

Орехов В.Д., к.т.н., Россия, Жуковский

Инновационный процесс и его роль в развитии человечества

Представлены оценки места инноваций и знания в системе развития человечества. Предложена формула для оценки объема знаний человечества до 1960 года $Z = 2 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,3}$ (в условных книгах). Показано, что технологические революции до 1960 г. происходили при увеличении накопленного объема знаний примерно в 2,5 раза. Показана опасность стагнации знания человечества в результате демографического перехода. Рассмотрены особенности международного инновационного процесса.

Here as we can see the role of innovations, skills and knowledge are demonstrated and reckoned up. The formula for estimating the capacity of the human knowledge till 1960 is $Z = 2 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,3}$ (presented in certain books). According to this information technological revolutions till 1960 happened in consequence of increasing the capacity of the human knowledge approximately by 2,5 times. Although the risk of stagnation of the human knowledge is clearly shown due to vital rates. The specific nature of international innovative process is also thoroughly learnt and presented.

Что такое инновационный процесс? Как правило, его определяют, как процесс последовательного превращения идеи в продукт, проходящий этапы фундаментальных и прикладных исследований, конструкторских разработок, маркетинга, производства, коммерциализации продукта и диффузии инновации.

С точки зрения системного подхода для того, чтобы понять сущность явления, необходимо рассмотреть, частью какой более широкой системы оно является и какие функции в ней выполняет. Согласно работе Нонака и Такеучи «Компания – создатель знания» [1] непрерывные инновации позволяют обеспечить превращение знаний в конкурентные преимущества. Таким образом, инновации являются важным элементом цикла создания знания и превращения его в материальные ценности, потребляемые обществом (рис. 1).

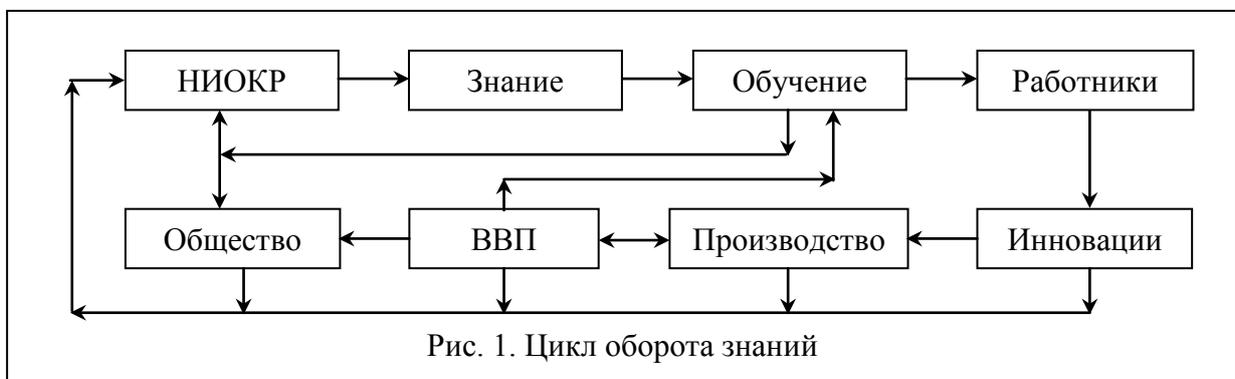


Рис. 1. Цикл оборота знаний

Для понимания того, как работает цикл, представленный на рис. 1, воспользуемся теорией, разработанной С.П. Капицей [2, 3]. Согласно ей численность населения земли - N является универсальным количественным критерием развития человечества. Со времени возникновения человечества $\sim 1,6$ млн. лет назад и до 1960 г. скорость роста человечества была пропорциональна квадрату его общей численности $dN/dT \sim N^2$.

При этом численность населения Земли изменялась по гиперболическому закону [4], который может быть выражен следующей формулой

$$N = C/(T_1 - T) \approx 200 / (2025 - T) \text{ млрд. чел.}$$

Таким образом, в указанный период рост человечества происходил с самоускорением и практически не зависел ни от каких внешних факторов. Как указывает С.П. Капица [2, 3], при этом человечество развивается существенно нелинейно, как *единая* синергетическая система, а не как сумма независимых народов. Он также указывает, что «...коллективное взаимодействие определяется механизмом распространения и размножения обобщенной информации».

