

# НАУКОМЕТРИЯ

*А.П. Трофименко,  
ст. науч. сотр., канд. физ.-мат.наук,*

*Ж.И. Писанко,  
ст. науч. сотр., канд. физ.-мат.наук  
(Институт ядерных исследований НАН Украины)*

## **Наукометрический анализ основных факторов, определяющих состояние исследований в различных областях науки и техники**

Количество публикаций по различным научным направлениям непрерывно растет. В связи с этим интересно проследить, в каких областях науки и техники происходит интенсивное развитие работ и с какими причинами оно связано. Этот вопрос проанализирован в данной статье, исходя из числа опубликованных работ и с учетом некоторых основных факторов, определяющих состояние исследований в различных областях.

Использовалась Международная система ядерной информации (ИНИС) [1, 2], содержащая необходимые данные для такого анализа, в частности сведения о числе публикаций за 1980—2002 гг. Поиск производился по ключевым словам анализируемых публикаций, терминам в заголовках статей, в их рефератах, названиям организаций, где эти исследования были выполнены, и журналов, в которых работы были опубликованы [3]. Следует отметить, что тезаурус ИНИС, или словарь используемых слов, содержит около 22 тысяч терминов [4], что позволяет проводить поиск практически по любому вопросу.

Сделано довольно очевидное допущение, что число публикаций в данной области в первом приближении задает интенсивность работ в ней, иными словами, что оно характеризует меру развития работ в этой области. Термины, содержащиеся в отдельных публикациях, отражают ход работ в том или ином направлении и, статистически складываясь в большом числе публикаций, позволяют судить об общих закономерностях работ в данном направлении.

Введен новый наукометрический индикатор — факторы, связанные с исследованиями в данной области. Набор факторов может быть разным, но все они должны отражать наиболее существенные черты этих исследований (например развитие науки, ее перспективы, достижения, использование, преимущества той или иной области и т.д.). Дополнительно могут быть учтены научные, технические и экономические аспекты работ, дающие представление об их значимости для соответствующей области знаний.

Если число публикаций определяет интенсивность работ, или количественную сторону исследова-

ний, то введение факторов позволяет глубже понять процессы, происходящие в данной области знаний, и дать им качественную характеристику. Использование этого индикатора позволяет, как будет показано ниже, оценить такие важные параметры, как универсальность работ и значимость выполненных в данной области исследований.

Соответствующие данные содержатся в табл. 1. В ней представлены естественные науки (раздел А), гуманитарные науки (В), некоторые отрасли промышленности, энергетики, медицины, образования (ПЭМО) и др. (С), социально-экономические исследования (D) и некоторые проблемы рынка (Е).

Области исследований перечислены в колонке 1, число опубликованных работ по каждой из них указано в колонке 2. Факторы, влияющие на ход научных исследований (их развитие, перспективность, использование, преимущества, достижения), указаны соответственно в колонках 3–7, воздействие исследований на науку, технологии и экономику — в колонках 8–10. Последняя величина определялась по числу работ, в которых имеются соответствующие термины. Связь между факторами, отмеченными в колонках 3–10, с числом публикаций в данной области задавалась с помощью союза «Near», при котором поиск нужных терминов осуществляется в пределах одного предложения (при союзе «And» поиск ведется, когда заданные термины могут находиться в разных поисковых полях). Тем самым удается свести к минимуму «информационный шум», при котором искомые термины логически не связаны между собой.

Из табл. 1 следует, что в целом наибольшее воздействие на проводимые исследования оказывают та-

кие факторы, как использование уже имеющихся результатов и перспективность данного научного направления. В меньшей мере такое воздействие связано с развитием исследований, преимуществом той или иной области науки и ее достижениями. Однако для ряда узких научных направлений заметны отклонения от этого общего правила. Так, перспективность является основным фактором развития работ по большинству естественных и гуманитарных наук, а для информатики и истории науки наиболее существенным является достигнутое развитие этих областей. Перспективность является основным стимулом всех работ по проблемам рынка.

Соотношение научных, технических и экономических аспектов в выполненных работах, которое дает представление о вкладе этих работ в науку, технику и экономику, в целом выражается пропорцией  $52,5 : 45,5 : 2,0$  в целом. Для естественных наук оно составляет  $60,2 : 39,6 : 0,2$ , для гуманитарных наук —  $52,2 : 41,0 : 6,8$  и для проблем рынка —  $5,8 : 79,5 : 14,7$ . Разумеется, любая работа должна давать определенный вклад во все отрасли знания, но заметно увеличение вклада в экономику для гуманитарных наук, в технологии и экономику — работ по проблемам рынка.

