

**ОРЕХОВ**

**Виктор Дмитриевич,**

кандидат технических наук,

директор департамента специальных программ,

АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК»

## **Измерение количества явных и неявных знаний**

*Рассмотрены подходы к измерению явных и неявных знаний, а также других типов сущностей из пространства знания. Даны оценки объема явного знания человечества и неявного знания специалистов различной квалификации.*

*Явные, неявные, кодифицированные, знания, измерение знания, публикации, патенты.*

Если не можете что-либо измерить, то не можете этим управлять

*Peter Drucker*

Современная цивилизация стремится стать обществом знания. Ряд стран утверждают, что они построили «экономику знания». Но могут ли они утверждать, что сегодня знания стало больше, чем вчера и насколько? И какого знания, явного (формализованного, кодифицированного) или неявного? Евро-американская и японская [1] традиции управления дискутируют относительно приоритета того или иного типа знания.

Кодифицированное знание зафиксировано в книгах, статьях и на других печатных и ИТ носителях), оно может быть легко распространено по всему миру и быстро становится источником мирового богатства. Некодифицированное знание находится в разуме людей (в мыслительных структурах) и является как базой для реальной мыслительной и продуктивной деятельности, так и источником появления новых знаний. При этом в явное знание может быть преобразована лишь малая часть неявного знания, то, что удастся кодифицировать и не является рутинным знанием. До последнего времени только люди могли создавать новые знания, хотя современные компьютерные программы претендуют на эту роль.

Явное и неявное знания находятся в тесной взаимосвязи. Четыре вида трансформации в процессе создания знания, согласно работе Нонака и Такеучи [1], а именно: интернализация (обучение), социализация (обмен знаниями), экстернализация (кодификация) и комбинация (обработка знаний) являются основными процессами, в ходе которых появляется новое знание.

**1. Определение понятия знание.** В словарях можно увидеть такое определение концепции знания: «проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в мышлении человека» [2]. Однако проверить можно только явное знание – невозможно проверить то, что находится в голове человека. Классик философии науки Карл

Поппер считал, что требовать обоснования для научного знания не рационально. Он утверждал, что научное знание рационально не из-за его обоснования, а поскольку мы способны критически его анализировать. В работе «Logik der Forschung, 1934» [3] Поппер указывал на то, что научное знание появляется не из-за появления новых обоснований, а из-за критики гипотез, которые предлагаются для решения новых проблем.

В некоторых определениях концепции знание за исходную позицию принимается функция знания. Например: «Знания – основные закономерности предметной области, позволяющие человеку решать конкретные производственные, научные и другие задачи, а также стратегии принятия решения в этой области» [4]. Обращает внимание то, что в этом определении отделяются основные знания от рутинных.

В данной работе мы будем придерживаться позиции [5], что «Знание – это существенные результаты познания реальной действительности, являющиеся основой образования, производительной деятельности и закономерного развития человечества, отраженные в мышлении или на носителях информации и прошедшие критическую проверку квалифицированными экспертами».

**2. Знание и информация.** Для того чтобы приблизиться к пониманию того, как можно измерить знание, рассмотрим пространство, в котором оно существует. Известно утверждение некоего мудреца, которое гласит: «унция знания стоит фунт информации...». В этом определении знание соотносится с близким по природе объектом - информацией. Однако методы измерения количества информации хорошо известны, в отличие от знания.

Известна также модель иерархии знаний [6], которая утверждает, что пирамида знаний включает следующие иерархические уровни: данные, информация, знание, мудрость. Однако, применительно к этой модели, если относительно понятно в каком виде представляются данные, информация и даже знание, то этого нельзя сказать о мудрости. Более того, есть сомнение, что наиболее проверенное и важное знание приближается к истине. Если попытаться построить «пространство знания» исходя из понимания процесса познания, то мы получим картину, представленную на рис. 1.

