

Шестой технологический уклад (прогноз)*

Леонид Ефимович Гринин

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»;
Институт востоковедения РАН

Антон Леонидович Гринин

Международный центр образования и социально-гуманитарных исследований

В статье показаны направления развития, которые станут ведущими в шестом технологическом укладе. В настоящий момент пятый технологический уклад завершает свой цикл и начинает двигаться по нисходящей. Поскольку формирование нового уклада всегда имеет скрытый (латентный) период, мы полагаем, что сейчас находимся в периоде, когда часть технологий пятого технологического уклада перерастает в первичные технологии шестого. Важно отметить, что шестой ТУ станет результатом и составной частью того, что мы называем кибернетической революцией. Кибернетическая революция – это фундаментальный переход от индустриального принципа производства к производству услуг и товаров на базе широкого внедрения самоуправляемых систем, то есть систем, способных не просто функционировать в отсутствие или при минимальном участии людей, но и самостоятельно принимать сложные решения. Какие же технологии определяют шестой технологический уклад? В настоящий момент складывается и в завершающей фазе кибернетической революции (2030–2070-е гг.) будет активно развиваться МАНБРИК-комплекс, или МАНБРИК-конвергенция. МАНБРИК – аббревиатура по первым буквам семи ведущих направлений: медицина, аддитивные, нано-, био-, робото-, инфо-, когнитивные технологии. Они и составят основу шестого технологического уклада. Центральным и интегральным звеном в этом комплексе будет медицина. Она, как никакая другая отрасль, имеет уникальные возможности для объединения всех этих новых технологий в единую систему.

* Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2021 г. при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-61-46004). Статья подготовлена в рамках работы над «Кондратьевской энциклопедией».

Ключевые слова: технологический уклад, ИКТ, искусственный интеллект, МАНБРИК, самоуправляемые системы.

Общие идеи о том, как формируются технологические уклады

Новый технологический уклад обычно формируется:

- 1) как достижение уже имеющимися технологиями каких-то принципиально новых возможностей и уровней сложности (инновационности);
- 2) как выход на авансцену технологий, которые играли второстепенную роль в предшествующем укладе, при этом, естественно, вместе с их качественным развитием;
- 3) как появление принципиально новых систем¹.

Что касается первого пункта, то это совершенно естественный процесс, но из-за своей плавности он как рубежный часто понимается только ретроспективно. В настоящее время мы как раз наблюдаем, но можем не осознавать такое качественное перерастание (о чем мы подробнее поговорим в следующем разделе статьи). В отношении второго пункта скажем, что быстрое увеличение значимости периферийной до какого-то момента технологии может происходить в разные периоды; иногда такие сектора являются экспериментальной или узкой системой, применяемой только в отдельных областях (например, в военной)². Ведущие же направления в технологических укладах имеют очень широкую сферу применения, постепенно проникая во все новые области. По поводу третьего пункта укажем, что появление принципиально новых систем происходит обычно уже в период, когда новый технологический уклад вполне сформируется как первичная система. Для шестого технологического уклада принципиально новыми системами могут стать компьютеры, работающие на иных, нежели сегодня, основах (например, квантовый компьютер), либо новый источник энергии (по типу водорода, термоядерной энергии), либо появление технологических возможностей запасать электроэнергию в больших количествах, что даст огромный импульс развитию энергетики, включая зеленую, и электротехники на базе самоуправляемых систем. Но реализация этих энергетических возможностей, так же как и квантового компью-

¹ Таковыми были новый (паровой) транспорт в первом и втором технологических укладах (Гринин 2019а; 2019б); интеллектуальные системы, которые появились в пятом технологическом укладе (Гринин 2021б).

² Так, первые компьютеры появились в 1940-е гг., когда завершался третий технологический уклад и начинался четвертый, и их роль в целом была невелика. Играть ведущую роль они стали только в пятом ТУ (Гринин 2021б). Электрический транспорт появился одновременно с автомобилями на ДВС, но только в последнее десятилетие мы наблюдаем попытки сделать электротранспорт ведущей формой транспорта. Возможно, такой переход произойдет в шестом технологическом укладе, но, скорее, ближе к его концу, то есть приблизительно в 2060-е гг.

тера, не выглядят сегодня достаточно реалистичными. Эти примеры приведены для лучшего понимания идеи. Какие принципиально новые системы могут появиться, сказать сложно, принципиально новое потому и является таковым, что оно, как правило, весьма необычно, а следовательно, труднопредсказуемо.

