

## О МЕСТЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

**В.Л. Чечулин**, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

**В.Н. Стрельников**, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

Описана система технологических укладов, образующих соподчинённые уровни; указано на гносеологические основания конечности технологических укладов. Определено место нанотехнологий в системе технологических укладов, как материальной прикладной области современных вычислительных систем и информационных технологий. Подчёркнуто, что научно – технологический суверенитет в области нанотехнологий обеспечивается научно – технологическим суверенитетом в области компьютерной техники и программного обеспечения.

**Ключевые слова:** *система технологических укладов, информационные технологии, математическое моделирование, нанотехнологии, научно-технологический суверенитет.*

### Введение

Для стратегического планирования экономического развития в его структурных взаимосвязях одним из ключевых представлений является понятие технологического уклада. Понятие «технологический уклад» было введено в научный оборот российскими экономистами Д.С. Львовым и С.Ю. Глазьевым. В работах [4] и [5] определён внутренний смысл данного термина и рассмотрены периоды доминирования технологических укладов.

Технологический уклад – это целостное и устойчивое образование, в котором осуществляется замкнутый цикл, состоящий из добычи и получения первичных ресурсов, всех стадий их переработки и выпуска набора конечных продуктов, удовлетворяющих соответствующему типу общественного потребления. В [4] С.Ю. Глазьев характеризует его «как некоторую совокупность подразделений,

близких по качественным характеристикам технологии ресурсов и выпускаемой продукции», т. е. понимает его как хозяйственный уровень. Технологический уклад отличается единым техническим уровнем составляющих его производств, опирающихся на общие ресурсы квалифицированной рабочей силы, общий научно-технический потенциал и пр.

В основаниях науки система технологических укладов экономики рассматривается в связи с общегносеологическими закономерностями развития экономики (структурой причинно-следственных связей) [8, с. 127–128]. В связи с определённой гносеологической структурой отражения действительности в сознании человека указывается на конечность количества технологических укладов [9], что требует конкретизации того, к какому технологическому укладу относятся современные достижения науки.

### Система технологических укладов

В результате исторических исследований экономической активности выделено становление и смена пяти технологических укладов в мировой экономике в течение последних трех столетий [4]. Периоды доминирования пяти последовательно сменявших друг друга технологических укладов, включая информационный технологический уклад (пятый), приведены на рисунке.

Как видно из структуры технологических укладов, переход от одного уклада к следующему выражался в качественном изменении технологического содержания уклада, но это «наружная», видимая сторона. Со стороны содержательной, переход от одного технологического уклада к следующему связан с усложнением понимания причинности в реализации технологий.

Как было показано в [8, гл. 17], развитие экономики в определённые однородные периоды (примерно соответствующие периодам общественно-экономических формаций) содержало в себе определённые подпериоды развития:

«4–5. Переход от капитализма к социальному обществу содержит 5 подперио-

дов, связанных с освоением производства и использования энергии:

5.1. Механическая энергия (природная или от сжигания топлив в тепловых машинах).

5.2. Локальное производство энергии (двигатели, транспорт).

5.3. Промышленное производство электрической энергии и передача её на расстояние для использования.

5.4. Повседневное использование электроэнергии в быту (освещение, приготовление пищи, холодильники и т.п.).

5.5. Массовое использование электрических систем связи (радио, телефон, телевидение, Интернет и т.п.).

То, каково социальное общество, зависит уже не от техники, а от свойств самого человека<sup>1</sup>» [8], см. также [11].

Для пятого периода развития экономики в указанные подпериоды развития характерно овладение технологиями получения и использования энергии. Овладение такими технологиями проходит эти пять подпериодов, соответствующих, с содержательной стороны, уровням причинности, реализуемым в технических устройствах (уровни причинности

