

---

---

Л. Е. ГРИНИН, А. Л. ГРИНИН

## КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД\*

*В настоящей статье на базе теории принципов производства и производственных революций мы показываем взаимосвязь между К-волнами и крупнейшими технологическими переворотами в истории, а также делаем прогнозы об особенностях шестой К-волны в свете идущей с 1950-х годов кибернетической революции. Мы предполагаем, что шестая кондратьевская волна в 2030–2040-х годах сольется с завершающей фазой кибернетической революции (которую мы назвали фазой самоуправляемых систем). Этот период будет характеризоваться прорывом в медицинских технологиях, которые смогут объединить вокруг себя много других технологий и в целом составят комплекс МБНРИК-технологий (медико-бионано-робото-инфо-когнитивных технологий). В статье даются некоторые прогнозы о развитии данных технологий.*

**Ключевые слова:** производственные революции, принцип производства, промышленная революция, кибернетическая революция, самоуправляемые системы, кондратьевские волны, четвертая К-волна, пятая К-волна, шестая К-волна, Мир-Система, центр, периферия, медицина, биотехнологии, нанотехнологии, робототехника, когнитивные технологии.

### О методологии исследования

Одна из целей настоящей статьи – представить технологические прогнозы на ближайшие полвека или даже более, при этом обосновать научную и методологическую базу этих прогнозов. Для этого мы опираемся на две крупные теории, показывая одновременно важные точки их пересечения и взаимной верификации. Первая теория – теория длинных циклов (или волн), основоположником которой является выдающийся российский социолог и экономист Н. Д. Кондратьев. Соответственно эти волны были названы «кондратьевскими». Ученый в 1920-е годы обратил внимание на то, что в долгосрочной динамике некоторых экономических индикаторов (начиная по крайней мере с конца XVIII в.) наблюдается определенная циклическая регулярность. Она заключалась в том, что на смену фазам ускоренного роста соответствующих показателей приходят фазы их относи-

---

\* Исследование выполнено при поддержке РГНФ (проект № 14-02-00330).

тельного спада или более медленного роста. Длительность одной волны составляет в среднем от 40 до 60 лет. Таким образом, циклы (волны) Кондратьева имеют достаточно строгую периодичность в течение как минимум двух веков подряд. Далее мы обозначаем их как К-волны. Каждая К-волна состоит из двух фаз примерно одинаковой длительности, т. е. каждая фаза длится 20–30 лет. Одна из фаз – повышательная, или восходящая («А-фаза»), характерна тем, что всему ее периоду в целом (но с флуктуациями) свойственен ускоренный рост определенных важных показателей, например цен, ВВП и т. п. Другая фаза – понижательная, или нисходящая (в дальнейшем часто В-фаза), – характерна противоположной тенденцией. Всему ее периоду в целом (но с флуктуациями) свойственно падение (замедление) соответствующих показателей, например происходит снижение цен, падение темпов роста ВВП и т. п.

В настоящей статье нет возможности подробно останавливаться на этой теории, различных взглядах и подходах, ее возможностях (подробнее об этом см.: Гринин, Коротаев, Цирель 2011; Гринин, Коротаев 2012). Но крайне важно, что регулярная смена более активной экономически фазы менее активной и кризисно-депрессивной позволяет делать достаточно обоснованные прогнозы. А распространенная среди экономистов идея, что такое чередование связано с технологическими инновациями, идущая еще от Й. Шумпетера (Shumpeter 1939) и собственно самого Кондратьева (2002), дает инструмент прогнозирования. Идея заключается в том, что во время кризисно-депрессивных фаз усиливается активность изобретателей и бизнесменов, которые пытаются вырваться из кризиса за счет перехода к инновационным технологиям. Но реально широко внедряются эти технологии уже на новой фазе длинной волны, что и дает силу для экономического разгона (см. подробнее: Перес 2011; Гринин 2012). Теория длинных волн выбрана нами еще и потому, что в настоящее время, пожалуй, только представители этого направления основываются на методике серьезной теории для своих технологических прогнозов, исходя из того, что каждой новой длинной кондратьевской волне (50–60 лет) соответствует новый технологический уклад (см., например: Акаев 2012; Глазьев 2009; Lynch 2004; Dator 2006; Hirooka 2006; Nefiodow L., Nefiodow S. 2014a; 2014b; см. также: Перес 2011).

Другая теория, на которую мы опираемся, – это теория производственных революций и принципов производства, в основе которой лежит учет крупнейших технологических переворотов в мировом историческом процессе. Она весьма продуктивно позволяет

делать определенные прогнозы. Эта теория разработана нами (см., например: Гринин 2006; 2009; Grinin 2007; Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015; Grinin L. E., Grinin A. L. 2013; 2015; Grinin A. L., Grinin L. E. 2015; о тесной связи теории длинных волн и длинных циклов см. подробнее: Гринин 2012; 2013).

### **I. Принципы производства, производственные революции и К-волны**

Согласно нашей концепции (Гринин 2006; 2007; 2009; 2012; 2013; Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015; Grinin L. E., Grinin A. L. 2013), весь исторический процесс наиболее продуктивно можно разделить на четыре крупных периода на основе смены крупнейших этапов развития мировых производительных сил, названных нами *принципами производства*. Принцип производства – это понятие, которое обозначает очень крупные качественные ступени развития мировых производительных сил в историческом процессе. Это система неизвестных ранее форм производства и технологий, превосходящих старые принципиально (по возможностям, масштабам, производительности, продуктивности, а во многом и по номенклатуре продукции и т. п.).

Мы выделяем четыре принципа производства:

- 1) **охотничье-собирательский;**
- 2) **аграрно-ремесленный;**
- 3) **промышленно-торговый<sup>1</sup>;**
- 4) **научно-кибернетический** (он находится еще в начале развития)<sup>2</sup>.

*Развитие принципа производства – это период зарождения, развития и трансформации новых форм, систем и парадигм организации хозяйствования, во много раз превосходящих по важнейшим параметрам прежние.*

Из всех многообразных технологических и производственных изменений, имевших место в истории, наиболее глубокие и всеобъемлющие последствия для общества имели три революции:

<sup>1</sup> Для краткости часто обозначаемый как промышленный.

<sup>2</sup> Пока закончился только первый этап научно-кибернетического принципа производства, и с середины 90-х годов XX века начался второй, который продолжается в настоящее время. Третий этап может начаться примерно в 2030–2040-х годах. Именно в это время и должна стартовать завершающая фаза кибернетической революции. Завершится научно-кибернетический принцип производства в начале XXII столетия (см. подробнее: Гринин 2009).