Также стоит иметь в виду, что при формировании технологического уклада обычно появляется целый кластер новых технологий, но не все они становятся ведущими. Часть развивается как второстепенные, узкосекторальные и т. п.³, однако некоторые из них могут выйти на главные роли в конце жизни технологического уклада или в будущем ТУ. Так, электромоторы появились почти одновременно с автомобилями в 1880–1890-е гг., но первые стали основой третьего технологического уклада, а вторые – существенной, но не ведущей частью третьего уклада, зато они стали ведущими в четвертом ТУ (см.: Гринин 2021а). Наконец, отметим, что хотя перспективы развития информационно-цифровых и коммуникационных технологий велики, представляется, что они в состоянии обеспечить будущий технологический рывок только как неотъемлемая часть других технологий, но не сами по себе.

Перерастание пятого технологического уклада в шестой

В настоящий момент пятый технологический уклад, который связан в первую очередь с развитием информационно-компьютерных и коммуникационно-дистанционных технологий, уже прошел пик своего развития. Фактически он завершает свой цикл и начинает двигаться по нисходящей (о пятом технологическом укладе см.: Гринин 2021б). За ближайшие 10–15 лет, когда можно будет уже говорить о начале реального формирования шестого уклада как системы (а пока он все-таки остается прогнозом), мы еще увидим немало новых достижений, но думается, что действительно крупных прорывов не будет. Не станет, вероятно, таким и рекламируемый Интернет вещей. Нужно иметь в виду, что в нисходящей фазе развития крупные технологические игроки, которые двигали прогресс на предшествующей стадии, теряют свою энергию. Для инновационных прорывов требуется появление новых игроков, обычно существенно отличающихся от прежних; вероятно, также нужны новые формы корпораций. Дело в том, что сегодня технологические информационные гиганты стали слишком большими и благополучными, срослись с военно-политической структурой и разведками. Скорее они продолжают «душить»

³ Так, высокоскоростные поезда, которые развивались по крайней мере с 1960-х гг. и представляют собой реально инновационный кластер, хотя и играют важную роль в ряде стран (Японии, Китае, Франции и др.), в целом не стали слишком значимым сектором.

рынок, скупая на корню инновации и растущие компании, усиливая монополизм, с помощью чего смогут осуществить прорыв. Также на технологическое развитие, точнее, на его пробуксовку влияет сильное давление глобалистов, проводящих зеленый курс. Новые зеленые технологии пока демонстрируют тупиковость, хотя, конечно, в будущем какие-то достижения в них могут оказаться крайне востребованными, возможно, даже неожиданным образом.

Поскольку формирование нового уклада всегда имеет скрытый (латентный) период, мы полагаем, что сейчас как раз и находимся в периоде, когда часть технологий пятого технологического уклада перерастает в первичные технологии шестого. Внешне кажется, что все еще продолжается развитие пятого ТУ, однако на самом деле происходит рождение нового уклада в виде перехода части уже привычных технологий на иной уровень сложности. В пятом укладе наиболее важной частью развития являются информационно-цифровые технологии, которые выступают как составная часть большинства других технологических направлений. Но в последние несколько лет ИКТ переходят на более высокий уровень, который условно может быть назван уровнем искусственного интеллекта (ИИ). Хотя это понятие довольно неопределенное, а сам ИИ используется достаточно давно, теперь его возможности существенно возрастают за счет различных новых технологий (нейросетей, удаленного контакта, лингвистических технологий, систем распознавания лиц, контроля за местоположением людей, определения предпочтений и многих иных). Мало того, в последнее время ИИ все активнее движется в сторону влияния на социальные, контрольные и даже административные отношения (см. ниже).

Итак, ИКТ начинают перерастать прежний уровень и трансформируются в начальный уровень нового технологического уклада. При этом принципы работы технологий ИИ начинают оформляться в некий блок, который становится частью новых систем. Эти системы мы называем самоуправляемыми и о них поговорим ниже. Аналогией может служить перерастание электрических технологий, которые получили довольно широкое распространение уже во втором технологическом укладе, особенно в 1860–1880-е гг. (см.: Гринин 2019б), в электрические двигатели и механизмы, ставшие очень распространенными в третьем укладе, в 1890–1930-е гг. (см.: Гринин 2019в). Они радикально изменили оснащение заводов и фабрик, заменив в производстве паровые двигатели (в результате чего у каждого станка теперь был свой привод, а не общий от единой паровой установки). В результате электромотор стал обязательной частью многих машин, а в четвертом технологическом укладе он сильно изменил даже мелкое производство и домашний быт (см.: Гринин 2021а). То же можно

сказать и о радиосистемах, которые используются как блок во многих конструкциях.

Также ИКТ в виде искусственного интеллекта в шестом технологическом укладе обретут зрелость и станут практически обязательной частью нового типа систем. Причем тех, которые можно будет усложнять или упрощать, то есть в виде какой-то, образно говоря, блочной системы, которую можно будет собирать в той «комплектации», которая требуется для конкретной задачи. Так сегодня можно нарастить память у компьютера или усилить его видеокарту. Ниже мы поговорим отдельно о социально-технических самоуправляемых системах, которые будут играть очень важную роль в будущем (но даже на данный момент их роль значительна).