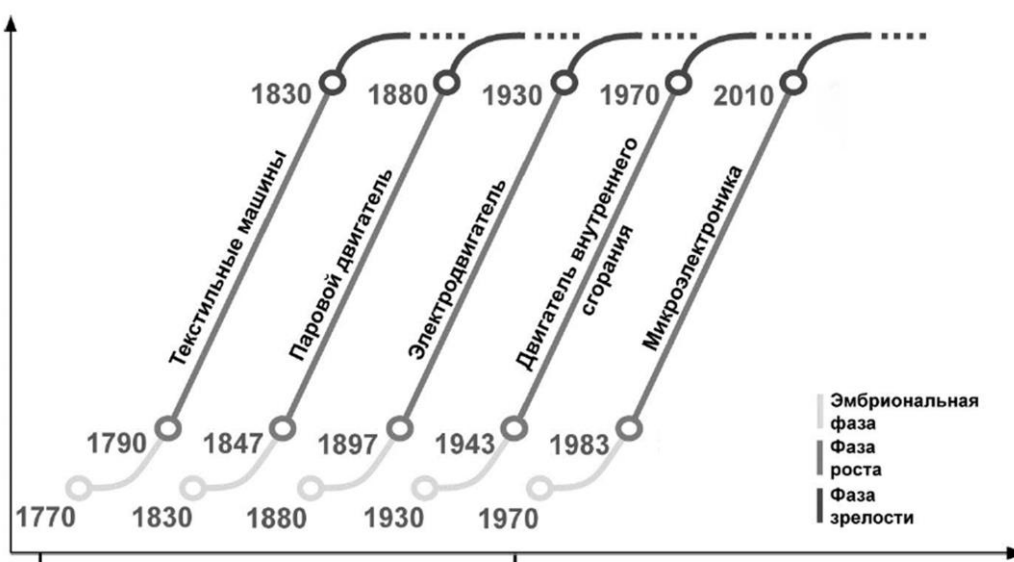


Рис. Периоды появления технологических укладов [4]

<sup>1</sup> Эти свойства человека, связанные со свободным воспроизводством следующих поколений, обсуждались отчасти в [1].

представлены в табл. 1), с другой стороны, в техническом выражении – это пять известных технологических укладов (описанных в [3]), см. также табл. 2.

В табл. 2 приведено сопоставление уровня причинности и его технической реализации, содержательное совпадение весьма очевидно.

В [8] было указано на конечность технологических укладов, наглядно иллюстрируемую рассуждениями: «подпериоды 5-го периода развития экономики содержательно соответствуют так называемым «технологическим укладам», из чего следует, что количество технологических укладов конечно и равно пяти, при этом современный технологический уклад (пятый, с вычислительной и информационной техникой) является предельным».

Рассмотрим это подробнее. В онтологическом плане структура научного знания по предметной области подразделяема, соответственно онтологической структуре, на науки [8, с. 129]:

iii) изучающие самого человека и системы, неотделимо включающие в себя самого человека;

ii) изучающие логические построения (теории, информатика в целом);

i) изучающие материальный мир.

Соответственно этой онтологической структуре уровни отражения в сознании действительности проецируются сначала на теории, которые затем позволяют создавать определённые технологии, т.е. порядок в окружающий мир вносится созна-

тельно (более подробно это рассмотрено в [8]). Таким образом, и достижения информационных технологий (информатика, языки программирования, информационные системы), имеющие частичное отношение ко второму онтологическому уровню, являются инструментом для изучения, упорядочения материально-вещественной действительности – инструментом для естественных наук. То есть современные достижения естественных наук (химии, биологии, медицины) базируются на достижениях информатики и являются частными достижениями – приложениями информационных методов к этим материальным предметным областям, которые не образуют поэтому отдельного технологического уклада.

Коротко говоря, частные достижения естественных наук, использующих информационные технологии, свойственные пятому (современному) технологическому укладу, не являются отдельным технологическим укладом, не образуют отдельного уровня реализации причинно-следственных связей над уже известной системой уровней причинности.

### Содержание пятого технологического уклада

Указанные выше пять технологических укладов характеризовались тем, что на каждом из них выполнялось определённое технологическое структурирование потоков энергии. Или, говоря иначе, переход от технологического уклада

Таблица 1

Уровни представлений о причинности [8]

Номер уровня	Содержание представлений о причинности
1	Допричинность (синкретизм)
2	Первая, ближайшая причина
3	Бесконечный ряд (круг) причин
4	Произвольная (от человека) во времени причинность. Причины естественные (природные) и произвольные (причинная база функционального эксперимента)
5	Неопределённо большие совокупности причин («массовая», социальная причинность)
6	Самопричинность <sup>2</sup>

<sup>2</sup> В онтологическом плане такая самопричинность – это третий (высший) тип причинности: 1) естественная причинность (материального мира), 2) произвольная причинность во времени, 3) надвременная, непредикативная причинность.