1. **Аграрная**, или сельскохозяйственная, революция. Ее результат – переход к систематическому производству пищи и на этой базе – к сложному общественному разделению труда. Эта революция связана также с использованием новых источников энергии (силы животных) и материалов.

2. **Промышленная**, или индустриальная, в результате которой основное производство сосредоточилось в промышленности и стало осуществляться при помощи машин и механизмов. Значение этой революции не только в замене ручного труда машинным, а биологической энергии – водной и паровой, но и в том, что она открывает в широком смысле процесс трудосбережения (причем не только в сфере физического труда, но и в учете, контроле, управлении, обмене, кредите, передаче информации).

3. **Кибернетическая**, на начальной фазе которой появились мощные информационные технологии, стали использоваться новые материалы и виды энергии, распространилась автоматизация, а на завершающей – произойдет переход к широкому использованию самоуправляемых систем (см. ниже).



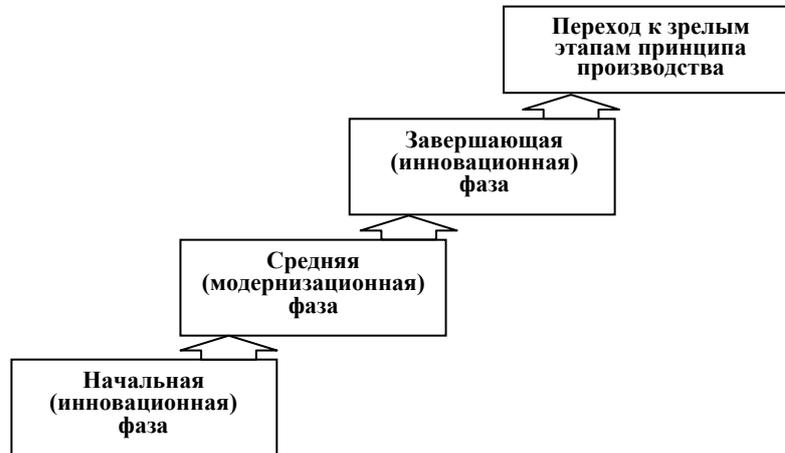
Рис. 1. Производственные революции в истории

**Структурная модель производственных революций.** Принципиально важно, что каждая производственная революция имеет однотипный внутренний цикл и включает в себя три фазы: две *инновационные* (начальную и завершающую) и одну *модернизационную*. На начальной *инновационной* фазе формируются авангардные технологии, распространяющиеся затем на другие общества и территории. В результате завершающей *инновационной* фазы производственной революции новый принцип производства достигает расцвета.

Между этими фазами располагается фаза *модернизации*, длительный и очень важный период распространения, обогащения,

диверсификации технологий нового принципа производства (появившихся на начальной инновационной фазе), в результате чего и создаются условия для финального инновационного рывка<sup>3</sup>.

Таким образом, цикл каждой производственной революции выглядит следующим образом: *начальная инновационная фаза* (появление нового революционизирующего производства сектора) – *модернизационная фаза* (распространение, синтез и улучшение новых технологий) – *завершающая инновационная фаза* (доведение возможностей новых технологий до развитых характеристик).



**Рис. 2.** Структура производственных революций (фазы и их типы)

Схема *инновационных* фаз производственных революций в нашей концепции выглядит следующим образом (модернизационные фазы опущены).

**Аграрная революция:** *начальная фаза* – переход к примитивному ручному (мотыжному) земледелию и скотоводству начиная примерно с периода 12–9 тыс. лет назад; *завершающая* – переход к ирригационному или плужному неполивному земледелию начиная примерно с периода 5,5 тыс. лет назад.

**Промышленная революция:** *начальная фаза* открывается в XV–XVI веках развитием мореплавания, техники и механизации на основе водяного двигателя, качественным усложнением разделения

<sup>3</sup> Например, в модернизационной фазе аграрной революции шел процесс создания местных сортов растений и выведения пород животных на базе заимствованных из других мест.

труда в мануфактуре, а также другими процессами; **завершающая** фаза – промышленный переворот XVIII – первой трети XIX века, связанный с внедрением различных машин и паровой энергии.

**Кибернетическая революция: начальная (научно-информационная)** фаза датируется 1950–1990-ми годами. Происходит прорыв в автоматизации, энергетике, в области синтетических материалов, космических технологий, в освоении космоса и морской акватории, сельском хозяйстве, но особенно – в создании электронных средств управления, связи и информации. **Завершающая (управляемых систем)** инновационная фаза начнется в 2030–2040-х годах и продлится до 2060–2070-х годов. Подробнее о ней будет сказано ниже.



Рис. 3. Фазы кибернетической революции

Каждая из производственных революций означает переход к принципиально новой системе производства, начало каждой из них маркирует границы между соответствующими принципами производства.

### Структура принципа производства

Принцип производства представляет собой шестифазовый цикл. Первые три его этапа соответствуют трем фазам производственной революции. Последующие три (послереволюционных) этапа – это период доведения заложенных в нем возможностей до максималь-

ной степени развития как в структурном и системном, так и в пространственном смысле:

1. *Этап начала производственной революции.* Формируется новый, еще неразвитый и неполный принцип производства.

2. *Этап первичной модернизации* распространения и укрепления принципа производства.

3. *Этап завершения производственной революции.* Приобретение принципом производства развитых характеристик.

Первые три этапа принципа производства (из шести) соответствуют трем фазам производственной революции. Это еще не полностью развившийся принцип производства.

4. *Этап зрелости и экспансии принципа производства.* Широкое географическое и отраслевое распространение новых технологий, доведение принципа производства до зрелых форм, виток трансформаций в социально-экономической сфере.

5. *Этап абсолютного доминирования принципа производства.* Окончательная победа принципа производства в мире, интенсификация технологий, доведение возможностей до предела, за которым возникают кризисные явления.

6. *Этап несистемных явлений, или подготовительный* (к переходу к новому принципу производства). Интенсификация ведет к появлению несистемных элементов, которые готовят рождение нового принципа производства. (Когда при благоприятных обстоятельствах эти элементы смогут сложиться в систему, в некоторых обществах начнется переход к новому принципу производства, и цикл повторится.)

Последние три этапа принципа производства характеризуют уже его зрелые черты.