Кибернетическая революция и шестой технологический уклад. МАНБРИК-технологии как основа шестого технологического уклада

В этой статье мы попробуем показать направления развития, которые станут ведущими в шестом технологическом укладе. Но предварительно важно отметить, что шестой ТУ станет результатом и составной частью того, что мы называем кибернетической революцией. *Кибернетическая революция – это фундаментальный переход от индустриального принципа производства к производству услуг и товаров на базе широкого внедрения самоуправляемых систем, то есть систем, способных не просто функционировать в отсутствие или при минимальном участии людей, но и самостоятельно принимать сложные решения* (см.: Гринин 2006; Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а; 2015б; Grinin L. E., Grinin A. L. 2016; Grinin et al. 2017а; 2017б; 2020; 2021). Кибернетической данная революция названа потому, что в ее результате произойдут глубокие изменения не только в управлении производством, но и во всех других сферах жизни, а кибернетика, напомним, и есть наука об управлении.

Кибернетическая революция прошла начальную фазу (1950–1970-е гг.), в которой были сформированы информационные технологии, и завершает прохождение средней – модернизационной – фазы (1980–2020-е гг.), когда ИКТ стали массовыми. В 2030-е гг. кибернетическая революция вступит в свою завершающую фазу, которая продлится до 2060–2070-х гг. Соответственно, основой шестого технологического уклада станут новые технологии, которые разовьются в этот период.

Какие же технологии определяют шестой технологический уклад? По этому поводу высказываются разные мнения. В частности, в качестве главных выделяют четыре направления: это нано-био-информационные

и когнитивные технологии, или NBIC-конвергенция (см.: Lynch 2004; Dator 2006; Акаев 2012). Есть также исследователи (Jotterand 2008), которые считают ведущим в будущем несколько иной набор технологических направлений – GRAIN (Genomics, Robotics, Artificial Intelligence, Nanotechnology⁴). Однако мы полагаем, что основных направлений будет больше, а технологическая конвергенция шире, хотя на разных этапах развития роли тех или иных направлений этого комплекса будут различны.

Соответственно, можно говорить о том, что складывается и в завершающей фазе кибернетической революции (2030–2070-е гг.) будет активно развиваться МАНБРИК-комплекс, или МАНБРИК-конвергенция. МАНБРИК – аббревиатура по первым буквам **семи ведущих направлений**: медицина, аддитивные, нано-, био-, робото-, инфо-, когнитивные технологии⁵. Они и составят основу шестого технологического уклада.

Центральным и интегральным звеном в этом комплексе будет медицина. Она, как никакая другая отрасль, имеет уникальные возможности для объединения всех этих новых технологий в единую систему. Даже сегодня все указанные направления очень активно используются в современной медицине, но в будущем их взаимосвязь с медициной заметно увеличится⁶. Ведущая роль медицины в завершающей фазе кибернетической революции (по крайней мере, в 2030–2040/50-х гг.⁷) объясняется следующими факторами:

1) старением населения и вытекающими из этого следствиями: а) потребностью в дополнительной рабочей силе в развитых и части развивающихся стран; б) ростом пенсионной и иной социальной нагрузки на бюджеты и необходимостью повышения пенсионного возраста, для чего нужно адекватное для работы состояние пожилых людей;

2) ростом доходов и среднего класса в развивающихся странах, что должно вести к росту культуры и затрат на здоровье;

⁴ Геномика, робототехника, искусственный интеллект, нанотехнологии (англ.).

⁵ Но порядок постановки направлений в акрониме не соответствует их важности в будущем ТУ, как она видится на сегодняшний день. Наиболее важными являются: медицина, биотехнологии, информационные технологии, робототехника.

⁶ Поэтому медицина понимается нами в широком смысле слова, поскольку она уже включает и будет еще активнее включать для своих целей целый ряд других направлений: информационные технологии – для удаленной медицины; нейроинтерфейсы – для лечения болезней психики, исследования мозга и помощи инвалидам; генную терапию и инженерию, нанотехнологии – для создания искусственного иммунитета и биочипов, которые мониторят организм, вакцин и препаратов; новые материалы и аддитивные технологии (то есть 3D-принтеры) для создания искусственных органов и тканей, роботов – для проведения операций и ухода.

⁷ Затем на передний план могут выйти другие направления.

3) все большей аккумуляцией средств в пенсионных и социальных фондах, которые в значительной мере должны идти именно на улучшение качества жизни пожилых людей, в особенности на медицину;

4) с 2020 г. к этим факторам добавилась пандемия (и опасность новых пандемий), которая сделала вопросы здоровья и медицины предметом интереса буквально всего общества, поставив медицину и биотехнологии на передний план развития технологий и науки, но также сделав их предметом бурных социальных конфронтаций (см.: Grinin *et al.* 2021).