Подуровни развития экономики и технологические уклады [8]

Технологические уклады	Подпериоды развития экономики
1. (1770–1830 гг.) Текстильные машины	5.1. Механическая энергия (природная или от сжигания разных топлив в тепловых машинах), непосредственное использование энергии на месте получения (нет причинного ряда передачи энергии)
2. (1830–1880 гг.) Паровой двигатель, станки	5.2. Локальное производство энергии (двигатели, транспорт), передача энергии для использования в ближайшее место, устройство (причинный ряд соответствует ближайшей причине)
3. (1880–1930 гг.) Электродвигатель, сталь	5.3. Промышленное производство электрической энергии и передача её на расстояние для использования многими пользователями (причинный ряд соответствует ряду, дереву причинно-следственных связей)
4. (1930–1970 гг.) Двигатели внутреннего сгорания, нефтехимия, <бытовая техника>	5.4. Повседневное использование электроэнергии в быту (освещение, готовка, холодильники и т.п.); (причинный ряд соответствует наличию произвольной причинности потребителя энергии)
5. (с 1970 гг.) Микропроцессорные компоненты	5.5. Массовое использование электрических систем связи (радио, телефон, телевидение, Интернет), (причинный ряд соответствует наличию массовой (социальной) причинности, организующей и потребляющей информационные потоки)

к следующему характеризовался более сложным сознательным структурированием энергетических потоков. С другой стороны, внешнее сознательное структурирование действительности человеком имеет основания во внутренних структурах сознания – сопоставлены уровни осознания причинности (проявляющиеся в структурировании экономики) и технологические уклады.

В конце XX в. была развёрнута дискуссия о содержании текущего (пятого) технологического уклада, соответствующего массовому типу причинности [3].

Отмечалось совершенствование ключевого фактора и ядра пятого технологического уклада, в состав которого входят микроэлектронная промышленность, программное обеспечение, информационно-коммуникационные технологии, приборостроение, радиотехническая промышленность, промышленность средств связи, лазерная техника – основные открытия и изобретения появлялись на основе этих достижений, без качественного скачка, характеризующего смены предыдущих укладов (см. рисунок).

Предел устойчивого роста пятого технологического уклада видится уже близким. В связи с использованием достижений этого уклада (информационных

технологий) границы между базовыми технологиями (биотехнология, нанотехнология, технология материалов и информационная технология) все больше стираются. Заметную роль в этой совокупности играют нанотехнологии, так как с ними связано дальнейшее развитие и углубление таких отраслей и наук, как информатика, молекулярная биология, геновая инженерия, медицина.

Помимо отраслей ядра текущего (пятого) технологического уклада, подъем предполагался и в его несущих отраслях. К ним относятся несущие отрасли пятого технологического уклада – электротехническая, авиационная, ракетокосмическая, атомная отрасли промышленности, приборостроение, станкостроение, образование и связь; революция ожидалась также и в здравоохранении (основа которого – применение точных технологий и методов диагностики генетически обусловленных болезней), и в сельском хозяйстве (базируясь на достижениях молекулярной биологии и геновой инженерии). В связи с появлением наноматериалов в число несущих отраслей текущего технологического уклада также входят химико-металлургический комплекс и всякого рода строительство.

Как видно, содержание этих новых научно-технических достижений является лишь результатом приложения достижений пятого технологического уклада (ЭВМ и программных средств, информатики, ii-го онтологического уровня) в отдельных прикладных областях (материального i-го онтологического уровня) но это содержание, свойственное каждой отдельной материальной предметной области (медицине, биотехнологиям, нанотехнологиям и т.п.), не носящее характера всеобщности.

Содержание материальных достижений пятого технологического уклада соответствует материальной реализации массовой причинности в материальной предметной области, будь это селекция [12], нанотехнологии и т.п. прикладные отрасли науки.

#### **Нанотехнологии как приложение информатики в химии**

Если в современной селекции в самых сложных исследованиях устанавливается (при картировании генома) влияние генов на алгоритмы и комплексы химических реакций в растении и производится отбор на оптимизацию этих алгоритмов увеличение для увеличения коэффициента полезного действия по усвоению фотосинтетически активной радиации и за счёт этого повышения урожайности, то при этом и картирование генома, и описание алгоритмов и комплексов химических реакций в растении выполняется посредством современных достижений прикладной информатики (приборов, компьютеров и соответствующего программного обеспечения). В случае нанотехнологий достижения информатики также служат инструментом анализа, прогнозирования и задания свойств получаемых материалов.

Так, например, при создании технологий получения «нано- и ультрадисперсных порошков металлов и их оксидов, находящихся все большее применение в качестве наполнителей полимерных компози-

ционных материалов» [7, с. 72], анализ полученных материалов вёлся посредством «сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе “Hitachi S-3400N” (Япония)» [7, с. 73], для расчета свойств наноматериалов применялись математические модели, обобщаемые по данным экспериментов в ЭВМ, – было «показано влияние предельной плотности упаковки порошков алюминия на вязкость олигоденуретановой наполненной композиции с использованием полуэмпирического уравнения Муни» [7, с. 75]; опять же посредством приложения информатики к обчёту идентифицированных по опытным данным математических моделей были «определены значения энергии активации вязкого течения исследуемых композиций (которую определили по уравнению Аррениуса – Френкеля – Эйринга). Установлено, что наименьшей энергией активации вязкого течения обладают композиции, содержащие нанодисперсный алюминий, покрытый фторсодержащими соединениями» [7, с. 75].