Можно отметить другую особенность выполненных работ: анализируемые факторы (колонки 3–10) более всего отражены в разделе ПЭМО и в наименьшей мере — в гуманитарных науках. Иными словами, в исследованиях по медицине, окружающей среде, энергетике, образованию, сельскому хозяйству и культуре анализируемые факторы отражены в большей степени, чем, например, в этике или науковедении.

Таблица 1

Союз «Neag» и соответствующая область науки, число публикаций

Раздел	Область науки	Публикации в мире	Использование	Перспективы	Развитие	Преимущества	Достижения	Научные аспекты	Технологические аспекты	Экономические аспекты
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	Математика	41780	76	443	46	1	8	1330	412	7
	Физика	449886	4804	6763	2115	240	181	24762	14847	69
	Ядерная физика	111246	704	1830	279	25	31	3526	762	2
	Теоретическая физика	34305	17	565	21	1	2	1677	865	2
	Физика плазмы	28421	189	300	123	6	8	1178	1036	5
	Астрономия	24337	138	313	60	12	38	683	122	0
	Химия	100333	1357	1180	740	52	63	4957	7097	25
	Биология	30195	400	689	194	14	10	766	226	12
	Биохимия	8956	85	103	22	1	3	320	78	0
	Геология	11402	208	811	162	7	4	356	137	22
	Геофизика	3107	69	157	29	0	1	104	67	2
Информатика	966	1	29	462	0	1	56	464	0	
	Сумма	844934	8048	13183	4253	359	350	39715	26113	146
В	История	14419	1054	771	946	40	35	161	273	15
	История науки	45	1	3	4	0	2	45	14	1
	Законодательство	4601	182	330	145	9	2	24	112	7
	Философия	2654	215	115	150	10	7	59	101	8
	Политика	970	29	79	43	1	0	265	68	60
	Археология	921	58	22	4	1	1	97	7	0
	Международные отношения	559	10	65	19	2	2	104	13	1
	Юриспруденция	470	25	25	13	1	0	5	18	2
	Психология	348	14	19	7	0	1	47	20	7
	Этика	207	6	17	7	0	0	15	20	7
	Науковедение	16	2	0	1	0	0	6	5	0
	Сумма	25210	1596	1446	1339	64	50	828	651	108
С	Медицина	128668	2289	4065	467	66	31	3532	1155	10
	Медицинская радиология	41599	1298	1145	278	48	14	1466	427	5
	Здравоохранение	48668	1972	1765	706	53	35	3063	1237	88
	Окружающая среда	149837	11009	2157	5591	824	125	7473	8820	597
	Ядерная энергетика	85354	6664	4061	5564	351	126	496	4074	384
	Тепловая энергетика	44100	205	1955	82	18	3	2	79	5
	Промышленность	40186	4068	3189	2654	198	71	911	3102	173
	Образование	16608	252	553	313	6	13	1609	188	8
	Сельское хоз-во	11853	637	441	287	15	13	478	679	24
	Культура	6534	508	167	209	24	5	363	188	3
		Сумма	573407	28902	19498	16151	1603	436	19393	19949

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>D</b>	Управление Человеческий фактор	126987	4705	4218	3703	206	123	732	4006	368
	Паблик релейшн	5702	149	253	139	6	2	11	119	1
	Эконом. влияние	4436	26	337	20	2	2	4	12	3
	Социология	2030	43	156	46	2	1	24	54	2
	Эконом. политика	1429	7	126	1	0	0	22	13	14
	Сумма	1249	8	173	17	1	1	3	15	1
	Сумма	141833	4938	5263	3926	217	129	796	4219	389
<b>E</b>	Маркетинг	16083	1303	1782	1366	201	32	67	1261	192
	Бизнес	5722	224	473	322	30	12	47	394	113
	Дерегуляция	1756	34	185	51	10	1	0	51	15
	Приватизация	911	40	104	54	6	0	2	31	6
	Глобализация	214	7	35	22	0	1	14	31	1
	Сумма	24686	1608	2579	1815	247	46	130	1768	327
	Сумма по всем разделам	1610070	45092	41969	27484	2490	1011	60862	52700	2249
	Коэф. корреляции	1	0,74	0,92	0,73	0,70	0,95	0,98	0,99	0,60

Обобщенные сведения о работах по 6 разделам табл. 1, о той роли, которую в них играют перечисленные факторы, а также о вкладе исследований в науку, технологии и экономику дает табл. 2. Все данные приведены в процентном выражении для выравнивания результатов независимо от числа опубликованных работ.