Об общих принципах технологий шестого технологического уклада

Поскольку сценарий развития технологий в XXI столетии определяется кибернетической революцией, важно указать на основные характеристики этой революции, которые так или иначе будут отражаться во всех технологических направлениях. Мы выделили целый ряд ее характеристик (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015a), но в настоящей статье укажем только часть из них, которые уже обнаруживаются в течение десятилетий, но в будущем проявятся еще более активно и по-новому:

1. Миниатюризация и микроминиатюризация (особенно наглядно в будущем должна проявиться в развитии нанотехнологий).

2. Способность материалов и технологий адаптироваться к задачам и условиям (в том числе принимать нужную форму, канализировать процессы): так называемые умные технологии и материалы; в том числе био- и нано-материалы; аддитивные технологии.

3. Универсализация, то есть появление все более многофункциональных устройств (сегодня это компьютер, мобильный телефон, справочная-робот; в будущем – универсальный робот, единая биомедикотехносистема [см. заключение] и др.).

4. Революционные изменения в управлении как производством, так и другими сферами жизни на основе массового внедрения саморегулируемых и самоуправляемых систем.

5. На основе развития самоуправляемых систем, искусственного интеллекта, нанотехнологий и других направлений будет также активно внедряться экономия ресурсов и энергии.

Различные направления развития должны дать эффект системного кластера инноваций⁸.

Степень свободы и величина спектра выбора возможных действий в процессе принятия решения, а также степень самообучаемости и моди-

⁸ 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.

фикации программ будут соответствовать уровню задач и определять уровень сложности самоуправляемых систем. Наконец, крайне важно, что *самоуправляемые системы станут ведущим звеном технологического процесса*. Такие системы смогут существенно экономить потребление энергии и ресурсов. Фактически открываются огромные возможности экономии квалифицированного труда и ресурсов.

Что такое самоуправляемые системы?

Это системы, которые соответственно действуют при минимальном вмешательстве человека или полном его отсутствии. При этом такие системы могут в значительной мере самостоятельно принимать решения в случае изменения ситуации, выбирая из целого ряда параметров согласно их иерархии и состоянию окружающей среды (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б; Grinin L., Grinin A. 2016; Grinin *et al.* 2017a; 2017b; 2020; 2016).

Уже сегодня существует множество самоуправляемых систем, более или менее способных ориентироваться в окружающей среде, перестраиваться и находить решения в зависимости от обстановки. Это, например, беспилотные летательные аппараты и самоуправляемые автомобили, самонаводящиеся ракеты, искусственные спутники Земли, обычные навигаторы, которые способны проложить маршрут. 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. Фактически самоуправляемые системы давно и активно действуют и в системе безналичных финансов (скажем, банкомат может рассматриваться как подобная система). Также уже давно имеются 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 часть примеров уже существующих самоуправляемых систем. Но в большинстве случаев они имеют техническую или информационную природу (как промышленные роботы или компьютерные программы). И сегодня далеко не все из них можно назвать на 100 % самоуправляемыми, так как роль человека все еще очень велика. На завершающей же фазе кибернетической революции появится множество самоуправляемых систем, связанных не только с техникой и информацией, но также 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.

Помимо самоуправляемых систем, способных ориентироваться в окружающей среде, перестраиваться и находить решения в зависимости от об-

становки (сегодня это, например, навигатор, самолет-разведчик, системы торговли на биржах), появятся и более сложные системы, способные подстраиваться под особенности ситуации, перестраивать свой функционал, учиться в рамках вложенных в гибкую программу возможностей, контролировать поведение и состояние людей (системы постоянного мониторинга состояния здоровья в онлайн-режиме; система излечения больных клеток путем принятия самостоятельного решения о степени их отклонения; робот, способный ухаживать за лежащим больным; искусственные органы, могущие в той или иной степени заменить натуральные; системы реагирования на чрезвычайные ситуации и т. д.).

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.). О негативных сторонах такой регуляции см. ниже.

Таким образом, способность принимать решения из целого спектра возможных является важнейшей чертой самоуправляемых систем. Другими характеристиками могут быть: способность к самообучению; наличие гибких программ, которые сами могут изменяться под воздействием изменения среды или задач. Самоуправляемые технические и биотехнические системы, подобно биологическим, имеют управляющую подсистему (своего рода мозг), периферийные подсистемы разного назначения (своего рода органы чувств и подсистемы, осуществляющие необходимые перемещения и движения в сложном пространстве) и систему прямых и обратных связей между ними.

Самоуправляемые системы в социальной жизни. Итак, самоуправляемые системы распространятся широко и в самых разных сферах. Очень важно подчеркнуть, что они получают распространение также и в социально-административных областях, регулируя некоторые отношения в обществе, особенно между органами власти, с одной стороны, и населением – с другой (такие самоуправляемые системы мы называем *социально-техническими*; подробнее о них см.: Grinin *et al.* 2020; 2021; Гринин и др. 2020).