*Развитие принципа производства – это период зарождения, развития и трансформации новых форм, систем и парадигм организации хозяйствования, во много раз превосходящих по важнейшим параметрам прежние.*

## Хронология этапов принципа производства

| № п/п | Принцип производства     | 1 этап                                    | 2 этап                                    | 3 этап                                    | 4 этап                                    | 5 этап                                    | 6 этап                                  | Итого весь принцип производства              |
|-------|--------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1.    | Охотничье-собирательский | 40 000–30 000<br>(38 000–28 000 до н. э.) | 30 000–22 000<br>(28 000–20 000 до н. э.) | 22 000–17 000<br>(20 000–15 000 до н. э.) | 17 000–14 000<br>(15 000–12 000 до н. э.) | 14 000–11 500<br>(12 000–9 500 до н. э.)  | 11 500–10 000<br>(9 500–8 000 до н. э.) | 40 000–10 000<br>(38 000–8 000 до н. э.)     |
|       |                          | <b>10</b>                                 | <b>8</b>                                  | <b>5</b>                                  | <b>3</b>                                  | <b>2,5</b>                                | <b>1,5</b>                              | <b>30</b>                                    |
| 2.    | Аграрно-ремесленный      | 10 000–7 300<br>(8 000–5 300 до н. э.)    | 7 300–5 000<br>(5 300–3 000 до н. э.)     | 5 000–3 500<br>(3 000–1 500 до н. э.)     | 3 500–2 200<br>(1 500–200 до н. э.)       | 2 200–1 200<br>(200 до н. э. – 800 н. э.) | 800–1 430 н. э.                         | 10 000–570<br>(8 000 до н. э. – 1 430 н. э.) |
|       |                          | <b>2,7</b>                                | <b>2,3</b>                                | <b>1,5</b>                                | <b>1,3</b>                                | <b>1,0</b>                                | <b>0,6</b>                              | <b>9,4</b>                                   |
| 3.    | Промышленный             | 1 430–1 600                               | 1 600–1 730                               | 1 730–1 830                               | 1 830–1 890                               | 1 890–1 929                               | 1 929–1 955                             | 1 430–1 955                                  |
|       |                          | <b>0,17</b>                               | <b>0,13</b>                               | <b>0,1</b>                                | <b>0,06</b>                               | <b>0,04</b>                               | <b>0,025</b>                            | <b>0,525</b>                                 |
| 4.    | Научно-кибернетический   | 1 955–1 995/2000                          | 1 995–2 030/40                            | 2 030/40–<br>–<br>2 055/70                | 2 055/70–<br>–<br>2 070/90                | 2 070/90–<br>2 080/105                    | 2 080/2 105–<br>–<br>2 090/2 115        | 1 955–2 090/<br>2 115                        |
|       |                          | <b>0,04–<br/>0,045</b>                    | <b>0,035–<br/>0,04</b>                    | <b>0,025–<br/>0,03</b>                    | <b>0,015–<br/>0,02</b>                    | <b>0,01–<br/>0,015</b>                    | <b>0,01</b>                             | <b>0,135–<br/>0,160</b>                      |

*Примечание:* цифра перед скобкой – абсолютная шкала (лет назад от современности), цифра в скобках – до н. э. В таблице хронология упрощена (более подробную хронологию см.: Grinin 2006; Grinin 2009; Grinin, Korotaev 2009). Полу жирным шрифтом обозначена длительность этапов (в тыс. лет). Длительность этапов научно-кибернетического принципа производства предположительная.

**Промышленный принцип производства как цикл, состоящий из К-волн.** Нами была установлена тесная корреляция между циклами принципов производства и кондратьевскими циклами (см. подробнее: Grinin 2012; 2013; Grinin Л. Е., Grinin А. Л. 2015). С учетом того, что К-волны возникают только на определенной стадии экономического развития обществ, мы можем рассмат-

ривать их как *специфический механизм, связанный с появлением и развитием промышленно-торгового принципа производства и расширенного воспроизводства индустриальной экономики*. Если же учитывать, что каждая новая К-волна не просто повторяет волновое движение, а основана на новом технологическом укладе, то *К-волны в определенном аспекте можно трактовать как фазы разворачивания промышленного и первых периодов научно-кибернетического принципов производства*.

Мы подробно рассмотрели (Гринин 2012; 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015) корреляцию промышленного и научно-кибернетического принципов производства и К-волн. Мы проанализировали первые три К-волны, связанные с промышленным принципом производства, и обнаружили достаточно сильную корреляцию между ними. Особого внимания заслуживает корреляция длительности этапов промышленного принципа производства и длительности фаз К-волн. Разумеется, прямого совпадения по длительности К-волн и их фаз, с одной стороны, и этапов промышленного принципа производства – с другой, не могло быть в связи с различием в длительности этапов промышленного принципа производства. То есть внутри цикла принципа производства этапы отличаются по длительности, но пропорции длительности между ними сохраняются в каждом принципе производства (Grinin 2007; Гринин 2009). Зато удалось установить более сложное соотношение, согласно которому *в среднем одной К-волне соответствует один этап промышленного принципа производства*. В целом обнаружилось, что в три с половиной этапа промышленного принципа производства укладывается три с половиной волны. Это хорошо видно из табл. 2. Такая корреляция не является случайной, поскольку инновационное разворачивание промышленного принципа производства реализуется через длинные циклы Кондратьева, которые в значительной мере определяются именно долгосрочными и имеющими важные последствия инновациями.

**Этапы промышленного принципа производства  
и кондратьевские волны<sup>4</sup>**

| Этапы промышленного принципа производства | Третий этап, 1730–1830 годы<br>≈ 100 лет                                      | Четвертый этап, 1830–1890 годы<br>≈ 60 лет                      | Пятый этап, 1890–1929 годы<br>≈ 40 лет                                 | Шестой этап, 1929–1955 годы<br>≈ 25 лет                                | Итого:<br>≈ 225 лет, начиная с 1760 годов –<br><b>195 лет</b> |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Номер К-волны                             | Нулевая (В-фаза)/ первая волна (А-фаза), 1760–1817 годы – около <b>60 лет</b> | Конец первой/вторая волна, 1817–1895 годы – более <b>75 лет</b> | Третья волна, повышательная фаза, 1895–1928 годы – более <b>35 лет</b> | Третья волна, понижительная фаза, 1929–1947 годы – около <b>20 лет</b> | Около <b>190 лет</b>                                          |
| Фаза К-волны                              | В-фаза нулевой волны <sup>5</sup> , 1760–1787 годы                            | Вторая половина понижительной фазы, 1817–1849 годы              | Повышательная фаза, 1895–1928 годы                                     | Понижительная фаза, 1929–1947 годы                                     |                                                               |
| Фаза К-волны                              | Повышательная фаза, 1787–1817 годы                                            | Повышательная фаза, 1849–1873 годы                              |                                                                        |                                                                        |                                                               |
| Фаза К-волны                              |                                                                               | Понижительная фаза, 1873–1895 годы                              |                                                                        |                                                                        |                                                               |

<sup>4</sup> Для упрощения за начало и конец периодов взяты конкретные годы, хотя очевидно, что такой переход происходит в определенном интервале.