При приближении к 2025 году численность человечества резко возрастает, имея в пределе бесконечно большое значение, чего в реальности быть не может, поэтому после 1960 г. происходит процесс «демографического перехода» (рис. 2) и численность населения земли начинает «выходить на полку» [2].

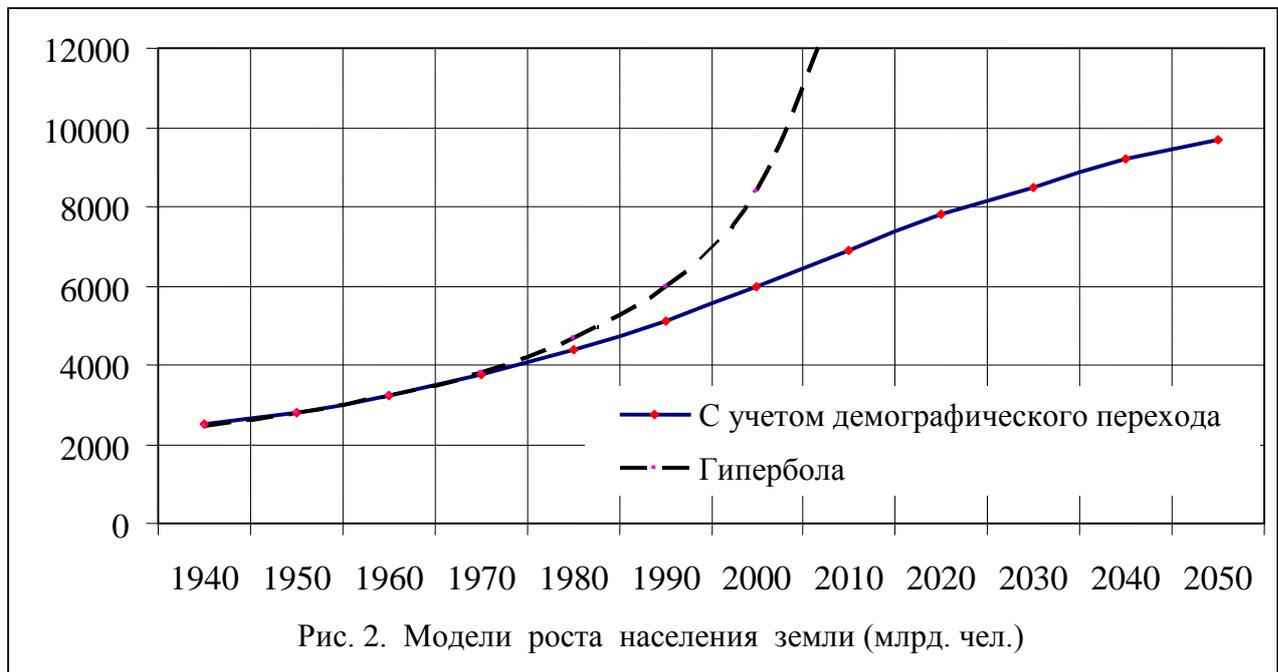


Рис. 2. Модели роста населения земли (млрд. чел.)

Таким образом, система, представленная на рис. 1 после 1960 года переходит в принципиально новое состояние и соответственно должны произойти изменения и в инновационном процессе. Для того чтобы понять сущность этих изменений, обратим внимание на вторую важную характеристику системы, представленной на рис. 1, а именно знание.

Рост знания человечества

Согласно работе [5] объем цифровой информации хранимой во всем мире в 2006 г. составил 161 млрд. Гбайт, а объем изданных книг – в 3 млн. раз меньше, или 52 000 Гбайт. Важно понять какая именно информация является существенной для развития человечества, как единой системы. Поскольку до демографического перехода большая часть кодифицированной информации хранилась на бумажных носителях, то и объем знаний в этот период связан с количеством изданных книг. Однако далеко не все книги несут в себе существенную для развития человечества информацию. Будем считать знанием только явную, информацию, способствующую развитию производства валового мирового продукта - ВМП.

