимия” входили только эти журналы. Впоследствии начали выходить и другие журналы (*Electrochemical and Solid State Letters*, *J. Solid State Electrochemistry* и др). Динамика ИФ как одного из факторов, отражающих особенности современного развития электрохимической науки, будет рассмотрена ниже.

При этом следует подчеркнуть, что этот показатель не является единственным, характеризующим “научный вес” журнала. Например, в

[2] применяется другой показатель воздействия К, также основанный на базе данных JCR. Этот показатель представляет собой отношение ИФ к ИЗ (“индекс области знания” – индекс среднестатистического журнала, относящегося к данной области знания), то есть это аналог ИФ, рассматриваемый как среднее значение ИФ для данной области знания. Использование показателя К становится информативным в тех случаях, когда необходимо выделить журнал, значимый для данной области знания.

Приведенные ниже данные, получены на основе анализа рефератов статей в журналах, указанных в табл. 2 и доступных через Интернет. Следует при этом отметить, что электрохимические работы публикуются не только в этих журналах, но и в таких, например, специализированных, как *Защита металлов* или *Bioelectrochemistry*, а также междисциплинарных (те же *Nature*, *Science* или *Доклады РАН*), журналах, смежных по профилю (*Thin Solid Films* и др.). Однако ранее на конкретных примерах было показано, что использование всей вышеперечисленной базы данных, а не только выборки из нее, принципиально не изменяло той картины, которая следовала бы из более полной выборки [3]. Всего было учтено, например, 4392 публикации за 2004 г. и 4686 публикаций за 2005 г. (за 1999 г. – 3380, 2002 г. – 3430, 2003 г. – 3884 [3]). Видно, что общее количество публикаций за это время увеличилось на ~ 40%.

Ниже будут представлены результаты анализа вклада исследователей различных стран в мировой информационный процесс в области электрохимии, рассчитанного по доле статей в общем их числе, опубликованных в журналах, приведенных в табл. 2 за 1999-2005 гг. Если среди авторов конкретной статьи были представители разных стран, то данной стране соответствовала доля этой статьи в соответствии с долей авторов из этой страны в общем количестве авторов.

## Импакт-фактор ведущих электрохимических журналов (2001-2005 гг.)

| № n/n | Название журнала                      | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  |
|-------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | <i>Electrochem. Comm.</i>             | 1,755 | 1,906 | 2,300 | 2,926 | 3,388 |
| 2     | <i>J. Power Sources</i>               | 1,532 | 1,777 | 2,101 | 2,513 | 2,770 |
| 3     | <i>Electrochim. Acta</i>              | 1,893 | 2,078 | 1,996 | 2,341 | 2,453 |
| 4     | <i>J. Electroanal. Chem.</i>          | 1,960 | 2,027 | 2,076 | 2,228 | 2,223 |
| 5     | <i>J. Electrochem. Soc.</i>           | 2,033 | 2,330 | 2,361 | 2,356 | 2,190 |
| 6     | <i>Electrochem. Solid State Lett.</i> | 2,142 | 2,505 | 2,742 | 2,271 | 1,970 |
| 7     | <i>J. Appl. Electrochem.</i>          | -     | -     | 0,923 | 0,982 | -     |

Приведенные ниже показатели общего вклада представляют собой не что иное, как аналог такого экономического показателя как внутренний валовой продукт (ВВП), только в сфере науки. По аналогии с экономическими данными использовался и такой относительный показатель, как коэффициент научного развития (КНР) [4]. КНР – это отношение доли вклада в мировой информационный процесс к доле населения данной страны в населении Земли. Очевидно, что этот показатель является аналогом ВВП на душу населения. Для его расчета использованы базы данных по численности населения различных стран, взятые из [5]. Ниже будут представлены данные по КНР в области электрохимии. Результаты соответствующих распределений, полученных по данным SCI во всех областях знания, представлены, например, в [4].