Как видно из этого примера, нанотехнологии представляют собой неразрывный синтез достижений информатики (пятого технологического уклада) и современной химии – синтез в виде приложения информатики в предметной области химии и науки о материалах. В иных нанотехнологических исследованиях наличие указанного синтеза информатики и материальной предметной области науки также легко прослеживаемо.

#### **Прикладные выводы**

Очевидно, что научно-технологический суверенитет Российской Федерации является не просто частью конституционно понимаемого суверенитета страны (ст. 3, 4. Конституции РФ), но и основанием его (суверенитета) поддержания и сохранения, – в связи с этим соответственны и указы Президента РФ, направленные на «поддержание научно-технологического потенциала развития экономи-

ки» [2, III, 14, п. 4)], обеспечение «национальной безопасности в области науки, технологий и образования» [1] и т.п.

В содержательном же плане из рассмотрения конкретной области нанотехнологий, как реализуемой в рамках текущего (пятого технологического уклада), видно, что научно-технологический суверенитет РФ в области нанотехнологий

технологически основывается на научно-технологическом суверенитете в широкой области информатики (вычислительной техники, приборостроения и т.п.). Таким образом, определение места нанотехнологий в системе технологических укладов позволяет указать технологические основания достижения научно-технологического суверенитета в этой области.

#### **Библиографический список**

1. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации: от 31 декабря 2015 года №683. [Электронный ресурс]. – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/40391/page/1> (Дата обращения 17.10.2018).
2. О стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. №208 [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41921> (Дата обращения 17.10.2018).
3. Глазьев С.Ю. Новый технологический уклад в современной мировой экономике // Международная экономика. – 2010. – № 5. – С. 5–27.
4. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития // Междунар. фонд Н.Д. Кондратьева. – М.: ВладДар, 1993. – 310 с.
5. Глазьев С.Ю. Эволюция технико-экономических систем. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
6. Конституция Российской Федерации. Научно-практический комментарий и семантический словарь / под общ. ред. И.С. Яценко. – М.: Бератор-Пресс, 2003. – 750 с.
7. Королёва Е.В., Лебедева И.И., Вальцифер В.А., Стрельников В.Н. Исследование взаимодействия олигоденуретанэпоксида с мезопористым диоксидом кремния, содержащим дикарбоновую кислоту // Перспективные материалы. – 2011. – № S13. – С. 438–444.
8. Чечулин В.Л. История математики, науки и культуры (структура, периоды, новообразования): монография; – Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013. – 166 с.
9. Чечулин В.Л., Ткаченко Е.Р. Конечность технологических укладов // Чечулин В.Л. Статьи в журнале «Университетские исследования» 2009–2014 гг.: сб.; – Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – С. 587–597.
10. Чечулин В.Л. Логико-семантические модели в психологии и их приложение: монография; – Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – 142 с.
11. Чечулин В.Л. История математики и её методологии (структуры и ограничения): монография; – Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – 154 с.
12. Чечулин В.Л., Никитская Н.И. К вопросу о периодизации развития селекции в сельском хозяйстве // Агротехнологии XXI века: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – ФГБОУ ВО «Пермский гос. аграрно-технологический ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова», 2017. – С. 54–58.

**ABOUT THE PLACE OF NANOTECHNOLOGIES  
IN THE SYSTEM OF TECHNOLOGICAL WAYS**

**V.L. Chechulin**, V.N. Strelnikov

*Perm State National Research University*

The article describes the system of technological ways that form the coordinated levels; it also reveals the gnoseological basis of the finiteness of technological ways. The place of nanotechnologies in the system of technological ways as a material-applied area of modern computing systems and information technologies is defined. It is emphasized that scientific and technological sovereignty in the field of nanotechnologies is ensured by scientific and technological sovereignty in the field of computer equipment and software.

*Keywords:* system of technological ways, information technologies, mathematical modeling, nanotechnologies, scientific and technological sovereignty.

**Сведения об авторах**

*Чечулин Виктор Львович*, старший преподаватель кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности, Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; *Стрельников Владимир Николаевич*, доктор технических наук, профессор кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности, ПГНИУ, e-mail: svn@itc.perm.ru

*Материал поступил в редакцию 02.11.2018 г.*