МЕЗОЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ США: ОТРАСЛЕВАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

В.Н. Минат

DOI: 10.33293/1609-1442-2022-1(96)-94-109

Эволюционирование общественно-экономических отношений, исследуемое в динамике развития такого феномена как структурные сдвиги промышленности, вызванные диффузией знаниеемких технологий конвергентного типа, наиболее последовательно раскрывается в рамках мезоэкономической производственной системы странового уровня, посредством соответствующего моделирования характерных объектов и процессов. Актуальным представляется мезоэкономическое моделирование промышленного сектора американской экономики, вошедшей десятилетие назад в качественно новый период реиндустриального развития. Задача настоящего исследования состоит в том, чтобы при помощи элементов и систем моделирования, которые отвечают требованиям отраслевой и региональной мезоэкономики, оценить структурные сдвиги, произошедшие в промышленности США в период 2011–2020 гг. под воздействием технологий конвергентного типа. Для решения поставленной задачи используется метод *DEA*, разработанный и апробированный американскими учеными. Метод позволяет рассчитывать индекс конвергентного резонанса и показатель сравнительной эффективности

© Минат В.Н., 2022 г.

Минат Валерий Николаевич, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, Рязань, Россия; minat.valera@yandex.ru; ORCID 0000-0002-8787-4274

исследуемых объектов. По результатам построения моделей технологической эффективности промышленности США в пространстве–времени, ориентированных на входные и выходные параметры, представлена оценка структурных сдвигов американской промышленности как отраслевой, так и пространственно-региональной составляющих мезоэкономической системы США. Сделан вывод об успешной в целом структурной модернизации американской промышленности в межкризисный период, характеризуемый в качестве начального этапа реиндустриального развития США на основе конвергентных технологий шестого технологического уклада. Выявлены проблемы начального этапа американской реиндустриализации, связанные с незначительным ростом промышленного производства в рамках национальной экономики знаний и усилением структурных диспропорций его пространственного развития. Вместе с тем отмечен высокий уровень эффективности модернизации основных отраслей промышленности США в рассмотренный период времени, связанный с активной диффузией конвергентных технологий.

Ключевые слова: мезоэкономика, моделирование, промышленность США, реиндустриализация США, структурные сдвиги, технологии конвергентного типа, метод *DEA*, диффузия технологий, индекс конвергентного резонанса, сравнительная технологическая эффективность.
Классификация JEL: C15, C31, C43, C67, L16, O14, O51.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленный сектор американской экономики, несмотря на доминирование сферы услуг в Соединенных Штатах Америки, все более активно и разносторонне воздействует на развитие как национального, так и мирового/глобального хозяйства[1]. При этом межкризисный период[2] с точки зрения экономических феноменов общественного развития характеризуется активными структурными сдвигами внутри экономических систем разного иерархического уровня. В динамике нарождающихся постглобалистских общеэкономических отношений и новых целей экономической политики национальных и наднациональных хозяйственных структур центральное место занимает категория развития – как особый тип движения экономики[3]. Причем, по обоснованному мнению отечественных ученых (Клейнер, 2021; Мезоэкономика…, 2020; Мезоэкономика развития…,

[1] Такие международные организации, как Совет по промышленному развитию ООН (*UNIDO*), ОЭСР, аналитические отделы Мирового банка и МВФ, а также национальные аналитические центры США, связанные с производственно-технологической и инновационно-внедренческой проблематикой и практической деятельностью в сфере организации и управления промышленным развитием страны, периодически освещают тенденции как деиндустриализации, так и реиндустриализации. При этом последние тенденции явно преобладают после кризиса 2007–2009 гг. в аналитических отчетах указанных организаций, где отмечается переход от спада обрабатывающей промышленности и отсутствия торговых барьеров для ее продукции в условиях глобализации производства, обмена и потребления к возрождению национальной индустрии США и других стран мира на основе NBIC-технологий и цифровизации, возвращения в страну компаний промышленных отраслей, ранее перенесенных в регионы мира с более низкими издержками производства (*reshoring*).

[2] Хронотоп охватывает экономическое пространство и историческое время от глобального финансового кризиса 2007–2009 гг. и последовавшей за ним «новой» Великой депрессии до настоящего времени и качественно характеризуется глобальной экономической рецессией – *global economic recession associated with COVID-19* (Zakaria, 2020).

[3] «Под развитием экономики понимается не просто количественный рост позитивных обобщающих экономических показателей, но расширение многообразия возможностей экономической системы в целом и входящих в нее экономических агентов, усложнение характера и результатов деятельности экономической системы (для производственных систем – совершенствование технологий, диверсификация производимой продукции), а также, соответственно, усложнение структуры факторов ее функционирования» (Мезоэкономика развития…, 2010, с. 3).

2010), именно экономические системы мезоуровня являются не только проводниками, но и усилителями модернизационных инициатив, выступая *центром экономического пространства,* связывая институциональные макро- и микроструктуры в историческом времени.

Важно отметить, что результаты современных исследований в области экономической теории[4] определяют *структурные сдвиги* как научную категорию, реально отражающую модернизацию/модификацию системы, ее элементов и взаимосвязей. При этом, структурные сдвиги выступают категорией метауровня, наблюдаясь в рамках экономических систем любого уровня. Мезоэкономическая объектная структуризация (отличаемая от процессной структуризации макро- и микроэкономики) применительно к *объекту настоящего исследования* – структурным сдвигам промышленности США – отражает технологический детерминизм указанных сдвигов (Глазьев, 2016). Иными словами, структурные сдвиги американской промышленности в отмеченный межкризисный период времени, генерируются посредством таких факторов, как новые (инновационные) технологии, изменение в технологической структуре экономики США (успешный переход в экономику знаний), *технологическая конвергенция* (*NBIC*-конвергенция)[5].