Очень важным информационным (наукометрическим) показателем является частотный анализ ключевых слов конкретной работы. С целью упорядочения ключевые слова были распределены в порядке убывания их упоминания по следующим разделам: 1. Общие термины (например, *electrochemistry*, *pH*, *electrochemical electrodes* и др.); 2. Электрохимические процессы (*electrodeposition*, *oxidation*, *reduction* и др.); 3. Методы исследования (*voltammetry*, *X-ray spectroscopy* ...); 4. Материалы (*Li*, *Cu*, *semiconductors* ...); 5. Объекты технических приложений (*fuel cell*, *corrosion*, *battery*...). Частотный анализ ключевых слов позволяет оценить, в каких направлениях развивается в настоящее время соответствующая область знания, какие методы для этого используются и т.д. Частотный анализ осуществлен только для работ, опубликованных в 2005 г.

Настоящее исследование представляет собой обобщение результатов за 1999–2005 гг. Ранее были опубликованы аналогичные данные за 1999–2003 гг. [3, 6].

Динамика показателя воздействия ИФ электрохимических журналов.

В табл. 2 первые 7 журналов распределены в соответствии с рейтингом их воздействия ИФ на мировой информационный процесс на начало 90-х годов прошлого века, а в табл. 3 приведены значения ИФ за 2001–2005 гг. (журналы расположены в соответствии со значениями их ИФ за 2005 г.).

Из приведенных данных видно, какие существенные изменения происходят в современной электрохимической науке. Во-первых, видно, что цитируемость большинства ведущих журналов постоянно растет, что свидетельствует о возрастающей роли электрохимии как науки в мировом информационном процессе. Во-вторых, наблюдается значительный рост степени влияния таких журналов, как *Electrochemical Communications* (“Электрохимические сообщения”) и *J. Power Sources* (Журнал “Источники тока”), в то же время такой фундаментальный журнал, как *Journal of Electrochemical Society* (JES), который всегда был лидером среди электрохимических журналов, резко снизил степень своего воздействия. По результатам 2005 г. JES занимает только 5 место среди ведущих электрохимических журналов, сохраняя величину ИФ ~ 2,25. В то же время ИФ *Electrochem. Comm.* увеличился с 2001 г. в ~2 раза, а *J. Power Sources* в ~1,8 раза. Лидером по итогам 2003 г. был журнал *Electrochemistry and Solid State Letters*. Рост влияния таких журналов, как *Electrochem. Comm.* и *Electrochem. and*

*Solid State Lett.*, являющихся журналами кратких сообщений, быстро публикующими новые результаты исследований, свидетельствуют о существенном изменении динамики информационного процесса. Электрохимия становится очень динамичной и направленной на решение практических задач наукой, о чем свидетельствует постоянный рост степени влияния такого журнала, как *J. Power Sources*.

*Особенности распределения мирового информационного процесса*

В табл. 4 приведена доля 10 ведущих стран мира в общем количестве публикаций (рейтинг построен в соответствии с данными 2005 г.). На долю исследователей этих (ведущих) стран приходится 76,5% всей мировой информации в области электрохимии. То есть развитие этой науки происходит неравномерно. Исследования интенсивно развиваются в определенных странах мира. В связи с этим необходимо отметить все увеличивающуюся долю стран Юго-Восточной Азии. В частности, доля Китая – в 2005 г., по сравнению с 1999 г., увеличилась примерно в 3 раза, Южной Кореи – в 2 раза, Тайваня – в 2,5 раза. На эту тенденцию указывалось ранее [3]. Однако за последние годы она существенно усилилась. По данным за 2005 г. в пятерке ведущих стран уже четыре страны представляют страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Таблица 4