Данные табл. 2 показывают, как в системе ИНИС отражены интенсивность работ по различным научным направлениям (колонка 1), то влияние, которое оказывают на состояние этих работ анализируемые факторы (колонки 2—6), научные, технические и экономические аспекты выполненных работ (колонки 7—9).

Таблица 2

Роль анализируемых факторов в проводимых исследованиях, %

Разделы Исследований	Публикации в мире	Использование	Перспективы	Развитие	Преимущества	Достижения	Суммарный вклад 6 факторов	Научные аспекты	Технологические аспекты	Экономические аспекты	Суммарный вклад 3 факторов
	1	2	3	4	5	6		7	8	9	
Естественные науки	52,5	17,8	31,4	15,5	14,4	34,6	166,2	65,2	49,6	6,5	121,3
Гуманитарные науки	1,6	3,5	3,4	4,9	3,6	4,9	21,9	1,4	1,2	4,7	7,3
ПЭМО	35,6	64,1	46,5	58,7	64,4	43,1	269,3	31,9	37,9	57,2	127,0
Социально-экономические науки	8,8	11,0	12,5	14,3	8,7	12,8	68,1	1,3	8,0	17,2	26,5
Проблемы рынка	1,5	3,6	6,2	6,6	9,9	4,5	32,3	0,2	3,3	14,4	17,9

Из табл. 2 следует, что основная часть публикаций посвящена естественным наукам (53%) и ПЭМО (36%). Эти же разделы наиболее значимы при оценке роли различных факторов в проводимых работах. Однако заметно, что на состояние гуманитарных наук особенно влияют имеющийся уровень их развития и их достижения, на социально-экономические науки — те же факторы и перспективы развития, на работы по проблемам рынка — преимущества и развитие этой области.

Научные аспекты работ также преобладают для естественных наук и ПЭМО, но техническая сторона выполненных работ уменьшается за счет увеличения роли социально-экономических наук и проблем рынка. Наконец, экономические аспекты задаются главным образом работами по ПЭМО, социально-экономическими науками и проблемами рынка.

Приводимые данные отражают сложную картину переплетения воздействия разных факторов на ход научных исследований, они могут дать некоторое общее представление об особенностях развития разных отраслей науки.

Величина вклада всех 6 факторов в проводимые исследования определяет ту роль, которую играют в данной области науки различные обстоятельства, влияющие на ее состояние, и они задают *разносторонность* исследований по данному разделу науки.

По степени разносторонности на первое место выходят проблемы ПЭМО (суммарный вклад 6 факторов составляет 166%), далее идут естественные науки, социально-экономические науки, проблемы рынка и гуманитарные науки (вклад последних — 22%).

Таким же способом можно охарактеризовать разносторонность ос-

вещения научных, технических и экономических аспектов проводимых работ, что дает представление о вкладе этих работ в соответствующие области знаний, по данным табл. 2. Здесь резко выделяются ПЭМО и естественные науки (суммарные показатели 127 и 121%), за которыми следуют социально-экономические науки (27%), проблемы рынка (18%) и гуманитарные науки (7%).

Если число публикаций задает интенсивность исследований, то, будучи умноженным на суммарное число анализируемых факторов в этих исследованиях, оно даст величину, характеризующую качество работ, т.е. их *значимость*. С этой точки зрения последняя наибольшая для естественных наук, к ней приближается ПЭМО, на порядок ее величина меньше для социально-экономических наук и еще на порядок она меньше для проблем рынка и гуманитарных наук.

Таким образом, общие проблемы исследований (ПЭМО) и естественные науки лидируют по разностороннему охвату различных факторов, сопутствующих проводимым работам, и им же присуща наибольшая значимость работ, выражающаяся в учете этих факторов.

Следует подчеркнуть, что полученные результаты не зависят от количества публикаций в различных разделах, поскольку все приведенные в табл. 2 цифры выражены в процентах.

