

## ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ: ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, МОДЕЛИ

СУХАРЕВ ОЛЕГ СЕРГЕЕВИЧ,

доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,  
ИЭ РАН,  
e-mail: mail@osukharev.com

*В статье предпринята попытка очертить контуры институциональной теории технологических изменений, дано определение технологии, определены типы и классы, осуществлена классификация технологий по различным критериям. Проведена элементарная формализация процесса смены технологий и получено для фирмы институциональное правило роста, а также показана постановка структурной задачи технологического выбора.*

**Ключевые слова:** технология; институты; технологические изменения; трансакционные издержки; выбор.

## INSTITUTIONAL THEORY OF TECHNOLOGICAL CHANGE: DEFINITION, CLASSIFICATION, MODELS

SUKHAREV OLEG, S.,

Doctor of Economic Sciences (PhD), Professor, Senior Researcher,  
IE of RAS,  
e-mail: mail@osukharev.com

*The author attempts to outline the institutional theory of technological change, a definition of technology, defined by types and classes and to classify technologies according to various criteria. The elementary formalization of technology change process is held; an institutional rule of growth for the firm is obtained, and also the production process of the structural problem of choice is shown.*

**Keywords:** technology; institutions; technological change; transaction costs; the choice.

**JEL:** O12, O14, O33, O43.

### 1. Технологии: классификация и структура

Существует много таксономических схем технологий и технологического развития<sup>1</sup>. Здесь не ставилась цель их повторить либо подробно описать. Можно выделять типы технологий, привязываясь к видам деятельности, либо к характеристическим параметрам самих технологий. Подход с позиций выделения исторических этапов развития техники и технологий, видов производства получил наименование технико-экономических парадигм на Западе и технологических укладов в России (Перес, 2011; Глазьев, 1993). С точки зрения экономической методологии эти подходы одинаковы. Выделяется некий этап развития – период времени (с момента первой промышленной революции), на котором доминируют отдельные производства и технологии. Один этап сменяется другим, при этом по мере эволюции сам интервал времени такого доминирования сокращается от 60 до 40 лет. Однако границы периодов точно не определимы. Причём основной акцент делается на доминирующую отрасль (сектор) экономики, либо вид деятельности,

<sup>1</sup> Здесь имеется в виду большей частью техническая литература, которая не приводится по понятной причине.

энергоноситель и новые технологии, которые начинают активно использоваться на данном историческом интервале.

Технико-экономические парадигмы (технологические уклады) нумеруются порядковой цифрой по возрастающей по мере смены исторического периода, на которой регистрируется влияние той или иной технологии (совокупности технологий, часто совсем не сопряжённых) и отраслей или секторов. Также смену технико-экономических парадигм привязывают к длинной волне (Кондратьев, 2002). Конечно, подобный схематичный подход обладает всеми недостатками обычной классификации (Перес, 2011). Регистрация нового вида деятельности, новой технологии не означает, что эта технология будет уже доминировать на следующем историческом интервале, скажем в 40 лет. Вообще, по какому показателю определять доминирование – числу занятых, объёму производства и вкладу в ВВП, полученному с помощью этой технологии, либо по факту новизны, что она появилась? Если так, тогда какую долю признать доминированием: 30% или, скажем, 10%, а может быть, 70%? Наименование секторов вбирает в себя «прошлые» сектора, иные технологии, например, тяжёлое машиностроение и электротехническое машиностроение для так называемой 3-ей парадигмы (уклада), и автомобилестроение, тракторостроение, и производство товаров длительного пользования – для так называемой 4-ой парадигмы (уклада). Как видим, представление о доминировании вида деятельности, технологий весьма условное. В связи с чем аналитически-прогнозное и управленческое значение подобных классификационных схем невысокое. Считается, что дан прогноз для так называемой 6-ой парадигмы или уклада (Перес, 2011), но ведь называемые технологии и виды деятельности (а именно: наноэлектроника, нанотехнологии, молекулярные биотехнологии, генетические технологии, новые конструкционные материалы – наноматериалы) известны и видны уже сегодня, причём их перспектива была видна ещё в 1970-ых гг., а по отдельным видам технологий ещё и ранее.

Поэтому прогноз становится «напрашиваемым прогнозом». Иные возможности для неспециалистов не видны. Экономисты, не имеющие инженерного образования и специальной подготовки в области соответствующих разделов техники, могут основать своё мнение только на оценках технических специалистов. А им всегда ясен вектор развития техники и технологии, по крайней мере, следующий шаг. Но будет ли он доминирующим, даже они со 100% точностью сказать не смогут, хотя их оценка будет несравнимо точнее данной экономистами.

Вследствие «комбинаторного» принципа развития техники (Сухарев, 2012; Sukharev, 2013) на следующем шаге может возникнуть новая комбинация, возможность, которая перекроет ту, которая была видна на предыдущем шаге. Чтобы исследовать логику технологических изменений, понять их институциональную природу и продвинуться в создании экономической теории технологического развития, недостаточно использовать агрегатно-ретроспективные схемы описания такого развития. Нужно исследовать структуру технологий, состав, содержание, типы и взаимодействие, взаимосвязи между различными технологиями. Иными словами, макроэкономической (макроструктурной) трактовки здесь явно недостаточно. Нужно проникновение в микроэкономическую суть технологии, что позволит, кстати, снизить напряжённость между исследованием макро- и микроэкономического уровня.

Под технологией в известном смысле понимается мастерство, в отдельных трактовках – мысль, причина, с точки зрения инженерных наук - способ производства, либо совокупность таких способов, включающих операции, приёмы изготовления, организацию технических процессов. Технология может охватывать крупные машины, механизмы и их сочетание. В каждом виде производства имеется свой набор технологий, причём данные приёмы, способы обладают свойством независимости, то есть они никак не сочетаются с иными технологиями в других видах деятельности. Скажем, технологии изготовления пищи и технологии в

текстильной или металлургической промышленности не имеют точек какой-либо плотной связи. Однако информационные и телекоммуникационные технологии могут использоваться в общем технологическом контуре как в пищевой, так и текстильной промышленности, металлургии, электронике, машиностроении и т.д. Они распространяются по всем секторам, выполняя очень похожие функции в каждом из них. Отдельные технологии обнаруживают связь, например, технологии микроэлектроники и нанотехнологии.

В широком смысле под технологией будем понимать совокупность или систему организованных (алгоритмически, процессуально) воздействий на любой объект или ресурс с целью получения событий, происходящих с этим объектом ресурсом, приводящих к желательному (ожидаемому) результату. Под такое определение подпадают и политические технологии управления большими массами людей, технологии управления, организации, контроля, координации, финансовые технологии, информационные технологии и технологии в производстве и технике и др.

Таким образом, технология – это запланированный порядок воздействий. Когда противопоставляют план и рынок, экономисты не обращают внимание на то обстоятельство, что они имеют господство плана, причём тотальное, во многих сферах жизни человеческого общества и сопоставляют несопоставимые вещи. Технология – это всегда некий план, некий порядок вещей, которые обдуманы и расположены в некоторой последовательности заранее. Это природа любой технологии. Тогда технологические изменения – это изменения плана воздействий, порядка расположения, содержания этих воздействий, способа воздействий на объект или ресурс. Иногда изменяется формат воздействия, условия, и это приводит к существенным изменениям «тела» технологии.

Внутреннее строение любой технологии в наиболее общем виде можно представить следующим образом (см. рис. 1).

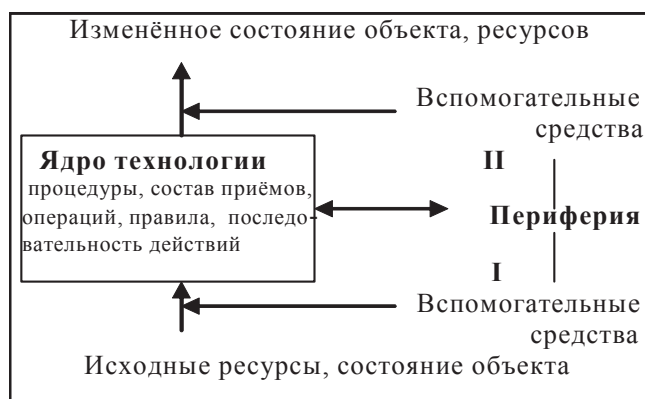


Рис. 1. Строение технологии

Технология имеет условное ядро, складывающееся из элементарных операций, способов воздействия на ресурс или объект (физических, управленческих, организационных, финансовых<sup>2</sup> и др.), правил, которые неукоснительны в исполнении, как и последовательность действий, нарушение которой ликвидирует «содержание» технологии (Сухарев, 2011). Это будет уже иная технология и иной результат. Таким образом, имеется довольно прочная система «внутренних» институтов, опирающихся на физику процесса, технологический смысл воздействия. Данные институты обязательны для агентов, управляющих технологией и реализующих её. Они целиком определяют состав и содержание их действий в процессе производства, фактически программируя производственную систему.

<sup>2</sup> Нужно отметить, что финансовые технологии всегда связаны с решением задач управления. Как таковое управление отдельно от финансов трудно представить в экономической системе. Любые решения касаются финансового потока напрямую или опосредованно.

Именно эти институты определяют форму организации производственного процесса, работу фирмы, на которой применяется данная технология.