На это схеме справа даны общие названия объектов типа знания, а слева – возможные их реализации. Стрелкой обозначено то направление, в котором движется познание человечества, расширяя сферу познанного и стремясь в будущем наиболее полно познать действительность. Целью познания является достоверное понимание реальной действительности. Приближаясь к ее пониманию, человечество никогда не может достигнуть абсолютного (истинного) понимания. Познавательный процесс движется не только в указанном выше направлении, но на отдельных этапах и в противоположном. Так, учебное

знание преобразуется в неявное в процессе обучения и т.д. Реальные научные произведения включают в себя значительное число данных, информации, гипотез и ретрознания.



Рис. 1. Формы знания в процессе познания [5]

**3. Измерение знания.** Таким образом, существует значительное количество разнообразных объектов типа знания, которые совместно наполняют пространство знания. Среди них можно выделить наиболее важные с точки зрения практики и измерения:

- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Фантастические идеи | 6. Явные знания          |
| 2. Гипотезы            | 7. <u>Научные знания</u> |
| 3. <u>Данные</u>       | 8. Учебные знания        |
| 4. <u>Информация</u>   | 9. Технологии, алгоритмы |
| 5. Неявные знания      | 10. Ретрознания          |

Данные и информация. Относительно просто определить объем данных и информации, которые сейчас измеряются в байтах, мегабайтах и т.д. Не всегда легко отличить данные от информации. Для их идентификации можно использовать то, в какой мере они прошли процедуру **5К**, которая включает в себя [7]:

1. *Контекстуализацию*: фиксацию целей, с которыми собраны данные.
2. *Категоризацию*: фиксацию составных частей или компонент данных.
3. *Калькуляцию*: математическую обработку данных.
4. *Корректировку*: выявление и исключение ошибок.
5. *Конденсацию*: преобразование данных в удобную для использования форму.

Научное знание измерять относительно просто, поскольку сейчас для этого разработаны специальные методы учета числа публикации и показатели их цитируемости

(индекс Хирши и т.д.). Соответственно существует несколько наукометрических баз данных: Scopus, SCImago, Web of Science, Science and Engineering Indicator. Отдельным блоком научных знаний являются патенты. Правда объективность измерения научных знаний снижается за счет языковых барьеров, поскольку в учет попадают в большинстве случаев научные статьи, публикуемые на английском языке. Также не совсем ясен вопрос учета объема этих публикации.

Фантастические идеи. фиксируются определенными базами данных, существует классификация научно-ориентированных фантастических идей. Основная проблема с этим типом знания заключается в их низком статусе. Однако вполне возможно создать базу научных фантастических идей, которые при правильном структурировании будут служить активатором научно-технической деятельности R&D специалистов. Объем данного вида знаний измеряется в единицах (штуках).

Гипотезы. Этот вид знаний является ключевым в процессе познания. Однако гипотезы не имеют формального статуса, как учитываемый вид знаний, и часто не воспринимаются, как достижение познания. Их учет можно формализовать, но это требует проработки вопроса отделения статуса научных гипотез от фантастических идей и псевдознания, что можно осуществлять, например, на уровне экспертного сообщества. Число гипотез измеряется в единицах.

**4. Измерение явного знания.** Поскольку измерение количества публикации на системной основе началось относительно недавно, то для учета объема явных знаний желательно использовать и подходы, которые можно было бы использовать в прошлом. Это позволит также учесть знания, которые важны для общества, но не являются непосредственно предметом науки, например, религиозные труды и т.д.

Поскольку примерно до 1960 года большая часть кодифицированной информации хранилась на бумажных носителях, естественно, что и объем знаний в этот период связан с объемом изданных книг. Для определения объема мировых знаний в качестве опорных точек можно использовать данные об объеме книг, брошюр и газет в библиотеке конгресса США, который в 1960 году составил порядка 14,5 млн книг и брошюр, в 2000 году – 30 млн, а в 2012 году – 35,8 [8-10]. Понятно, что в Библиотеке Конгресса хранятся не все знания мира, но она является крупнейшим хранилищем знаний в настоящее время. Кроме того, в ней имеются дубликаты. Поэтому, с некоторым приближением, можно принять объем хранения в ней за все знание человечества.