Таким образом, можно говорить о структурных сдвигах, наблюдаемых в промышленности США за последнее десятилетие, как основе для перехода:

- во-первых, к качественно новому экономическому росту в период смены технологических укладов – вариант промышленной революции – Индустрии 4.0 (Реальный сектор…, 2019);
- во-вторых, к очередному этапу эволюционного экономического развития, выражающегося в трансформации геоэкономического пространства в условиях разворачивающейся реиндустриализации (Варнавский, 2019) и возврата в страну мощностей промышленного производства (Гудкова, Логинова, 2020).

Такое понимание процесса системного экономического развития капиталистического американоцентричного уклада (как в мирохозяйственном, так и в формационном понимании) соответствует научному познанию кризисно-циклического характера (Аригги, 2006; Щербаков, 2019) этого способа производства, характеризуемого в то же время как эволюционного: «… с последовательным исправлением ошибок, сохранением и развитием позитивных общественных институтов и достижений» (Мезоэкономика развития…, 2010, с. 4), широкими возможностями конъюнктурной мимикрии и приспособления к новым условиям (Zuboff, 2019; Shwab, Vanham, 2021).

ПОСТАВНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Принимая мезоэкономический уровень развития как вертикально интегрированных (отраслевых), так и пространственных (территориальных, региональных) систем в качестве

[4] Климович М.А. (2021). Конвергентные технологии в системе структурных сдвигов нового типа: Дис. … канд. экон. наук. Томск. 229 с.

[5] Отмеченные факторы, в особенности технологии конвергентного типа, на протяжении последних десяти лет способствовали ограничению убывающей отдачи факторов производства, наблюдаемой в американской экономике еще с начала 1980-х годов в условиях глобальной турбулентности (по Р. Бреннеру), и наметили направления структурной трансформации/перестройки, прежде всего, индустриального сектора национального хозяйственного комплекса. Это стало для США не просто актуальной, а жизненно важной целью в глобальной конкурентной борьбе наступившего столетия, ознаменовавшегося беспрецедентным усилением иного кандидата на мировое экономическое лидерство в лице Китая, находящегося, согласно теории М.Ю. Портера, на этапе развития, основанного на инновациях.

научно-познавательной и практической опоры для решения модернизационных (по сути, реиндустриальных) задач в рамках эволюционного хозяйственного и инновационного процессов макро- и микроуровня как некоего *геометрического центра* странового пространства США, автор, основываясь на предшествующем теоретическом опыте, выделяет в качестве *ядра* (Varum, Cibrao et al., 2009), или *окна возможностей* (Svento, 2019), для нового экономического роста именно *американскую промышленность*[6]. В соответствии с классификацией стран по уровню промышленного развития, принятой в ЮНИДО (*UNIDO*), Соединенные Штаты относятся к группе из 45 государств с индустриально развитой экономикой (*industrialized economies*). Мезоэкономический уровень исследования структурных экономических сдвигов предполагает их изучение в рамках двух из четырех (Мезоэкономика развития…, 2010, с. 8) составляющих: вышеуказанных отраслей (*отраслевая мезоэкономика*) и территориальных/пространственных групп (штатов[7], метрополитенских статистических ареалов, МСА[8], субрегионов[9]) США (*региональная мезоэкономика*).

[6] В соответствии со стандартами Совета по промышленному развитию ООН (*UNIDO*), к *промышленности* относятся отрасли и составляющие их компании, занятые добычей и обработкой ресурсов, а также производители и поставщики электроэнергии, газа, воды (ЮНИДО. URL: https://www.un.org/ru/ecosoc/unido/). Основное внимание в объектно-предметных рамках настоящего исследование уделено отраслям обрабатывающей промышленности США, среди которых выделяются *высоко-*, *средне-* (*два уровня технологичности*) и *низкотехнологичные производства*. Последние, согласно классификации Бюро Цензов США (*United States Census Bureau*), группируются по 10 направлениям наиболее передовых технологий (The State of U.S. Science and Engineering indicators. URL: https://ncses.nsf.gov/indicators). Они перегруппированы автором на основе рекомендаций ОЭСР в четыре высокотехнологичные отрасли (посредством расчета общих затрат на науку с помощью матрицы «затраты – выпуск»), что оптимизирует и генерализирует, но не снижает репрезентативность исследования. Отмеченные четыре отрасли промышленности США представляют собой: авиакосмическую промышленность (*aerospace*), производство компьютеров и офисного оборудования (*computer and office equipment manufacturing*), электронную промышленность и производство коммуникационного оборудования (*electronics and communications equipment manufacturing*), фармацевтическую промышленность (*pharmaceutical industry*).

[7] Штаты США, выступая административно-территориальными и, зачастую, учетно-статистическими единицами экономического развития, не обладают всем комплексом характеристик, раскрывающих мезоэкономические системы (в частности, обладают жесткими административными связями и наличием единого центра управления).