Систему вспомогательных средств, не входящих в ядро технологии, можно обозначить как периферию технологии, которая, в отличие от ядра, более податлива к изменениям, предполагает большее разнообразие технических средств и приёмов, которые пригодны к исполнению вспомогательных (инфраструктурных) функций. Эти вспомогательные функции бывают двух типов: I) направленные на подготовку ресурса или объекта к основным методам воздействия, задаваемым ядром; II) направленные на коррекцию и ликвидацию погрешностей, допущенных в ходе воздействия в рамках ядра, доводку блага до необходимых качеств, включая ликвидацию последствий применения технологии, например, утилизацию отходов, снижение уровня загрязнений и т.д. Безусловно, ядро и периферия тесно связаны друг с другом, к тому же, для различных типов технологий может существовать связь между их ядрами и отдельно между периферией. Ко всему, для каждой технологии ядро и периферия обладают той или иной полнотой связи. Одна и та же периферия может обслуживать несколько «технологических ядер», а вот ядра настолько специфичны, что замена ядра означает замену технологии, её существа и, тем самым, появление новой технологии, либо возврат технологии к прежнему ядру, когда новая технология не прижилась и фирма решила возобновить производство на основе прежней технологии.

Если рассматривать технологические изменения как изменения в технологиях и в пропорции между различными типами технологий, а это наиболее приемлемое рассмотрение технологических изменений, потому что наиболее правдоподобное, то и технологическое изменение также бывает, как минимум, трёх типов: затрагивающее ядро, либо периферию, либо и ядро, и периферию. При изменении только периферии технология обычно совершенствуется, повышается качество результата, исходного сырья или объекта, на которое распространяется воздействие. Иными словами, технология обновляется, улучшаются её параметры. При изменении ядра получается новая технология. Более того, когда изменяется ядро, возможны два сценария изменения периферии, когда периферия подстраивается под новое ядро, по сути, новую технологию, либо когда новое ядро обслуживается прежней периферией. В обоих случаях вероятен конфликт между ядром технологии и её периферией. Асинхронность изменений способна резко повысить издержки совершенствования (разработки) и применения технологии. Следовательно, процесс технологического развития, процесс заимствования или создания собственных технологий в сильной степени будет детерминирован состоянием ядра и периферии. Технология представляет собой устойчивый в институциональном смысле комплекс действий. Её внутреннюю устойчивость по отношению к иным технологиям, внешним воздействиям можно обозначить через коэффициент устойчивости технологии ( $K_{UT} = Z_p / Z_n$ ), который определяется отношением издержек периферии ( $Z_p$ ) к издержкам ядра ( $Z_n$ ) технологии. Общая эффективность и «новизна» технологии суммарно будет определяться такими базисными показателями, как материал- и энергоёмкость технологии. Этими показателями должна определяться степень совершенства технологии или технологический уровень производства. Применительно к непроизводственным технологиям таким параметром может выступать величина удельных транзакционных издержек ( $tr = Tr / Y$ , где  $Y$  – объём создаваемого блага, либо число транзакций) или транзакционной ёмкости технологии ( $K_{tr} = Tr_p / Tr_n$ ). Её кстати можно измерять не только издержками транзакций внутри ядра (при выполнении правил ядра и правил периферии), но и числом самих транзакций ( $K_{tr} = N_n / N_p$ ), а также их типом (параллельные, дополняющие, перекрёстные – последние самые конфликтные и потому связаны с наибольшими издержками), по доле преобладания транзакций того или иного типа. Общие издержки технологии складываются из издержек ядра и периферии. Но они включают как транзакционные, так и трансформационные издержки, потому что технология призвана воздействовать на

объект, ресурс с целью изменения его качества. В производстве присутствуют оба типа издержек, применительно к финансовым технологиям, услугам, управленческим решениям, речь необходимо вести о трансакционных издержках.

Важно отметить, что логика, применимая к анализу строения технологии, применима и к описанию взаимодействий, совместной эволюции многих технологий, одновременно действующих в экономической системе. Ряд технологий взаимодействуют, другие никак не связаны, но, в общем, выстраивается некая иерархия на предмет того, какое влияние на создаваемый объём тех или иных благ и валового продукта оказывают те или иные технологии. Некоторые из них играют вспомогательную роль по отношению к остальным, то есть сами по себе исполняют функцию периферии. Если это так, возникает вопрос, какие же технологии являются локомотивом экономического роста, то есть какие ядра, заложенные в них правила обеспечивают наибольший прирост благ и создаваемого с их помощью дохода? Это важный вопрос и довольно сложный, хотя по величине добавленной стоимости, которая создаётся при помощи тех или иных технологий, можно на него дать приемлемый ответ, располагая картой воспроизводимых и применяемых в стране технологий. Этим, кстати, определится доминирующая функция конкретной технологии, либо совокупности технологий, механизм подстройки иных технологий, составляющих по отношению к доминантным периферию – вспомогательные средства.

Роль периферии может оказаться значительнее самих технологий (ядра), так как без вспомогательных средств отдельные технологии либо будут низкоэффективны, либо вообще не могут быть запущены в рамках конкретной экономической системы. Набор ядер технологий совместно с отвечающей им периферией составит технологическую основу экономического роста в рассматриваемой экономической системе. От этого условия будет зависеть и сочетание факторов производства, и совокупная факторная производительность, в итоге, и темп экономического роста. Качественное состояние фондов, труда, технологий (ядер и периферии) сильно повлияет на устойчивость экономического роста, будет ли он долгосрочным, либо ростовая тенденция будет сопровождаться довольно сильными с закономерной частотой возникающими кризисами. Иногда, экономисты приводят аргумент, что для ростовой тенденции необходима такая-то норма накопления, то есть величина капиталовложений в фонды в совокупном продукте страны. Однако эта норма сама по себе не является гарантией роста либо определителем его темпа. Проблема в том, какими технологиями рост осуществляется, что растёт, какова структура капитала, его состояние, а не только величина в продукте. Конечно, недостаток капитала сильно повлияет на период ростовой тенденции, как и то, приведёт ли рост к наращению капитала и увеличению нормы накопления. Технологические изменения, с одной стороны, также зависят от состояния капитала, но они способны, с другой стороны, повысить величину этого капитала и, что особенно важно, улучшить его качественную структуру. Инвестиции в изменение ядра технологий и периферии – это инвестиции различного объёма. Периферия требует, при прочих равных, всё же меньшую величину инвестиций. Поэтому если имеется кризис либо стагнационное состояние экономики, то первым делом изменяется периферия, чтобы повысить эффективность технологий за счёт вспомогательных средств, а далее изменять уже ядро на иных инвестиционных возможностях экономической системы.

По состоянию и изменению ядра и периферии набора технологий можно оценить технологическое состояние экономики и эволюцию этого состояния. Но дать прогноз относительно того, какие типы технологий будут доминировать, скажем через 30-40 лет, по объёму создаваемой добавленной стоимости в ВВП и/или по числу занятых, либо по доле в операциях по созданию различных благ довольно трудно. Отнюдь, это могут оказаться не нанотехнологии, а, например, технологии, искусственного интеллекта, которые тоже известны сейчас и развиваются, либо технологии оказания услуг и передачи информации.

Начав активное инвестирование нанотехнологий (например, за счёт государственных инвестиций) при недостатке технологий производства основных средств производства, возникнет ситуация, когда их доля возрастёт, а адекватного применения в экономике, точек приложения не будет. Значит, либо останется экспортировать эти технологии и результаты, либо развитие данного сектора затормозится, и, безусловно, оно не будет доминирующим в такой экономической системе. Следовательно, принятие инвестиционного решения в технологической области зависит от текущего момента, от состояния технических систем, сопряжения технологий, характера их взаимодействия и взаимосвязи.

Учитывая, что любая классификация условна и схематична, можно выделить два больших типа технологий по типу объекта (ресурса), на который они воздействуют: «реальные» и «виртуальные» технологии. Реальные технологии воздействуют на материальный объект/ресурс. Виртуальные – на нематериальный объект/ресурс, например, информацию, знания, управление и принимаемые решения. В таком случае «реальные» технологии представлены двумя классами – технологиями преобразования живых систем (клетка, клеточные структуры, человек и т.д.) и неживой материи (ресурсы), виртуальные технологии также представимы двумя классами: социально-политическими технологиями, воздействующими на большие массы людей в информационно-психологическом плане, информационно-компьютерными технологиями – Интернет, телекоммуникация, телевидение и связь, искусственный интеллект и др. (см. рис. 2).

Конечно, два класса виртуальных технологий в значительной степени связаны друг с другом, исполняя попеременно роль ядра и периферии. Кстати, это свойство виртуальных «технологий», когда расстояние между ядром и периферией становится «небольшим», или граница – расплывчатой. Виртуальные технологии в большей степени признаются технологиями широкого применения, поскольку охватывают большие массы людей, становятся технологиями общего пользования, подобно товарам широкого потребления. Это коренное изменение в современной экономике, где ранее технологии всегда были предметом промышленного применения, изучались узкими специалистами в конкретных инженерных областях, касались конкретных разделов техники. Сейчас технологически вооружёнными становятся большие массы агентов, причём технологии, например Интернет, не являются дорогими для этих агентов, но позволяют им самостоятельно и высокопроизводительно осуществить поиск и обработку информации.