В связи с разнообразием единиц хранения будем использовать понятие «условная книга» - у.к., которая равна по объему книге, которая при оцифровании будет иметь объем 1 Мбайт. Мы будем избегать использования Мбайт для измерения объема знания, чтобы

подчеркнуть отличие знания от информации. В этих единицах суммарный объем хранения в Библиотеке Конгресса составит: в 2000 г. – 18 млн. у.к., в 1960 г – в два раза меньше или 9 млн. у.к., а в 2012 г. – 21,5 млн. у.к.

В качестве четвертой опорной точки выберем Александрийскую библиотеку, которая была создана примерно в 300 году д.н.э. и имела в своих хранилищах от 100 000 до 700 000 свитков [11]. Хотя точно не ясно, каков размер этих текстов, но можно принять, что по порядку величины он равен примерно одной пятой условной книги. Хотя Александрийская библиотека и не содержала знание всего человечества, но она была близка к нему, поэтому примем объем знаний, хранящихся в этой библиотеке, за все знания мира на то время – 80 тыс. у.к.

Наконец, в качестве последней точки выберем время в начале зарождения человечества – 1,6 млн. лет назад, когда число людей составляло  $N_0 \sim 100$  тыс. [12] Поскольку в это время не существовало разделения людей по профессиям, то за объем знаний человечества можно принять объем нейронной памяти одного индивидуума, степень развития которого превосходит шимпанзе, но меньше, чем современного человека,  $\sim 20$  у.к. [13]. Полученные оценки объема знаний и их связь с ростом численности человечества даны в таблице 1. Как видно из этой таблицы объем знаний в расчете на одного человека меняется по времени относительно медленно. Таким образом, основным параметром, влияющим на объем знания человечества -  $Z$ , является число людей  $Z \sim N$ . Соответственно для аппроксимации мирового объема знаний можно использовать формулу типа гиперболы [14].

$$Z \approx 1,5 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,25} \quad (1)$$

Таблица 1. Объем знаний человечества

№	Источник	Год от начала н.э.	Насел. Земли, млн.	Объем знаний, тыс. у.к.	Знаний у.к. на тыс. чел.
1.	Библиотека конгресса	2012	7 000	21 500	3,07
2.	Библиотека конгресса	2000	6 000	18 000	3,00
3.	Библиотека конгресса	1960	3 077	9 000	2,92
4.	Александрийская библиотека	-300	86	80	0,93
5.	Возникновение человека	-1 600 000	0,1	0,02	0,20

Данная формула (1) верна в период гиперболического роста человечества (до 1960 года и с большей погрешностью до 1975 г.). Используя формулу для численности человечества в период гиперболического роста [12]  $N \approx C / (T_1 - T)$  можно получить выражение для объема знаний, корректное и в период демографического перехода [14].

$$Z \approx Z_0 \cdot (N/N_0)^{1,25} = 20 \cdot (N/N_0)^{1,25} \quad (2)$$

(здесь  $N_0 = 100\,000$  – условная численность человечества 1,6 млн лет назад).

Выведенные формулы для объема знаний человечества (1), (2) являются оценками по порядку величины, однако из них видно, что объем знаний зависит, в основном, от числа людей и соответственно от времени в период гиперболического роста. Кроме того, есть и показатель, связывающий рост объема знаний с совершенствованием человеческого мозга, поскольку из формул (1), (2) видно, что объем знаний растет не пропорционально числу людей, а быстрее – в степени 1,25.

### 6. Измерение явного знания через учет публикаций

Использованный выше подход к учету знаний человечества хотя и не очень точен, но позволил рассмотреть всю картину роста знания на протяжении всей истории человечества. Годовой прирост знания -  $\Delta Z$  можно оценить, как по формулам (1, 2), так и по годовому объему публикаций и патентов в мире -  $\Delta P$ . Хотя они и не исчерпывают всех источников знаний, но являются основными тщательно фиксируемыми и не дублированными источниками знания. Сравнение динамики выдачи патентов и публикаций показывает (рис. 2), что их число по-разному изменяется во времени. До 1946 года число патентов превышает число публикаций, а позднее, наоборот количество публикаций в 2-3 раза превосходит число патентов. Это, видимо, связано с тем, что патенты раньше стали тщательно регистрировать, чем другие виды публикаций.