[8] В наибольшей степени свойством систем мезоуровня в экономическом развитии США обладают *метрополитенские статистические ареалы* (МСА, *Metropolitan Statistical Area, MSA*), условно соответствующие городским агломерациям, и консолидированные МСА (КМСА, *Consolidated Metropolitan Statistical Area, CMSA*), соответствующие конурбациям и мегарегионам. Условность и открытость границ американских МСА и КМСА, обуславливающие специфические проблемы, решаемые только в рамках межмуниципального и межрегионального взаимодействия, но никак не инструментарием федерального правительства, в плане инновационно-экономического развития создает дополнительные эффекты, направленные на усиление процессов взаимодействия урбо-ориентированных элементов мезоэкономических систем США. Суть агломерационных процессов состоит, с одной стороны, в концентрации социально-экономической активности общества, формировании полюсов роста (по Ф. Перру, А. Хиршману и Г. Мюрдалю), а с другой – географическом распространении этой активности, создании эффекта перелива (*spillover*) от города к городу – диффузии технологий, изобретений, инноваций (Минат, 2021).

[9] Согласно классификации Бюро Цензов США, штаты группируются в девять *статистико-экономических районов*, называемых в пространственной экономике и экономической географии *субрегионами*: Новая Англия, Средне-Атлантические

Поскольку мезоэкономические системы как в разрезе отраслевой, так и пространственно-региональной составляющих, функционируют и вступают во взаимодействие с обществом по иным законам и закономерностям, нежели макро- и микроэкономические, то *моделирование структурных сдвигов промышленности США* в настоящем исследовании осуществляется в рамках теории развития мезоэкономических образований индустриального характера[10].

Предметом исследования является моделирование структурных сдвигов американской промышленности, происходящих под воздействием технологий конвергентного типа в отраслевой и пространственной составляющих мезоэкономики США.

Кратко отметим, что имеется богатый опыт моделирования, предметно охватывающий макро- (Иванус, 2021) и мезоуровневые проблемы инновационно-технологического развития сложных систем: в широком контексте (Клейнер, 2016), регионального (Svento, 2019; Минат, 2020) и внутриотраслевого порядка (Спицын, Трифонов и др., 2018), а также микроуровневые аспекты инновационной деятельности промышленной компании (Jarallah, Saleh, Salim, 2018; Le, Phan, 2017). В последнем случае особое место занимают модели организационно-экономического механизма и управления (Фролов, Трофимов, Климова, 2020), в том числе основанные на спиральной динамике и системных циклах (Клейнер, 2021).

На основе изученного теоретико-методологического опыта, *задача нашего исследования* видится в том, чтобы при помощи элементов и систем моделирования, которые отвечают требованиям отраслевой и региональной мезоэкономики[11], оценить структурные сдвиги, произошедшие в американской промышленности под воздействием технологий конвергентного типа[12] в период активно-

штаты, Северо-Восточный центр, Северо-Западный центр, Южно-Атлантические штаты, Юго-Восточный центр, Юго-Западный центр, Горные штаты, Тихоокеанские штаты.

[10] «При этом такая теория должна отражать системные особенности предметной сферы и базироваться на экономической парадигме, в максимальной степени отвечающей требованиям учета системного характера функционирования мезоэкономики. Таким требованиям удовлетворяет новая экономическая парадигма, выдвинутая Я. Корнаи в качестве необходимого дополнения к неоклассической, институциональной и эволюционной парадигмам, – системной парадигме. В рамках этой парадигмы именно экономические системы рассматриваются как основной предмет исследования» (Мезоэкономика развития…, 2010, с. 9).

[11] Для интересующих нас видов мезоэкономических систем «… характерно: наличие в их составе самостоятельных объектов; отсутствие как императивных рыночных, так и жестких административных связей между объектами; наличие сложного комплекса отношений между объектами, включающего элементы конкуренции, кооперации, координации и коэволюции (согласованного развития); отсутствие единого “центра управлении”» (Мезоэкономика развития… 2010, с. 8). Применительно к США можно говорить об *инновационной мезоэкономике*, понимаемой как целостная система с прямыми и обратными связями между частями, где: 1) каждая часть представляет собой относительно самостоятельную экономико-технологическую систему, которая стремится свои ресурсы вовлекать в инновационный оборот с целью удовлетворения потребностей и создания благоприятной инновационной среды; 2) относительно обособленная структурная подсистема, которая обеспечивает вовлечение и эффективное функционирование региональных экономических ресурсов труда, сырья, орудий труда в условиях конкуренции и постоянного научно-технического прогресса; 3) для взаимодействия формируются и функционируют рыночно-опосредованные связи с тенденцией к равновесию.

[12] «Рассмотрение сущности и факторов структурных сдвигов, а также результаты анализа особенностей технологических изменений на современном этапе позволяют сформулировать концепцию нового типа структурных сдвигов в условиях становления шестого технологического уклада. Ключевую роль в структурной динамике играют технологии конвер-

го реиндустриального развития США. Хронологически указанный период, по мнению западных исследователей (Shwab, Vanham, 2021), относится к межкризисному периоду 2011–2020 гг.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Базируясь на теории систем и концепции пространственно-временного анализа, учитывая современную специфику цифровизации и технологической конвергенции, свойственной реиндустриальной модернизации США межкризисного периода, направленных на преодоление фрагментарности и дисфункциональности подсистем мезоуровня США, вызванных предшествующей деиндустриализацией, автор опирается на:

- теоретико-методологический опыт системной экономики, актуализирующий проблему оценки эффективности функционирования социально-экономических систем мезоуровня: отраслей, регионов и др. (Клейнер, 2021; Антамошкин, Моргунова, Моргунов, 2006);
- методику расчета *индекса конвергентного резонанса* (ИКР)[13] на основе метода и математических моделей *Data Envelopment Analysis – DEA*[14], предложенных американскими учеными (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978; Bowlin, Charnes et al., 1985) и активно используемых как в США (Coelli, Prasada, Battese, 1998; Charnes, Cooper et al., 1994; Cooper, Seiford, Tone, 2000), так и в нашей стране (Федотов, 2012). Их апробация указывает на возможности системно отражать структурные сдвиги промышленности США как в отраслевой мезоэкономике[15], так и в пространствен-

гентного типа с характерным для них надотраслевым принципом функционирования. В результате прогресса этих технологий происходит качественное обновление технологического базиса, начинается процесс диффузии технологий нового типа в структуру экономики– технологическая конвергенция. Технологическая конвергенция является драйвером активизации процесса структурной конвергенции. Под структурной конвергенцией понимается процесс, генезисным источником которого являются технологии конвергентного типа, в результате которого происходит становление воспроизводства на новой конвергентно-технологической основе, формирование базиса новых экономических структур и который в конечном итоге стимулирует формирование нового типа структурных сдвигов» (Климович М.А. (2021). Конвергентные технологии в системе структурных сдвигов нового типа: Дис. … канд. экон. наук. Томск, с. 65–66).

[13] *Конвергентный резонанс* отражает уровень интеграции конвергентных технологий в структуру мезоэкономической системы. *Индекс конвергентного резонанса* в настоящем исследовании характеризует степень готовности (во времени и пространстве) объектов (отраслей промышленности и субрегионов США) к внедрению конвергентных технологий и инициации структурных сдвигов, основанных на диффузии *NBIC*-технологий.

[14] Как известно, «… метод *DEA* основан на построении границы эффективности, он располагает все эффективные объекты на границе эффективности, а неэффективные объекты – вне ее, он позволяет вычислить один агрегированный индекс для каждого объекта. Чем ближе к границе эффективности расположен объект, тем выше значение его сравнительной эффективности. Результатом *DEA* анализа является построение моделей двух типов: модель, ориентированная на вход (оценка эффективности использования ресурсов, минимизации затрат), и модель, ориентированная на выход (оценка эффективности максимизации результатов деятельности). И те, и другие модели подразделяются на модели с постоянным эффектом масштаба (пропорциональное изменение результатов вследствие изменения объема ресурсов) и модели с переменным эффектом масштаба (зависимость результатов от ресурсов может быть, как убывающей, так и возрастающей)» (Климович М.А. (2021). Конвергентные технологии в системе структурных сдвигов нового типа: Дис. … канд. экон. наук. Томск, с. 109).

[15] Климович М.А. (2021). Конвергентные технологии в системе структурных сдвигов нового типа: Дис. … канд. экон. наук. Томск, 229 с.

но-региональной мезоэкономике[16] на основе построения так называемой *границы эффективности*, определяемой процессом *технологической диффузии*[17].

Обозначенные методики, имеющие индексный характер и предусматривающие построение интегральных/агрегированных показателей, в соответствии с выдвинутой нами исследовательской задачей изучения структурных сдвигов в промышленности США в 2011–2020 гг., предполагают оценку уровня диффузии конвергентных технологий в структуру традиционного и нового / инновационного национального производства как в отраслевом, так и в пространственно-региональном аспектах.

Расчет индекса конвергентного резонанса позволяет оценить степень использования отраслями американской промышленности конвергентных технологий в 2011–2020 гг., относимых к нарождающемуся шестому технологическому укладу, определяющих структурные сдвиги производственного сектора экономики США в условиях реиндустриализации. Базируясь на данных официальной статистики США, отражающей статические и динамические абсолютные и относительные показатели инновационного, технологического и экономического состояния и развития промышленности страны в разрезе как 51 штата (включая округ Колумбия), так и 286 важнейших MCA/КМСА за 2011–2020 гг., автор использовал преимущества метода *DEA*[18] для достижения поставленной задачи – исследования моделирования изучаемого явления (процесса).

Математическая интерпретация модели метода *DEA*, ориентированная на вход, принимающая действие *постоянного эффекта масштаба* и предусматривающая наличие определенных входных параметров для каждого объекта моделирования (отрасли промышленности или субрегиона США) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} &\min_{\theta,\lambda}(\theta); \\ &-y_i + Y\lambda \geq 0, \\ &\theta x_i - X\lambda \geq 0; \\ &\lambda \geq 0, \end{aligned} \qquad (1)$$

где i – оцениваемый объект моделирования; θ – скалярная величина ($\theta \leq 1$) – мера/показатель эффективности объекта i; λ – вектор

[16] Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. (2003). Краткое описание и пример практического применения метода Data Envelopment Analysis (Версия 0.1). URL: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf

[17] Согласно методологии, на которой базируется настоящее исследование, под *технологической эффективностью* следует понимать «…совокупность производственных методов и процессов, которая обеспечивает получение целевого продукта (промышленности – *В.М.*) максимально возможной селективности ресурсов и степени их конверсии и позволяет максимизировать объем выпуска при заданном количестве ресурсов и объеме затрат на них». Технологическая диффузия представляет собой процесс распространения технологических инноваций в структуру промышленности США (в отраслевом и региональном разрезах), «… являющийся системной компонентой экономического роста и структурных сдвигов и обладающий мультипликативным и синергетическим эффектом» (Климович М.А. (2021). Конвергентные технологии в системе структурных сдвигов нового типа: Дис. … канд. экон. наук. Томск, с. 111).

