

Рост знания человечества и длинные волны

В.Д. Орехов, МИМ ЛИНК, г. Жуковский

Как показано автором в работе [1], накопление знаний в мире существенно влияет на динамику технологических сдвигов человечества. В связи с этим интересно рассмотреть связь этих сдвигов с таким важным, с точки зрения развития экономики, явлением, как длинные волны Кондратьева.

В работах С.П. Капицы [2] показано, что основным фактором, характеризующим человечество, как систему, является его численность. В течение 1,6 млн. лет численность человечества (N) изменялась согласно гиперболической зависимости от времени (T): $N \approx C/(T_1 - T) \approx 200 / (2025 - T)$ млрд. чел.

Данное выражение означает, что скорость роста человечества в этот период прямо пропорциональна квадрату его численности $dN/dT \sim N^2$. Таким образом, рост человечества происходил с самоускорением и слабо зависел от внешних факторов. С.П. Капица обратил внимание на то, что при этом человечество развивалось, как *единая* синергетическая система. Он также указал, что «...коллективное взаимодействие определяется механизмом распространения и размножения обобщенной информации».

Такая закономерность имела место примерно до 1960 года, после которого наступила фаза «демографического перехода» (см. рис. 1), которая продлится примерно до 2100 года, после чего численность человечества стабилизируется на постоянном уровне порядка 11 млрд. человек [2].

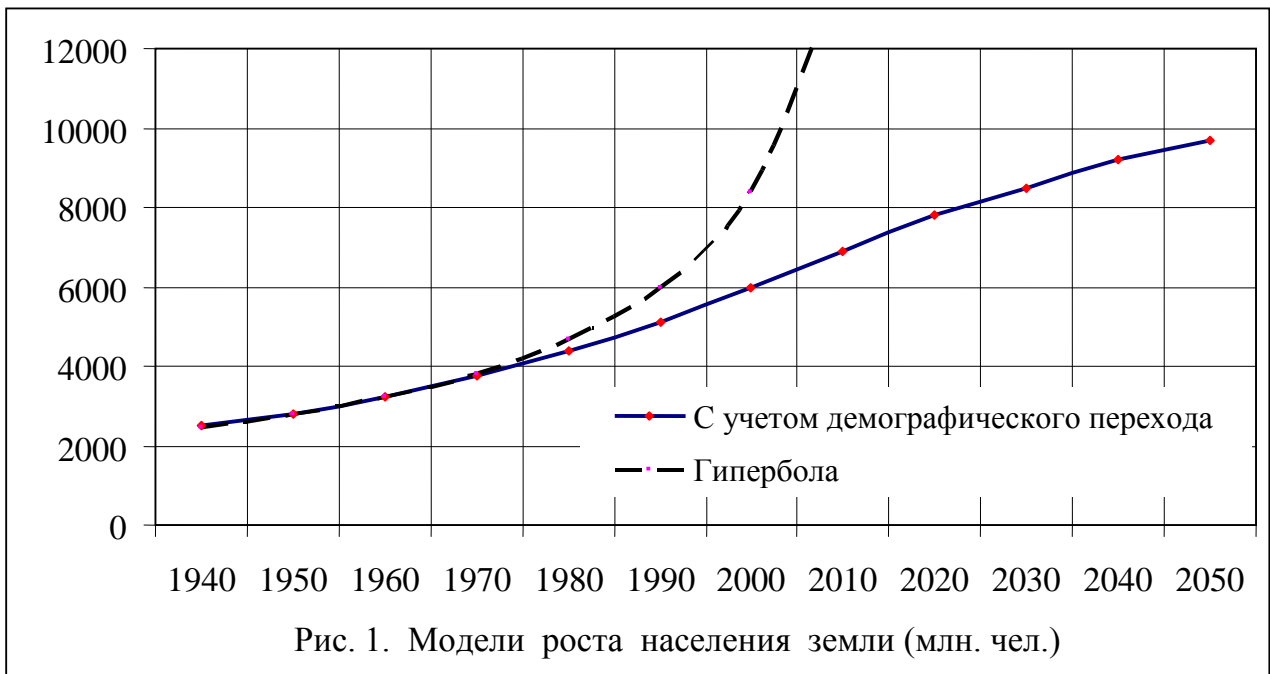


Рис. 1. Модели роста населения земли (млн. чел.)