В качестве первых двух опорных точек для оценки объема знания выберем объем хранения в Библиотеке Конгресса США, который в 1960 г. составил порядка 14,5 млн. книг и брошюр, а в 2000 г. – 30 млн. (18000 Гбайт) [6, 7]. В связи с разнообразием единиц хранения введем понятие «условная книга», которая равна по объему книге, которая при оцифровке будет иметь объем 1 Мбайт. Это примерно соответствует книге объемом 100 стр. с небольшим количеством иллюстраций. В этом приближении суммарный объем хранения в Библиотеке Конгресса составит в 2000 г. – 18 млн. усл. книг, а в 1960 г – в два раза меньше или 9 млн. усл. книг.

В качестве третьей 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 [8]. Если принять, что объем свитка равен примерно одной пятой условной книги, то объем знаний библиотеки составляет 80 тысяч усл. книг.

Наконец, в качестве четвертой опорной точки выберем время возникновения человечества, которое относится на период примерно 1,6 млн. лет назад, когда число людей составляло около 100 тыс. [2]. 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 у современного человек ~ 20 усл. книг [9]. Полученные оценки объема знаний и их связь с ростом численности человечества приведены в табл. 1.

Таблица 1. Объем знаний человечества

№	Источник	Год от начала н.э.	Насел. Земли, млн.	Объем знаний, тыс. усл. книг	Знаний усл. книг на тыс. чел.
1.	Библиотека конгресса	2000	6 000	18 000	3,0
2.	Библиотека конгресса	1960	3 077	9 000	2,9
3.	Александрийская библ-ка	-300	86	80	0,9
4.	Возникновение человека	-1 600 000	0,1	0,02	0,2

Нужно отметить, что результат этих оценок достаточно интересный. При возрастании численности человечества и соответственно объема знаний за 2300 лет на два порядка объем знаний на 1 человека изменился всего лишь в 3,3 раза, что близко к погрешности оценки в данном случае. Таким образом, основным параметром, влияющим на объем знания человечества - Z , является его численность $Z \sim N$ (на больших интервалах времени необходимо также учитывать изменение способностей человека).

Поскольку объем знаний на одного человека меняется медленно, то для аппроксимации объема знаний человечества (в условных книгах) до демографического перехода удобно использовать степенную зависимость

$$Z = 2 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,3}$$

Оценки прироста объема знания за счет научных публикаций и патентования [10, 11] показывает, что приведенные выше оценки объема знаний человечества достаточно корректны [12].

Возникает вопрос, почему объем знаний в расчете на одного человека остается столь консервативным? Одна из гипотез [9] предполагает, что количество профессий (специальностей) в мире пропорционально числу людей, деленному на $K=100\ 000$. Коэффициент K определяется, как численность начальной популяции Номо. С.П. Капица указывает также, что коэффициент K определяет масштаб самодостаточной группы людей [2]. Согласно этой гипотезе, число профессий составляет около 70 тысяч, что по порядку величины соответствует реальному состоянию с учетом того, что в существующих справочниках профессий [13] минимально отражены наиболее наукоемкие профессии в области ИТ и биотехнологий.

Отсюда следует, что объем знаний на одну профессию в 1960-2000 г. составил около 300 книг на профессию. Примерно такой объем знания может усвоить человек в период овладения своей профессией с учетом того, что он должен еще овладеть и такого же порядка объемом общеобразовательного знания. Следовательно, именно предел возможностей человека по усвоению и использованию знаний играет роль в ограничении объема знаний человечества на 1 человека.

Следует отметить, что в 20 веке значительно выросла сложность создания нового знания и соответственно число людей, занимающихся научными и конструкторскими разработками, резко выросло. В результате новые знания стали создаваться во все возрастающей мере командами обученных специалистов. Согласно данным Юнеско [14] число ученых в мире составило в 2007 году 7,1 млн. человек. Объем знаний человечества на эту дату составил около 20 млн. усл. книг. Таким образом, на каждого ученого приходится примерно 2,8 усл. книги знания. За время своей жизни средний ученый осваивает порядка 300 усл. книг знания, но значительную часть из изученного он забывает или эти знания становятся малоактуальными. Объем знания, которым он хорошо владеет и использует можно

оценить цифрой порядка 50 усл. книг. Таким образом, каждой книгой знания пользуется в среднем около 18 ученых. Но не все знание одинаково востребовано. Если примерно половину внимания среднего ученого занимает высоко популярное, универсальное знание, то на все остальное знание остается примерно 9 ученых на книгу. Учтем также, что все эти ученые говорят на разных языках, что является серьезным барьером для коммуникации. Для оценки этого фактора нужно ввести коэффициент языкового барьера, равный примерно 4. Таким образом, каждой единицей знания объемом в 1 усл. книгу владеет всего лишь порядка 2 ученых, не разделенных языковыми барьерами. Понятно, что это предельно мало.