Социально-технические самоуправляемые системы (ССС) могут выполнять социальные и административные функции, такие как контроль, проверка, распределение, безопасность, определение социального рейтинга и др. Они будут использовать для этого целый набор технологий, а контроль со стороны людей будет существенным образом ограничен и затруднен. Таким образом, они могут быть использованы властями разных уровней и государства в целом, а также администрацией центров и узлов там, где в этом есть необходимость (аэропорты, вокзалы, стадионы, люд-

ные места и т. п.). Собственно, проекты умных городов должны основываться на такого рода системах. Уже сегодня мы видим зачатки таких систем, например, в регулировании дорожного движения и наказании за нарушения этих правил. Процесс резко ускорился во время пандемии COVID-19

в виде регулирования передвижений категорий населения [см., например: Stanley, Granick 2020]⁹, системы распознавания лиц [Sulochanan Karthick Ramanathan *et al.* 2021; Technavio 2020], использования для этого биометрии. В Китае предпринимаются попытки создать систему социального рейтинга (Кузнецова, Машкина 2020¹⁰), а в банках такие кредитные рейтинги становятся все хитроумнее. Отсюда лежит прямой путь к формированию электронного государства.

Электронное государство – это государство нового типа, где за счет CCC удастся решительно сократить число чиновников и многие государственные органы будут функционировать на базе новых технологий. При этом некоторые уровни власти просто исчезнут в связи с тем, что новые технологии позволят населению напрямую контактировать с центральными органами¹¹.

Формирование CCC приведет к серьезным изменениям в политической и социальной сферах:

а) граждане получают возможность взаимодействовать с государственными органами, минуя местные и посреднические органы, что, как сказано, в целом значительно сократит число занятых в государственном управлении;

б) государство станет дешевым;

в) в результате, вполне возможно, сформируется переход от представительной к прямой демократии¹²;

г) если к этому добавятся деньги нового типа, электронные деньги, которые позволят сократить число банков и посредников, то перед нами будет социально-технологическая система общества нового типа в целом.

⁹ Электронные пропускные системы, QR-коды, иммунные паспорта, контроль за передвижениями, системы предупреждения и наказания, системы экономического контроля возникли в результате локдаунов (Ram, Gray 2020; Wang *et al.* 2020; Hasan *et al.* 2020; WHO 2020; Barnes 2021) и могут быть рассмотрены как прототипы CCC (Grinin *et al.* 2021).

¹⁰ Какие-то проекты социального рейтинга уже пытаются внедрить на региональном уровне в Китае, двигаясь к плану всекитайской системы (Chin, Wong 2016; Creemers 2018), и они также служат примером для подражания другим странам (Sithigh, Siems 2019).

¹¹ Не стоит путать его с электронным правительством, которое определяется как широкое использование информационно-компьютерных технологий и обеспечение работы правительственных учреждений онлайн (UNeGovDD 2013). Такое правительство – только веха на пути к созданию электронного государства.

¹² Прямая демократия хороша, когда важно получить обратную связь от населения, но она может подорвать устойчивость управления (особенно в крупных или сильно расколотых обществах) из-за быстрой и частой смены общественного настроения.

Однако произойдут и негативные изменения:

а) может применяться тотальный цифровой контроль над поведением, потреблением и прочим;

б) это способно вызвать сильное поведенческое расслоение, упорный неконформизм и протесты;

в) резко возрастает опасность нарушения базовых прав человека;

г) может многократно вырасти безликая и анонимная технологическая власть, способная подавлять свободу, инициативу и возможность человека.

Поскольку такие ССС могут регулировать все общество, уже сегодня крайне важно найти способы эффективного контроля ИИ и четко регламентировать возможности манипулирования персональными данными и использования их для социального регулирования. Необходимо заложить учет многообразия типов поведения и реакций, которые имеют право на существование в обществе. Между тем ССС могут установить для всех единые критерии, тем самым подавляя индивидуальность и особые способности людей.

Таким образом, внедрение социально-технических самоуправляемых систем должно пройти притирку, чтобы оптимизировать интересы и минимизировать опасные последствия.

Об отдельных технологиях МАНБРИК-комплекса. Развитие этого комплекса, как мы уже говорили, будет вести к интегральности, взаимодействию и синергетическим эффектам во многих системах. Но стоит указать и направления по отдельности. О развитии ИКТ и искусственного интеллекта мы также говорили выше.

Медицина. Напомним, что медицина будет центральным и интегральным звеном МАНБРИК-комплекса. При этом в связи с развитием процесса старения медицина будет все заметнее сдвигаться в область геронтологии, борьбы с болезнями старости, замедления старения и технологий омоложения.