**Распределение вклада ведущих стран в мировой информационный процесс в области электрохимии (рейтинг по данным 2005 г.)**

| № п/п | Страна         | Доля в общем количестве публикаций, % |      |      |      |      | Среднее значение |
|-------|----------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------------------|
|       |                | 1999                                  | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |                  |
| 1     | Япония         | 17,9                                  | 17,3 | 17,0 | 13,5 | 16,5 | 16,5±0,8         |
| 2     | США            | 17,5                                  | 17,3 | 18,9 | 16,3 | 14,9 | 16,9±0,8         |
| 3     | Китай          | 3,6                                   | 4,8  | 4,3  | 7,5  | 9,5  | 5,9±1,3          |
| 4     | Южная Корея    | 3,9                                   | 6,4  | 5,7  | 7,7  | 6,9  | 6,1±0,7          |
| 5     | Тайвань        | 2,1                                   | 3,2  | 4,0  | 3,9  | 5,3  | 3,7±0,6          |
| 6     | Германия       | 5,8                                   | 4,7  | 5,6  | 4,3  | 4,8  | 5,1±0,3          |
| 7     | Россия         | 6,8                                   | 5,6  | 5,1  | 4,1  | 4,4  | 5,2±0,5          |
| 8     | Франция        | 8,1                                   | 5,5  | 4,6  | 4,9  | 3,9  | 5,4±0,8          |
| 9     | Италия         | 3,2                                   | 2,8  | 3,3  | 3,4  | 3,8  | 3,3±0,2          |
| 10    | Великобритания | 3,6                                   | 4,3  | 3,6  | 2,0  | 2,9  | 3,3±0,5          |

Анализ вклада всех стран показывает, что по результатам 2005 г. примерно 40% общего вклада приходится на долю азиатских стран, ~30% Европы (включая Россию), ~20% - США и Канады, а на все остальные страны приходится ~10%. Очевидно, что основной центр тяжести электрохимических исследований смещается в азиатские страны.

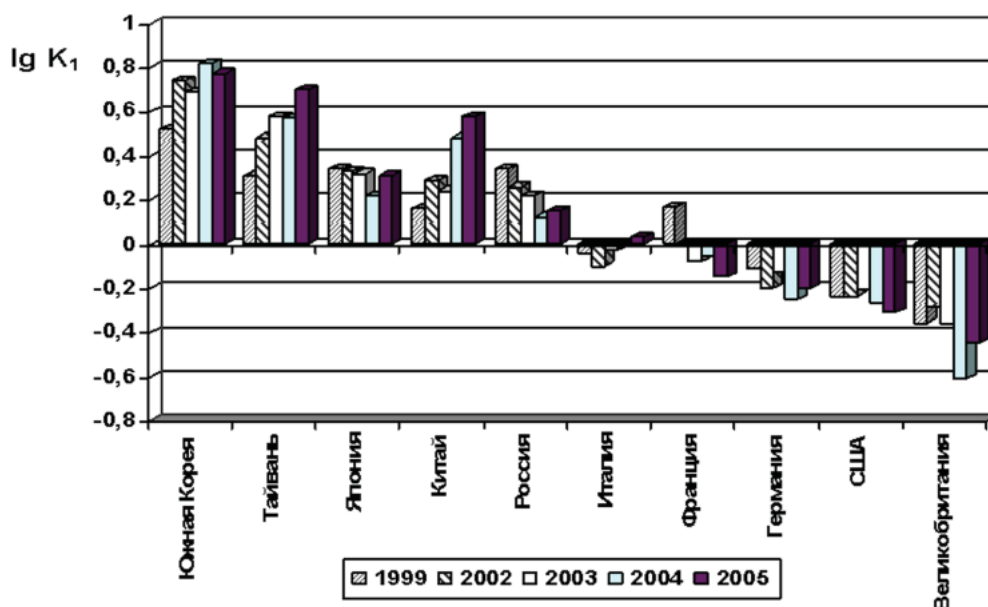


Рис. 1. Отношение доли публикаций в области электрохимии к доле публикаций по всем отраслям знания K1 для десяти ведущих стран в области электрохимии по результатам анализа журналов, входящих в список SCI