Отсюда следует, что дальнейший рост объема знаний человечества возможен не быстрее, чем рост числа специалистов, занимающихся исследованиями и разработками. Если численность этих специалистов будет оставаться на современном уровне $\sim 0,1\%$ населения то, в условиях демографического перехода, это означает, что рост знания человечества вначале существенно снизится, а затем прекратится. *Человечеству угрожает возможность стагнации знания!*

Как было показано в работе [15], валовой мировой продукт ($ВМП=G$) на душу населения G/N пропорционален численности человечества ($G/N \sim N$). Учет связи между объемом знания и числом людей, позволяет получить более логичную зависимость $G/N \sim Z$. Это означает, что производительность труда среднего человека пропорциональна объему знаний человечества. *Соответственно стагнация знания может вызвать стагнацию экономическую.*

Однако знание не равномерно распределено в различных странах и те страны, которые лидируют в области науки и образования, обеспечивают и более высокую производительность труда и соответственно валовой национальный доход на душу населения.

Парадокс заключается в том, что страны, лидирующие в области создания знания, не могут далее обеспечивать рост производительности труда, поскольку не могут и дальше увеличивать число ученых и объем средств на финансирование науки. По сути, перед этими странами стоит угроза все возрастающего торможения роста уровня жизни населения.

С другой стороны, развивающиеся страны могут не только создавать знания сами, но и получать их в результате диффузии знаний и инноваций. Поэтому они показывают высокие темпы роста ВВП на душу населения. Как было показано выше, объем знаний, которым может владеть популяция, связан с ее численностью. Поэтому такие страны, как Китай и Индия выдвигаются вперед в сфере создания и использования знания.

Технологические революции

Для того чтобы понять структуру развития знания можно воспользоваться работой Кадзумо Татеиси [16], в которой он предлагает модель технологических сдвигов в развитии человеческого общества. Проведен-

ные оценки объема знаний человечества в даты этих технологических революций с помощью представленной выше формулы

$Z = 2 \cdot 10^9 / (2025 - T)^{1,3}$ показывают [12], что рост объема знаний между технологическими революциями относительно стабилен, за исключением первой промышленной революции и периода до нашей эры, и составляет порядка 2. Заметна и определенная закономерность в уменьшении времени между технологическими революциями.

Представляется полезным скорректировать датировку К. Татеиси с учетом данных других авторов [17-20]. Уточненные даты технологических революций приведены в таблице 2. При формулировке сути этих сдвигов уделялось внимание важности соответствующих изменений для роста количества знания и влияния этих знаний на выживание и рост численности человечества [21].

Таблица 2. Объем знаний человечества

Год	Технологическая революция	Насел., млн.	Знаний, усл. книг, тыс.	Рост объема знаний, раз	Число профессий	Сокращ. периода между революц.
-5440000	Антропогенез	0,04	0,004			
-2720000	Коллективные действия	0,07	0,009	2,46	1	2,0
-1360000	Простейшие орудия	0,15	0,021	2,46	2	2,0
-680000	Разделение труда	0,29	0,052	2,46	3	2,0
-340000	Хомо сапиенс, речь	0,58	0,13	2,45	6	2,0
-170000	Приручение тепла	1,2	0,31	2,44	12	2,0
-85 000	Социальная организация	2,3	0,76	2,43	23	2,0
-42 000	Развитые орудия охоты	4,5	1,8	2,43	45	2,0
-20 000	Разнообразн. орудия труда	9,1	4,5	2,46	91	2,0
-9100	Производящее хозяйство	18	11,0	2,43	180	2,0
-3550	Металлургия, письмен.	36	27	2,46	360	2,0
-760	Железный век	72	66	2,47	720	2,0
630	Контроль территорий	143	163	2,46	1 430	2,0
1325	Ремесленная	286	400	2,45	2 860	2,0
1674	1-я научно-промышленная	570	986	2,46	5 700	2,0
1848	2-я промышленная	1 130	2391	2,43	11 300	2,0
1935	НТР	2 222	5761	2,41	22 000	2,0
1978	Кибернетическая	4 400	13406	2,33	44 000	1,6
2005	Биотехнологическая	6 450	19500	1,45	64 500	

Из таблицы 2 видно, что каждая последующая революция наступала при увеличении объема знаний примерно в 2,5 раза, причем за вдвое меньший период времени.

