

С.А. Баканова, Г.Ю. Силкина

**ЭВОЛЮЦИЯ ЗНАНИЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ПРИКЛАДНОЙ АНАЛИЗ**

S.A. Bakanova, G.Iu. Silkina

**THE EVOLUTION OF KNOWLEDGE: MODELING
AND APPLICATION ANALYSIS**

Рассматривается вопрос математического моделирования процессов эволюции и накопления научного и прикладного знания: определена актуальность решения данных вопросов для современных высокотехнологичных компаний, изложены существующие математические заделы и представлены разработки авторов статьи. Задача математического моделирования роста знаний рассматривается на двух уровнях – рост и эволюция знания как такового и накопление опосредованного знания (знания конкретного индивидуума). Рост общего знания описан законом экспоненциального роста, подчеркнута согласованность с предшествующими исследованиями этого феномена. На основе формального представления процесса определены показатели, характеризующие эволюцию знаний в той или иной предметной области: интенсивность устаревания знаний и период их полураспада. Приведены расчеты показателей для различных областей знаний, показано практическое их применение в менеджменте знаний компаний. Процесс роста и накопления индивидуального знания в приведенных разработках обоснованно представлен законом логистической динамики. Сообразно динамике логистической кривой выделены основные этапы накопления профессиональных знаний сотрудниками компаний, описан механизм определения объемов знаний, соответствующих этим этапам, показаны прикладные возможности анализа процессов индивидуального накопления знаний в практике управления интеллектуальными ресурсами компаний. Совмещение двух процессов (роста общего и индивидуального знаний) описано аналитической формулой, позволяющей прогнозировать общий уровень знаний в компании в контексте развития знаний индустрии. Это, в свою очередь, определяет возможность планирования стратегии и мероприятий по управлению знаниями в компании. Обозначены перспективы дальнейших исследований и развития разработанного инструментария анализа процессов эволюции знаний, направленные на формирование полноценного прикладного инструментария менеджмента знаний в высокотехнологичных компаниях.

РОСТ ЗНАНИЙ; УСТАРЕВАНИЕ ЗНАНИЙ; ЭВОЛЮЦИЯ ЗНАНИЙ; ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА ЗНАНИЙ; МЕНЕДЖМЕНТ ЗНАНИЙ.

The article discusses the mathematical modeling of the evolution and accumulation of scientific and applied knowledge; solving these problems is established as urgent for modern high-tech companies, the existing mathematical foundations are described, and the authors' own proposals are presented. The problem of mathematically modeling knowledge growth is examined by the authors on two levels, which are the growth and evolution of general knowledge, and the accumulation of individual knowledge (knowledge of a particular individual). The growth of general knowledge is described by the law of exponential growth, which is consistent with the results of the previous studies of this phenomenon. Based on the formal representation of the process the authors have determined the parameters characterizing the evolution of knowledge in a particular subject area; these are the intensity of knowledge obsolescence and the knowledge half-life period. The article contains calculations of indicators for various fields of knowledge, shows their practical application in knowledge management systems of companies. The process of individual knowledge growth and accumulation is logically represented by a function of logistic dynamics. Logistic curve dynamics highlights the main stages by which employees accumulate professional knowledge in high-tech companies. Based on this, the authors describe a mechanism for determining the amount of knowledge corresponding to these stages and show the possibility of

using these characteristics in the actual knowledge management in modern companies. The combination of the two processes (growth of general and individual knowledge) is described by an analytical formula that can predict the general level of knowledge in a company in the context of the development of the knowledge used in a particular industry. This, in its turn, determines the possibility of planning strategies and knowledge management activities within a company. The article presents the prospects for the further development and investigation of the evolution of the knowledge problem and its models, aimed, in general, at forming a full-fledged complex of knowledge management tools in high-tech companies.

KNOWLEDGE GROWTH; KNOWLEDGE OBSOLESCENCE; KNOWLEDGE EVOLUTION; KNOWLEDGE HALF-LIFE PERIOD; KNOWLEDGE MANAGEMENT.