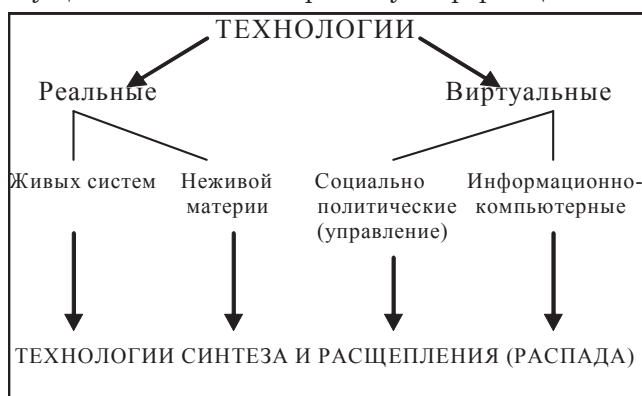


Рис. 2. Типы технологий

Четыре класса выделенных технологий в рамках двух типов (реальных и виртуальных) охватываются ещё двумя классами (по критерию назначения): технологиями синтеза и распада или расщепления.

С точки зрения логики технологического процесса, действительно возможны две манипуляции: либо синтезировать какие-то ресурсы, объекты, причём, как материальные, так и нематериальные, либо их разделить. Теоретически возможен

третий исход – оставить неизменными ресурсы и объекты. Но этот вариант можно рассматривать как нулевой по отношению к синтезу и распаду. По большому счёту технологическую эволюцию можно изучать с позиций ядра технологии и периферии, скрупулёзно точно оценивая эти два важнейших параметра строения технологии (строго в инженерном смысле), а также по изменению соотношения между технологиями, представляя их взаимодействие в виде подобной же дихотомии. Ядро можно рассматривать как совокупность технологий, слагающих производственную основу экономической системы, позволяющей ей наращивать ВВП, а также по сочетанию технологий четырёх типов по признаку объекта/ресурса и двух типов по действию над объектом/ресурсом (по признаку назначения), то есть технологиям синтеза и расщепления. По тому, насколько эффективно реализуются операции синтеза и расщепления, можно судить об эффективности применяемых в стране технологий.

Поскольку существует вариант, когда технологии не обеспечивают ни синтеза, ни расщепления объекта/ресурса, то этот класс технологий можно обозначить как технологии воздействия (например, технологии средств массовой информации, цель которых обеспечить информационное воздействие на большую массу людей, при этом синтеза или расщепления не происходит, особенно если преследуется цель – дать информацию<sup>3</sup>). Таким образом, имеются три типа технологий: воздействия (ТВ), синтеза (ТС) и расщепления (ТР). Приведём примеры технологий, не исчерпывающие полностью по понятным причинам, но демонстрирующие наличие указанных типов технологий, правомерность предложенной классификации.

Так, приводя пример с технологиями живых систем, можно обозначить биохимические технологии, используемые для создания воды с заданными свойствами для потребления биологическими организмами: синтез воды – технология синтеза, гальваническое расщепление – технология расщепления и облужение воды ультрафиолетом – технология воздействия.

Технологии преобразования неживой материи также имеют широкую область применения, они составляют основу технологического развития современных экономических систем. Примером технологий синтеза, расщепления и воздействия является отображённый факт использования ядерных технологий, а именно: термоядерного синтеза (технология синтеза), атомных электростанций – технология расщепления, и радиоизотопный метод обработки материалов – технология воздействия.

К технологиям управления или социально-политическим технологиям можно отнести работу средств массовой информации, информационно-психологическую подготовку социальных протестов, революций, технологии рейдерского захвата собственности, управление социальными институтами и методы антикризисного управления различными экономическими объектами, где чётко выделяются технологии расщепления – выделение отдельных бизнес единиц и частей фирмы для сохранения активов или ведения хозяйственной деятельности, слияние отдельных фирм в концерн или холдинг, ассоциацию, финансово-промышленную группу – технологии синтеза, и искусственное банкротство, либо технологии конкуренции и демпинга – технологии воздействия.

Относительно заключительного выделенного класса технологий – информационно-компьютерных – необходимо сказать, что состав этих технологий довольно разветвлённый, и их число продолжает нарастать год от года, но к основным можно причислить технологии создания программных продуктов, системы искусственного интеллекта и управления, технологии связи, коммуникации, управления базами данных, защиты информации, компьютеров (антивирусная

<sup>3</sup> Общим итогом информационного воздействия может стать либо синтез, либо расщепление массы людей, например, идеологический синтез (единство), либо наоборот, «атомизация» общества (расщепление), но у этого результата будет целый набор причин, поэтому установить точно, что некая информация или поведение соответствующих информационных каналов обеспечили такой результат проблематично.

защита и защита от проникновения) и др. Управление базами данных и защита информации представляют собой в основном технологии воздействия. Выделение локальных сетей подачи информации – технологии расщепления, и интеграция ресурсов на одном сайте или сервере – технологии синтеза.

Технологические изменения происходят не только инкрементально, но и революционно, то есть быстро охватывая экономические системы. Примеры составляют эпохальные инновации, технологии, в которых имеется огромный пласт научной и популярной литературы. Открытие прядильной машины, парового двигателя, затем двигателя внутреннего сгорания, электрической лампочки, радио, атомной энергии, способа передачи видео сигнала на расстоянии (телевидения) являются такими эпохальными открытиями, как и открытия способа перемещения аппаратов тяжелее воздуха над землёй (авиация), и в дальнейшем освоение космоса. Обратим внимание, что в области науки и техники не было прыжков через рубеж развития, все процессы технологического совершенства развивались последовательно, причём сразу по многим направлениям. Многие открытия близки по времени и даже имеют периоды, за которые подготовлено сразу несколько таких фундаментальных открытий. Это центральное свойство научно-технической эволюции, предполагающей аккумуляцию и обработку знаний, с повышением эффективности устройств, приборов, технологий.

Технологии, какие бы они ни были, характеризуются двумя важнейшими экономическими параметрами, которые поддаются анализу на любых интервалах времени, когда существовала статистика, учёт. Это, прежде всего, материалоемкость и энергоёмкость, которые характеризуют ресурсоёмкость или ресурсную эффективность любой технологии. Только для одних технологий ресурс, подлежащий переработке, один, для других – другой. Сама переработка может иметь свою специфику, в частности, переработка информации как ресурса. В таком случае показатели материалоемкости и энергоёмкости могут быть заменены показателем транзакционной ёмкости (транзакционной ёмкости) технологии. Точнее, речь даже не о замене, поскольку энергоёмкость сохраняется как параметр, а о включении новой характеристики данного типа технологий. Этот критерий пригоден и для определения «новизны» технологии, её эффективности. Если совершенно новый способ порождает повышение параметров материалоемкости и энергоёмкости, то новая технология блокируется в применении уже на стадии внедрения. Агенты могут так и не узнать о том, что существовала новая технология, так как она не будет применена. Только спустя годы, когда в силу комбинаторных эффектов и развития сопряжённых технологий удастся либо понизить в целом материалоемкость и энергоёмкость технологической системы, могут открыться возможности для внедрения данной технологии. Подобные исходы сопровождают весь этап эволюции техники и технологий современного мира с момента первых шагов в развитии промышленного производства.

## 2. Экономический анализ технологических изменений

Экономический анализ призван оценить распределение затрат и эффективности по типам имеющихся и используемых технологий, определить отношения между технологиями различного типа и назначения.

Технологические изменения наблюдаются в том случае, когда технологии совершенствуются и появляются абсолютно новые технологии (*Норт, 1997; Schumpeter, 1964; Нельсон и Уинтер, 2000; Глазьев, 1993*).

Новая технология также всегда улучшает параметры материалоемкости и энергоёмкости. Почему людям в принципе они нужны, и зачем совершенствовать технологии или придумывать новые технологии? Ответ на этот вопрос имеет сугубо экономические основания. Агенты стремятся получить результат с как можно меньшими издержками, то есть желают получить наибольший результат (разница между тем, что получено, и тем, что затрачено на получение). Безусловно, различные технологии характеризуются многими параметрами, но что касается так