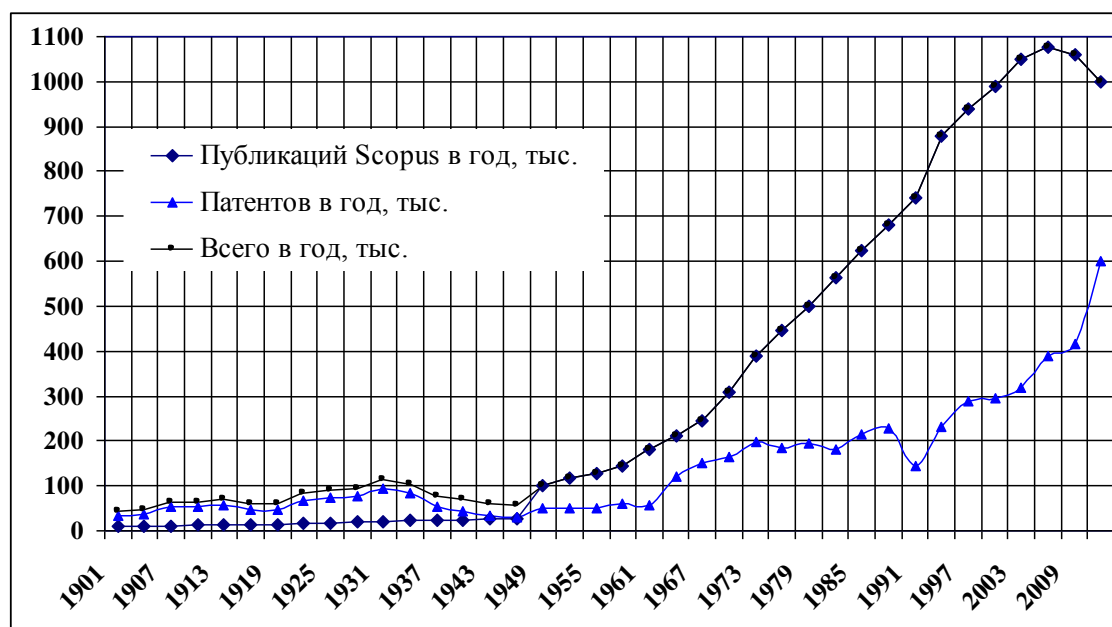


Рис. 2. Рост годового числа патентов и публикаций в мире

С другой стороны в базе Scopus представлено примерно 25 млн. патентов [15]. С 1949 года, когда в базе Scopus наблюдается резкий скачок публикаций, во всем мире было выдано примерно 28 млн. патентов. Таким образом, можно полагать, что до этой даты включение патентов в Scopus было ограниченным, а после ее весьма полным. В

соответствии с этим, при расчете суммарного прироста числа публикаций и патентов -  $\Delta P(T)$  до 1949 года суммировались данные по количеству патентов и публикаций из базы Scopus, а начиная с этой даты использовались только данные из Scopus.

Для сравнения зависимостей  $\Delta Z(T)$  и  $\Delta P(T)$  было принято, что в среднем каждая публикация из базы Scopus [16] и каждый патент [17] (здесь учтены только патенты, выдаваемые резидентам) имеют объем, равный 15% условной книги (у.к.). При расчете прироста знания -  $\Delta Z$  до 1975 года использовалась гиперболическая формула (1), а после нее – формула (2), а также статистические данные по численности населения мира [12].

Результаты сравнения прироста объема знаний человечества -  $\Delta Z(T)$ , вычисленного по формулам (1, 2), и прироста публикаций и патентов -  $\Delta P(T)$  показал, что обе кривые выходят «на полку», однако между расчетной кривой и зафиксированным в Scopus объемом публикаций существует сдвиг по времени примерно на 25 - 30 лет. Это свидетельствует о том, что в формулах (1, 2) нужно учесть задержку на время взросления людей. В первом приближении это можно сделать, используя в формулах (1, 2) значение числа людей на 25 лет ранее -  $N(T-25)$  и, соответственно, увеличив в 1,5 раза числовой коэффициент. При этом они приобретают следующий вид:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (2050 - T)^{1,25} \quad (3)$$

$$Z \approx 30 \cdot (N(T-25)/N_0)^{1,25} \quad (4)$$

Сравнение аппроксимационных формул (1) и (3) для объема знания, а также опорных точек из таблицы 1 за последнее столетие дано на рис. 3. Видно, что формула (3) значительно лучше аппроксимирует опорные точки, чем формула (1).