Введение. Тезис о том, что знание в особой мере ценно и значимо для отдельных экономических единиц и экономики в целом, уже не приходится подтверждать новыми фактами и цифрами. Сегодня экономика знаний не просто термин, обозначающий новую веху глобального экономического развития, но имеет вполне реальные формы — проявляется в стремительном развитии высокотехнологичных отраслей, становящихся магистральными для регионов и стран, в формировании новых отношений реального и образовательного секторов экономики, в социальных подвижках — укреплении идеи о ценности знаний в обществе. Одновременно с оформлением экономики знаний в реальный социально-экономический уклад развиваются ее прикладные дисциплины, и одним из приоритетных сегодня направлений является область менеджмента знаний. Оформление и систематизация накопленного опыта, процедур и практик управления знаниями в новое направление менеджмента говорит о востребованности механизмов управления созданием, хранением и распространением знаний на предприятиях, отвечающих вызовам современного информационного общества и темпам его развития. Это, в свою очередь, поставляет научному и бизнес сообществам ряд открытых актуальных научно-прикладных задач, тем более что концептуальные и теоретические основы экономики знаний, восходящие к пионерским работам Ф. Махлупа, дают для их решения несомненно мощный базис.

Одной из главных задач управления знаниями на предприятиях является поддержание корпоративных знаний (состоящих из знаний отдельных сотрудников) в актуальном для решения профессиональных задач состоянии. Процедуры систематического обновления знаний сотрудников появились в нашей стране в середине 60-х гг. XX столетия и

были весьма жесткими и детерминированными, как с точки зрения регулярности, так и с точки зрения формата обучения, объема и контроля усвоения пополняемых знаний. Сегодня же необходимость поддержания интеллектуального производственного ресурса на должном для компании уровне продиктована ускоряющимся темпом и вектором развития индустрии, в которой она функционирует, а методы и формы распространения знаний между сотрудниками вышли за рамки формальных мероприятий. Как следствие, построение обоснованной системы обучения и распространения знаний в компаниях, выстроенной в согласии с вектором развития индустрии и обеспечивающей регулярное обновление интеллектуального капитала, — актуальная и приоритетная задача менеджмента знаний. Оценка того, как, когда, с какой интенсивностью, в каком объеме и направлении проводить обучение сотрудников — злободневные вопросы управления знаниями в компаниях, требующие адекватного обоснования и подкрепления концепцией числа.

В первом приближении, содержание, характер и направление мероприятий по управлению корпоративными знаниями должны быть сообразны тому, как интенсивно замещаются потерявшие свою актуальность знания. Следует также принимать во внимание форму распространения знаний, которая не всегда ограничена формальными процедурами обучения и самообучения. Показано [1–3], что умения, опыт, навыки зачастую передаются вне рамок формальных образовательных мероприятий, а чаще в процессе продолжительного межличностного общения. Из этого следует, что перед современными высокотехнологичными компаниями, в которых знание — ключевой ресурс, стоит задача внедрения механизмов управления знаниями, ориентированных на интен-



сивное обновление знаний и не ограничивающихся лишь формализованными процедурами их распространения.

Знание как таковое развивается сообразно собственной логике – оно объективно по своей природе и не зависит от отдельных индивидуумов. В то же время знания конкретного человека субъективны, так как вплетены в структуру его личностного восприятия, эмоций, опыта, убеждений, предубеждений и взглядов. Субъективное знание всегда уникально и определяется когнитивным и эмоциональным контекстом. Сама природа понятия и множество его интерпретаций вынуждают рассматривать процесс эволюции знаний с разных позиций. В контексте корпоративного управления знаниями мы предлагаем разделять этот процесс на два взаимодополняющих друг друга уровня – рост знания как такового и накопление знаний отдельными индивидуумами.

Исследование, анализ тенденций, проявления и закономерностей процессов роста объективного знания и накопления и распространения прикладных, «работающих» знаний представляют для нас наибольший интерес и основной вектор научного творчества, некоторые результаты которого представляем здесь далее.

Обзор предшествующих исследований. Общие тенденции роста научного знания подчиняются экспоненциальному закону, этот факт оправдан теоретически и подкреплен многократными исследованиями показателей научной деятельности. Анализ разнообразных метрик роста научного знания [4] показал, что «первичные» показатели роста научного и прикладного знания (объемы ассигнования и задействованных научных кадров, массивы публикаций) и «производные» от этих параметров (изобретения, открытия, нововведения) подчиняются закону экспоненциального роста. Многие зарубежные и отечественные исследователи приводили тому обоснования. К примеру, Д. Прайс [5] приоритетным фактором экспоненциального роста знаний видит развитие средств коммуникации и передачи информации. А.И. Яблонский, записавший модельный вид роста научного знания, аргументирует его экспоненциальный характер двумя обстоятельствами. Во-первых, экспоненциальный рост

является весьма распространенной закономерностью динамики результатов любой человеческой деятельности, в том числе и научной. Во-вторых, экспоненциальный закон вполне адекватно отражает механизм генерации научного знания [6]. Формально это представляется следующим образом:

$$\Delta X = rX_0, \quad (1)$$

где $X_0 = X(t_0)$ – знания, имеющиеся в момент времени t_0 ; ΔX – приращение знаний на временном промежутке (t_0, t_1) ; r – коэффициент пропорциональности, числовое значение которого зависит от отрасли науки.