<sup>5</sup> За начало мы взяли понижительную фазу нулевой К-волны, которая совпала с началом промышленного переворота, то есть с 1760-ми годами (как известно, именно понижительные фазы особенно богаты на инновации).

## **II. Кибернетическая революция, научно-кибернетический принцип производства и четвертая, пятая, шестая К-волны**

**Производственная революция**, которая началась в 1950-е годы и продолжается до сих пор, вызвала к жизни мощное ускорение научно-технического прогресса. В целом с учетом предполагаемых изменений в ближайшие 50 лет имеет смысл называть эту революцию **кибернетической** (см. пояснение ниже). Начальную фазу этой революции (1950–1990-е годы) можно назвать **научно-информационной**, так как наметился переход к научным методам планирования, прогнозирования, маркетинга и логистики, управления производством, распределением и обращением ресурсов, коммуникаций. Особенно радикальные изменения произошли в сфере информатики и информационных технологий. Завершающая фаза начнется примерно в 2030–2040-х годах и продлится до 2070-х годов. Мы назвали ее **фазой управляемых систем** (см. ниже). В настоящее время мы находимся на средней (модернизационной) фазе, которая продлится до 2030-х годов. Она характеризуется мощным улучшением и распространением инноваций, сделанных на начальной фазе, в частности широким распространением удобных в обращении компьютеров, средств связи, а также формированием макросектора услуг, среди которых важнейшее место стали занимать информационные и финансовые услуги. В то же время подготавливаются инновации, необходимые для начала завершающей фазы кибернетической революции.

Кибернетическая революция – *это крупнейший технологический переворот от индустриального принципа производства к производству и услугам, базирующимся на работе саморегулирующихся систем*. В целом она станет *революцией управляемых систем* (см.: Гринин 2006; 2007; 2012; 2013; Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013; Grinin L. E., Grinin A. L. 2013).

Соответственно трем фазам кибернетической революции (и трем первым этапам научно-кибернетического принципа производства) прослеживается связь между ней и кондратьевскими волнами. Это видно из табл. 3 (ниже даются пояснения).

**Научно-кибернетический принцип производства  
(первые этапы) и кондратьевские волны**

|                                                     |                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                                   |                                |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Этапы научно-кибернетического принципа производства | Первый этап (начальная фаза кибернетической революции) 1955–1995 годы<br>≈ <b>40 лет</b> | Второй этап (средняя фаза кибернетической революции) 1995–2030-е/40-е годы<br>≈ <b>35–50 лет</b>                    | Третий этап (завершающая фаза «управляемых систем» кибернетической революции) 2030-е/40-е, 2055/70-е годы<br>≈ <b>25–40 лет</b>   | Итого:<br>≈ <b>100–120 лет</b> |
| К-волны и их фазы                                   | Четвертая волна, 1947–1982/1991 годы<br>≈ <b>35–45 лет</b>                               | Пятая волна, 1982/1991–2020-е годы. Начало повышательной фазы шестой волны (2020–2050-е годы)<br>≈ <b>30–40 лет</b> | Шестая волна, 2020–2060/70-е годы. Завершение повышательной фазы и понижательная фаза (2050–2060/70-е годы)<br>≈ <b>40–50 лет</b> | Около <b>110–120 лет</b>       |
| К-волны и их фазы                                   | Повышательная фаза, 1947–1969/1974 годы                                                  | Понижательная фаза пятой волны, 2007–2020-е годы                                                                    |                                                                                                                                   |                                |
| К-волны и их фазы                                   | Понижательная фаза, 1969/1974–1982/1991 годы                                             | Повышательная фаза шестой волны, 2020–2050-е годы                                                                   |                                                                                                                                   |                                |
| К-волны и их фазы                                   | Пятая волна, 1982/1991–2020-е годы. Повышательная фаза, 1982/1991–2007 годы              |                                                                                                                     |                                                                                                                                   |                                |

Таким образом, из табл. 3 наглядно видно, что трем этапам научно-кибернетического принципа производства соответствуют три К-волны (с четвертой по шестую). Соответствие здесь даже выше, чем у первых трех К-волн с промышленным принципом производства, за счет сокращения длительности этапов научно-кибернетического принципа производства и приближения их длительности к длине одной К-волны.

**Особенности четвертой К-волны в связи с началом кибернетической революции.** Четвертая К-волна (вторая половина 1940-х – 1980-е годы) пришлась на период начальной фазы кибернетической революции. Начало новой производственной революции – особый период, который связан с быстрым переходом к более высокому состоянию технологической составляющей экономики. Все накопленные к этому времени инновации плюс большое количество новых инноваций аккумулируются в новую систему, что производит поистине синергетический эффект. Естественно предположить, что *повышательная фаза К-волны, совпадающая с началом производственной революции, может оказаться более мощной, чем А-фазы других К-волн.* Особенностью повышательной А-фазы четвертой К-волны (1947–1974 годы) как раз и было то, что процесс ее разворачивания совпал с научно-информационной фазой кибернетической революции. В результате в этот период образовался более плотный кластер инноваций, чем было во вторую, третью и пятую волны. Сказанное также объясняет, почему в период 1950–1960-х годов темпы экономического роста в Мир-Системе были более высокими, чем в А-фазах третьей и пятой К-волн. В свою очередь понижательная фаза четвертой К-волны (1970–1980-е годы) также пришлась на последний период начальной фазы кибернетической революции. Это во многом объясняет, почему данная понижательная фаза оказалась короче, чем понижательные фазы других К-волн.

**Пятая К-волна и задержка новой волны инноваций.** Ожидалось, что 1990-е и 2000-е годы принесут новую радикальную волну инноваций, сравнимых по революционности с появлением компьютерных технологий и способных создать новый технологический уклад. В качестве прорывных назывались именно те направления, которые уже обозначались и которые теперь, как предполагается, станут основой для новой – шестой – К-волны. Однако основой для

пятой волны стали развитие и диверсификация уже созданных цифровых электронных технологий и бурное развитие финансовых технологий. Те инновации, которые реально сформировались в течение пятой К-волны, как, например, «зеленая» энергетика или нанотехнологии, не растут необходимыми темпами. Эта задержка объяснялась по-разному, но в целом не получила достаточного теоретического обоснования (см., например: Полтерович 2009). Однако в объяснении может помочь учет особенностей средней фазы производственной революции (и соответственно второго этапа принципа производства).