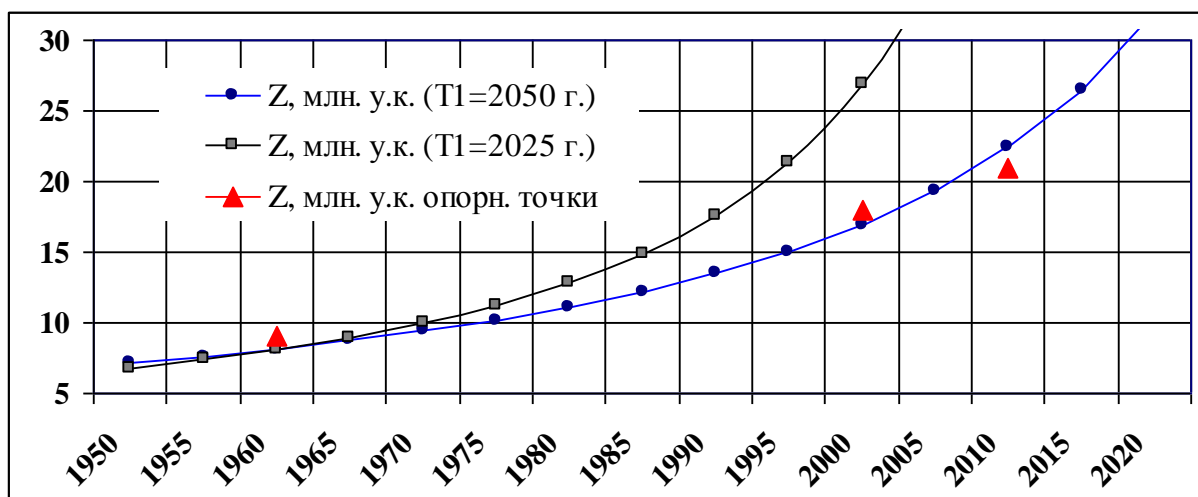


Рис 3. Сравнение аппроксимационных формул (1) и (3)

Сравнение расчетных значений прироста знания  $\Delta Z(T)$  по формулам (3, 4) с приростом числа публикаций, включая патенты,  $\Delta P(T)$  дано на рис. 4. Для удобства сравнения здесь приведено утроенное значение  $\Delta P(T)$ . Видно, что кривые  $\Delta Z(T)$  и  $3\Delta P(T)$

достаточно близки друг к другу, причем они примерно одновременно выходят на полку. После 2020 года прирост объема знаний достаточно быстро уменьшается, что связано с демографическим переходом и падением темпов прироста населения мира.