Отличительной чертой знаний в противовес информации является его опосредованность с человеком, который не только хранит его, но и активно использует. Для отдельных индивидуумов феномен накопления знаний обретает свои особенности и закономерности. На субъективный характер знаний указывал, к примеру, В.Л. Макаров. В его агент-ориентированной модели учитываются фактор забывания знания с течением времени («выветривание») и разделение на роли в процессе распространения знаний. Ряд других моделей, в частности [7], вводят метрики измерения знаний индивидов и когнитивных расстояний между ними, акцентируя внимание на количественных аспектах процесса в ущерб качественным.

Между тем, феномен накопления знаний и компетенций человеком, исследование его качественных аспектов и выявление закономерностей, представляется весьма актуальным и востребованным для современных высокотехнологичных и знаниевых компаний. Наравне с тем, как глобальные тенденции развития знания той или иной индустрии (рост знаний как таковых) определяют общую канву и стратегию развития компании, закономерности усвоения знаний отдельными ее сотрудниками позволяют оценивать, контролировать и прогнозировать интеллектуальный капитал и способность компании решать те или иные задачи с его помощью.

Как показывает анализ существующих научно-методических заделов [8], сегодня прикладные возможности математических моделей накопления знаний отдельными индивидуумами реализованы слабо, представлены в основном эвристическими описаниями, мно-

гие базируются на эмпирических данных, существующие подходы учитывают преимущественно поверхностные, количественные особенности процесса.

Исходя из этого, предлагаем подход к решению обозначенной актуальной научно-прикладной задачи, расширяющий и дополняющий существующие заделы в этой области.

Модель роста общих знаний и коэффициент их устаревания. Представленное в [6] аналитическое выражение роста общего научного знания отражает зависимость общего объема знаний от времени и позволяет рассчитать объем научных знаний в момент времени t_1 :

$$X_1 = X(t_1) = X_0 + \Delta X = X_0(1 + r). \quad (2)$$

И более общее, по прошествии n временных промежутков:

$$X_n = X(t_n) = X_0(1 + r)^n. \quad (3)$$

Технически эта зависимость работает аналогично формуле дисконтирования денежного потока, известной в финансовой математике, и позволяет рассчитывать объем знаний в заданный момент времени на основе первоначального объема и принятого коэффициента роста. Однако в отличие от приведения стоимости будущих денег к настоящему моменту, для анализа эволюции знания полезным является определение доли сегодняшнего знания в следующий временной период. Это вполне согласуется с установленными в [5, 6] причинами и закономерностями роста научного знания, т. е. с постулатом о том, что новые знания, актуальные в некоторый момент времени, с течением времени теряют свою актуальность.

Так, знания, существующие в начальный момент времени t_0 , будут составлять долю знаний, существующих в момент времени t_n :

$$X_0 = \frac{1}{(1 + r)^n} X_n. \quad (4)$$

Последнее является аналитическим выражением чувствительности знания относительно времени и отражением закономерности роста знания как такового, что вполне согласуется с существующей в современной практике управления знаниями единицей устаревания знаний — периодом их полураспада. По аналогии

с естественно-научным понятием — полураспадом радиоактивного вещества период полураспада знаний трактуется как время после завершения обучения, в течение которого специалисты теряют половину первоначальной компетенции [10]. Иначе — период, за который знания индустрии теряют половину своей актуальности, т. е. замещаются новыми знаниями.

Измерение периода полураспада знаний основано на базовых метриках научной деятельности: количество публикаций, количество ученых, занятых в той или иной области и др. Библиометрический анализ периода полураспада знаний в различных отраслях прикладной науки [5, 11] выявил следующие особенности этого процесса: скорость устаревания знаний достаточно низка для гуманитарных наук и весьма высока в точных и технических науках.