На рис. 1 показано отношение доли вклада в мировой информационный процесс в области электрохимии к аналогичному показателю по всем отраслям знания К1 в виде отношения доли публикаций по электрохимии к доле публикаций по всем наукам (вернее, наукам естественно-научного профиля, поскольку базой данных служила база SCI). То есть это количественная характеристика интенсивности развития рассматриваемой отрасли науки по отношению ко всем наукам. При  $K1 > 1$  ( $\lg K1 > 0$ ) интенсивность развития данной отрасли выше, чем науки в целом по этой стране. Очевидно, что электрохимия как наука является приоритетной именно в странах Юго-Восточной Азии (а также в России, хотя вклад России заметно уменьшается во времени).

Смещение центра тяжести электрохимических исследований в азиатские страны (во всяком случае, по объему проводимых исследований) имеет свою природу. Как отмечалось в [3], возможное объяснение этому феномену лежит в сфере экономики, с одной стороны, и направленности электрохимических исследований – с другой. Очевидно, что электрохимическая наука все теснее переплетается с развитием высоких технологий. А промышленность высоких технологий по чисто экономическим причинам (дешевизна рабочей силы, относительно низкая энергоемкость производства) все более концентрируется в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, что влечет за собой и развитие университетской и академической науки.

Данные по вкладу стран СНГ и Балтии представлены в табл. 5. Результаты полученного распределения показывают, что далеко не все страны постсоветского пространства в настоящее время способны развивать электрохимическую науку и участвовать в мировом информационном процессе. При этом необходимо отметить высокий уровень вклада таких стран, как Литва и Эстония, а также наличие в этом списке Молдовы, электрохимии которой сохранили свой научный потенциал и в настоящий период активно участвуют в мировом информационном процессе.

Одновременно эти данные свидетельствуют о том, что причины развития электрохимии на постсоветском пространстве (или отсутствия такого) отличаются от общемировых тенденций (табл. 5). Очевидно, что развитие электрохимии в странах СНГ и Балтии обуслов-

лено сохранением и развитием ранее созданных научных школ. Например, известные электрохимические школы Литвы и Эстонии, развитые в советский и сохраненные в постсоветский периоды (в настоящее время в рамках ЕС) обеспечивают почти на порядок больший вклад чем, например, вклад электрохимиков Латвии (страны также входящей в ЕС). Существенно более сильные в советский период литовская и эстонская научные электрохимические школы и в настоящий период оказывают значительно большее влияние на мировую электрохимию, чем латвийская.

Таблица 5

**Распределение вклада стран СНГ и Балтии в мировой информационный процесс в области электрохимии (рейтинг по данным 2005 г.)**

| №<br>п/п | Страна    | Доля в общем количестве публикаций, % |      |      |      |      | Среднее значение |
|----------|-----------|---------------------------------------|------|------|------|------|------------------|
|          |           | 1999                                  | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |                  |
| 1        | Россия    | 6,8                                   | 5,6  | 5,1  | 4,1  | 4,4  | 5,2±0,5          |
| 2        | Украина   | 0,7                                   | 0,4  | 0,5  | 1,8  | 0,5  | 0,8±0,3          |
| 3        | Литва     | 0,4                                   | 0,7  | 0,2  | 0,2  | 0,5  | 0,4±0,1          |
| 4        | Эстония   | 0,2                                   | 0,1  | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,3±0,1          |
| 5        | Беларусь  | 0,29                                  | 0,15 | 0,2  | 0,15 | 0,15 | 0,18±0,03        |
| 6        | Молдова   | 0,21                                  | 0,07 | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,09±0,03        |
| 7        | Грузия    | 0,12                                  | 0    | 0,15 | 0,01 | 0,05 | 0,07±0,03        |
| 8        | Латвия    | 0,01                                  | 0,03 | 0,08 | 0,09 | 0,01 | 0,04±0,02        |
| 9        | Казахстан | 0,02                                  | 0,01 | 0,03 | 0    | 0,01 | 0,013±0,006      |
| 10       | Армения   | 0,05                                  | 0,02 | 0,03 | 0    | 0    | 0,02±0,01        |

Относительно низкий уровень развития электрохимических исследований в Азербайджане, странах Средней Азии в советский период привел к тому, что в настоящее время исследователи этих стран практически выключились из мирового информационного процесса (см. табл. 5).