[18] К таковым преимуществам относятся: «неограниченное количество показателей входа и выхода, выраженных в любых единицах измерения, отсутствие ограничений функциональной формы зависимости между входами и выходами, не требуется задание весовых коэффициентов для переменных, расчет оценки предпочтительных изменений в показателях входа и выхода, позволяющих приблизить эффективность объектов к границе эффективности. Одним из наиболее значимых достоинств данной оценки является ее вариативность, т.е. 111 возможность использования в разных областях и трактовки термина «эффективность функционирования» в зависимости от сферы применения» (Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. (2003) Краткое описание и пример практического применения метода Data Envelopment Analysis (Версия 0.1). URL: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf).

констант размерности для каждого объекта моделирования; X – матрица входных показателей для всех объектов; Y – матрица выходных показателей для всех объектов модели; x_i и y_i – вектор-столбцы соответственно входных и выходных показателей для объекта моделирования и оценки i.

Та же самая модель, но уже с учетом *переменного эффекта масштаба* имеет математическое выражение, предусматривающее ввод дополнительного ограничения на сумму весовых коэффициентов λ:

$$\begin{aligned} &\min_{\theta,\lambda}(\theta); \\ &-y_i + Y\lambda \geq 0; \\ &\theta x_i - X\lambda \geq 0; \\ &\sum_{i=1}^{n}\lambda_i = 1; \\ &\lambda \geq 0, \end{aligned} \qquad (2)$$

где n – число оцениваемых объектов моделирования.

Аналогичное моделирование осуществляется с ориентацией на выход: с постоянным (формула (3)) и переменным (формула (4)) эффектом масштаба.

$$\begin{aligned} &\max_{\varphi,\lambda}(\varphi); \\ &-\varphi y_i + Y\lambda \geq 0; \\ &x_i - X\lambda \geq 0; \\ &\lambda \geq 0; \end{aligned} \qquad (3)$$

$$\begin{aligned} &\max_{\varphi,\lambda}(\varphi); \\ &-\varphi y_i + Y\lambda \geq 0; \\ &x_i - X\lambda \geq 0; \\ &\sum_{i=1}^{n}\lambda_i = 1; \\ &\lambda \geq 0. \end{aligned} \qquad (4)$$

В обеих моделях значение переменной $\varphi \geq 1$, так как задачей такого моделирования является пропорциональное увеличение значений выходных переменных. Для получения традиционного показателя эффективности (от 0 до 1) используется величина, обратная φ.

Важно отметить, что моделирование предполагает решение задачи n раз, чтобы смоделировать и оценить динамическое состояние каждого объекта (отрасли, субрегиона США) путем определения границ эффективности[19]. При использовании данных официальной американской статистики за десятилетний период (2011–2020 гг.) появляется возможность проследить перемещение границы эффективности во времени. На основании направления этих перемещений мы определяем, имеет ли место прогресс в исследуемой группе объектов (в этом случае – отрасли промышленности США) или же регресс, а также эффективность распределения (*allocative efficiency*), т.е. эффективность использования конвергентных технологий, если известны их стоимости (Cooper, Seiford, 2000).

[19] Те объекты, для которых значение показателя эффективности оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. В результате может быть сформирована кусочно-линейная граница эффективности. Точки, соответствующие тем объектам, у которых показатель эффективности оказался меньше единицы, можно спроецировать на границу эффективности таким образом, что каждая из этих точек будет равна линейной комбинации (Xλ, Yλ). Часть элементов вектора λ имеют ненулевые значения. Эти элементы соответствуют тем объектам, которые являются эталонными для оцениваемого объекта. Линейная комбинация эталонных объектов и образует гипотетический объект, находящийся на границе эффективности. Гипотетический объект был бы эффективным, если бы существовал в действительности. Но поскольку его не существует, то значения его переменных являются целью для реального – неэффективного – объекта. В результате для объектов с $\theta < 1$ могут быть установлены цели, которые заключаются в пропорциональном сокращении их входных факторов на величину θ при сохранении выходных значений на прежнем уровне. Чем ближе точка, соответствующая данному объекту, к границе эффективности, тем выше исследуемой системы (Coelli, Prasada, Battese, 1998, p. 141–142).

Кроме того, при построении моделей методом *DEA* решаются оптимизационные задачи мезоэкономического моделирования, связанные с темпоральной / временной составляющей хронотопа. В этом случае, когда моделирование динамики (подразумевающее теоретическое познание эволюции экономической мезосистемы) структурных сдвигов промышленности США за период 2011–2020 гг., произошедших под воздействием конвергентных технологий, составляет предмет моделирования и конечного исследования. Модели имеют следующие выборки:

$$\max_{\varphi,\lambda}(\varphi);$$
$$-\varphi y_{it} + Y_t \lambda \geq 0;$$
$$x_{it} - X_t \lambda \geq 0; \quad (5)$$
$$\lambda \geq 0;$$

$$\max_{\varphi,\lambda}(\varphi);$$
$$-\varphi y_{is} + Y_s \lambda \geq 0;$$
$$x_{is} - X_s \lambda \geq 0; \quad (6)$$
$$\lambda \geq 0;$$

$$\max_{\varphi,\lambda}(\varphi);$$
$$-\varphi y_{is} + Y_t \lambda \geq 0;$$
$$x_{is} - X_t \lambda \geq 0; \quad (7)$$
$$\lambda \geq 0;$$

$$\max_{\varphi,\lambda}(\varphi);$$
$$-\varphi y_{it} + Y_s \lambda \geq 0;$$
$$x_{it} - X_s \lambda \geq 0; \quad (8)$$
$$\lambda \geq 0,$$

где s и t – соответственно начальный (2011 г.) и конечный (2020 г.) периоды времени; λ – вектор весовых коэффициентов, образующих линейную комбинацию – гипотетический объект, выступающий целью для неэффективного объекта.