Значения периода полураспада знаний для различных отраслей науки позволяют рассчитать параметр r из (4), который для нужд прикладного анализа скорости развития науки можно интерпретировать как интенсивность устаревания знаний, т. е. долю замещения знаний новыми за единицу времени. Приведенные значения периодов полураспада знаний для различных отраслей науки и рассчитанные для этих отраслей показатели интенсивности устаревания знаний приведем в табличной форме.

| Отрасль науки | Период полураспада, лет | Интенсивность устаревания знаний, % |
|---|-------------------------|-------------------------------------|
| Ядерная физика | 5 | 15 |
| Биология | 10 | 7 |
| Гуманитарные науки | 25 | 3 |
| Информационно-коммуникационные технологии | 4 | 19 |

Непрерывным аналогом дискретной формы устаревания знаний является следующая аналитическая зависимость:

$$X(t) = X_0(1 + r)^t = X_0 e^{\ln(1+r)t} = X_0 e^{t \ln(1+r)} \Rightarrow$$

$$X(t) = X_0 e^{\delta t}, \quad (6)$$

или

$$X_0 = e^{-\delta t} X(t), \quad (7)$$

где $e^{-\delta}$ – непрерывный коэффициент устаревания знаний, показывающий с какой скоростью «проседают во времени» (устаревают) актуальные на текущий момент знания.

С точки зрения корпоративной стратегии менеджмента знаний показатель интенсивности устаревания знаний дает информацию о скорости обновления знаний в конкретной области. На интенсивное замещение существующих профессиональных знаний высокотехнологичные компании должны отвечать адекватными управленческими мерами, выстраивая внутренний процесс обучения и профессионального развития сотрудников должным образом.

Модель накопления знаний индивидуумом.

Контекст развития общих знаний индустрии определяет актуальность и востребованность знаний его носителей. В первом приближении показатель интенсивности роста знаний можно интерпретировать для нужд менеджмента знаний как минимальную долю ежегодного обновления знаний сотрудников. Однако для более точного анализа требуется понимание общих закономерностей накопления знаний той или иной области индивидуумом. Сообразно тому, как различаются по интенсивности роста и, соответственно, устаревания знания в различных областях, усвоение и обновление знаний также требует соответствующих для каждой области временных затрат. Поскольку речь идет о персонифицированных знаниях, роль субъективной компоненты знаний в этом процессе может быть решающей, однако, на наш взгляд, с позиции корпоративного управления знаниями достаточно выявление общих закономерностей накопления, «вызревания» знаний у сотрудников.

На первом этапе анализа субъективных знаниевых процессов в компаниях необходимо ввести методику оценки знаний, позволяющую производить замеры уровня знаний по необходимости. Не будем останавливаться на изложении принципов и методов измерения знаний (различные подходы изложены в [9, 12, 13]), а перейдем сразу к рассмотрению закономерностей накопления знаний отдельными индивидуумами.

Формализованным представлением процесса накопления знаний в устоявшейся

практике организаций является присвоение различных разрядов и квалификаций сотрудникам в зависимости от уровня экспертизы в той или иной области. Квалификация определяет способность сотрудника решать задачи определенного уровня и применять свои знания, навыки и опыт в трудовой деятельности. В современных высокотехнологичных отраслях (и компаниях, соответственно) устоялись свои термины и требования для определения уровня квалификации работников, унифицированные и стандартизованные. Различная степень усвоения знаний заложена, в том числе, в современные образовательные стандарты, включающие градации «знать – уметь – владеть», расширяющие привычные числовые оценки уровня знаний выпускников школ и вузов.

Математическая интерпретация динамики роста квалификации работников той или иной высокотехнологичной индустрии на практике позволит получить обоснованные числовые показатели для уровней владения профессиональным знанием, средних временных затратах на его усвоение, что, в свою очередь, послужит основой планирования и организации знаниевых процессов в компании.

Пусть $x \in [0, 1]$ – оценка степени владения конкретным знанием индустрии, тогда уравнение, характеризующее степень владения знанием, получается из разностного уравнения экспоненциального роста (1) или его непрерывного аналога

$$\frac{dx(t)}{dt} = lx(t) \quad (8)$$

с учетом следующих соображений. Уравнение (8) описывает рост некоторой величины сообразно ее достигнутому уровню, не лимитированный никакими ограничениями. Однако если речь идет о степени усвоения знания отдельными индивидуумами, то очевидно наличие верхней границы – 1, отвечающей полному его усвоению. Наличие сдерживающих рост факторов приводит к тому, что коэффициент роста l является не постоянной величиной, зависящей от отрасли науки, а определяется достигнутым уровнем величины x : $l = l(x)$. Эта функция убывает с ростом x по мере приближения к предельному значению вследствие исчерпания резервов роста.