Данные табл. 6, в которых приведены показатели 10 ведущих стран по КНР (показатель вклада на душу населения), также свидетельствуют о существенных особенностях электрохимии как науки.

Таблица 6

**Распределение информационных потоков в расчете на душу населения среди ведущих стран в области электрохимии (рейтинг по данным 2005 г.)**

| №  | Страна    | Среднее значение КНР | КНР  |      |      |      |      |
|----|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|
|    |           |                      | 1999 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 1  | Сингапур  | 17,2±6,3             | 9,7  | 17,7 | 14,4 | 23,2 | 21,1 |
| 2  | Эстония   | 12,1±2,3             | 8,3  | 5,4  | 13,3 | 20,6 | 12,8 |
| 3  | Израиль   | 0,8±1,5              | 10,8 | 9,7  | 10,4 | 11,6 | 6,6  |
| 4  | Швейцария | 8,6±0,6              | 9,5  | 7,7  | 8,5  | 10,1 | 7,4  |
| 5  | Швеция    | 8,3±0,4              | 8,2  | 8,8  | 9,9  | 8,1  | 6,3  |
| 6  | Япония    | 8,2±0,2              | 8,6  | 8,3  | 8,7  | 6,9  | 8,5  |
| 7  | Финляндия | 7,2±1,0              | 7,1  | 10,2 | 7,5  | 5,5  | 5,8  |
| 8  | Литва     | 6,6±1,9              | 6,1  | 10,9 | 4,4  | 3,3  | 8,2  |
| 9  | Ирландия  | 5,0±0,9              | 5,3  | 4,2  | 9,1  | 5,9  | 5,25 |
| 10 | Франция   | 5,7±0,7              | 8,3  | 5,7  | 4,9  | 5,4  | 4,3  |

Высшее положение по этому показателю занимает представитель Юго-Восточной Азии Сингапур, что лишний раз подчеркивает принципиальную особенность современной электрохимической науки – ее тесную связь с запросами промышленности высоких технологий, по экономическим причинам концентрирующейся в странах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Кроме того, эти результаты позволяют сделать следующие выводы: во-первых, высокие показатели КНР имеют сравнительно малые страны (Сингапур, Эстония, Израиль и др.), что является естественным явлением (для сравнения укажем, что наиболее высокие показатели КНР по всем наукам у небольших стран, таких, как Швеция, Швейцария, Израиль [4]); во-вторых, высокие показатели показывают также прибалтийские страны Эстония и Литва, что подтверждает ранее сделанный вывод о сохранении и развитии в настоящий период в этих странах известных электрохимических научных школ; в-третьих, имея свои особенности, электрохимия развивается так же, как и остальные отрасли знания (в список ведущих стран по этому показателю входят Израиль, Швеция и Швейцария, имеющие наиболее высокие показатели по всем отраслям знания); в-четвертых, следует особо подчеркнуть активную динамику увеличения вклада Сингапура, КНР которого в области электрохимии за последние несколько лет увеличился более чем в 2 раза (табл. 6).

Что касается КНР стран СНГ и Балтии

(табл. 7), то следует выделить показатели Молдовы, являющейся 4-й среди всех стран постсоветского пространства. В 1999 г. по этому показателю Молдова входила в число 25 ведущих стран мира (КНР = 2,8), однако затем наметился спад, преодолеть который удалось после 2003 г.