Вместе с медициной будут активно развиваться и смежные с ней области: биотехнологии и генетика, нанотехнологии, робототехника (применяемая ныне в хирургии, но в дальнейшем она найдет свое развитие во многих направлениях медицины, а также в уходе), когнитивные технологии (в помощь инвалидам и престарелым, чтобы компенсировать их физические недостатки). 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 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 небιологические аналоги биологической ткани (органов, рецепторов) и т. п. Здесь станут незаменимыми аддитивные технологии.

В результате можно добиться радикального расширения возможностей продления жизни и улучшения ее биологического качества. Разумеется, от первых шагов в этом направлении (в 2040-е гг.) до широкого применения пройдет достаточно большой срок – примерно два-три десятилетия.

Биотехнологии и нанотехнологии. Биотехнологии динамично развиваются уже в течение ряда десятилетий. Некоторые исследователи даже писали о биотехнологической революции как основе будущих радикальных изменений (см., например: Фукуяма 2004). При этом они развиваются в нескольких направлениях: «красные» (фармацевтика и медицина), «зеленые» (связанные с сельским хозяйством и улучшением экологии) и «белые» биотехнологии. Последние положены в основу процессов производства широкого ряда продуктов, получаемых в результате биокатализа и ферментации. Биотехнологии являются важнейшей частью фармакологии, генной инженерии, также велика их роль (а в будущем она еще более возрастет) в обеспечении увеличивающегося населения Земли продовольствием. Они помогут не только в плане повышения урожайности, борьбы с вредителями и т. п., но и в плане масштабного разведения морепродуктов искусственным путем (так называемая аквакультура). Эти (условно «голубые») биотехнологии развиваются, но пока играют ограниченную роль. Однако в связи с истощением запасов рыбы и морепродуктов в мировом океане с их помощью может состояться такой же переход, какой имел место тысячи лет назад – переход от присваивающего хозяйства к производящему. Уже сегодня объем производства аквакультуры приближается к 50 % мирового производства рыбы и морепродуктов и составляет десятки миллионов тонн. Но потенциально на морефермах можно производить в несколько раз больше продовольствия, причем белкового. Ведь в отличие от суши, где почти не осталось пригодных для сельского хозяйства земель, водные территории практически не освоены. Словом, переход от вылова к искусственному выращиванию может решить вопрос о продовольствии для растущего населения.

Мы также полагаем, что биотехнологии вместе с нанотехнологиями сыграют (и уже играют) важную роль в функционировании безотходного производства и самоочистке.

В 2000-х гг. было много прогнозов о скором прорыве нанотехнологий, однако последние пока не играют важной роли. Мы полагаем, что взлет нанотехнологий произойдет не ранее 2050-х гг. В принципе эти тех-

нологии позволят работать на молекулярном и даже атомном уровне. Это даст возможность создавать огромное количество новых материалов с особыми свойствами и позволит внедрить самоуправляемость во множество систем, включая физиологические, а также существенно продвинуться в плане экономии энергии и ресурсов. В настоящий момент стоит указать на растущую роль нанотехнологий как части медицинских и биотехнологий, в частности в производстве вакцин.

Робототехника будет, разумеется, развиваться не только в медицине, хотя, возможно, роботы-няньки будут наиболее распространенным типом робота. Мы полагаем, что получат массовое распространение роботы, которые заменят людей в сфере обслуживания, в том числе в общепите, гостиницах, клининговых компаниях и т. п. Также распространятся дроны (в том числе и для доставки товаров) и самоуправляемые автомобили. Развитие робототехники может происходить в значительной мере за счет того, что роботы станут все более востребованными в военных целях (и, вероятно, также в космосе и на опасных производствах). Военные технологии во все времена прокладывали путь для инноваций. Все более умными и распространенными будут становиться боевые роботы, роботы-спасатели (саперы и т. п.), беспилотные передвижные средства и пр.

Аддитивные технологии (3D-принтеры) – это новая универсальная технология, которая позволяет с помощью особых устройств и различных материалов создавать самые разные объекты. Эти объекты формируются путем последовательного наращивания слоев материала согласно компьютерной трехмерной модели объекта (этот процесс часто, но не совсем верно называют печатанием, однако фактически это именно наращивание). Такие технологии используются в металлургии и строительстве, машиностроении (для создания деталей), в домашних условиях и мастерских, в музеях (для «печати» копий уникальных экспонатов), в медицине (для создания аналогов тканей, хрящей и костей, органов и т. д.). По нашему мнению, в медицине они окажутся особенно востребованными. Мы полагаем, что массовое распространение таких технологий произойдет в 2040–2050-е гг.; они позволят резко расширить создание небольших партий и наладить мелкосерийное производство, которое сегодня часто бывает невыгодным. При этом подобные технологии могут совмещаться с другими, например роботами. Ученые из Университета Осло в Норвегии с помощью 3D-печати создали самообучающихся роботов, которые имеют 3D-принтеры и способны чинить свои или чужие поломки, создавая нужную деталь (Есакова 2014).