В случае линейной зависимости изменения величины $r(x)$ от накопленного объема знаний ($l(x) = 1 - x$) дифференциальное уравнение эволюции знаний отдельного индивидуума принимает вид:

$$\frac{dx(t)}{dt} = x(t)(1 - x(t)). \quad (9)$$

Это хорошо известное уравнение логистической динамики, общее решение которого записывается в виде:

$$x(t) = \frac{Ce^t}{1 + Ce^t} = \frac{C}{C + e^{-t}}, \quad (10)$$

а частное как

$$x(t) = \frac{x_0}{x_0 + e^{-t}(1 - x_0)}, \quad (11)$$

где $x_0 \in (0, 1)$ – начальный (минимальный) уровень знаний индивида, начиная с которого фиксируется сам факт обладания этим знанием.

Отметим, что логика процесса усвоения и накопления профессиональных знаний отдельным индивидуумом вполне соответствует динамике логистической кривой (9) и свойствам решения ее уравнения. Так, с течением времени (используемые) знания сотрудников могут только накапливаться, поэтому функция $x(t)$ монотонно возрастает на всей области своего определения.

На первом этапе ознакомления с предметной областью накопление знаний индивидуумом происходит достаточно медленно, но с возрастающей скоростью. По мере усвоения скорость их дальнейшего накопления и роста увеличивается пропорционально уже накопленному значению величины $x(t)$, т. е. ее «отрыву» от начального значения.

С другой стороны, пропорциональность производной $dx(t)/dt$ разности $1 - x(t)$ означает замедление скорости роста объема усвоенных знаний по мере приближения к пределу насыщения, когда все основные моменты знания уже усвоены индивидуумом.

В геометрии логистической кривой существуют «переломные точки», которые применительно к анализу процесса накопления знаний интерпретируются как переломные моменты динамики усвоения знаний отдельными индивидуумами. По существу, эти точки определяют переход количественных изменений

в качественные, когда усвоенных сотрудниками знаний становится достаточно для решения профессиональных задач более высокого уровня. В терминах менеджмента знаний эти переходы и означают повышение квалификаций и разрядов, предусмотренных процедурами обучения, принятыми в компании.

В своей геометрии логистическая кривая имеет точку перегиба, отвечающую значению $x = 0,5$, и две точки максимальной кривизны, разбивающие кривую на отрезки, для которых характерна своя динамика кривой.

По известным в математическом анализе формулам вычисляются точки максимальной кривизны графика функции, из которых для случая уравнения роста знаний индивидуумов получаются значения координат порогов накопления знаний – времени, которое требуется на данном этапе изучения, и доли, которую за это время усвоит индивидуум.

Определение ключевых точек динамики роста персонифицированных знаний видится нам актуальной прикладной задачей менеджмента знаний. Для ее решения достаточно обладать информацией о времени, которое тратится в среднем сотрудниками для освоения половины объема знаний некоторой предметной области.

Как показал анализ материалов высокотехнологичной компании [8], для освоения половины знаний профессиональной области сотруднику компании в среднем надо 1,5 года. Это значение соответствует точке перегиба логистической кривой, в которой происходит смена направления выпуклости функции и скорости роста накопления знаний, а следовательно означает, что для освоения 50 % знаний данной предметной области сотрудники тратят в среднем 1,5 года. Дальнейший анализ динамики кривой накопления знаний на статистических данных компании показал, что на начальном этапе освоения сотрудникам необходимо «набрать» 12 % знаний, которые станут «фундаментом» для дальнейшего полноценного освоения профессиональных знаний. Это значение является «точкой входа» в профессию, для которой требуются определенные знания, навыки и умения. Начального усвоенного объема достаточно для интенсивного накопления знаний далее. Итак, этапам в процессе обучения профессиональному ремеслу соответствуют: 50 % за 1,5 года, 92 % за 2,25 года (см. рисунок).