называемых «реальных» технологий, то обычно улучшению подлежат два базовых параметра – материалоемкости (объем материала на единицу продукта) и/или энергоёмкости (объем потребленной и необходимой энергии на единицу продукта) при создании этой единицы продукта. В более широком ключе можно говорить о благах, включая сюда и услуги, также оперируя указанными параметрами. Только применительно к сектору услуг и используемых в нём технологий, помимо материалоемкости и энергоёмкости, критически важным параметром становится транзакционнойёмкость услуги, сделки, то есть величина транзакционных издержек, приходящихся на единицу материалоемкости и энергоёмкости, либо оказываемой услуги, заключаемой сделки. Если таких услуг и сделок совершается некоторое количество, то легче посчитать или издержки на одного обслуживаемого клиента, или один акт контрактации (удельные транзакционные издержки). Технологический уровень возрастёт, если материалоемкость, энергоёмкость и транзакционнойёмкость по данной технологии понизятся. Именно это стремление заставляет агентов совершенствовать технологии, наращивать этот уровень. Тем самым, цель экономии выступает базисной целью технологического и шире – экономического развития<sup>4</sup>. Конечно, применительно к технологическому развитию, помимо этой цели, имеется стремление открыть что-то новое, то есть познавательная функция агентов является достаточно мощным двигателем в области технологического прогресса. Если бы вид труда по совершенствованию технологий, предположим, не приносил бы экономию в любом её виде, то такой «пустой труд» незачем было осуществлять. Побудительные мотивы отсутствовали. Если бы при этом возникали затраты, а они возникали бы автоматически в связи с потерей времени, по крайней мере, то этот труд невозможно было объяснить без применения иных качественных критериев<sup>5</sup>, не связанных с мотивом самого труда. Конечно, стремиться создать новую технологию можно исходя из мотива ожидаемой прибыли, которую она может принести. Казалось бы, это иной мотив, который можно обозначить не как мотив экономии, облегчения труда, а как мотив обогащения, увеличения богатства. Однако очевидна связь этих мотивов, если вообще не равнозначность, поскольку, экономя, получается дополнительная выгода, которая при ином исходе была бы утрачена. Тем самым богатство также увеличивается. Стремясь получить какой-то кардинально новый способ производства, преследуется цель открыть и занять некую новую рыночную нишу. Ожидая прибыль, можно совершить ошибку, зависеть свои надежды в связи с данной новой технологией. Пока её будете создавать, осуществлять затраты на разработку, другими агентами будет создана иная технология либо усовершенствована прежняя технология, что не даст получить для данного агента прибыль, на которую тот рассчитывал, экономию, которую ожидалось получить. Поэтому технологическое развитие всегда связано с высоким риском непредвидимых потерь, невозвратных издержек. Чем меньше срок создания новой технологии или усовершенствования старой технологии и чем меньше величина инвестиций, при тех же параметрах эффективности технологии, тем выгоднее перейти именно на эту технологию.

Фирма имеет в своём арсенале некоторый набор технологий, причём абсолютно разных по своему уровню совершенства. Технология, экзогенная для данной системы (фирмы или страны), но применяющаяся в иной системе, для данной системы всё равно может рассматриваться как новая технология, хотя формально в строгом смысле она не является новой. Таким образом, даже технологии, ранее использовавшиеся, но «забытые» либо отложенные на какой-то

<sup>4</sup> Эта цель не может не рассматриваться как нерациональная. Более того, отдельные виды человеческой деятельности, в частности, инженерной деятельности, рационалистичны по содержанию самого этого труда. Труд инженера и эта профессия в целом просто понуждают мыслить так, а не иначе. Инженер всегда стремится оптимизировать конструкцию, затраты, найти компромисс между решениями и издержками, которые необходимы для получения этих решений и реализации их на практике.

<sup>5</sup> Можно гипотетически предположить, для аналогии, что процесс зачатия был бы сопряжён с дикой болью и дискомфортом. Очевидно, что в таком случае дело продолжения рода не было бы столь привлекательным, каким оно является, потому как занятие этим процессом приносит наслаждение.

период времени, будучи реанимированными, окажутся для конкретной системы новыми технологиями. Их можно рассматривать как инновацию. Тем более это верно, если применяется комбинаторный принцип, который даёт новое качество при сочетании или некоем пусть и усечённом соединении различных технологий.

Как видим, при оценке технологических изменений, инновационной деятельности, важным является критерий новизны (*Hanusch and Pyka, 2007*). Если какой-то новый способ производства, организации или управления, осуществления транзакций приведёт к большей материалоёмкости, энергоёмкости или транзакционнойёмкости, то, несмотря на его новизну, он не будет внедрён, в таком случае инновация не состоится и новая технология не появится. Легче остаться на прежних позициях, прежнем уровне технологий. Только если старая технология сильно изношена, имеются трудности с её воспроизведением и поддержанием (например, повысившаяся аварийность), то в рамках какой-то системы, не имея альтернатив, когда технология жизненно необходима, издержки могут быть перераспределены в рамках системы так, чтобы внедрить эту новую технологию, применение которой сопровождается ростом материалоёмкости, энергоёмкости и транзакционнойёмкости, возможно и иных значимых параметров, которые в классическом варианте эффективного технологического развития должны, по идее, понижаться.

Эффекты развития, стыковки различных технологий настолько многообразны, что моделирование процесса технологической эволюции может быть осуществлено на основе некоего единого параметра «технологического совершенства», либо набора таких параметров. Кроме того, процесс технологической эволюции по разным типам технологий идёт неодинаково и даже демонстрирует различные закономерности, определяемые содержательной стороной применяемых и изменяющихся технологий. По этой причине требуется получить свои уравнения эволюции технологий, например, для «реальных» и «виртуальных» технологий, также введя возможную взаимную детерминацию, описывающую проникновение и сопряжённость различных типов технологий друг в друга или друг с другом. В методологическом плане такой подход был бы наиболее корректным при изучении технологических изменений. Затем эти технологические изменения, когда их удастся описать как можно более точно, можно ввести в функцию основного капитала и труда и через производственную функцию Кобба-Дугласа представить создаваемый валовой продукт и его рост (*Solow, 2007*). Конечно, получаемые соотношения необходимо проверять для каждой экономической системы отдельно, на своей эмпирической базе.

В любой системе, будь то фирма или государство, может сложиться острая потребность перейти на какую-либо технологию. В зависимости от скорости такого перехода, уровня сопротивления, возникающего вследствие высокой скорости, режим технологических изменений можно обозначить как силовой или принудительный. Уровень адаптации агентов при том довольно низкий, риски технологических провалов высоки, включая и возможности сопряжения с иными технологиями, которые уже применяются, а также с параллельными новыми технологиями, ведь в системе может внедряться одновременно отнюдь не одна новая технология. И эти новые технологии вполне способны помешать друг другу при введении в систему. В условиях кризиса системы к новой технологии иногда прибегают как к некоей панацее, которая выведет систему из кризиса. По существу, технология выступает здесь в качестве антикризисного инструмента. В этом случае скорость введения новой технологии также высока, сопротивление и риск большие, хотя режим введения не назовёшь силовым. Скорее, это антикризисный ответ, либо вынужденный режим. Третий тип режима технологических изменений – это эволюционный или инкрементальный режим<sup>6</sup>. За счёт изучения социо-культурного

<sup>6</sup> В своих ранних работах по реструктуризации промышленности России (1999-2000 гг.) вводил три типа реструктуризации: вынужденная, эффективная и эволюционная. Здесь имеется прямая аналогия с режимами технологических изменений.

и институционального окружения происходит элиминация факторов сопротивления новой технологии, зато и технологические изменения происходят постепенно. Все три режима технологических изменений предполагают применение методов противодействия факторам сопротивления. Эти факторы провоцируются старой технологией и, в большей степени, её инфраструктурой, представленной правилами, к которым привыкли агенты, которые укреплены посредством возникших связей между ними.

В экономической системе всегда имеются два источника технологических изменений – внутренний и внешний. Последний источник обеспечен заимствованием технологий из-за рубежа. Импорт технологий зависит от многих правил, включая правила внешнеэкономической деятельности и режим торговли, но он обнаруживает те же три режима изменений, которые описаны выше. Для страны более выгодна ситуация в условиях технологического отставания покупать технологии за рубежом не просто для ликвидации дефицита в области современных технологий, а когда эти технологии восполняют разрывы в технологических цепочках внутри страны. В таком случае успех заимствования определится состоянием технологических цепочек данной страны, общей величиной затрат на заимствование и внедрение технологии, величиной действующих факторов сопротивления, которые представлены иными позициями (институциональные факторы).

Режим заимствования технологий (трансфер технологий) преследует цели повышения технологического уровня внутри страны или фирмы (восполнения технологического уровня, восстановления технологических цепочек), либо применения заимствуемых технологий напрямую, то есть их непосредственного внедрения. При этом заимствуемая технология может быть внедрена без дополнительных изменений, либо может быть изменена, адаптирована под условия конкретной страны. В таком случае появляется модифицированная заимствованная технология. В экономике могут возникнуть реакции и на само заимствование (реакция притяжения и отторжения), либо на модификацию, когда вероятен вариант невозможности модификации, либо отторжения при модификации или же, наоборот, резкого улучшения свойств технологии при модификации в процессе заимствования. Конечно, модификация требует соответствующей инженерной подготовки, глубоких инженерных знаний и подготовленности производства подобную модификацию осуществить.

Технологические изменения в рамках экономической системы обеспечиваются взаимодействием трёх подсистем:

- 1) институциональной (Нуреев, 2011; Сухарев, 2011), задающей правила получения научно-технических решений (законы, программы, условия регистрации изобретений, открытий, полезных моделей и т.п.), функционирования научных и образовательных учреждений (фундаментальная наука – вузы – НИИ и КБ в государственном секторе и корпорациях), оценки полезности создаваемых благ для потребителей (опытные заводы, специальная технология, серийный выпуск);
- 2) технической, включающей элементы цикла получения научно-технического продукта (от сырья до готового изделия), сюда же относятся и возможности организации опытного и серийного производства, что связывает институциональную и техническую систему<sup>7</sup>;
- 3) финансовая, включающая центральный банк, коммерческие банки, бюджеты всех уровней, кредитное обслуживание (финансовые институты), контрольные органы – счётную палату, налоговые органы и т.д. Эта подсистема влияет на развитие всей экономики, а не только оказывает влияние на технологическое развитие. Однако нужно отметить, что технологичность работы этой

<sup>7</sup> Выделение этих подсистем проводится в целях анализа технологических изменений. На самом деле эти подсистемы сильно связаны друг с другом, точнее, взаимно проникают друг в друга, работают на общий научно-технический результат.