В отношении периода 1990–2020-х годов (средней фазы кибернетической революции) речь идет о том, что для начала нового инновационного рывка необходимы, во-первых, «подтягивание» политической составляющей мира к экономической; во-вторых, «подтягивание» уровня развивающихся стран к развитым. Этот период по своей функциональной природе менее инновационный, недаром данную фазу мы называем модернизационной, то есть широко распространяющей и улучшающей созданные ранее инновации; следовательно, в это время идет «подтягивание» периферии к центру, а также происходят необходимые изменения в структуре общества. Таким образом, в указанной *задержке внедрения нового поколения инноваций* нет ничего удивительного. Во-первых, центр не может бесконечно опережать в развитии периферию, то есть разрыв между развитыми и развивающимися странами не может все время увеличиваться. Во-вторых, экономика не может постоянно опережать политическую и иные составляющие, иначе возникают очень сильные диспропорции и деформации. А внедрение новых технологий широкого применения, безусловно, ускорило бы развитие экономики и усилило диспропорции. В-третьих, внедрение и распространение новых базисных технологий происходит не само по себе, а только в соответствующей социально-политической среде (см.: Гринин 2012; 2013). Большое внимание этому аспекту в своей работе уделила К. Перес (2011), кстати, одна из немногих, если не единственная, из западных экономистов, кто развивает эту важную тему. Чтобы базисные инновации появились в подходящих для бизнеса формах, помимо всего прочего нужны структурные перемены в политической и социальной сферах, что в конечном счете даст импульс для их синергии и широкого «запуска» в бизнесе. В-четвертых, арена современных изменений стала глобальной, соответственно политические, социальные и иные изменения, не-

обходимые для «подтягивания», также имеют регионально-глобальный характер. На понижательных фазах К-волн всегда должны происходить довольно существенные изменения в разных областях жизни (см.: Гринин 2013), однако именно на этом – втором – этапе научно-кибернетического принципа производства должны произойти особенно серьезные изменения. Соответственно для них требуются и большие усилия.

Таким образом, задержку обуславливает сложность изменения политических и социальных институтов в региональном и даже глобальном масштабах, а также (и, возможно, в первую очередь) международных экономических институтов. Последние могут измениться только благодаря сильной политической воле главных игроков, а ее сложно проявить в условиях современных политических институтов. И они могут измениться, скорее всего, именно в условиях кризисно-депрессивного развития, вынуждающего к реорганизации и ломке устоявшихся институтов, изменить которые в обычных условиях нет ни смелости, ни возможности.

*Сказанное также вполне объясняет причины разницы в темпах развития центра и периферии Мир-Системы в период пятой К-волны (Там же).* Периферия должна была «подтянуться» к центру, что достигается более быстрыми темпами ее развития и замедлением развития центра. Однако постоянного бескризисного развития периферии также не стоит ждать, просто там кризис наступит позже и, вероятно, в других формах. Без торможения и серьезных перемен на периферии общего «подтягивания» политической составляющей к экономической в полной мере не произойдет. Отсюда можно предполагать, что в ближайшее десятилетие (примерно до 2020–2025 годов) темпы роста периферийных стран также могут замедлиться, а их внутренние проблемы усилятся. В известной мере это может оказаться явлением, которое активизирует западные страны, и не исключено, что это внесет даже какие-либо существенные изменения в международные экономические отношения. Также это может способствовать активизации (в качестве контрмеры против рецессии) в периферийных странах финансовых технологий и в целом – инноваций в финансовые технологии в связи с уменьшением выгодных сфер приложения капитала. Возможно, Россия в условиях правильной политики сумеет выиграть от этих перемен. Можно также прогнозировать развитие технологий, направленных на повышение экономичности использования топлива, сырья, материалов (и поиска им альтернатив), как в связи с вы-

сокими ценами на них и повышением общего спроса (за счет развития промышленности в развивающихся странах), так и потому, что в условиях большей депрессивности это магистральный путь развития. В целом возврат к некоторой психологии экономии также может иметь место. Но так или иначе, мир ждут достаточно турбулентные полтора-два десятка лет (см.: Grinin, Korotayev 2015)

Как известно, среди исследователей кондратьевских волн нет единства в отношении периодизации этих волн (см. об этом: Гринин, Коротаев, Цирель 2011; Гринин, Коротаев 2012; Korotayev, Grinin 2012). Мы считаем, что в настоящее время находимся на понижательной фазе пятой К-волны, которая продлится до начала или середины 2020-х годов. Однако Л. Нефедов в своих работах (Nefiodow 1996; Nefiodow L., Nefiodow S. 2014a; 2014b) убежден, что шестая К-волна началась в конце 1990-х годов. Таким образом, согласно его логике, сейчас идет повышательная фаза (однако кризис 2008–2014 годов и перспективы на ближайшие годы не соответствуют этому), а в 2020-е годы должна, по идее, наступить ее понижательная фаза.

Депрессивность периода 2010-х – начала 2020-х годов вовсе не означает, что здесь будет сплошная депрессия без подъемов. Подъемы будут, но, видимо, не столь мощные и длительные, как в 1990-х и начале 2000-х годов, а периоды депрессий окажутся длиннее, чем раньше. Вспомним, что ужасный «обвал» в ряде стран, включая Россию, в 1997 и 1998 годы, который, казалось, должен был отбросить их далеко назад, неожиданно быстро сменился подъемом. Это эффект повышательной фазы К-волны. На понижательной фазе выход на подъем осуществляется тяжелее.