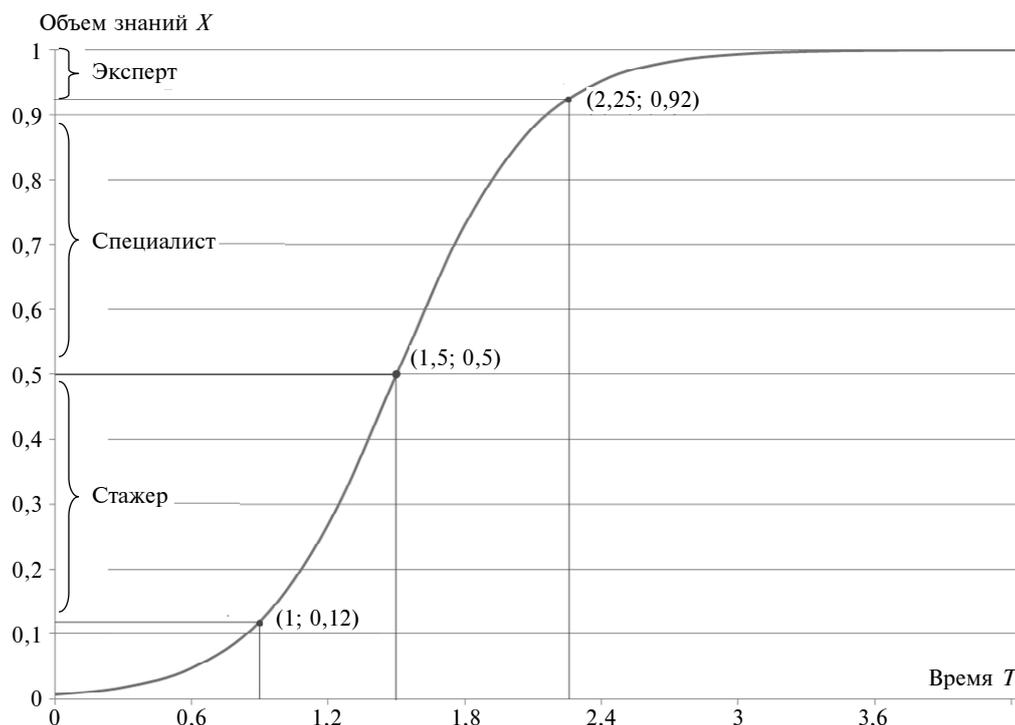


График накопления знаний сотрудниками компании

Рассмотренное уравнение логистической динамики накопления знаний индивидуумами отражает субъективный процесс роста знаний, безотносительно от общего контекста развития предметной области, т. е. не включает в себя объективную компоненту развития знаний. Как было показано, для различных областей научного и прикладного знания характерна своя скорость устаревания знаний, что выдвигает требование к постоянному обновлению знаний сотрудниками.

С точки зрения математической формализации оба процесса – усвоение знаний отдельным индивидом и устаревание знаний в целом, представлены зависимостью

$$x(t) = \frac{x_0}{x_0 + e^{-t}(1 - x_0)} e^{-\delta t}, \quad (12)$$

которая отражает уровень владения знанием отдельным индивидом с учетом актуальности знания.

Поправка на коэффициент устаревания знаний позволяет совместить два процесса роста знаний – субъективный и объективный, а с практической точки зрения – понять, как «проседают» знания организации со временем.

Так, для рассмотренного выше примера, в котором для освоения половины знаний предметной области требуется 1,5 года, с учетом устаревания знаний через заявленный промежуток времени актуальными будут лишь 42 % знаний сотрудника. Для той же области знаний период, за который знания эксперта «выветрятся» и его квалификация перейдет на предыдущий уровень, составит примерно 2 года.

Практические возможности инструментария.

Непрерывность образования и доступность ресурсов знаний – одна из основных тенденций экономики знаний, приводящая к интенсивному и непрерывному потреблению и обновлению знаний. Ответом на этот вызов современным высокотехнологичным компаниям может стать организация менеджмента знаний, способствующая поддержанию интеллектуального капитала компании в актуальном состоянии.

Построение стратегии менеджмента знаний в организации, определение его моделей, инструментов и практик, транслированные в научную канву в форме научно-прикладных задач составляют, на наш

взгляд, наиболее актуальные открытые вопросы современного менеджмента знаний. Здесь содержатся некоторые результаты поиска решения этих задач, нацеленные, в первую очередь, на решение прикладных вопросов организации распространения и генерации знаний в компаниях. Так, рассмотренные подходы к оценке роста общего знания и накопления индивидуального дают прикладные возможности для организации и коррекции установок и процедур управления знаниями в организациях.

Как и любой другой управленческий процесс, менеджмент знаний в первом приближении подразумевает оценку текущего состояния системы, определение желаемого состояния и набора действий для его достижения. И в контексте глобальной миссии менеджмента знаний – поддержание знаний компании на требуемом уровне этот процесс представим состоящим из определения интенсивности устаревания знаний различных доменов, оценки знаний сотрудников, выявления каналов распространения знаний в компании, разработки мер по интенсификации процессов распространения знаний, планирования и постоянного мониторинга уровня знаний сотрудников компании.