Последняя технологическая революция произошла в период демографического перехода, поэтому закономерности, характерные для предыдущих периодов уже существенно нарушаются.

В дальнейшем торможение роста знания из-за демографического перехода ставит под сомнение перспективы следующих технологических революций. Судя по всему, следующей технологической революцией может быть революции «Знания». Важность революции Знания связана с тем, что она может дать человечеству новые пути роста объема знания, не связанные с ростом численности человечества, и соответственно, относительно быстрое достижение следующих технологических эпох.

Для более детальной характеристики революции Знания, сформулируем, какого уровня изменения должны произойти, чтобы можно было утверждать о наступлении технологической эпохи Знания.

1. Многократное повышение доли специалистов в сфере НИОКР в мире по сравнению с современным уровнем (от 0,1% до ~ 1%).
2. Разработка полноценного кибернетического интеллекта.
3. Создание искусственного биологического существа близкого к человеку по интеллекту.
4. Резкое повышение эффективности системы генерации знания путем специальной организации крупных сообществ людей.
5. Возникновение сетевой высоко-интеллектуальной структуры, соединяющей возможности людей и информационных технологий.
6. Резкое повышение эффективности мировой системы создания и реализации знания.

По-видимому, возможны и другие признаки наступления эпохи Знания, но сейчас сложно утверждать, какие из них реализуются первыми.

Международный инновационный процесс

Проведенный выше анализ оперировал с понятием «знание», однако ясно, что само по себе знание не приводит к повышению производительности труда и росту ВВП. Основным «приводным ремнем» в процессе превращения знаний в реальные материальные блага, как показано на рис. 1, является инновационный процесс. Но знание является общечеловеческим продуктом. Соответственно, и инновационный процесс в современную эпоху становится международным. Попытки реализовать инновации в пределах одной страны наталкиваются на массу проблем, среди которых применительно к России можно отметить следующие:

- Ограниченность знаниевого потенциала одной страны.
- Глобальная среда потребления.
- Нехватка инвестиций.
- Малый эффект масштаба.
- Неразвитая инновационная инфраструктура.

- Утечка специалистов и ноу-хау.
- Проблемы требований ВТО.

Следует отметить, что международный инновационный процесс [21] (см. рис. 3) радикально отличается от мононационального, который обычно рассматривается в инновационном менеджменте.