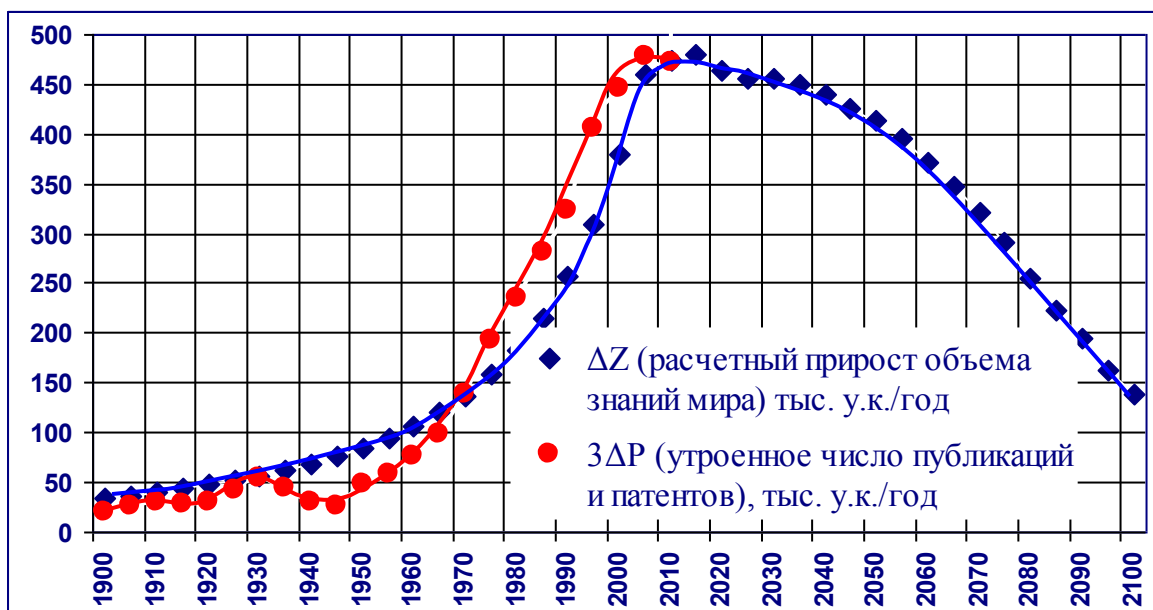


Рис. 4. Сравнение расчетного прироста знания с числом публикаций

Видно, что использованный первоначально подход для оценки объема знаний человечества находит подтверждение с точки зрения учета объема публикаций

### 7. Измерение неявного знания

Значительно сложнее измерить объем неявного знания, поскольку оно находится в головах людей, причем сложно даже представить в каком виде. Однако для оценки по порядку величины можно воспользоваться следующим приемом. Будем считать, что объем неявных знаний, приобретенных человеком, прямо пропорционален количеству лет, в течение которых он их получал. Конечно, человек приобретает знания, не только получая формальное образование, но это основная часть полученных знаний, а остальные приобретенные им неявные знания примерно пропорциональны этой части. Таким образом, для каждого человека можно оценить объем накопленных неявных знаний

На рис. 6 представлена взаимосвязь между средним числом накопленных лет образования и натуральным логарифмом ( $\ln$ ) ВВП на душу населения для различных стран [18] (для лиц в возрасте 25 лет и старше в международных долл. 2000 г.). Видно, что определенная статистическая взаимосвязь этих параметров наблюдается.

Поскольку по оси абсцисс здесь отложен логарифм ВВП, то это значит, что зависимость является примерно экспоненциальной. Таким образом, с ростом образовательного уровня (количества неявного знания) населения ВВП стран возрастает очень быстро. Высоко образованные специалисты вносят значительно больший вклад в ВВП страны, чем менее образованные. Поэтому вклад специалистов различной



квалификации следует учитывать с различным «весом». Причем с наибольшим весом следует учитывать интеллектуальный вклад специалистов в области НИОКР (R&D), т.е. научных работников. С учетом времени, которое уходит на подготовку квалифицированного научного работника, можно принять, что уровень его образования примерно на 6 лет больше, чем у специалиста, получившего высшее образование.