В одной из моделей (формула (7)) объект (отрасль, субрегион США) из предыдущего периода сравнивается с результатами воздействия конвергентных технологий предыдущего периода, а в других (формула (8)) – наоборот. В моделях под указанными формулами показатель эффективности – это величина, обратная φ, которая может быть больше единицы, при условии, что в моделировании, математически записанном формулой (7), имеет место технический регресс, а в модели, записанной формулой (8) – технический прогресс. Все представленные выше темпоральные мезоэкономические модели (формулы (5)–(8)) ориентированы на выход, т.е. при постановке целей для неэффективных объектов (отраслей, субрегионов США) модель стремится увеличить выходные показатели объекта, сохраняя уровень входных показателей. При этом аналогично осуществляется мезоэкономическое моделирование, ориентированное на вход.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основе метода *DEA* процесс моделирования алгоритмизирован следующим образом:

- на *первом этапе* выбраны показатели входа и выхода, применяемые для моделирования мезоэкономической промышленной системы Соединенных Штатов в отраслевом (по отдельным отраслям и их группам) и пространственно-региональном аспектах/проекциях (в разрезе девяти субрегионов / экономико-статистических районов Бюро Цензов США);
- в рамках *второго этапа* на основе официальных статистических данных 2011–2020 гг. рассчитаны значения переменных входа и выхода для оценки сравнительной технологической эффективности по отраслям промышленности и субрегионам США (как по каждому году, так и в среднем за исследуемое десятилетие); дополнительно вычисляются темпы роста доли (по добавленной стоимости и стоимости реализованной готовой продукции) промышленного производства каждой отрасли (%) в структуре промышленного про-

изводства США и в каждом субрегионе страны за период 2011–2020 гг.;

• на *третьем этапе* произведен расчет ИКР для отраслей промышленности США и расчет показателей эффективности (с выборкой эталонного объекта) субрегионов, в которых получило развитие промышленное производство в исследуемом периоде времени, определяемом как реиндустриализация экономики США;

• конечные результаты исследования, полученные на *четвертом этапе* моделирования, представлены в табл. 1 и 2.

Здесь и данные в табл. 2 рассчитаны на основе материалов официальной статистики США[20].

[20] The State of U.S. Science and Engineering indicators. 2011–2020. URL: https://ncses.nsf.gov/indicators (Date of access: 19.10.2021); Manufacturing Annual Report. 2011–2020. United States Department of Commerce. 2012–2021. URL: https://www.pwc.co.uk/industries/manufacturing/insights/annual-manufacturing-report.html (Date of access: 24.10.2021); State of North American Manufacturing 2011–2020 Annual Report. 2012–2021. URL: https://business.thomasnet.

Таблица 1

Значение индекса конвергентного резонанса (ИКР), средний прирост доли отраслей промышленности (ОП) США в структуре производства товаров индустриального назначения и ранжирование отраслей за период 2011–2020 гг.

Наименование отраслей / групп отраслей промышленности США	ИКР	Средний прирост доли ОП, %	Ранг
Авиакосмическая промышленность	1,0000	6,0	
Производство компьютеров и офисного оборудования	1,0000	7,2	1
Электронная промышленность и производство коммуникационного оборудования	1,0000	10,4	
Фармацевтическая промышленность	1,0000	14,2	
Производство бытовой техники	0,9110	3,0	5
Производство химических продуктов (кроме медикаментов)	0,9719	4,4	2
Автомобилестроение	0,9586	3,3	3
Производство транспортного оборудования (кроме автомобилей)	0,8483	2,8	8
Металлообработка	0,8703	2,2	7
Нефтехимия и коксохимия	0,8984	2,0	6
Производство резинотехнических и пластмассовых изделий	0,9347	3,1	4
Цветная металлургия	0,8112	2,3	9
Черная металлургия	0,7603	1,7	15
Лесная и деревообрабатывающая промышленность	0,7536	1,5	17
Целлюлозно-бумажная промышленность	0,7984	2,3	10
Добыча полезных ископаемых	0,5680	0,0	21
Производство минеральной продукции	0,7292	1,1	19
Текстильная промышленность	0,7478	1,3	18
Пищевая промышленность	0,7688	1,8	14
Табачная индустрия	0,7764	2,0	13
Алкогольная индустрия	0,7580	1,7	16
Полиграфическая промышленность	0,7867	2,2	11
Обеспечение электроэнергией, газом, тепловой энергией	0,7833	2,0	12
Водоснабжение и водоотведение	0,6357	0,9	20
Средний показатель по анализируемым отраслям	*0,8363*	*3,3*	–

Таблица 2

Результат оценки сравнительной технологической эффективности американской промышленности, средний прирост доли промышленного производства (ПП) в разрезе субрегионов США, ранжирование и эталонные субрегионы за период 2011–2020 гг.