### **III. Характеристики кибернетической революции**

**Что такое саморегулируемые системы и почему они так важны?** Саморегулируемые системы – это системы, которые могут регулировать свою деятельность самостоятельно, отвечая благодаря соответствующим встроенным программам, интеллектуальным (и иным) компонентам на изменения окружающей среды. Это системы, которые соответственно действуют при минимальном вмешательстве человека или полном его отсутствии. Уже сегодня существует множество саморегулируемых систем, таких как искусственные спутники Земли, беспилотные самолеты, навигаторы, которые способны проложить маршрут, водителю остается только

управлять автомобилем. Жизнеобеспечивающие системы (такие как аппарат искусственного дыхания или искусственное сердце) могут регулировать целый ряд параметров, выбирать наиболее подходящий режим и определять критические ситуации для жизни человека. Имеются также специальные программы, которые могут определять ценность акций и других ценных бумаг, реагировать на изменение их стоимости, самостоятельно покупать и продавать их, совершать в день тысячи операций и фиксировать прибыль. И это лишь немногие примеры среди уже существующего множества самоуправляемых систем. Но в большинстве случаев они имеют техническую или информационную природу (как промышленные роботы или компьютерные программы). На завершающей фазе кибернетической революции появится множество самоуправляемых систем, связанных с биологией и бионикой, физиологией и медициной, сельским хозяйством и окружающей средой, нано- и биотехнологиями. Число и сложность таких систем, а равно автономность их работы возрастут на порядки. Кроме того, они смогут существенно экономить потребление энергии и ресурсов. Сама человеческая жизнь все более будет организована через такие саморегулируемые системы (например, путем мониторинга здоровья, режима, регулирования или рекомендации нагрузки, контроля за состоянием больных, предотвращения противоправных действий и т. п.).

Таким образом, современная революция названа нами **кибернетической**, потому что основной ее смысл заключается в широком создании и распространении самоуправляемых автономных систем, способных активно ориентироваться и адаптироваться на основе полученной информации. А кибернетика, как известно, – это наука об управлении и необходимой для этого информации, главные ее принципы вполне подходят для описания действия самоуправляемых систем.

В результате этого на порядок возрастет возможность спланированно и без непосредственного вмешательства человека управлять самыми разными природными, социальными и производственными процессами, управление которыми в настоящий момент невозможно либо крайне ограничено. На четвертом этапе (*зрелости и экспансии*) научно-кибернетического принципа производства (2070–2080-е годы) достижения кибернетической революции в ее завершающей фазе обретут полную системность и массовость. Но это потребует существенных перемен в обществе и Мир-Системе в

целом. Дальнейшие прогнозы не входят в задачу настоящей статьи (см. об этом: Гринин 2006; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015).

Мы выделили следующие наиболее важные черты кибернетической революции, в заметной мере просматриваемые уже сегодня, но в зрелых и массовых формах реализуемые только в будущем. Они тесно связаны между собой и подкрепляют друг друга (подробнее см.: Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013; Grinin L. E., Grinin A. L. 2013).

#### **Важнейшие характеристики и тренды кибернетической революции**

1. Рост объемов информации и усложнение систем ее анализа (включая способность систем к самостоятельной коммуникации и интерактивности).

2. Постоянное развитие систем управления и самоуправления.

3. Массовое использование искусственных материалов с новыми свойствами.

4. Рост степени управляемости: а) процессами разной природы (включая живое вещество); б) новыми уровнями организации материи (молекулярным, атомным и субатомным).

5. Миниатюризация и микроминиатюризация.

6. Экономия ресурсов, энергии и труда в любой области.

7. Использование все более «умных» технологий и тенденция к очеловечению их функционала (использование обычного языка, голоса и т. п.).

8. Использование самоуправляемых систем для контроля за индивидом и социальными процессами.

#### **Характеристики технологий кибернетической революции**

1. Преобразование и анализ информации как неотъемлемая часть технологий.

2. Рост взаимодействия технологических систем с окружающей средой.

3. Тенденция к автономизации и автоматизации управления, рост управляемости и самоуправления систем.

4. Способность материалов и технологий адаптироваться к задачам и условиям («умные» технологии и материалы).

5. Масштабный синтез материалов и характеристик систем разной природы (например, живой и неживой).

6. Объединение в одной системе техники (машин и оборудования) и технологии (знаний о процессе, ноу-хау) в одну единую технико-технологическую систему.

7. Самоуправляемые системы станут ведущим звеном технологического процесса.

8. Универсализация, то есть появление все более многофункциональных устройств (таких как компьютер, мобильный телефон, универсальный робот в будущем).

Различные направления развития должны дать эффект системного кластера инноваций<sup>6</sup>.

**Медицина как сфера первоначального технологического прорыва и возникновение комплекса МБНРИК-технологий.** Стоит вспомнить, что промышленная революция началась в довольно узкой хлопчатобумажной отрасли текстильной мануфактуры, причем с решения вполне конкретных проблем – сначала ликвидации разрыва между прядением и ткачеством, а потом, после увеличения производительности ткачей, поиска механизации прядения. Однако решение данных узких задач в условиях наличия к этому времени большого числа важнейших элементов машинного производства (включая множество механизмов, примитивные паровые машины, довольно большой объем добычи каменного угля и т. п.) вызвало взрыв инноваций, которые и дали импульс развитию промышленной революции. По аналогии мы предполагаем, что и кибернетическая революция начнется сначала в узкой области. Исходя из общего вектора достижений науки и развития технологий, с учетом того, что будущая область прорыва должна обладать высокой коммерческой привлекательностью и широким рынком, мы прогнозируем, что завершающая – управляемых систем – фаза этой революции начнется на стыке медицины, биотехнологий и геной инженерии (возможно, с привлечением части нанотехнологий). Разумеется, предсказать конкретный ход инноваций практически невозможно. Однако общий вектор прорыва можно обозначить как стремительный *рост возможностей коррекций или даже модификаций биологической природы самого человека*. Иными словами, удастся увеличить нашу способность вмешиваться в человеческий организм, возможно, в какой-то мере в его геном; резко

---

<sup>6</sup> Так, например, экономия ресурсов и энергии может осуществляться в результате выбора автономными системами оптимальных режимов в рамках конкретных целей и задач, и наоборот, выбор оптимального режима будет зависеть от уровня потребления энергии и материалов, а также бюджета потребителя.

расширить возможности точечных влияний и операций вместо современных хирургических; широко использовать культуру выращивания отдельных биологических тканей, органов или их частей и элементов для использования в регенерации и реабилитации организма, а также небологические аналоги биологической ткани (органов, рецепторов) и т. п.

В результате можно добиться *радикального расширения возможностей продления жизни и улучшения ее биологического качества*. Это будут технологии, предназначенные для широкого использования в качестве массовой рыночной услуги. Разумеется, от первых шагов в этом направлении (в 2030–2040-е годы) до повсеместного широкого применения пройдет достаточно большой срок – примерно два-три десятилетия.

В целом *ведущими технологическими направлениями в фазе управляемых систем станут медицина, био- и нанотехнологии, робототехника, информационные и когнитивные технологии*. Вместе они сформируют сложную систему саморегулируемого производства. Мы могли бы обозначить этот комплекс как **МБН-РИК-технологии**, по первым буквам перечисленных технологий (**MBNRIC-technologies**). Как известно, довольно распространена аббревиатура NBIC-технологии (или конвергенция), то есть нано-био-информационные и когнитивные (см.: Lynch 2004; Dator 2006; Акаев 2012). Есть также исследователи (Jotterand 2008), которые считают ведущим в будущем иной набор технологических направлений – GRAIN (Genomics, Robotics, Artificial Intelligence, Nanotechnology).