Оценивать скорость, с которой устаревают знания в компании, предлагаем с помощью коэффициента устаревания знаний, введенного выше. Расчет этого коэффициента предполагает количественное измерение результатов генерации прикладных и теоретических знаний в предметной области компании, к примеру, с помощью таких метрик, как количество статей, патентов, периодичность и масштабность обновления рабочих инструментов и т. д. Фактически этот показатель будет демонстрировать, как «проседают» знания сотрудников компании со временем.

Оценка и мониторинг уровня знаний в компании обеспечиваются инструментарием анализа роста и накопления знаний отдельным индивидуумом, предложенным в разделе «Модель накопления знаний индивидуумом». Технически оценка знаний сотрудников реализуется введением формализованных уровней профессиональных компетенций и процедур их оценки, ставшими сегодня вполне традиционными в высокотехнологичных ком-

паниях. Предложенный нами инструментарий в практике управления знаниями позволит обоснованно определить (измерить количественно) доли знаний от общего возможного объема знаний, соответствующие введенным уровням компетенций. Подчеркнем, что предложенный подход помогает определить статистически обобщенный сценарий накопления знаний сотрудниками, что, на наш взгляд, является адекватным информационным базисом для прогнозирования состояния интеллектуального ресурса компании.

Основным мотивом оценки знаний сотрудников является получение ответа на два злободневных вопроса менеджмента знаний – каков текущий уровень знаний сотрудников компании? (и производные от этого вопроса: например, какого уровня задачи могут решать сотрудники компании?) и как сильно устареют знания отдельного сотрудника и компании в целом через некоторое время? (т. е. прогнозирование). На практике мы предлагаем реализовывать прогнозирование уровня знаний с помощью формулы (12), одновременно учитывающей тенденцию роста знаний сотрудников и эволюцию знания как такового. Результатом станет актуальный уровень знаний отдельных сотрудников в заданную единицу времени и, как следствие, общий уровень знаний компании. Или, в терминах профессиональных компетенций: через какое время профессиональная категория сотрудника перейдет на более низкий уровень? и, для общего уровня знаний в компании, каков будет структурный состав сотрудников компании по уровню компетенций через определенное время?

Выводы. Рассматривая эволюцию научного и прикладного знаний, мы опираемся на тенденции развития науки как таковой и, что является более значимым, тенденции развития ее прикладных направлений. В первую очередь, это проявляется в постановке новых актуальных прикладных задач, продиктованных проблемами индустрии и нуждами современных компаний. Принимая этот вызов, мы ориентируемся на дальнейшее развитие представленного инструментария и в качест-



ве возможных направлений его совершенствования видим:

– развитие инструментария анализа возможностей распространения знаний в компаниях включением градаций знаний, приписываемых сотрудникам, с возможностью прогнозирования состояния сети и ее пропускной способности в контексте различ-

ных сценариев менеджмента знаний в компании;

– разработку инструментария определения дельты знаний компании, который позволит учитывать «отставание» знаний компании от текущего уровня развития знаний индустрии, и расширяющие прикладные возможности инструментария, представленного в [14, 15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гусаков М.А.** Институциональная среда создания прорывных технологий // *Инновации*. 2012. № 6(164). С. 23–29.
2. **Глухов В.В., Коробко С.Б., Маринина Т.В.** Экономика знаний: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2003. 528 с.
3. **Дуделин Ю.А. Казакова Н.В.** Стратегии трансфера инноваций в инновационных системах // *Инновационный вестник регион*. 2010. № 4. С. 54–59.
4. Российский инновационный индекс / под ред. Л.М. Гохберга. М.: Высш. шк., 2011. 84 с.
5. **Прайс Д. де Солла.** Система научных публикаций // *Успехи физических наук*. 1966. Т. 90. Вып. 2. С. 349–360.
6. **Яблонский А.И.** Структура и динамика современной науки (некоторые методологические проблемы) // *Системные исследования: ежегодник 1976*. М.: Наука, 1977. С. 66–90.
7. **Ратнер С.В.** Сценарии стратификации научно-инновационной сети // *Управление большими системами. Спец. вып. 30.1 «Сетевые модели в управлении»*. С. 774–798.
8. **Баканова С.А.** Моделирование процессов распространения знаний в высокотехнологичных компаниях: дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2015. С. 37–50, 113–125.
9. **Макаров В.Л.** Обзор математических моде-
- лей экономики с инновациями // *Экономика и математические методы*. 2009. Т. 45. № 1. С. 3–14.
10. **Шафранов-Купев Г.Ф.** Профессиональное образование в условиях информационного взрыва // *Вестник Тюменского государственного университета*. 2009. № 9. С. 6–13.
11. **Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С.** Научные коммуникации и информатика. М.: Наука, 1976. 671 с.
12. **Пипия Л.К.** Измерение экономики знаний: теория и практика. М.: Ин-т проблем развития науки РАН, 2008. 191 с.
13. **Силкина Г.Ю., Шевченко С.Ю.** Инновационные процессы в экономике знаний. Анализ и моделирование. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 167 с.
14. **Баканова С.А.** Графоаналитическая модель распространения знаний в организациях // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2015. № 1(211). С. 189–196.
15. **Баканова С.А., Силкина Г.Ю.** Процессы распространения знаний в параметризованной сети информационных обменов // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2015. № 2(216). С. 133–146.