подсистемы сказывается на схемах финансирования науки, инвестирования новых научно-технических разработок и внедрение их в серийное производство.

Таким образом, в институциональном смысле технологическое развитие детерминировано следующими базовыми формальными институтами: законом о промышленной, инвестиционной и инновационной политике, законом об акционерных обществах, о центральном банке и системе коммерческих банков, формами организации промышленности, государственными программами развития и т.д.<sup>8</sup>

Получение научно-технического результата в любой экономической системе подчинено некой логике, которая облекается в те или иные организационные формы. Так, в России Академия наук обеспечивает фундаментальные исследования, то есть создаются «know how», делаются открытия, изобретения. Прикладная наука, представленная отраслевыми научно-исследовательскими институтами и конструкторскими бюро, осуществляет разработку новых технологий, макетов и специального технологического оборудования, высшие учебные заведения ранее всегда помогали отраслевой науке в решении этих задач, имея небольшую долю фундаментальных разработок, опытные фирмы проводили эксперименты, создавали образцы новых средств производства, специальной техники, оборудования, осуществляли отработку технологии, которая затем распространялась на фирмы, осуществляющие серийное производство. Существовали фирмы, специализирующиеся на освоении новой продукции и вспомогательные фирмы, обслуживающие этих флагманов производства. В условиях, когда некоторые звенья описанной цепочки сокращаются в несколько раз, сужаются и возможности получения новых научно-технических результатов, причём эффект многократно усиливается, если сокращение затрагивает все звенья данной системы. Во многих западных странах не существовало отдельных структур проведения фундаментальных исследований, за исключением оборонной тематики и оборонного заказа, специальных проектов, в рамках которых собирались коллективы учёных со всего мира либо из лучших университетов данной страны.

Именно университеты реализовывали функцию проведения фундаментальных исследований. Корпорации, имея собственные лаборатории, сразу объединяли функцию «отраслевой науки», «опытного производства» и серийного производства. Учитывая научно-техническое значение корпораций, возник термин «техноструктура», подчёркивающий важность объединения усилий управления и инженеров в решении научно-технических задач развития экономической системы.

Обе формы организации обеспечили довольно высокий темп научно-технологического развития на протяжении второй половины двадцатого века вплоть до конца 1980-ых гг. Возможно, даже первая система имеет более сильные аргументы, потому что она предполагает план развития всех своих элементов и чёткую концентрацию – специализацию задач технологических изменений и технического развития. Перспектива такого подхода наиболее ценна, она связана с реализацией технологического плана и концентрацией ресурсов под этот план. Большие возможности в части потребления научно-технических результатов второго способа организации будут со временем ограничены по причине насыщения потребительских качеств, предпочтений (Нуреев, 2008).

### 3. Фирма и технологии: институциональное условие роста

Современная фирма сочетает технологии синтеза, расщепления и воздействия, формируя различные их комбинации. Уровень технологического развития и применения технологий зависит от размера фирмы, стоящих перед ней задач, области функционирования (сектор, вид деятельности), успешности

<sup>8</sup> Имеются в виду следующие организационно-правовые формы предприятий: ФГУП – федеральное государственное унитарное предприятие, ГУП – государственное унитарное предприятие, ГНЦ – государственный научный центр, концерны, холдинги, финансово-промышленные группы, технопарки, промышленные и иные ассоциации и др.

деятельности, что выражается в величине совокупного чистого дохода, который получает фирма и часть которого может направить на инвестиции в замену фондов, обновление фондов, проведение НИОКР и развёртывание новых технологий.

На фирме сочетаются технологии двух классов – «реальные» и «виртуальные», причём технологии управления играют всё большую роль в скоростной экономике, изменяющихся моделях конкурентной борьбы.

Фирмы, осуществляющие свою деятельность в технологических нишах, создающих известный класс благ, имеют одну динамику и специализацию, как и сочетание «реальных» и «виртуальных» технологий. Фирмы, которые функционируют в более рискованной зоне изменяющихся технологий и, особенно, в тех секторах, где технологии создаются и конкуренция развёртывается по самим технологиям, показывают другой уровень динамики, технологической специализации, изменчивости и сочетания технологий соответствующих типов. В рамках крупных организованных объединений (концернов, холдингов) возможно сочетание различных фирм и технологий различных типов. Это создаёт возможность обеспечивать финансовую поддержку устаревающим технологиям и новым комбинациям.

Экономический рост фирмы означает увеличение её совокупного дохода, прибыли, расширение доли рынка, хотя бы на одном продуктивном направлении, увеличение персонала<sup>9</sup>. Этот рост может приводить, а может и не приводить к технологическим изменениям. При действующей базовой системе институтов, когда стратегические решения по развитию фирмы принимает собственник, включая приём на работу менеджеров фирмы, его [собственника] интересует величина нормы прибыли (*Ходжсон, 2003; Фуруботн и Рихтер, 2005*).

Институционально норма прибыли является довольно ограниченным параметром – имеется ввиду, что существует несколько институциональных факторов, воздействующих на её величины и на желание бухгалтерских служб закладывать ту или иную величину прибыли. Во-первых, это налоговая система и, в частности, налог на прибыль корпораций, а также иные налоги, касающиеся функционирования фирмы и выступающие альтернативными платежами, способными повлиять и на изменение прибыли. Во-вторых, состояние рынков, на которых действует фирма, уровень монополизма и контроля над потребителем, а также состояние таких институтов, как патентное право, товарные знаки, состояние правовой системы в целом, правовая эффективность хозяйственного поведения<sup>10</sup>. В ходе эволюции фирмы возникают институциональные модели-схемы её поведения, которые детерминируют принятие решений на следующих интервалах её функционирования. Конфликт этих моделей-схем, которые, укоренившись, составляют своеобразные институты поведения фирмы, с изменяющимся окружением (рынками, конкурентами, условиями государственного регулирования и т.д.) порождает либо изменение модели-схемы, чтобы фирма адаптировалась к изменению, либо ухудшение показателей функционирования фирмы с вытекающими эффектами, вплоть до банкротства.

Важным показателем становится объём неверно принятых, ошибочных решений в общем объёме принятых решений, а также масштаб ошибки, так как теоретически вероятность принятия одного, но сильно ошибочного решения может привести фирму к совокупному весьма негативному результату и банкротству. Неудовлетворительный исход для фирмы может возникнуть не в силу опасности банкротства по причине накопленных неверных решений, но даже если показатели хозяйственной деятельности существенно ухудшатся, что сузит возможности фирмы принимать решения, область действий и, в итоге, область принятия решений.

<sup>9</sup> При экстенсивном росте наблюдается обычно увеличение управленцев, вспомогательных служб фирмы, в итоге, накладных расходов, что снижает эффективность роста фирмы. При интенсивном росте увеличивается число рабочих, инженерно-технического персонала, носителей конкретных исполнительских знаний.

<sup>10</sup> Автор подробно изложил представления о правовой эффективности хозяйственной системы в работе «Теория эффективности экономики» (2009) и в ряде ранних статей.

Подобная инерция создаёт потребность быстрых реакций, в таких условиях повышается вероятность ошибки. Необходимо отметить, что институты, которые влияют на норму прибыли, а также на иные параметры функционирования и технологические решения, могут быстро заблокировать исполнение совокупности решений при ухудшении параметров функционирования фирмы. В таком случае для фирмы остаётся реализация стратегии типа «нехватки времени» или совершения действий, лучших из наихудших, которые переводят её в режим нарастающего отставания от конкурентов. Подобная институциональная схема действует и в отношении принятия технологических решений (Сухарев, 2008).

Технологические инновации на фирме имеют общую цель увеличения прибыли (нормы прибыли), что позволяет увеличить долю инвестиций на НИОКР либо закупку новых технологий<sup>11</sup>, тем самым создаётся «ресурсный задел» для реализации следующих технологических инноваций. Разница двух только что названных стратегических линий поведения фирмы состоит в том, что при инвестировании собственных НИОКР фирма фактически финансирует монополизацию права на результаты этих исследований, а в случае закупки готовой техники и технологии фирма не может себя обезопасить от конкурентов, которые могут закупить такую же технологию, либо ещё более совершенную. При инвестировании в свои собственные исследования, создание или совершенствование используемой технологии фирма преследует цель создать монополию, позволяющую укрепить её позиции на соответствующих рынках, либо в перспективе расширить эти рынки. Данная монополия позволит извлечь дополнительную прибыль, которую опять возможно будет использовать на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Возникает своеобразный институциональный цикл, в котором введённые правила заставляют повторять действия одного типа через некоторое время. Кроме того, инвестиции в НИОКР обеспечивают накопление знаний в данном направлении техники и технологии, увеличивают уровень специализации фирмы в данном направлении, создают приоритеты, позволяют повышать качество изделий и создавать новые продукты в будущем.

Накопление знаний позволяет осуществлять технологические инновации, которые бывают трудосберегающими или капиталосберегающими на фирме. Трудосберегающие инновации вытесняют рабочую силу на фирме, а в масштабе экономики способствуют росту безработицы. Темп роста продукта опережает темп роста труда. Капиталосберегающие инновации, наоборот, вытесняют капитал и связаны с экономией средств производства. Эти два типа инноваций на фирме становятся факторами интенсивного экономического роста фирмы, а применительно к экономической системе – роста всей системы. Если происходит экономия сразу двух факторов производства, то имеет место всесторонняя интенсификация экономического роста системы. При этом, как правило, темп роста дохода обгоняет темп роста средств производства и темп роста численности рабочей силы, которая растёт медленнее, нежели капитал, а темп роста удельных издержек снижается. Подобные изменения вызываются только технологическими факторами и приводят к решению задачи экономии ресурсов производства, увеличивают техническую его оснащённость и качество капитала, увеличивают конечный продукт и долю потребления и повышают эффективность данной растущей таким образом экономической структуры.