Однако мы полагаем, что этот комплекс будет шире. Отметим, что о медицине как ведущей технологии шестой кондратьевской волны уже давно пишет Л. Нефедов (Nefiodow 1996; Nefiodow L., Nefiodow S. 2014a; 2014b). В целом мы поддерживаем его подходы (в том числе и идеи о медицине нового типа), но важно указать: Нефедов считает, что именно биотехнологии станут интегральным звеном нового уклада. Однако нам представляется, что главная роль биотехнологий будет определяться прежде всего возможностью решения с их помощью важнейших задач медицины в широком смысле слова<sup>7</sup>. Вот почему имеет смысл говорить именно о медицине как центральном звене нового уклада. Кроме того, Нефедов практически не упоминает нанотехнологии, роль которых в

---

<sup>7</sup> Мы согласны с Л. Нефедовым, что в этот комплекс также следует включить питание, фармацевтику и экологию, и указывали на это (см.: Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013).

плане развития биотехнологий и медицины будет очень велика (предполагается также, что они могут радикально помочь в борьбе с онкологией). Но роль нанотехнологий будет большой и в других областях, в частности в плане экономии энергии и ресурсов [подробнее см.: Гринин А. Л., Гринин Л. Е. 2013; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015]).

Мы отмечаем следующие принципиальные моменты нашей концепции:

1) медицина будет сферой, где начнется завершающая фаза кибернетической революции, но в дальнейшем развитие самоуправляемости систем охватит самые разные области производства, услуг и человеческой жизни;

2) медицина понимается нами в широком смысле слова, поскольку она будет включать (и уже активно включает) для своих целей целый ряд других направлений (использование роботов в хирургии и уходе за больными, информационные технологии – для удаленной медицины, нейроинтерфейсы – для лечения болезней психики и исследования мозга; генную терапию и инженерию, нанотехнологии – для создания искусственного иммунитета и биочипов, которые мониторят организм; новые материалы – для выращивания искусственных органов и многого другого, что станет мощной системой экономики);

3) медицина имеет уникальные возможности, как ни одна другая отрасль, для объединения всех этих новых технологий в единую систему;

4) ряд демографических и экономических причин подтверждает, почему именно в медицине начнется переход к эпохе самоуправляемых систем:

– возрастание ожидаемой продолжительности жизни и старение населения потребуют роста возможностей медицины не только для поддержания здоровья, но и для продления работоспособного возраста людей;

– рост среднего класса в мире и культурного уровня людей означает также рост их готовности тратить больше денег на свое здоровье;

– люди в целом всегда готовы тратить деньги на здоровье и красоту;

– медицинские корпорации обычно не тормозят технический прогресс, а напротив, заинтересованы в нем;

– медицина уже сегодня является очень важным направлением в экономике, значение которого растет на глазах.

#### **IV. Фаза управляемых систем и шестая К-волна**

**А-фаза шестой волны: разгон для вхождения в завершающую фазу кибернетической революции.** Шестая К-волна, вероятно, начнется приблизительно в 2020-х годах. Между тем завершающая фаза кибернетической революции должна начаться несколько позже, по крайней мере, в 2030–2040-е годы. Таким образом, нам представляется, что и к 2020-м годам новый технологический уклад еще не сформируется в необходимом виде (условно говоря, инновационная пауза затянется). Впрочем, следует иметь в виду, что начало повышательной фазы К-волны никогда не происходит в прямой связи с новыми технологиями. Это начало синхронизируется с началом подъема в среднесрочном экономическом цикле. А в нем подъем происходит в результате выравнивания пропорций в экономике, накопления ресурсов и того или иного толчка, улучшающего спрос и конъюнктуру. Вспомним, что начало второй К-волны связывается с открытиями золотых месторождений в Калифорнии и Австралии, третьей волны – с ростом цен на пшеницу, четвертой – с послевоенным восстановлением, пятой – с реформами экономики в Англии и США. А уже далее при начавшемся разгоне наличие нового технологического уклада, не реализовавшего или не полностью реализовавшего свой потенциал (с учетом того, что общественные отношения в понижательной фазе К-волны существенно обновились), позволяет легче преодолевать циклические кризисы и продолжать подъем.

Таким образом, толчком для повышательного импульса шестой К-волны также станут те или иные конъюнктурные события. А первичным импульсом может стать, например, быстрый рост в слаборазвитых или недостаточно быстро растущих регионах мира (сегодня такими являются Тропическая Африка, исламский Восток, большая часть Латинской Америки) или новые финансово-организационные технологии. Естественно, появятся и какие-либо технико-технологические инновации, однако они еще не составят нового уклада. Кроме того, нам кажется, что финансовые технологии еще далеко не завершили свою экспансию в мире. Если их удастся каким-либо образом модифицировать и обезопасить, то они смогут более широко внедриться в различные регионы, использующие их сегодня лишь в небольшой степени. Нельзя забывать, что примене-

ние таких технологий в достаточно широком масштабе требует существенных перемен в правовой и иных системах, что совершенно необходимо для выравнивания уровней развития в мире. С учетом задержки новой генерации технологий не исключено, что период 2020-х годов может оказаться похожим на десятилетие 1980-х годов. Иными словами, это будет уже не спад темпов роста, но еще и не подъем, а только в среднем небольшое ускорение (сочетающее более сильное развитие в одних регионах и продолжение депрессии в других).

Далее – при благоприятных вышеуказанных условиях – в ходе этой волны начнется завершающая – управляемых систем – фаза кибернетической революции. В такой ситуации можно предположить, что сила и длительность А-фазы шестой К-волны (2020–2050-е годы) будет существенно больше пятой за счет более плотного совмещения генераций технологий. А поскольку кибернетическая революция будет продолжаться и далее, вероятно, что и понижающая В-фаза шестой К-волны (2050–2060/70-е годы) будет не столь депрессивной, как в третьей или пятой. В целом в течение этой К-волны (2020–2060/70-е годы) кибернетическая революция завершится, а научно-кибернетический принцип производства перейдет к этапу зрелости.