REFERENCES

1. **Gusakov M.A.** Institutsional'naiia sreda sozdaniia proryvnykh tekhnologii // *Innovatsii*. 2012. № 6(164). S. 23–29. (rus)
2. **Glukhov V.V., Korobko S.B., Marinina T.V.** *Ekonomika znani: ucheb. posobie*. SPb.: Piter, 2003. 528 s. (rus)
3. **Dudelin Iu.A. Kazakova N.V.** Strategii transfera innovatsii v innovatsionnykh sistemakh. *Innovatsionnyi vestnik region*. 2010. № 4. S. 54–59. (rus)
4. Rossiiskii innovatsionnyi indeks. Pod red. L.M. Gokhberga. M.: Vyssh. sh., 2011. 84 s. (rus)
5. **Prais D. de Solla.** *Sistema nauchnykh publikatsii. Uspexhi fizicheskikh nauk*. 1966. T. 90. Vyp. 2. S. 349–360. (rus)
6. **Iablonskii A.I.** *Struktura i dinamika sovremennoi nauki (nekotorye metodologicheskie problemy). Sistemnye issledovaniia: ezhegodnik 1976*. M.: Nauka, 1977. S. 66–90. (rus)
7. **Ratner S.V.** Stsenarii stratifikatsii nauchno-innovatsionnoi seti. *Upravlenie bol'shimi sistemami. Spets. vyp. 30.1 «Setevye modeli v upravlenii»*. S. 774–798. (rus)
8. **Bakanova S.A.** *Modelirovanie protsessov rasprostraneniia znani v vysokotekhnologichnykh kompaniiakh: dis. ... kand. ekon. nauk*. SPb., 2015. S. 37–50, 113–125. (rus)

9. **Makarov V.L.** Obzor matematicheskikh modelei ekonomiki s innovatsiyami. *Ekonomika i matematicheskie metody*. 2009. T. 45. № 1. S. 3–14. (rus)
10. **Shafranov-Kutsev G.F.** Professional'noe obrazovanie v usloviakh informatsionnogo vzryva. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009. № 9. S. 6–13. (rus)
11. **Mikhailov A.I., Chernyi A.I., Giliarevskii R.S.** Nauchnye kommunikatsii i informatika. M.: Nauka, 1976. 671 s. (rus)
12. **Pipiia L.K.** Izmerenie ekonomiki znanii: teoriia i praktika. M.: In-t problem razvitiia nauki RAN, 2008. 191 s. (rus)
13. **Silkina G.Iu., Shevchenko S.Iu.** Innovatsionnye protsessy v ekonomike znanii. Analiz i modelirovanie. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2014. 167 s. (rus)
14. **Bakanova S.A.** Graph#analytical model of knowledge spreadng in organizations. *St. Petersburg Polytechnic University Journal. Economics*, 2015, no. 1(211), pp. 189–196. (rus)
15. **Bakanova S.A., Silkina G.Iu.** Knowledge dissemination process in parametrized networks of enterprises. *St. Petersburg Polytechnic University Journal. Economics*, 2015, no. 2(216), pp. 133–146.

БАКАНОВА Светлана Александровна – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, кандидат экономических наук.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sveta.bakanova89@gmail.com

BAKANOVA Svetlana A. – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

195251. Politechnicheskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: sveta.bakanova89@gmail.com

СИЛКИНА Галина Юрьевна – профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, доктор экономических наук.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: galina.silkina@gmail.com

SILKINA Galina Iu. – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: galina.silkina@gmail.com