Независимую оценку влияния перечисленных факторов в науке можно получить из анализа корреляционной зависимости между числом публикаций в мире (колонка 2 табл. 1) и количеством публикаций по факторам в колонках 3—10 этой таблицы. Величины коэффициентов корреляции, полученные при использовании специально разработанной программы, приведены в

## НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ...

табл. 1 (нижняя строка). Видно, что число публикаций по тому или иному направлению коррелирует прежде всего с достижениями (коэф. кор. 0,95), с перспективностью (0,92) и в меньшей мере с преимуществами (0,70), развитием (0,73) и использованием (0,74). Следовательно, как следует из корреляции полученных данных, достижения и перспективность той или иной области являются основными факторами, определяющими состояние научных исследований в ней.

Наблюдается очень хорошая корреляция между числом публикаций в анализируемых отраслях, а также научными и техническими аспектами работ (коэф. кор. 0,98 и 0,99). Иными словами, исследования, проводимые в мире, создают тот фон, который определяет их вклад в науку и технологии.

Значительно меньшая корреляция работ с экономическими аспектами (0,60). Для выяснения вклада исследований в различных отраслях

наук в экономику был проведен анализ этой корреляции по всем областям в разделах А, В, С, D, E табл. 1 и найдены коэффициенты корреляции для естественных наук (0,93), гуманитарных наук (0,32), ПЭМО (0,78), социально-экономических наук (0,91) и проблем рынка (0,98). Таким образом, имеется почти полная корреляция между публикациями по проблемам рынка и экономикой и минимальная корреляция — по гуманитарным наукам.

Можно оценить ход работ в отдельных областях, входящих в выбранный раздел, например провести анализ всех областей раздела «естественные науки» (табл. 3).

Здесь в колонке 1 указан процент публикаций в каждой области, в колонках 2–6 — процент публикаций, связанных с перечисленными факторами, в колонках 7 и 8 — соответственно коэффициенты разносторонности и значимости выполненных работ.

Таблица 3

Разносторонность и значимость работ по естественным наукам

Области знаний	Процент публикаций в мире	Анализируемые факторы					Коэффициенты разносторонности	Коэффициенты значимости
		Развитие	Перспективы	Использование	Преимущества	Достижения		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Математика	3,72	0,67	2,43	0,37	0,12	1,84	5,43	20,2
Физика	40,1	30,8	37,1	23,2	28,3	41,7	161	6440
Ядерная физика	9,91	4,06	10,0	3,40	2,95	7,14	27,5	272
Теоретич. физика	3,06	0,30	3,10	0,08	0,12	0,46	4,06	12,4
Физика плазмы	2,53	1,79	1,64	0,91	0,71	1,84	6,89	17,4
Астрономия	2,17	0,87	1,72	0,66	1,42	8,75	13,4	29,1
Химия	8,94	10,8	6,47	6,55	6,14	14,5	44,5	398
Биология	2,69	2,62	3,78	1,93	1,65	2,30	12,3	33
Биохимия	0,80	0,32	0,56	0,41	0,12	0,69	2,10	1,7
Геология	1,01	2,36	4,45	1,00	0,83	0,92	9,56	9,6
Геофизика	0,28	0,42	0,86	0,33	0	0,23	1,84	0,51
Информатика	0,086	6,72	0,16	0,005	0	0,23	7,11	0,61



Из табл. 3 видно, что коэффициенты интенсивности исследований (колонка 1) в порядке убывания процента публикаций распределяются следующим образом: физика — ядерная физика — химия — математика — теоретическая физика — биология — физика плазмы — астрономия — геология — геофизика — биохимия — информатика.

Коэффициенты разносторонности (колонка 7) в том же порядке: физика — химия — ядерная физика — астрономия — биология — геология — информатика — физика плазмы — математика — теоретическая физика — биохимия — геофизика.

Коэффициенты значимости (колонка 8) в том же порядке: физика — химия — ядерная физика — биология — астрономия — математика — физика плазмы — теоретическая физика — геология — биохимия — информатика — геофизика.

Видны различия в порядке исследования областей естественных наук в трех случаях. Физика, стоящая на первом месте во всех трех рядах, — это область, где ведутся наиболее интенсивные исследования, обладающие высокой разносторонностью и значимостью. Ядерная физика уступает химии в разносторонности. Математика имеет сравнительно небольшую разносторонность, но высокую значимость. Наконец, исследования по информатике весьма разнородны, но имеют сравнительно небольшую значимость.