Для оценки параметров механизма, обеспечивающего целостное развитие человечества, которое отмечает С.П. Капица, были сделаны оценки объема знаний [1], которым владеет человечество (см. таблицу 1). В связи с разнообразием видов информации здесь введена единица знания – «условная книга» равная по объему книге, которая при оцифровании будет иметь объем 1 Мбайт.

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 библиотека	-300	86	80	0,9
4.	Возникновение человека	-1 600 000	0,1	0,02	0,2

Видно, что 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 оказывает также влияние изменение способностей человека). Поскольку объем знаний на одного человека меняется медленно, то для его аппроксимации (в условных книгах) до демографического перехода удобно использовать степенную зависимость. Соответствующее выражение имеет вид

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

Можно также получить выражение для объема знаний в зависимости от численности человечества

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

Здесь $N_0 = 100\,000$ – начальная численность человечества. Второе выражение является относительно точным и на стадии демографического перехода. Так, в 2000 г. оно дает величину объема знаний с погрешностью в 4%.

Как показано в работе [3], валовой мировой продукт ($ВМП=G$) на душу населения G/N примерно прямо пропорционален численности человечества ($G/N \sim N$). Смысл этой зависимости становится понятен с учетом, приведенной выше, связи между объемом знания и числом людей, что позволяет получить более логичную зависимость $G/N \sim Z$. Это означает, что средняя производительность труда отдельного человека пропорциональна объему знаний всего человечества (в степени, близкой к единице).

Приведенные выше выражения для объема знаний человечества позволяют сделать оценки объема знаний в различные технологические эпохи, которые приведены в таблице 2. При этом за исходные были взяты идеи о экспоненциальной смене научных и технологических циклов Кадзумо Татеиси [4], а также хронология А.Д. Панова [5]. Из табл. 2 видно, что между технологическими революциями численность человечества увеличивался в 2 раза, а объем его знаний примерно в 2,36 раза.

Сопоставим даты технологических революций (табл. 2), которые будем называть «гиперболическими волнами» и обозначать буквой - N с периодикой «длинных волн Кондратьева». Соответствующие результаты даны в табл. 3.

Таблица 2. Объем знаний в различные технологические эпохи

Год революции	Технологическая революция (эпоха)	Насел., млн.	Знаний, усл. книг, тыс.	Рост объема знаний, раз	Отношение периодов между революциями
-760	Железная эпоха	72	75	2,38	2,0
630	Контроль территорий	143	176	2,36	2,0
1325	Ремесленная	286	418	2,38	2,0
1674	Современная наука	570	991	2,37	2,0
1848	Автоматизации	1 130	2 330	2,35	2,0
1935	Научно-техническая	2 222	5 426	2,33	2,0
1978	Кибернетическая	4 400	12 745	2,35	2,0
2022	Био-технологическая	7 750	25 862	2,03	1,0

Таблица 3. Сопоставление дат технологических эпох и волн Кондратьева

Год революции	Технологическая революция (эпоха)	Год начала волны	Волна Кондратьева
1674	Н2. Современная наука		
		1790	1К волна (1-я промышленная рев.)
1848	Н3. Автоматизации	1840	2К волна (2-я промышленная рев.)
		1890	3К волна
1935	Н4. Научно-техническая	1940	4К волна (НТР)
1978	Н5. Кибернетическая	1980	5К волна
2022	Н6. Био-технологическая	2020	6К волна

Видно, что волны 2К и 4К-6К достаточно хорошо совпадают с датами гиперболических волн, представленных в табл. 2. Волны 1К и 3К попадают в середину диапазона между гиперболическими волнами. Видимо существует несколько механизмов, ответственных за возникновение крупных экономических потрясений. С одной стороны, это рост объема знаний, приводящий к смене технологических эпох (гиперболические волны), а с другой стороны широко известный механизм возникновения волн Кондратьева. До 1674 года темп роста знаний, числа людей и мирового валового продукта (ZNG) на протяжении одного поколения был относительно небольшим и крупных кризисов не наблюдалось. Доминирующий механизм, вызывающий изменения, был связан с ростом знания.