Таблица 7

**Распределение информационных потоков в области электрохимии в расчете на душу населения в странах СНГ и Балтии**

| №  | Страна    | Среднее значение КНР | КНР  |      |      |      |      |
|----|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|
|    |           |                      | 1999 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 1  | Эстония   | 12,1±2,6             | 8,3  | 5,4  | 13,8 | 20,6 | 12,8 |
| 2  | Литва     | 6,6±1,9              | 6,1  | 10,9 | 4,4  | 3,3  | 8,3  |
| 3  | Россия    | 2,2±0,2              | 2,8  | 2,3  | 2,3  | 1,8  | 1,9  |
| 4  | Молдова   | 1,3±0,4              | 2,8  | 0,9  | 0,6  | 1,1  | 1,3  |
| 5  | Латвия    | 1,2±0,5              | 0,2  | 0,7  | 2,2  | 2,4  | 0,2  |
| 6  | Беларусь  | 1,2±0,2              | 1,7  | 0,9  | 1,3  | 0,9  | 0,9  |
| 7  | Украина   | 0,9±0,2              | 0,8  | 0,4  | 0,6  | 2,3  | 0,7  |
| 8  | Грузия    | 0,8±0,4              | 1,3  | 0    | 1,7  | 0,1  | 0,6  |
| 9  | Армения   | 0,3±0,1              | 0,8  | 0,3  | 0,5  | 0    | 0    |
| 10 | Казахстан | 0,05±0,02            | 0,07 | 0,03 | 0,11 | 0    | 0,02 |

На рис. 2 показано отношение доли публикаций по электрохимии в 2005 г. к доле публикаций в 1999 г. (K2) для 10 ведущих стран (на 2005 г.). Видно, что максимальный рост наблюдается также для стран Юго-Восточной Азии, в то время как доля европейских стран и России снижается. Если рассматривать вклад ведущих азиатских стран (рис. 3), то видно, как динамично развивается электрохимия в Азии. Особо необходимо отметить увеличение вклада Ирана практически в 10 раз за указанный период. Мощная динамика иранских исследователей лишний раз подчеркивает важность электрохимической науки для развития промышленных технологий.

**Вклад исследователей Молдовы в мировой электрохимический информационный процесс**

Вклад молдавских исследователей менялся за описываемый период от 0,21% в 1999 г. до 0,04% от общего потока информации в 2003 г. После 2003 г. наблюдалось увеличение вклада более чем в 2 раза (0,09% в 2005 г.) (табл. 5). Много это или мало, видно из данных, представленных в табл. 7. Среднее значение КНР

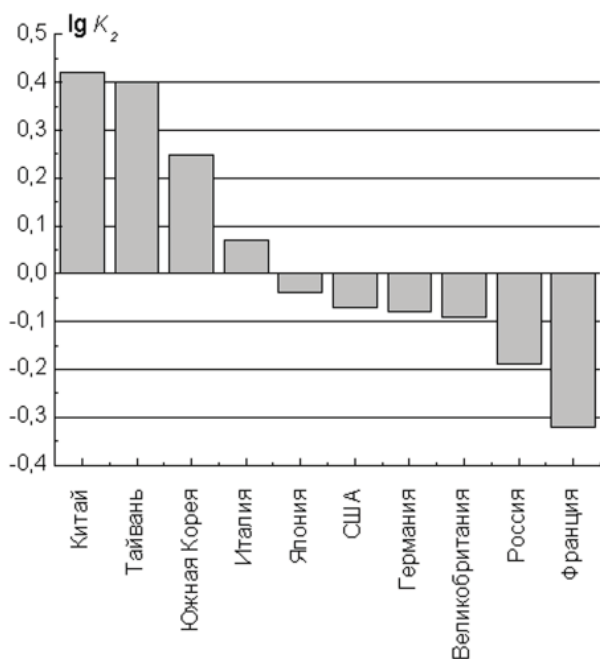


Рис. 2. Динамика вклада десяти ведущих стран в информационный процесс в области электрохимии по данным 1999–2005 гг.