Когнитивные технологии. Одним из наиболее прорывных направлений когнитивной науки и в целом кибернетической революции могут стать нейроинтерфейсы, или интерфейсы «мозг – компьютер». Это техно-

логии, создающие взаимодействие между нервной системой человека и внешними устройствами. Принципиальным достижением когнитивных наук является возможность управления искусственными органами с помощью сигналов мозга, как это делают здоровые люди. Данная инновация позволяет надеяться, что со временем сотни миллионов инвалидов с помощью таких устройств смогут в значительной мере компенсировать свои физические ограничения, освободив множество людей от необходимости помогать им. Вероятно, нейроинтерфейсы в будущем могут применяться не только в медицине, но и в повседневных занятиях.

В целом достижения когнитивистики уже используются и в еще большей степени станут использоваться в будущем в различных областях, движущихся по пути самоуправляемых систем, – от медицины до робототехники. Однако на пути развития этого направления стоят серьезные технические и социальные, а также моральные трудности. Поэтому мы полагаем, что когнитивные технологии активно проявят себя на поздних периодах кибернетической революции. Стоит добавить, что секретные службы активно изучают возможности когнитивных технологий, чтобы использовать их в своих целях. Здесь тоже таятся проблемы.

Заключение

Таким образом, в ближайшие несколько десятилетий нас ждут очень крупные технологические изменения, а также ускорение технологического прогресса, которое должно смениться некоторым его замедлением, ощущаемым с 1980–1990-х гг. В результате процессов, связанных с завершающей фазой кибернетической революции, сформируется и достигнет широкого распространения шестой технологический уклад в виде МАНБРИК-конвергенции. Общими характеристиками шестого технологического уклада станут широкое развитие самоуправляемых систем и новая фаза экономии человеческого труда – прежде всего в его интеллектуальной форме, но также и в сфере обслуживания, где сегодня в развитых странах занято большинство трудоспособного населения.

Это также приведет к широкому распространению социально-технических самоуправляемых систем, которые значительно повлияют на социально-политические структуры и государство, а также на финансовую систему. Технологический прогресс будет идти в тесной связке с процессом глобального старения, который усугубится и приведет к многочисленным изменениям, включая резкое повышение роли медицинских и связанных с ними технологий. Фактически для поддержания возросшей продолжительности жизни и ее высокого биологического качества начнет формироваться особая технобиологическая (медицинская) среда, в которой все большая часть населения будет проводить все более продолжи-

тельное время. На базе таких процессов начнет формироваться новый тип общества – кибернетическое общество.

Библиография

- Акаев А. А. 2012.** Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Шумпетера – Кондратьева. *Кондратьевские волны: аспекты и перспективы* / Ред. А. А. Акаев, Р. С. Гринберг, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 110–135. Волгоград: Учитель.
- Гринин Л. Е. 2006.** *Производительные силы и исторический процесс*. 3-е изд. М.: URSS.
- Гринин Л. Е. 2019а.** Первый технологический уклад. *Длинные волны, современная экономика и перспективы грядущих трансформаций в XXI веке* / Ред. Л. Е. Гринин, В. М. Бондаренко, с. 178–182. М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель».
- Гринин Л. Е. 2019б.** Второй технологический уклад. *Длинные волны, современная экономика и перспективы грядущих трансформаций в XXI веке* / Ред. Л. Е. Гринин, В. М. Бондаренко, с. 183–190. М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель».
- Гринин Л. Е. 2019в.** Третий технологический уклад. *Длинные волны, современная экономика и перспективы грядущих трансформаций в XXI веке* / Ред. Л. Е. Гринин, В. М. Бондаренко, с. 191–194. М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель».
- Гринин Л. Е. 2021а.** Четвертый технологический уклад (конец 1940-х – начало 1980-х гг.): расцвет и закат промышленного капитализма. *Кондратьевские волны: технологические и экономические аспекты* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 171–186. Волгоград: Учитель, 2021.
- Гринин Л. Е. 2021б.** Пятый технологический уклад (1980-е гг. – настоящее время). *Кондратьевские волны: технологические и экономические аспекты* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 187–193. Волгоград: Учитель, 2021.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015а.** Кибернетическая революция и шестой технологический уклад. *Историческая психология и социология истории* 8(1): 172–197.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л. 2015б.** *От рубил до нанороботов. Мир на пути к эпохе самоуправляемых систем (история технологий и описание их будущего)*. М.: Моск. ред. изд-ва «Учитель», 2015.
- Гринин Л. Е., Гринин А. Л., Коротаев А. В. 2020.** Эволюция динамики темпов технологического роста в историческом процессе и сингулярность. *Эволюция: Эволюционные грани сингулярности* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, с. 177–244. Волгоград: Учитель.
- Есакова П. 2014.** В Норвегии распечатали самообучающихся роботов. *Look at Me* 13 ноября. URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/experience-news/209343-3d-robot>.
- Кузнецова В. В., Машкина О. А. 2020.** Трудовая миграция и проблемы обучения детей рабочих-мигрантов в Китае. *История и современность* 2(36): 46–69.