Таким образом, учет факторов, сопровождающих исследования, позволяет изменить ранг работ в рассматриваемых областях. Так, ранг работ по химии, биологии, астрономии, геологии и информатике повышается для разносторонно-

сти и значимости исследований. С другой стороны, такие области, как ядерная физика, математика, теоретическая физика, физика плазмы и геофизика, обнаруживают противоположные тенденции. Иными словами, качество работ в первой группе областей выше, а второй группы ниже при учете введенных факторов. Это обстоятельство позволяет дать более полную характеристику проводимых исследований, чем только на основании числа публикаций.

Аналогичным образом находятся соответствующие коэффициенты для ПЭМО (табл. 4).

Коэффициенты интенсивности: медицина — окружающая среда — ядерная энергетика — здравоохранение — тепловая энергетика — медицинская радиология — промышленность — образование — сельское хозяйство — культура.

Коэффициенты разносторонности: окружающая среда — ядерная энергетика — промышленность — медицина — здравоохранение — медицинская радиология — сельское хозяйство — образование — тепловая энергетика — культура.

Коэффициенты значимости: окружающая среда — ядерная энергетика — медицина — промышленность — здравоохранение — медицинская радиология — тепловая энергетика — образование — сельское хозяйство — культура.

Здесь ранг работ увеличивается для окружающей среды, ядерной энергетике, промышленности и сельского хозяйства. Он уменьшается для медицины, здравоохранения и тепловой энергетике и почти не изменяется для медицинской радиологии, образования и культуры. Следовательно, учет всех факторов повышает роль исследований первой упомянутой группы областей.

Состояние работ по промышленности, энергетике, медицине, образованию, окружающей среде, сельскому хозяйству и культуре

Изучаемые области	Процент публикаций в мире	Анализируемые факторы					Коэффициенты разносторонности	Коэффициенты значимости
		Развитие	Перспективы	Использование	Преимущества	Достижения		
Медицина	22,4	2,89	20,8	7,92	4,12	7,11	42,9	959
Медицинская радиология	7,25	1,72	5,87	4,49	3,00	3,21	18,4	133
Здравоохранение	8,49	4,37	9,05	6,82	3,31	8,03	31,6	266
Окружающая среда	26,1	34,6	11,1	38,1	51,4	28,7	167	4280
Ядерная энергетика	14,8	34,4	20,8	23,0	21,8	28,9	129	1909
Тепловая энергетика	7,69	0,51	4,60	0,71	1,12	0,68	7,7	59
Промышленность	7,01	16,4	16,3	14,1	12,3	18,3	77,4	541
Образование	2,90	1,94	2,84	0,87	0,37	2,98	9,0	26
Сельское хозяйство	2,07	1,78	2,26	2,20	0,93	2,98	10,0	21
Культура	1,39	1,29	0,86	1,76	1,50	1,15	6,6	9

\* \* \*

В данной работе была предпринята попытка оценить не только интенсивность (количество публикаций), но и качество исследований в различных областях науки и техники. Введен новый наукометрический индикатор (факторы, связанные с особенностями исследований в данной области). Его использование основано на том, что если термины, встречающиеся в отдельной публикации, отражают специфику этой работы, то совокупность терминов в большом числе публикаций выявляет определенные статистические закономерности исследований в рассматриваемой области. Учет только общего числа публикаций позволяет определить интенсивность исследований в выбранной области, но при этом ускользает от внимания воздействие

многих факторов, сопровождающих эти исследования.

Как правило, разносторонность и значимость связаны с интенсивностью работ, т.е. они отражают определенные общие закономерности исследований и в своей совокупности дают возможность оценить качество работ. Различия между этими величинами позволяют в ряде случаев дать качественную оценку состояния исследований в некоторых областях (например в информатике, истории науки, ряде отраслей техники), которая может существенно отличаться от принятой их оценки только по количеству публикаций.

Описанный метод может найти применение в науковедении при анализе развития исследований в разных областях и оценке их результатов.

1. *Presenting INIS*. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 1999.
2. [www.iaea.org](http://www.iaea.org).
3. *INIS: Manual for Subject Analysis*. — Vienna: IAEA, 1996.
4. *Joint Thesaurus ETDE/INIS*. — Vienna: IAEA, 2002.