Изменение технологического уровня любой системы связано с тем, что новые технологии обеспечивают снижение материалоемкости и энергоёмкости производства, причём вне зависимости от того, создаются ли они или заимствуются, то есть, покупаются. Следовательно, введя величину технологического уровня  $U_n$ ,

<sup>11</sup> Задача расщепления инвестиций на две составляющие – на проведение самостоятельных изыскательских работ и на покупку технологий – представляет собой самостоятельную проблему, требующую научного обоснования. Стоит предположить, что её решение будет детерминировано текущим состоянием фирмы, рынков, на которых она функционирует, величиной объёма имеющихся инвестиций и сугубо финансовым критерием распределения средств в зависимости от качественных параметров оценки своей собственной разработки и покупной технологии (критерий качество-цена).

где  $n$  равно некоей технологии в момент времени, в который производится измерение её технологического уровня, так что  $n-1$  – это предшествующая технология,  $n$  – следующая технология, например, после изменения ядра или периферии, либо того и другого, замены технологий. Тогда, можно положить, что для «реальных» технологий, технологический уровень будет:  $U_n = A m^{\nu} e^{\beta}$ , где  $m=M/Y$  и  $e=E/Y$  ( $M$  – материалы,  $E$  – энергия,  $Y$  – продукт) – соответственно материалоемкость и энергоёмкость. Таким образом, чем выше  $U_n$ , тем наиболее устаревшей технологией пользуется фирма. Следовательно, технологический уровень нужно бы измерять:  $u = 1/U_n$ . Эта формула, вводимая по аналогии с производственной функцией, описывает так называемые «реальные технологии». Применительно к «виртуальным» технологиям должна вводиться функция, связывающая технологический уровень со скоростью транзакций и величиной удельных транзакционных издержек, либо связывающая транзакционную функцию и уровень данной технологии, который фактически обеспечивает эту функцию, её параметры и показатели динамики транзакционных издержек. Тогда  $U_{nv} = B V_{tr}^{\alpha} [Tr/Y]^{\beta}$ , где  $V_{tr}$  – скорость транзакций, которую можно измерять отношением изменения поступающей информации к изменению транзакционных издержек, вызванному данным изменением (поступлением) информации, что описывает транзакции – ход их реализации. Отношение  $Tr/Y$  – это по существу доля транзакционных издержек в величине создаваемого продукта/услуги (блага).

Эволюцию технологий можно описать, исходя из введённого только что параметра, следующим образом, как разностное дифференциальное уравнение для  $n$ -го класса технологий. Более того, каждый класс технологий будет описан своим эволюционным уравнением, причём для описания технологической эволюции совершенно не важно, какое число фирм охватывает технология, так как это число зависит от многих рыночных, институциональных условий, конкуренции технологий, эффектов дохода и замещения, уровня монополизации и т.д. Сразу же возникнет задача описания связи тех классов технологий, которые действительно связаны друг с другом. Эта связь должна изучаться в каждом конкретном случае отдельно, с поиском такого уравнения подобно тому, как статистики подыскивают наиболее удобные корреляционно-регрессионные уравнения, отвечающие критериям наибольшего правдоподобия. Например, подобную связь можно обозначить так:  $U_n = B U_k^{\epsilon}$ , то есть посредством степенной функции, связывающей один и другой технологический уровень для связанных технологий. Эволюционное уравнение запишем так:

$$\frac{dU_n}{dt} = \alpha[U_{n-1} - U_n]$$

$$U_n = bU_k^{\epsilon}$$

$$\frac{dU_k}{dt} = \beta[U_{k-1} - U_k]$$

Тогда общее изменение технологического уровня  $n$ -го класса запишется в виде уравнения следующим образом:

$$\frac{dU_n}{dt} = \alpha[U_{n-1} - b(U_{k-1} - \frac{1}{\beta} \frac{dU_k}{dt})^{\epsilon}]$$

Технологический уровень системы, включающей «реальные» и «виртуальные» технологии, будет:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dU_{nr}}{dt} + \frac{dU_{nv}}{dt} = \alpha[U_{nr-1} - U_{nr}] + \theta[U_{nv-1} - U_{nv}]$$

Полагая, что удельные транзакционные издержки  $z = Tr/Y$ , получим:

$$\frac{dU}{dt} = U_{nr} \left[ \gamma \frac{1}{m} \frac{dm}{dt} + \beta \frac{1}{e} \frac{de}{dt} \right] + U_{mv} \left[ \tau \frac{1}{V_{tr}} \frac{dV_{tr}}{dt} + \psi \frac{1}{z} \frac{dz}{dt} \right]$$

$$U_{nv} = BV_{tr}^{\tau} z^{\psi}$$

Тем самым скорость изменения одного технологического уровня (технологии) зависит от предшествующего технологического уровня данной и сопряженной технологии и от скорости изменения уровня сопряженной технологии (чем она выше, тем сильнее в положительном направлении изменяется  $n$ -ый технологический уровень).

Высокий технологический уровень приводит к снижению удельных затрат (инвестиций на единицу продукта  $I/Y$ , для фирмы –  $I/Q$ , где  $Q$  – общий объём производства), низкий технологический уровень, наоборот, обеспечивает относительно высокие удельные затраты. Тогда, по логике вещей, в простейшем виде связь технологического уровня и удельных затрат системы (фирмы) можно представить в виде выражения:  $z = I/Q = a - bU$  или  $U = c - d[I/Q]$ . Обозначив через  $z1$  и  $z2$  удельные издержки соответственно для технологического уровня «реальных» и «виртуальных» технологий, получим, что технологический уровень фирмы определится взвешенной суммой скоростей удельных издержек (изменения удельных издержек в единицу времени), взятой со знаком минус, обозначающим, что с ростом скорости издержек технологический уровень будет снижаться.

$$\frac{dU}{dt} = - \left[ \frac{1}{b} \frac{dz1}{dt} + \frac{1}{d} \frac{dz2}{dt} \right]$$

$$z1 = a - bU_{nr}$$

$$z2 = c - dU_{mv}$$

Приняв несколько расширенную трактовку прибыли фирмы, как разницы между совокупным доходом  $Q$  (от продаж) и материальными и энергетическими затратами, запишем:

$$\pi = Q - M - E = Q[1 - (m + e)]$$

$$\lambda = m + e$$

$$\pi = Q(1 - \lambda)$$

В точке максимума прибыли получим:

$$\frac{d\pi}{dt} = \frac{dQ}{dt}(1 - \lambda) - \frac{d\lambda}{dt}Q = 0$$

$$g_f = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{1 - \lambda} \frac{d\lambda}{dt}$$

$$\frac{d^2\pi}{dt^2} < 0$$

Если фактический рост фирмы ниже оптимального, отвечающего точке максимальной прибыли, то необходимо анализировать причины недостаточного роста, которые могут иметь сугубо рыночные основания, либо организационные причины, вызывающие снижение эффективности функционирования и торможения роста. Однако и более высокий темп роста, нежели отвечающий максимальной прибыли, может приводить к недостаточности самой прибыли. Она будет ниже, чем могла бы быть при более скромном росте. Темп роста в оптимальной точке пропорционален изменению издержек (материалоёмкости и энергоёмкости) фирмы. Нетрудно показать, что если технологический уровень  $U = c - d[I/Q]$  и  $i = I/L$ ,  $y = Q/L$ , где  $L$  – величина занятых работников (фактор труд), то:



$$\frac{dU}{dt} > 0$$

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dt} > \frac{1}{i} \frac{di}{dt}$$

$$g_f = d \frac{I}{(U-c)(1-\lambda)} \frac{d\lambda}{dt}$$

Таким образом, позитивные технологические изменения на фирме, да и в любой экономической системе имеют место, когда относительное приращение выработки (продукт на занятого работника) превосходит относительное приращение инвестиций на одного работника. Оптимальный темп роста, отвечающий наибольшей прибыли, определится также технологическим уровнем, инвестициями и изменением параметров технологического развития – материалоемкости и энергоёмкости.

Пусть объём информации, знаний, поступающих на фирму и используемых фирмой, равен  $S = r L T$ , где:  $r$  – производительность обработки информации одним занятым,  $L$  – число занятых,  $T$  – время, за которое осуществляется обработка, положим  $T = 1$ , тогда:

$$S = rLT$$

$$q = \frac{S}{Q}$$

$$y = \frac{Q}{L}$$

$$q = \frac{r}{y}$$

$$\frac{1}{r} \frac{dr}{dt} - \frac{1}{q} \frac{dq}{dt} > \frac{1}{i} \frac{di}{dt}$$

Тем самым получили правило увеличения технологического уровня фирмы: разница относительных приращений производительности переработки информации одним агентом и удельной информации должна превышать относительное изменение инвестиций на одного работника. Если вместо неравенства поставить знак равенства, это будет означать, что технологический уровень не растёт. Фактически это условие можно считать институциональным условием экономического роста системы, в данном случае фирмы.