Субрегионы США		Показатель эффективности	Средний прирост доли ПП, %	Ранг	Эталонные субрегионы	
					наименование	коэффициент*
Новая Англия		0,8281	4,4	3	Среднеатлантические штаты	0,9967
Среднеатлантические штаты		1,0000	6,0	1	–	–
Северо-Восточный Центр		0,7135	3,0	5	Среднеатлантические штаты	0,8003
Северо-Западный Центр		0,6284	1,0	6		0,7923
Южноатлантические штаты		0,7529	4,3	4		0,8497
Юго-Восточный Центр		0,5211	0,3	7	Юго-Западный Центр	0,8016
Юго-Западный Центр		0,8928	5,0	2	Тихоокеанские штаты (континентальная часть)	1,0000
Горные штаты		0,3080	0,0	8		0,6112
Тихоокеанские штаты	в целом	0,9372	6,0	1		1,0000
	континентальная часть	1,0000	7,0		–	–

* Коэффициент показывает значение, при котором эталонные субрегионы формируют гипотетический объект.

Анализ представленных результатов мезоэкономического моделирования позволяет оценить структурные сдвиги, произошедшие в американской промышленности под воздействием технологий конвергентного типа в период активного реиндустриального развития США, наблюдаемые как в отраслевой, так и в пространственно-региональной составляющих по следующим ключевым позициям.

Первая. В целом достаточно высокий уровень эффективности отраслевой структуры промышленности США за исследуемый период (среднее значение ИКР по анализируемым 24 отраслям с положительным средним приростом доли промышленного производства составляет 0,8363) свидетельствует об успешном начальном(!) этапе реиндустриализации американской экономики за период 2011–2020 гг., который характеризуется активной *диффузией конвергентных технологий в производство*. Несмотря на высокие средние темпы прироста промышленного производства, только в секторе высокотехнологичных отраслей промышленности США следует подчеркнуть наличие структурных сдвигов американской индустрии не только в сторону последних, но и отметить вовлеченность большинства отраслей промышленности в модернизационные процессы на основе *NBIC*-технологизации и цифровизации. Объяснение полученных результатов базируется на авторских исследованиях национальной инновационной системы (НИС)

com/state-of-north-american-manufacturing-ualp (Date of access: 24.10.2021); Manufacturing USA: A Third-Party Evaluation of Program Design and Progress. Deloitte. 2017. URL: www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-mfgmanufacturing-USA-program-and-process.pdf. (Date of access: 29.10.2021); Bureau of Economic Analysis (BEA). Industry Data. URL: https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?ReqID=51&step=1 – Date of access: 25.10.2021; Bureau of Economic Analysis (BEA). International Trade in Goods and Services. URL: https://www.bea.gov/data/intl-trade-investment/international-trade-goods-and-services – Date of access: 25.10.2021; Bureau of Labor Statistics (BLS). Employment Projections. URL: https://www.bls.gov/emp/tables/industry-occupation-matrix-industry.htm – Date of access: 25.10.2021 и др.

США, показывающих эффективность во взаимосвязи с промышленным производством (Минат, 2020). Следует заметить, что предшествующий период характеризовался для США как деиндустриальный, поэтому отдельные годы из 2011–2020 гг. характеризуются отрицательными значениями ежегодного прироста промышленной продукции в США (например, 2012 г.– 0,7% и 2016 г.– 1,2% по добавленной стоимости), несмотря на высокую активность инновационно-внедренческой деятельности и набирающий темпы решоринг американской индустрии. Тем не менее, осуществленное нами моделирование подтверждает структурную модернизацию большинства отраслей американской промышленности за последние годы (среди исследуемых 24 отраслей нет ни одной отрасли с низкой степенью технологизации – ИКР менее 0,5000, – ни, тем более, технологически отсталых – ИКР менее 0,25) на основе диффузии конвергентных технологий.

Вторая. Два субрегиона США – Тихоокеанские штаты (континентальная часть, представленная Калифорнией, Вашингтоном и Орегоном) и Среднеатлантические штаты (Нью-Йорк, Нью-Джерси и Пенсильвания) – смоделированы как абсолютно эффективные в рамках предмета настоящего исследования. Технологическая эффективность промышленного производства в геоэкономическом пространстве указанных субрегионов определяет их в качестве двух территориально-географических страновых центров. Для них характерно положение на противоположных побережьях США, что формирует пространственную модель центрально-периферийного типа, подтвержденную проведенным автором моделированием, при котором именно эти эффективные субрегионы служат ориентиром развития для других (полупериферийных – менее эффективных и периферийных – неэффективных), т.е. выступают в качестве эталонных. Следует заметить, что весовые коэффициенты, приписываемые эталонным субрегионам, означают величину их вклада в гипотетический объект, который в свою очередь будет являться целевым субрегионом для менее эффективных (со значением показателя эффективности менее 1, но стремящимся к ней, например, 0,9000 или 0,8000) и неэффективных (показатель ближе к 0,5000 и менее) субрегионов. Все это указывает на еще более явный структурный сдвиг в развитии промышленности США за период 2011–2020 гг. в пространственно-региональном разрезе. Это подтверждается и показателями среднегодовых темпов роста промышленного производства, коррелирующих с показателями «субрегиональной эффективности».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтверждает ту часть концепции американской реиндустриализации последнего десятилетия, которая предусматривает возрождение национальной промышленности США на новой, конвергентной технологической основе (оставляя за скобками изучение и моделирование процесса возвращения в страну промышленных компаний). Полученные результаты позволяют говорить о начальном этапе стратегированного модернизационного процесса промышленного возрождения Соединенных Штатов, поскольку наблюдается отставание темпов роста промышленного производства в пространственно-временной континуальной мезоэкономической динамике от способности и эффективности технологической модернизации, направляющей структурные сдвиги в парадигме Индустрии 4.0. На этом этапе реальные результаты реиндустриальной модернизации еще незначительные, поэтому экономический рост США в 2011–2020 гг. определяется пока еще не самой реиндустриализацией, а циклическими и конъюнктурными факторами, государственным регулированием финансового и промышленного секторов экономики. Однако, структурная перестройка промышленности США в сторону высокотехнологичного развития практически