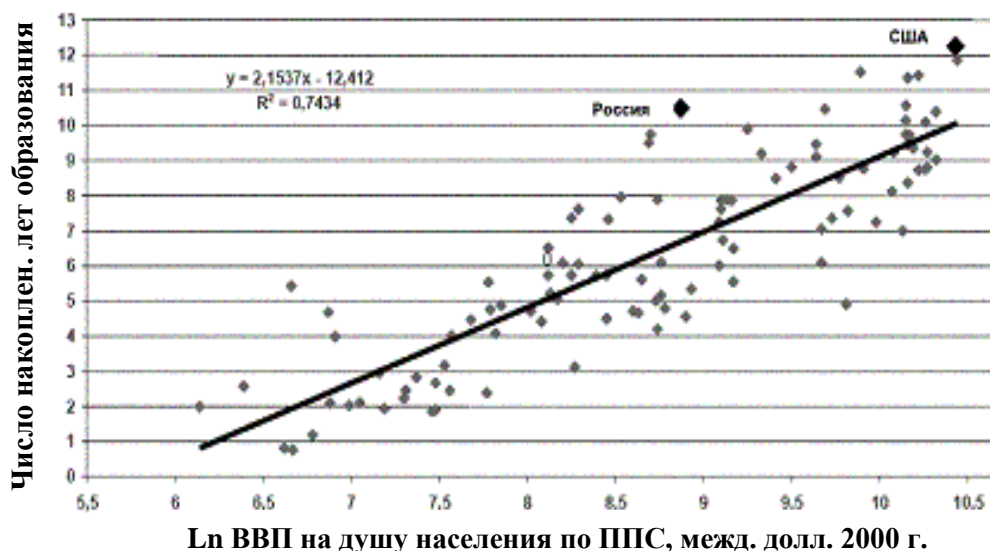


Рис. 6. Связь между образованием и ВВП на душу населения для различных стран

С использованием такого подхода было показано [14], что вклад специалиста в ВВП страны выражается экспоненциальной зависимостью от числа лет (E) обучения (в международных долл. 2010 г. по ППС):

$$G_E = 125 \cdot 10^{E/5} \quad (5)$$

Для того, чтобы привести объем неявных знаний специалиста к тем же единицам измерения, что и для явного знания мы можем условно приравнять год обучения к некоторому объему изученных условных книг. С учетом той учебной нагрузки, которую получают обычно студенты высшей ступени обучения, можно приравнять ее к 50 у.к. в год или примерно 5000 учебным страницам. В этом случае объем неявных знаний специалиста в у.к. будет равен

$$Z_H \approx 50 \cdot E \quad (6)$$

Таким образом, объем неявных знаний научного работника (R&D специалиста) составляет порядка 1100 у.к. Согласно формуле (3) объем знаний человечества составляет в настоящее время около 27 миллионов у.к., а количество R&D специалистов – около 7 млн. чел. Следовательно, на каждого R&D специалиста приходится около 4 у.к. уникального явного знания, т.е. около 0,4% от его неявного знания. В реальности доля относительно уникального явного знания минимум на порядок больше, поскольку специалисты говорят на различных языках и работают в разных странах. Кроме того, у

каждого специалиста есть уникальное неявное знание. Таким образом, порядка 10% неявного знания R&D специалиста является относительно уникальным, что и составляет его ценность, как специалиста. Не менее важным является и уникальность комбинации знаний, которыми владеет специалист.

Таким образом, опробование некоторых подходов к измерению количества явных и неявных знаний людей показывает, что это дает интересные результаты, с точки зрения управления знаниями.

### Литература

1. Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М., 2003.
2. Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.
3. Поппер К. Р. Логика и рост научного знания. М., Прогресс. 1983.
4. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М. : Радио и связь, 1992.
5. Орехов В.Д. Современное понимание концепции «знание». Вестник МИМ ЛИНК, №2, 2016.
6. Skyrme, D. J. and Amidone, D. M. Creating the Knowledge-Based Business, Wimbledon, Business Intellegence Ltd. 1997.
7. Управление знаниями в организациях: Учеб.-метод. Пособие. Подгот. Н.М. Жаворонковой. Жуковский, 2007.
8. Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. – 2007. – №7.
9. Библиотека конгресса. – Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
10. General Information – About the Library (Library of Congress). 2012.
11. Советский энциклопедический словарь М.: Советская энциклопедия, 1987.
12. Капица С. П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. 2012.
13. Анисимов В. О законе возрастания сложности эволюционирующих систем или что день грядущий нам готовит. [www.yugzone.ru/articles/438](http://www.yugzone.ru/articles/438), 2006.
14. Орехов В. Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. – Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. – 210 с. [www.world-ewolution.ru](http://www.world-ewolution.ru)
15. Scopus. Content Coverage Guide, 2013.
16. Mosher D. Genealogy of Science According to Scopus, Wired Magazine, 2011, 8 March. <http://aminotes.tumblr.com/post/4027872129/genealogy-of-science-according-to-scopus>
17. Немцов Э. Ф. Человечество становится всё изобретательнее. 2011.
18. Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3; World Development Indicators, Washington: World Bank, 2005.