Фирма, осуществляя свою деятельность, имеет некоторый технологический уровень, характеризующий её развитие, и ориентируется на тот уровень, который необходимо достичь. Чем обусловлен технологический выбор фирмы? В качестве базовых условий – принципов технологического выбора назовём следующие позиции:

1. Экономическая целесообразность, определяемая состоянием рынков, на которых функционирует фирма, их перспективой, рентабельностью продаж и производства.
2. Финансовая возможность, определяемая инвестиционным критерием, в рамках которого сопоставляются величина затрат и дохода от применения прежней технологии, затраты (инвестиции) и доход, которые может дать новая технология, а также третий вариант – затраты и доход от усовершенствования существующей технологии (например, её периферии), либо покупки готовой технологии или вспомогательных средств; при этом необходимо оценить и вероятность изменений перечисленных параметров, а затем и выбрать некий

вариант, который покажется приемлемым, пойдя на определённую величину риска; необходимо реализовать правило минимизации убытком фирмы и/или получения наиболее приемлемой прибыли; эта функция зафиксирована институционально в уставах большинства фирм мировой системы, даже если и не стоит на первом месте, всё равно без этого правила и его фиксации в уставе дальнейшее развитие фирмы затруднительно<sup>12</sup>.

3. Ключевой параметр конкурентоспособности, то есть направление специализации, по которому фирма имеет самые позитивные позиции и результаты, накопила значительный объём знаний, разработок, возможно, выступает законодательницей моды в данном направлении деятельности; здесь же важно принять во внимание степень внедрения фирмы по иным направлениям деятельности, в которых заняты её сотрудники, оценить перспективу их развития и принять решения о переброске ресурсов с одного направления на другое; эта внутренняя аллокация ресурсов является важным свойством современных крупных фирм и корпораций; перспектива в техническом отношении должна быть прогнозируема, то есть фирма для сохранения устойчивости развития по необходимости должна осуществлять инвестирование технологических разработок, чтобы программировать для себя «ожидаемую» перспективу и за счёт этого сохранять темп своего развития, в том числе используя и методы опережающего решения изобретательских задач, способные обесценить инновационные разработки стратегических конкурентов<sup>13</sup>.
4. Оценка оптимальной загрузки мощностей, что позволяет учитывать возможности перераспределять ресурсы в процессе изменения объёма производства и переключения технологической стратегии при переходе от устаревшей к новой технологии; свободные мощности предоставляют большой шанс на технологические изменения, нежели полная загрузка мощностей, при которой стремление фирм к новой технологии будет означать некоторое торможение роста выпуска либо вообще его некоторое сокращение;
5. Распределение (разделение) рисков, представляющее самую трудную аналитическую задачу, поскольку современные научные методы не позволяют дать достоверной оценки всех рисков, какие бы инвестиционные критерии ни применялись для обоснования технологического выбора с позиций сопоставления ожидаемого дохода и затрат; этот выбор в любом случае будет детерминирован, помимо всего сказанного, структурой производства на фирме, эффективностью управления и другими факторами.

К тому же технические системы в своей эволюции проявляют ряд уникальных свойств (*Сухарев, 2010*), отличающих их от иных развивающихся систем, в частности, финансовой и других транзакционных секторов (услуги, информация, торговля). Описание цикличности здесь существенно изменяется, в отличие от классического (*Lucas, 1981*). К этим свойствам относится очевидное улучшение техники и технологий по мере их эволюции, закономерность улучшения и насыщение этого улучшения для конкретного вида техники и технологий, когда уже далее невозможно улучшить систему, поскольку, например, разрешающая способность, физика или химия процесса не позволяют это осуществить. Отсюда вытекает свойство истинного и ложного развития, то есть оценка траектории развития техники (хотя она также бывает неоднозначной для различных траекторий). В технике и технологиях возникают явные и неявные решения, но преобладают явные решения улучшающего значения. В иных системах такие решения менее очевидны. Нужно отметить ещё два свойства технических систем: изменение с течением времени закономерностей развития и различная инерция

<sup>12</sup> Тем самым речь идёт не о действии принципа рационального поведения, а об институте, который так или иначе является важным ориентиром в поведении экономических агентов – фирм. Это институциональное условие по существу является условием роста фирмы.

<sup>13</sup> Эти методы широко используются в мировой экономике, причём их применение развёрнуто крупными транснациональными корпорациями и приводит к серьёзным потерям в случае испытываемого поражения.

(реакции происходят медленнее, система инерционна и менее гибка в адаптации) на внешние по отношению к системе воздействия.

Пятая позиция из перечисленных (распределение рисков) представляется чрезвычайно важной в микроэкономическом анализе технологического выбора на уровне фирмы. Проблему отражает рис. 3, на котором видны две точки А и В пересечения кривых I и II. В этих точках доход и риск для фирмы одинаковы при развитии по разным траекториям (I и II), причём для точки В и доход, и риск выше по величине.

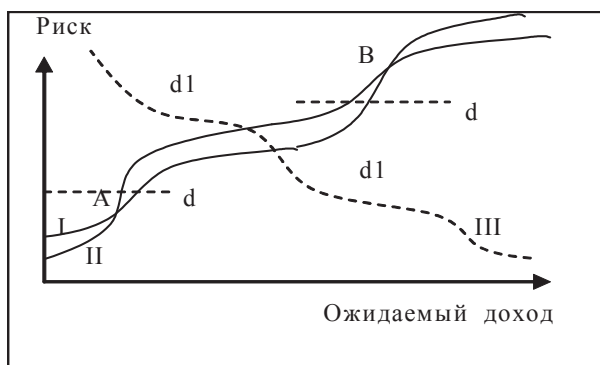


Рис. 3. Технологический выбор – структурная задача

Иными словами, различные структуры инвестиций, значит, и разный технологический уровень, могут обеспечить одно и то же соотношение дохода и риска для каждой точки – А и В. Причём не факт, что для точки В, где доход и риск выше и также существуют две различные структуры инвестиций (продуктов) и технологические структуры, технологический выбор превосходит технологический выбор для точки А. Проблема выбора сводится к тому, что по существу возникает двойная модель выбора. Во-первых, нужно выбрать траекторию развития I или II, во-вторых, нужно выбрать структуру и модель развития в точке А или в точке В. В промежутках между названными точками выбор несколько упрощается – всегда выбирается нижняя огибающая кривая, поскольку для данного ожидаемого дохода она позволяет обеспечить наименьший риск. Но при этом ответ на вопрос, какая будет структура инвестиций и технологий и какая лучше для точки А или точки В, является открытым. У него нет тривиального решения. В экономической теории принято считать, что большему доходу должен соответствовать больший риск. Однако это характерно в условиях убывающей отдачи, когда же отдача возрастает по ряду секторов или видов деятельности, то для иных секторов возникает режим развития, при котором меньшему доходу соответствует больший риск, а большему доходу меньший риск (кривая III отражает эту ситуацию на рис. 3). Это говорит о том, что в институциональном значении экономическая система серьёзно изменила правила своего развития. В итоге изменилось направление потока ресурсов, включая финансовые ресурсы. Выбор труден в районе точек А и В (по обе стороны), отмечен штриховой линией d. Здесь видно, что доход изменяется незначительно, а риск один и тот же. Тогда где находится фирма, какую стратегию принять?

То же характерно для кривой III, где есть участки d1, на которых риск уменьшается незначительно, либо вовсе почти не изменяется, а доход существенно больше. Будет ли выбор в пользу большего дохода адекватным решением? В каждом случае принятие решения относительно выбора технологии должно предусматривать оценку всех пяти указанных выше условий, причём как количественную, так и качественную оценку, с учётом прогнозной перспективы. Часто технология сама формирует траекторию развития фирмы и запрещает подходить к задаче переключения стратегии развития и технологической стратегии, исходя из тех условий, которые описаны в данном примере. Иными словами, она институционализирует траекторию фирмы, и переключение возможно только при

концентрации значительного объёма инвестиций. Тем ответственнее выбор и тем выше его риск при прочих равных условиях.

Если происходит сокращение спроса на продукцию фирмы, то это сокращает объём производства, увеличивает запасы, с некоторым лагом сокращает персонал, снижаются инвестиции, растут издержки управления и продаж, усложняются взаимодействия с заказчиками, усилия по поиску заказов, что также увеличивает транзакционные издержки, нарушается алгоритм внутренних процедур (рутин). По такой цепочке срабатывает механизм кризиса фирмы, причём, в отличие от кризисов, охватывающих в целом экономику, этот кризис имеет систематическое повторение от фирмы к фирме (Сухарев, 2007).

Как фирме можно реагировать, чтобы вернуть траекторию роста? На каждый симптом проявления кризиса существует своё лекарство, как и для человека, только в данном случае влияние «лекарств» может оказаться взаимно усиливающим. Кстати, так работают многие виды «лекарств» и применительно к биологической системе. Сокращение объёма продаж потребует активизации функции маркетинга, диверсификации продаж и выпуска, в том числе посредством подключения производства иных изделий или разновидностей при наличии возможностей (мощностей и ресурсов), обеспечения конкурентной стратегии с опорой на уникальные свойства изделий по качеству и активизации разработок как возможной альтернативы имеющемуся выпуску в ближайшем будущем.