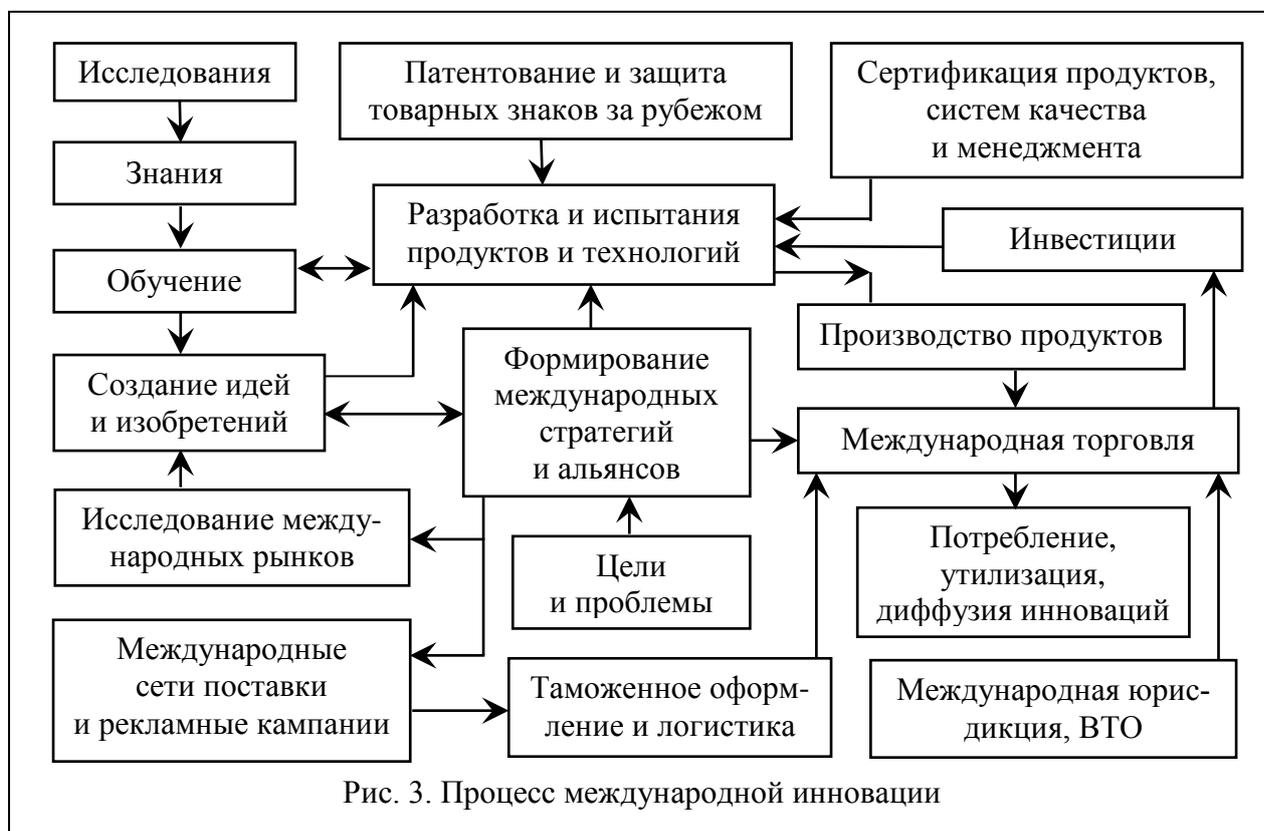


Рис. 3. Процесс международной инновации

В международном инновационном процессе возникает много новых функций, которые требуют координации действий в размерах, превышающих крупное предприятие или страну. Ключевая роль переходит от изобретения и разработки продукта к формированию международных стратегий и альянсов. Важными признаками глобализации инноваций являются [22]:

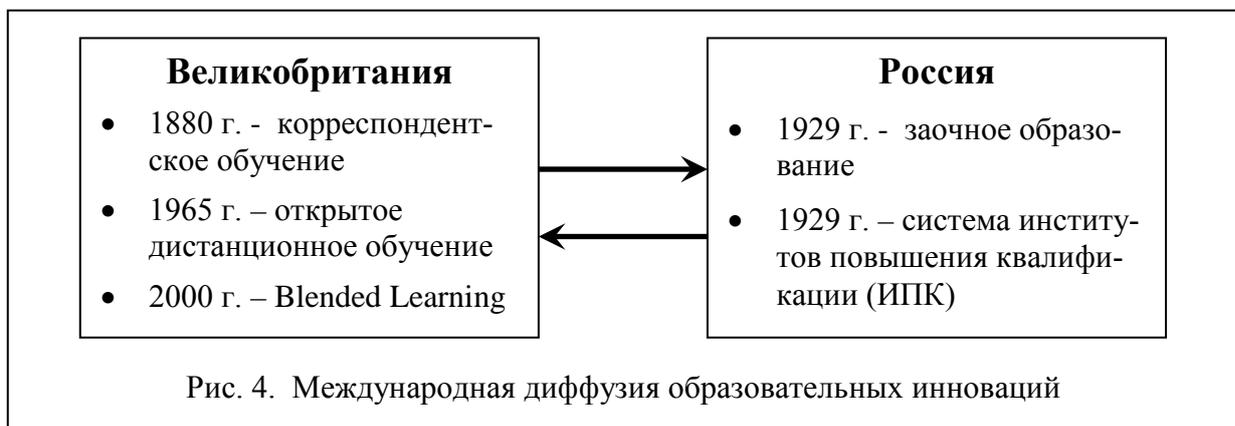
- рост значимости заграничного патентования;
- рост прямых иностранных инвестиций связанных с исследованиями;
- взрывообразный рост числа международных стратегических альянсов в области науки и технологий;
- рост технологического обмена;
- приобретение глобального характера исследованиями и разработками;
- развитие систем коммуникаций в области науки и технологий.