В период после 1935 года темп чередования технологических революций стал столь высоким, что дальнейшее его ускорение стало фактически невозможным, к тому же произошел демографический переход. В этот период фазы гиперболических волн и волн Кондратьева примерно совпадают. А в промежуточный период между «Знаниевыми» технологическими сдвигами еще происходили и промежуточные - «Кондратьева».

Для определения связи между объемом знания и валовым мировым продуктом воспользуемся статистическими данными, приведенными в работе [3]. Апрокс-

Симация этих данных показывает, что ВМП на 1 человека связан с объемом знания человечества (табл. 2) следующей зависимостью $G/N = 221,2 + 1,04 \cdot 10^{-6} \cdot N$ (здесь G дано в международных долларах 1995 г.). Следует отметить, что данная формула (Ф1) несколько неточно аппроксимирует статистические данные [3]. Представляется, что более точным является формула Ф2: $G/N = 350 + 0,007 \cdot (N/N_0)^{1,25}$ (используя формулу $Z \approx 20 \cdot (N/N_0)^{1,25}$ получим, что $G/N = 350 \cdot (1 + 10^{-6} Z)$). Оба эти выражения для ВМП на душу населения (G/N) представлены на рис. 2.

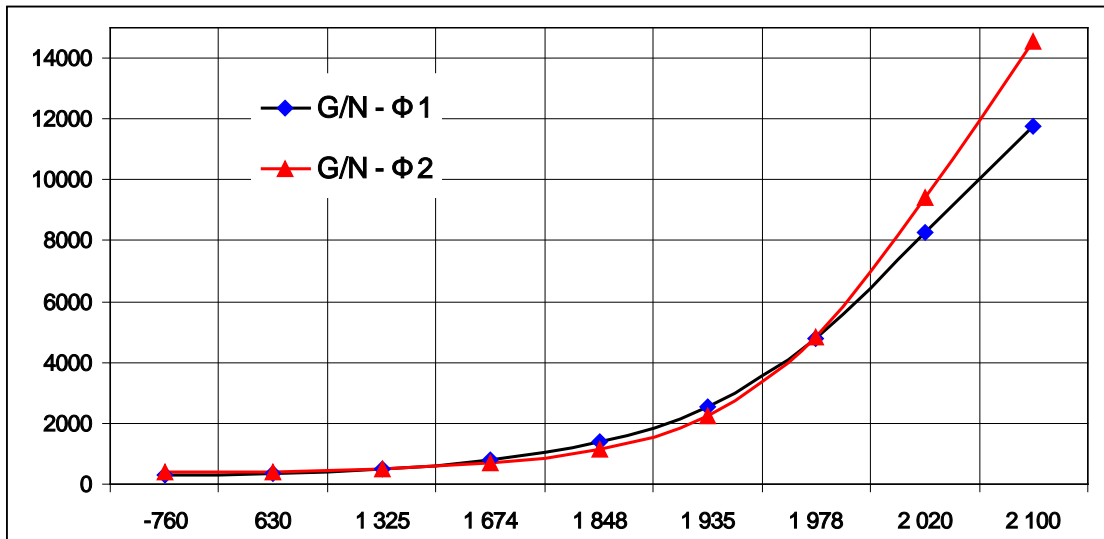


Рис. 2. Валовой мировой продукт на 1 человека

Величина ВМП между технологическими революциями увеличивается как пропорционально росту населения, так и в зависимости от роста знания человечества. Кривая изменения ВМП по сравнению с предыдущей технологической эпохой представлена на рис. 3. Поскольку с 1960 г. начинается демографический переход, то темпы роста ВМП после Н5 начинают быстро снижаться. Соответственно уменьшаются и среднегодовые темпы роста ВМП, как показано на рис. 4.