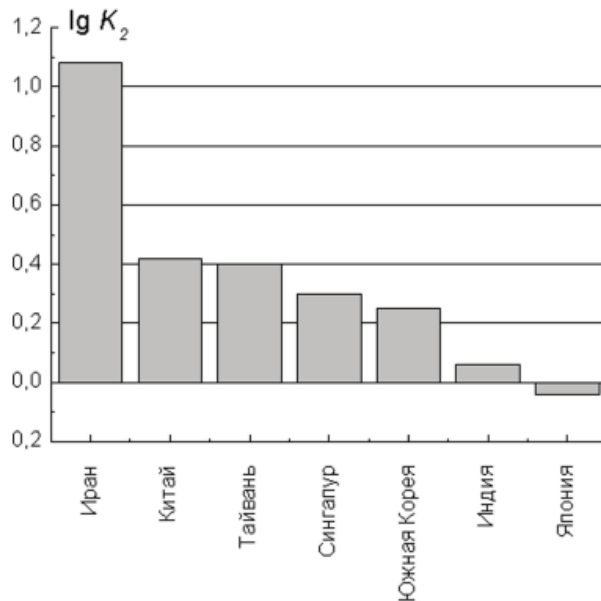


Рис. 3. Динамика вклада ведущих азиатских стран в информационный процесс в области электрохимии по данным 1999–2005 гг.

за рассматриваемый период  $1,3 \pm 0,4$ , а это позволяет отнести Молдову к странам с высоким уровнем научного развития в области электрохимии (с КНР  $> 1$ , см. также [4]). Это достаточно высокий показатель, если учесть, что, например, аналогичные показатели у наших соседей ниже (Украина  $0,9 \pm 0,2$ ; Румыния  $0,35 \pm 0,03$ ).

По общему вкладу за 2005 г. Молдова входит в число 50 ведущих стран, участвующих в процессе получения новой информации в области электрохимии, а по средней величине КНР ( $1,3 \pm 0,4$ ) за период 1999-2005 гг. это 37 место из 90 стран. Такой же показатель, например, у Аргентины ( $1,3 \pm 0,2$ ).

Количественные характеристики научной продукции журналов, анализируемых SCI, в которых опубликованы работы молдавских исследователей, представлены в табл. 8. Там приведены данные за 2004-2005 гг. (данные за более ранний период времени опубликованы, в частности, в [6, 7]). Видно, что в среднем молдавские исследователи публикуют в последнее время в этих журналах  $\sim 6-7$  статей в год, из которых  $\sim 40\%$  представляют собой публикации, выполненные только молдавскими авторами и  $\sim 60\%$  в соавторстве с европейскими и американскими коллегами (в рамках международного разделения труда).

Таблица 8

**Характеристика научной продукции молдавских авторов в области электрохимии за 2004–2005 гг.**

| № п/п | Название журнала  | Общее кол-во публикаций без учета доли авторов других стран | Кол-во публикаций с учетом доли авторов других стран | Доля публикаций с международным участием, % |
|-------|---|---|--|---|
| 1     | <i>Electrochim. Acta</i>                                    | 1/-   | 1/-  | 0/-   |
| 2     | <i>J. Electrochem. Soc.</i>                                 | -/1   | -/0,1  | -/100                                       |
| 3     | <i>Electrochem. And Solid State Lett.</i>                   | -/2   | -/1,1  | -/50  |
| 4     | <i>Sensors and Actuators B: Chemical</i>                    | 5/3   | 2,5/2,3  | 100/33,3                                    |
| 5     | <i>Электрохимия ("Russian Journal of Electrochemistry")</i> | -/1   | -/1  | -/0   |
|       | <i>Всего за 2004-2005 гг.</i>                               | 13  | 8  | $\sim 60$                                   |

Необходимо подчеркнуть, что этот показатель ( $\sim 6-7$  статей в год) касается журналов только самого высокого уровня и входящих в вышеуказанный список. В действительности таких работ много больше. Например, не ука-



заны работы, опубликованные в таких журналах (также входящих в список JCR, но в другие разделы) как, например, *Защита металлов* (журнал, имеющий максимальное значение К, для всех российских химических журналов [2]). *Журнал физической химии, Thin Solid Films* и многих других, что обусловлено выбранным методом анализа.