Рост издержек и задолженности фирмы автоматически приводит к режиму общей экономии, отбору и ликвидации избыточных рутин, процедур, функций, упрощению системы управления, принимаются решения относительно оптимизации финансовых схем и потоков, сокращению издержек на труд, проводится функционально-стоимостной анализ продукции для того, чтобы установить резервы снижения издержек, активизируется взаимодействие с государственными структурами, в том числе в поиске дополнительного финансирования (инвестирования). При нарушении внутренних алгоритмов управления, увеличении дисфункции управления, что сопровождается развёртывание кризиса для фирмы, необходимо усиление программно-целевых методов принятия решений, повышение качества контроля, обеспечения как можно более полной информацией лиц, принимающих решения, изменения структуры управления, обычно в сторону упрощения и снижения издержек, чтобы сохранить работоспособность фирмы.

Тем самым, изменениям (реактивным) подвергаются различные технологии: принятия решений и управления, сбыта, производства, контроля, коммуникации, обработки информации. Причём, на подобные изменения также могут требоваться ресурсы, на которые в условиях кризиса обнаруживается дефицит. Поэтому кризис может быть преодолен за счёт мобилизации незадействованных («скрытых») ресурсов труда и интеллекта. Именно этот фактор способен обеспечить нестандартные решения в условиях кризиса и сохранить жизнеспособность фирмы. Так, сокращение персонала фирм не способствует преодолению кризиса за счёт сокращения издержек на труд, потому что увеличивается безработица, сократится совокупный спрос. Однако именно к такой мере часто прибегают владельцы фирм и управляющие фирмами. Психология микроуровня формирует «макроэффект», который обесценивает саму модель поведения на микроуровне.

Следовательно, посредством технологий на фирме формируются и происходят институциональные изменения (Nelson, 2008). Это «внутренние» институциональные изменения, «внешние» связаны с изменением формальных институтов общеэкономического значения (Норт, 1997; 2010): налогового кодекса, земельного кодекса, дорожных правил, закона о центральном банке, закона об акционерных обществах, закона о промышленной политике, уголовного, семейного, административного, гражданского кодекса и других установленных правил. Эти формальные правила выступают по отношению к фирме с внешней стороны, детерминируя решения и сопрягаясь с правилами, установленными внутри фирмы (по законодательству фирмы – распоряжения собственников, их установки, приказы

директора и иных уполномоченных процедурой служб). Так, нацеленность на извлечение прибыли является правилом практически для любой фирмы (исключая только те фирмы, которые ведут некоммерческую деятельность). Этот институт сформирован и оказывает сильное воздействие на экономические изменения.

По исполнению данного института судят об успехе фирмы, по нему ориентируются, формируя стоимость акций, а также запускают действие иного института – банкротства (правда, здесь действуют более сложные правила, связанные с оценкой долгов фирмы, возможностью удовлетворить требования кредиторов, однако, при убытках (прибыль отсутствует) именно эти возможности резко сокращаются). Если в экономике сложилась некая структура между секторами, например, одни секторы дают высокий доход и малый риск для фирм, а другие – относительно низкий доход и высокий риск, то фирмы ориентируются на работу в первой группе секторов, уходят из второй группы, перетекают кадры, фонды, иные виды ресурсов, инвестиции.

В экономике складывается правило перелива, если ситуация не изменяется с базовыми параметрами и мотивациями, такая система стабилизируется и начинает функционировать, задав для экономики новую специализацию в рамках этой структуры. Данный процесс может существовать довольно долго, пока не будет задано иное направления для перетекания ресурсов. Это также станет правилом для фирм. Учитывая, что одни правила подчиняются другим, возникнет эффект зависимости правил, и технологии, несущие собственные правила, либо подстраиваются под эту структуру, либо изменяют её. Они могут выступать перетекающим («технологическим») ресурсом и, взаимодействуя с данным правилом, подстраивают под него своё ядро и периферию, закрепив в институциональном смысле сложившееся status quo.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Глазьев С. Ю. (1993). Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: Владар, 378 с.
- Кондратьев Н. Д. (2002). Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избр. тр. М.: «Экономика», 767 с.
- Нельсон Р. и Уинтер С. (2000). Эволюционная теория экономических изменений. М.: Финстатинформ, 474 с.
- Норт Д. (1997). Институты, институциональные изменения и функционирование экономики. М.: Фонд Начала, 183 с.
- Норт Д. (2010). Понимание процесса экономических изменений. М.: Издательский дом ГУ-Высшая школа экономики, 256 с.
- Нуреев Р. М. (2008). Экономика развития: модели становления рыночной экономики. М.: Норма, 640 с.
- Нуреев Р. М. (2011). Генезис капитализма: роль институтов, благоприятных для развития предпринимательства // *TERRA ECONOMICUS*, Т. 9, № 4, с. 122-141.
- Сухарев О. С. (2007). Институциональная теория и экономическая политика. В 2-х Т. М.: Экономика.
- Сухарев О. С. (2008). Экономика технологического развития. М.: Финансы и статистика, 474 с.
- Сухарев О. С. (2010). Структурные проблемы экономики России. М.: Финансы и статистика. (<http://www.osukharev.com/book1.html>).
- Сухарев О. С. (2011). Экономика будущего: теория институциональных изменений (новый эволюционный подход). М.: Финансы и статистика, 432 с.
- Сухарев О. С. (2012). Эволюционная экономика. Институты-структура, кризисы-рост, технологии-эффективность. М.: Финансы и статистика, 800 с.
- Сухарев О. С. (2013). Институциональные и технологические изменения: границы анализа эволюционной теории. // *Журнал институциональных исследований*, Т. 5, № 2, с. 88-115.
- Ходжсон Дж. (2003). Экономическая теория и институты. М.: Дело, 464 с.

*Фуруботн Э. и Рихтер Р.* (2005). Институты и экономическая теория. Достижения новой институциональной экономической теории. СПб: Изд-во СПбГУ, 702 с.

*Hanusch H. and Pyka A.* (2007). Principles of Neo-Schumpeterian Economics // *Cambridge Journal of Economics*, no. 31, pp. 275-289.

*Lucas R.* (1981). *Studies in Business-Cycle Theory*. MIT Press.

*Nelson R.* (2008). *Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory* Oxford Development Studies, 36, (1), 9-21.

*Schumpeter J.* (1964). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis*. New York and London: McGraw-Hill Book Company Inc.

*Solow R. M.* (2007). The Last 50 Years in Growth Theory and the Next 10 // *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 23 (1), pp. 3-14.

*Sukharev O. S.* (2013). *Theory of Economic Changes. Problems and Decisions*. M: KRASAND, 368 p.

### REFERENCES

*Glazyev S. Y.* (1993). *The Theory of Long-Term Technical-Economic Development*. M.: Vladar, 378 p. (in Russian).

*Kondratiev N. D.* (2002). *Large Cycles Conditions and the Theory of Foresight: Selected works*. M.: "Economy", 767 p. (in Russian).

*Nelson R. and Winter S.* (2000). *Evolutionary Theory of Economic Change*. M.: Finstatinform, 474 p. (in Russian).

*North D.* (1997). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. M.: Fund Start, 183 p. (in Russian).

*North D.* (2010). *Understanding the Process of Economic Change*. M.: Publ. House of HSE, 256 p. (in Russian).

*Nureev R. M.* (2008). *Development Economics: Model of Market Economy Establishing*. M.: Norma, 640 p. (in Russian).

*Nureev R. M.* (2011). *Genesis of Capitalism: the Role of Institutions Conducive to Entrepreneurship*. *TERRA ECONOMICUS*, vol. 9, no. 4, pp. 122-141. (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2007). *Institutional Theory and Economic Policy*. In 2 vol. M.: Economy. (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2008). *Economics of Technological Development*. M.: Finance and Statistics, 474 p. (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2010). *Structural Problems of the Russian Economy*. M.: Finance and Statistics. (<http://www.osukharev.com/book1.html>). (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2011). *Future Economy: Theory of institutional Change (a New Evolutionary Approach)*. M.: Finance and Statistics, 432 p. (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2012). *Evolutionary Economics. Institutions Structure, Crises - Growth, Technology - Effectiveness*. M.: Finance and Statistics, 800 p. (in Russian).

*Sukharev O. S.* (2013). *Institutional and Technological Changes: the Analysis Limits of Evolutionary Theory*. *Journal of Institutional Studies*, vol. 5, no. 2, pp. 88-115 p. (in Russian).

*Hodgson G.* (2003). *Economic Theory and Institutions*. M.: Delo, 464 p. (in Russian).

*Furubotn E. and Richter R.* (2005). *Institutions and Economic Theory. Achievements of the New Institutional Economics*. St. Petersburg: Publ. House of St. Petersburg State University, 702 p. (in Russian).

*Hanusch H. and Pyka A.* (2007). Principles of Neo-Schumpeterian Economics. *Cambridge Journal of Economics*, no. 31, pp. 275-289.

*Lucas R.* (1981). *Studies in Business-Cycle Theory*. MIT Press.

*Nelson R.* (2008). *Economic Development from the Perspective of Evolutionary Economic Theory* Oxford Development Studies, 36, (1), 9-21.

*Schumpeter J.* (1964). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis*. New York and London: McGraw-Hill Book Company Inc.

*Solow R. M.* (2007). The Last 50 Years in Growth Theory and the Next 10. *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 23 (1), pp. 3–14.

*Sukharev O. S.* (2013). *Theory of Economic Changes. Problems and Decisions*. M: KRASAND, 368 p.