Интересным примером [12] развития образовательных инноваций является диффузии идей между двумя странами: Россией и Великобританией (рис. 4). В конце 18 века с появлением регулярной почтовой связи в Вели-

Великобритании возникла идея корреспондентского обучения. Потребности НТР в России в начале 20 века потребовали повышения качества дистанционного образования за счет очной компоненты. В то же время была создана сеть Институтов переподготовки кадров (ИПК).

Премьер министр Великобритании Гарольд Вильсон после посещения России, где он уделил большое внимание опыту заочного образования и работы ИПК, поручил министру культуры взять проект по обучению взрослых людей под свою ответственность. В результате эти идеи трансформировались в проект самостоятельного Открытого университета, в стенах которого и была разработана технология Открытого образования.

Следующий этап диффузии инновации произошел в 1991 году, когда Великобритания решила сделать эту технологию доступной всему миру. В распространении этой технологии в России важную роль сыграл международный стратегический альянс между Открытым университетом Великобритании и Международным институтом менеджмента ЛИНК.



До сих пор в Великобритании считают, что самое большое изобретение, которое дало Объединенное королевство миру в XX столетии, – это Открытое дистанционное образование.

Нужно отметить, что обучение также занимает очень важное место в цикле оборота знаний (рис. 1). При этом обучение для инноваций – это совершенно другой тип обучения, который характеризуется огромным объемом знаний, которые должны стать достоянием научных работников и разработчиков новой продукции. Именно дистанционное обучение обладает уникальными характеристиками с точки зрения доступности и возможности передачи больших объемов информации, которые делают его наиболее подходящим для обеспечения эффективного инновационного процесса.

Литература

1. Nonaka I., Takeuchi H., The Knowledge-Creating Companies: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovations, Oxford, Oxford University Press, 1995.

2. Капица С. П., Гиперболический путь человечества. М., "Тончу", 2009.
3. Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. М.: Наука. 1999.
4. Закон гиперболического роста численности населения Земли Foerster, H. von, P. Mora, and L. Amiot Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. At this date human population will approach infinity if it grows as it has grown in the last two millennia // Science. - 1960. - № 132. - С. 1291-1295.
5. Объем цифровой информации в 3 млн. раз превышает объем книжной. М., Российский комитет программы ЮНЕСКО, 2007-14-03
6. Ушаков К. Хранилище вечности. Журнал "СЮ" №7, 2007 год.
7. Википедия. Библиотека Конгресса. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
8. Советский энциклопедический словарь, 1987.
9. Анисимов В. О законе возрастания сложности эволюционирующих систем, или что день грядущий нам готовит. www.yugzone.ru/articles/438, 2006.
10. Патентный отчет. Всемирная организация интеллектуальной собственности, Женева, PR/2008/562, 31-07-2008.
11. Научный вес. Международный рейтинг. Thomson Scientific, 2005 (<http://www.washprofile.org/ru/node/4452>).
12. Орехов В.Д. Знания в системе развития общества. М., Бизнес-образование, РАБО, №28, 2010.
13. Общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов. Госстандарт России №367, 1994.
14. Пресс-коммюнике ЮНЕСКО №2009-139. Статистический институт ЮНЕСКО (ISU), 2009.
15. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, Москва, 2005.
16. Кадзума Татеиси «Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена». М., Московский бизнес, 1990.
17. Facchini F. Le origini l'uomo. Introduzione alla paleoantropologia/ Pref. di Y. Coppens. Milano: JACA Book, 1993.
18. Яковец Ю.В. История цивилизаций. М., 1997.
19. Панов А. Д. Сингулярность Дьяконова. Проблемы периодизации исторических макропроцессов. М.: КомКнига, 2006.
20. Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. Москва, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, 2000.
21. Орехов В.Д. Место знания в системе развития человечества. Межвузовский сборник научных трудов конференции «Качество дистанционного образования». М., МГИУ, 2010.
22. Голубкин В.Н., Жаворонкова Н.М. Стратегии маркетинга в сложном окружении, кн. 4. М., МИМ ЛИНК, 2006.