Следует отметить, что только ~ 40% работ выполнено самостоятельно молдавскими исследователями в условиях Молдовы, что свидетельствует о наличии определенной инструментальной базы и соответствующего кадрового потенциала. Все эти работы за 1999 – 2005 гг. выполнены группами исследователей из Технического университета Молдовы, Института прикладной физики АНМ, Молдавского государственного университета под руководством проф., д.-хаб. И. Тигиняну, Г. Коротченкова, В. Брынзаря, А. Дикусара, М. Ревенко. Не все из них являются профессионалами-электрохимиками, но публикация работ в ведущих электрохимических журналах осуществляется, как правило, не только электрохимиками, а представителями и других специальностей.

*Частотный анализ ключевых слов как метод оценки активно развивающихся направлений исследований*

При публикации статьи в любом журнале авторы должны указать ключевые слова, которые обычно приводятся в рефератах. В настоящее время все шире применяется частотный анализ научных текстов. Частотный анализ ключевых слов позволяет оценить активно развивающиеся направления исследований, применяемые методы анализа и т.д. При этом следует учитывать, что его результаты фиксируют не столько пионерские исследования, а в первую очередь прорывные направления, по которым проводятся массовые исследования. Результаты подобного статистического анализа приведены ниже по анализу рефератов статей из вышеуказанных журналов за 2005 г. Всего ключевых слов насчитывалось более 5 тыс. Рассматривались только слова, упоминаемые 10 и более раз.

Как указывалось, при описании методики анализа вся полученная база данных была распределена по пяти группам (общие термины, электрохимические процессы, методы исследования, материалы, объекты технических приложений).

Анализ полученных результатов позволяет

заключить, что наряду с классическими, широко распространенными процессами, материалами и объектами технических приложений наблюдается использование новых, а в некоторых случаях и принципиально новых. Из раздела I (общие термины) следует выделить: твердые электролиты и суперемкости (по 55 упоминаний). Из раздела II (электрохимические процессы) – это химико-механическое полирование (современный метод обработки поверхности, 34 упоминания) и химическое осаждение из паровой фазы (32). Среди новых методов исследования, используемых в электрохимии, следует выделить атомно-силовую микроскопию (50) и рамановскую спектроскопию (29), которые используются в настоящее время в электрохимических исследованиях *in situ*.

Наибольшая частота упоминаний в разделе “Материалы” принадлежит полимерам и полимерным электролитам (157), а также соединениям железа (97) и алюминия (94). Кроме того, следует выделить композиционные материалы (47), редкоземельные элементы и углеродные наноматериалы (нанотрубки, 32).

Очень важны объекты технических приложений. Это тонкие пленки (391), топливные элементы (294), сенсоры (183), литиевые батареи (157), коррозия (136), нанотехнологии (49).

Полученный ряд наглядно демонстрирует, для каких технических приложений развивается в настоящее время электрохимия.

### Литература

1. Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия*, М.: Наука, 1969.
2. Маршакова-Шайкович И.В. *Библиометрическая оценка российских естественно-научных журналов* //Вестник Российской Академии наук, 2003, Т. 7, №9, с. 788-796.
3. Дикусар А.И., Петренко В.И. *Взаимное влияние электрохимии и электроники. Наукометрический анализ* //Электронная обработка материалов, 2003, №5, с. 11-21.
4. Дикусар А.И. *Взаимное влияние процессов социально-экономического и научного развития общества* //Науковедение, 1999, №2, с. 51-74.
5. *Human Development Report 2004*. New York. Oxford. Oxford University Press, 2004.
6. Dikusar A.I. *Global Information Process in the Field of Electrochemistry and Moldavian Electrochemical School. Sciencemetric Analysis* //Moldavian Journal of the Physical Sciences, 2004, v. 3, №1, p. 110-114.