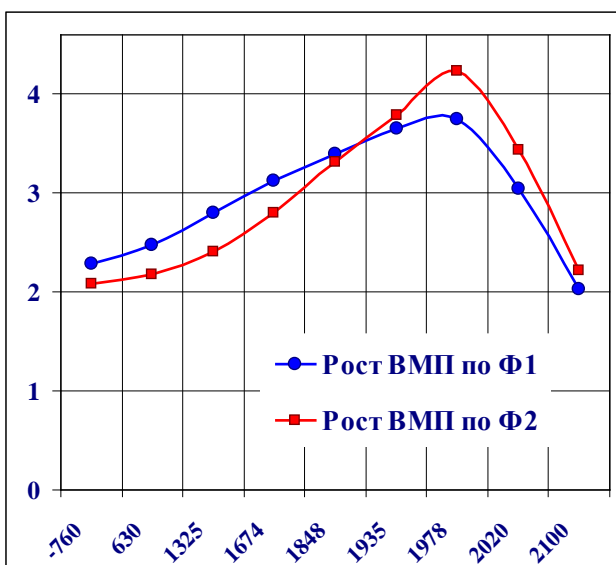


Рис. 3. Рост ВМП по сравнению с предыдущей технологической эпохой

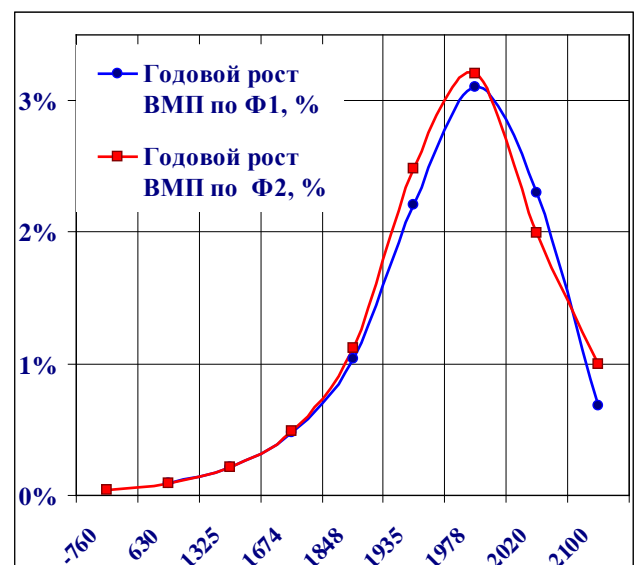


Рис. 4. Годовые темпы роста ВМП

Полученные зависимости достаточно хорошо согласуются со статистическими данными по годовым темпам роста валового мирового продукта [6] с поправкой на низкие темпы роста в периоды экономических спадов.

Выводы

1. Предложена формула для оценки объема знаний человечества (в усл. книгах) в зависимости от роста населения мира $Z \approx 20 \cdot (N/N_0)^{1,25}$ ($N_0=100\ 000$).
2. Показано, что рост знания человечества сопровождается технологическими революциями, происходящими при росте знания примерно в 2,34 раза.
3. Длинные волны Кондратьева (кроме 1К и 3К) близки по датам к знамиевым технологическим революциям.
4. Валовой мировой продукт (ВМП=G) на душу населения связан с объемом знания человечества зависимостью $G/N = 350 \cdot (1 + 10^{-6} Z)$.
5. Предложена модель для расчета роста темпов роста ВМП. Показано, что после кибернетической революции рост ВМП начинает падать.

Литература

1. Орехов В.Д. Знания в системе развития общества. М., Бизнес-образование, РАБО, №28, 2010.
2. Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. М.: Наука. 1999.
3. 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.
4. Кадзума Татеиси «Вечный дух предпринимательства. Практическая философия бизнесмена». М., Московский бизнес, 1990.
5. Панов А. Д. Сингулярность Дьяконова. Проблемы периодизации исторических макропроцессов. М.: КомКнига, 2006.
6. Коротаев А. В., Халтурина Д. А. Системный мониторинг глобального и регионального развития. М.: Либроком/URSS, 2010.