- Фукуяма Ф. 2004.** *Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции*. М.: АСТ.
- Barnes R. 2021.** Microsoft, Oracle and Other Tech Giants Team up on COVID-19 Vaccine “Passports”. *Tech Compsmag*. URL: <https://www.compsmag.com/news/technology/microsoft-oracle-and-other-tech-giants-team-up-on-covid-19-vaccine-passports/>.
- Chin J., Wong G. 2016.** China’s New Tool for Social Control: A Credit Rating for Everything. *The Wall Street Journal* November 28. URL: <https://www.wsj.com/articles/chinas-new-tool-for-social-control-a-credit-rating-for-everything-1480351590>.
- Creemers R. 2018.** *China’s Social Credit System: An Evolving Practice of Control* (SSRN Scholarly Paper No. ID 3175792). Rochester, NY: Social Science Research Network. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3175792>.
- Dator J. 2006.** Alternative Futures for K-Waves. *Kondratieff Waves, Warfare and World Security* / Ed. by T. C. Devezas, pp. 311–317. Amsterdam: IOS Press.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2016.** *The Cybernetic Revolution and the Forthcoming Epoch of Self-Regulating Systems*. Moscow: Moscow Branch of “Uchitel” Publishing House.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2017a.** Forthcoming Kondratieff Wave, Cybernetic Revolution, and Global Ageing. *Technological Forecasting and Social Change* 115: 52–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.09.017>.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2017b.** The MANBRIC-Technologies in the Forthcoming Technological Revolution. Industry 4.0 – Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape: What is Coming on Along with the Fourth Industrial Revolution / Ed. by T. Devezas, J. Leitão, A. Sarygulov, pp. 243–261. Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2020.** A Quantitative Analysis of Worldwide Long-Term Technology Growth: From 40,000 BCE to the Early 22nd Century. *Technological Forecasting and Social Change* 155 (June): 119955. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119955>.
- Grinin L., Grinin A., Korotayev A. 2021.** COVID-19 Pandemic as a Trigger for the Acceleration of the Cybernetic Revolution, Transition from E-Government to E-State, and Change in Social Relations. *Technological Forecasting & Social Change*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121348>.
- Grinin L., Korotayev A., Tausch A. 2016.** *Economic Cycles, Crises, and the Global Periphery*. N. p.: Springer International Publishing.
- Hasan H. R., Salah K., Jayaraman R., Arshad J., Yaqoob I., Omar M., Ellahham S. 2020.** Blockchain-based Solution for COVID-19 Digital Medical Passports and Immunity Certificates. *IEEE Access* 8: 222093–222108. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043350>.
- Jotterand F. 2008.** *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*. N. p.: Springer Science & Business Media.

- Lynch Z. 2004.** Neurotechnology and Society 2010–2060. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1031: 229–233.
- Ram N., Gray D. 2020.** Mass Surveillance in the age of COVID-19. *Journal of Law and the Biosciences* 7(Isaa023). URL: <https://doi.org/10.1093/jlb/Isaa023>.
- Sithigh D. M., Siems M. 2019.** The Chinese Social Credit System: A Model for Other Countries? *The Modern Law Review* 82(6): 1034–1071. URL: <https://doi.org/10.1111/1468-2230.12462>.
- Stanley J., Granick J. S. 2020.** The Limits of Location Tracking in an Epidemic. *Aclu* April 8. URL: https://www.aclu.org/sites/default/files/field_document/limits_of_location_tracking_in_an_epidemic.pdf.
- Sulochanan Karthick Ramanathan S., Kamal Basha R. F., Banu A. 2021.** A Novel Face Recognition Technology to Enhance Health and Safety Measures in Hospitals Using SBC in Pandemic Prone Areas. *Materials Today: Proceedings*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.336>.
- Technavio. 2020.** Global 3D Facial Recognition Systems Market 2018–2022. URL: <https://www.technavio.com/report/global-3d-facial-recognition-systems-market-analysis-share-2018>.
- UNeGovDD. 2013.** E-Government. The United Nations E-Government Development Database. URL: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/UNeGovDD-Framework>.
- Wang S., Ding S., Xiong L. 2020.** A New System for Surveillance and Digital Contact Tracing for COVID-19: Spatiotemporal Reporting over Network and GPS. *JMIR mHealth and uHealth* 8(6): e19457.
- WHO. 2020.** Immunity Passports in the Context of COVID-19. URL: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/immunity-passports-in-the-context-of-covid-19>.