**Другой вариант развития событий.** Завершающая фаза кибернетической революции может начаться позже – не в 2030-е, а в 2040-е годы. В этом случае А-фаза шестой волны может закончиться до начала революции управляемых систем, следовательно, она не будет основываться на радикально новых технологиях и не станет столь мощной, как предполагается в предыдущем варианте. Завершающая фаза кибернетической революции в этом случае придется на В-фазу шестой волны (подобно тому, как это случилось с нулевой волной в период промышленного переворота 1760–1787 годов) и на А-фазу седьмой волны. Вероятность возникновения последней в этом случае значительно возрастает. В-фаза шестой волны должна быть достаточно короткой в связи с появлением новой генерации технологий, а А-фаза седьмой волны – достаточно длинной и мощной.

**Завершение кибернетической революции и исчезновение К-волн.** Шестая К-волна (примерно 2020–2060/70-е годы), подобно первой, будет протекать в основном в период завершения производственной революции. Однако здесь имеется важное отличие. Во время первой К-волны длительность одного этапа промышленного

принципа производства существенно превышала длительность целой К-волны. Теперь же одна фаза К-волны будет превышать по длительности один этап принципа производства. Уже одно это должно внести существенные модификации в протекание шестой К-волны, а седьмая волна примет иные, гораздо менее выраженные очертания либо вовсе не состоится (о возможности иного варианта см. выше). Такой прогноз основывается также на том, что завершение кибернетической революции и распространение ее результатов приведет к существенно возросшей интегрированности Мир-Системы и значительно усилившемуся влиянию новых общемировых механизмов регулирования. Это вполне логично, учитывая, что грядущая завершающая фаза кибернетической революции будет связана с эпохой управляемых систем. Таким образом, и управление экономикой должно подняться на новый уровень. *Значит, К-волны появляются на определенном этапе социальной эволюции и, по-видимому, должны исчезнуть на определенном ее этапе.*

### *Литература*

**Акаев, А. А.** 2012. Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Шумпетера – Кондратьева. В: Акаев, А. А., Гринберг, Р. С., Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Малков, С. Ю. (ред.), *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы*. Волгоград: Учитель, с. 110–135.

**Глазьев С. Ю.** 2009. Мировой экономической кризис как процесс смены технологических укладов. *Вопросы экономики* 3: 26–32.

**Гринин, Л. Е.**

2006. *Производительные силы и исторический процесс*. 3-е изд. М.: КомКнига/URSS.

2007. Производственные революции и периодизация истории. *Вестник Российской академии наук* 77(4): 309–315.

2009. *Государство и исторический процесс: Политический срез исторического процесса*. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.

2012. Кондратьевские волны, технологические уклады и теория производственных революций. В: Акаев, А. А., Гринберг, Р. С., Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Малков, С. Ю. (ред.), *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы*. Волгоград: Учитель, с. 222–262.

2013. Динамика кондратьевских волн в свете теории производственных революций. В: Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Малков, С. Ю. (отв. ред.), *Кондратьевские волны: Палитра взглядов*. Волгоград: Учитель, с. 31–83.

**Гринин, А. Л., Гринин, Л. Е.** 2013. Кибернетическая революция и грядущие технологические трансформации (развитие ведущих технологий в свете теории производственных революций). В: Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Марков, А. В. (отв. ред.), *Эволюция Земли, жизни, общества, разума*. Волгоград: Учитель, с. 167–239.

**Гринин, Л. Е., Гринин, А. Л.** 2015. *От рубил до нанороботов. Мир на пути к эпохе самоуправляемых систем (История технологий и описание их будущего)*. Волгоград: Учитель (в печати).

**Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В.** 2009. *Социальная макроэволюция: Генезис и трансформации Мир-Системы*. М.: ЛИБРОКОМ.

**Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В.** 2012. *Циклы, кризисы, ловушки современной Мир-Системы. Исследование кондратьевских, жюглярских и вековых циклов, глобальных кризисов, мальтузианских и постмальтузианских ловушек*. М.: ЛКИ.

**Гринин, Л. Е., Коротаев, А. В., Цирель, С. В.** 2011. *Циклы развития современной Мир-Системы*. М.: ЛИБРОКОМ/URSS.

**Кондратьев, Н. Д.** 2002. *Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды*. М.: Экономика.

**Перес, К.** 2011. *Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания*. М.: Дело.

**Полтерович, В.** 2009. Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации. *Вопросы экономики* 6: 4–23.

**Dator, J.** 2006. Alternative Futures for K-Waves. In Devezas, T. C. (ed.), *Kondratieff Waves, Warfare and World Security*. Amsterdam: IOS Press, pp. 311–317.

**Grinin, L. E.** 2007. Production Revolutions and Periodization of History: A Comparative and Theoretic-mathematical Approach. *Social Evolution & History* 6(2): 75–120.

**Grinin, A., Grinin, L.** 2015. The Cybernetic Revolution and Historical Process. *Social Evolution & History* 14(1): 125–184.

**Grinin, L. E., Grinin, A. L.** 2013. Macroevolution of Technology. In Grinin, L. E., Korotayev A. V. (eds.), *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms*. Volgograd: Uchitel, pp. 143–178.

**Grinin, L. E., Grinin, A. L.** 2015. Global Technological Perspectives in the Light of Cybernetic Revolution and Theory of Long Cycles. *Journal of Globalization Studies* 6(2).

**Grinin, L., Korotayev, A.** 2015. *Great Divergence and Great Convergence. A Global Perspective*. N. p.: Springer.

**Hirooka, M.** 2006. *Innovation Dynamism and Economic Growth. A Non-linear Perspective*. Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar.

**Jotterand, F.** 2008. *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*. Vol. 101. N. p.: Springer Science & Business Media.

**Korotayev, A. V., Grinin, L. E.** 2012. Kondratieff Waves in the World System Perspective. In Grinin, L. E., Devezas, T. C., Korotayev, A. V. (eds.), *Kondratieff Waves. Dimensions and Prospects at the Dawn of the 21st Century. Yearbook*, pp. 23–64. Volgograd: Uchitel.

**Lynch, Z.** 2004. Neurotechnology and Society 2010–2060. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1031: 229–233.

**Nefiodow, L.** 1996. *Der sechste Kondratieff. Wege zur Produktivität und Vollbeschäftigung im Zeitalter der Information* [The Sixth Kondratieff. Ways to Productivity and Full Employment in the Information Age]. 1. Auflage/ Edition. Sankt Augustin.

**Nefiodow, L., Nefiodow, S.**

2014a. *The Sixth Kondratieff. The New Long Wave of the World* (in print).

2014b. *Criteria to Identify and Predict a Kondratieff Cycle* (in print).

**Schumpeter, J. A. 1939.** *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.