всех значимых отраслей («ядром» выступают четыре отрасли) подтверждается средствами проведенного нами мезоэкономического моделирования.

Пространственно-региональный аспект моделирования структурных сдвигов выделяет традиционную для капиталистической индустрии центрально-периферийную форму структурных сдвигов, направленных в традиционные геоэкономические и геоинновационные центры США – Северо-Восток Атлантики и противоположное ему Тихоокеанское побережье. Проведенное моделирование подтверждает тенденции к усилению концентрации и локализации промышленного производства в свете структурных сдвигов, приводящих к еще более поляризованной деформации экономической системы страны. Именно мезопространственный/субрегиональный уровень как в экономико-теоретическом познании, так и на практике отражает структурные особенности нарождающейся деглобализации, склонной, по оценкам ученых, к постепенному доминированию регионализации экономических отношений на базе знаниеемкости и технологичности субъектов новой экономики.

В завершении заметим, что именно США, остающиеся мировым инновационно-технологическим лидером, в состоянии оседлать грядущую волну технологий нарождающегося шестого технологического уклада путем научно-производственной интеграции, составляющей базу реиндустриального развития страны в ближайшей и стратегической перспективе.

Список литературы / References

Антамошкин А.Н., Моргунова О.Н., Моргунов Е.П. (2006). Методика исследования эффективности сложных иерархических систем. // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. Вып. 2 (9). С. 9–13. [Antamoshkin A.N., Morgunova O.N., Morgunov E.P. (2006). Research methodology for the effectiveness of complex hierarchical systems. *Bulletin of the Siberian State Aerospace University*, iss. 2 (9). pp. 9–13 (in Russian).]

Арриги Дж. (2006). Долгий двадцатый век: Деньги, власть и истоки нашего времени. Пер. с англ. М.: Территория будущего. 472 с. [Arrigi J. (2006). The long twentieth century: Money, power and the origins of our time. Transl. from English, Moscow, Territory of the Future, 472 p. (in Russian).]

Варнавский В.Г. (2019). Посткризисная реиндустриализация: от концепции к реализации // Друкеровский вестник. № 1. С. 18–28. DOI: 10.17213/2312–6469–2019–1–18–28 [Varnavskij V.G. (2019). Post-crisis reindustrialization: from concept to implementation. *Drucker Bulletin*, no. 1, pp. 18–28. DOI: 10.17213 / 2312–6469–2019–1–18–28 (in Russian).]

Глазьев С.Ю. (2016). Мирохозяйственные уклады в глобальном экономическом развитии // Экономика и математические методы. Т. 52. Вып. 2. С. 3–29. [Glaz'ev S.Yu. (2016). World economic structures in global economic development. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 52, iss. 2, pp. 3–29 (in Russian).]

Гудкова Т.В., Логинова В.С. (2020). Решоринг промышленности США: цифровизация vs глобализация // США & Канада: экономика, политика, культура. № 50 (7). С. 42–60. [Gudkova T.V., Loginova V.S. (2020). Reshoring of the US industry: digitalization vs globalization. *USA & Canada: Economics, Politics, Culture*, no. 50 (7), pp. 42–60 (in Russian).] DOI: 10.31857/S268667300010134-7

Иванус А.И. (2021). О моделировании динамики инновационного развития высоконаучных технологий на примере Китайской Народной Республики // Экономика высокотехнологичных производств. Январь-март. Т. 2. № 1. С. 9–19. [Ivanus A.I. (2021). On modeling the dynamics of innovative development of high-science technologies on the example of the People's Republic of China. *Economics of High-Tech Industries*, vol. 2, no. 1, pp. 9–19 (in Russian).] DOI: 10.18334/evp.2.1.111828

Клейнер Г.Б. (2021). Системная экономика: шаги развития: монография. М.: Научная библиотека. 746 с. [Kleiner G.B. (2021). Systemic economics: development steps: monograph, Moscow, Scientific Library. 746 p. (in Russian).]

Клейнер Г.Б. (2016). Экономика. Моделирование. Математика. Избранные труды. М.: ЦЭМИ РАН. 856 с. [Kleiner G.B. (2016). Economy. Modeling. Maths. Selected Works, Moscow, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences. 856 p. (in Russian).]

Мезоэкономика развития. (2010). Под ред. Г.Б. Клейнера. М.: Наука. 944 с. [Mesoeconomics of development. (2010). Ed. by G.B. Kleiner, Moscow, Nauka, 944 p. (in Russian).]

Мезоэкономика. (2020). Мезоэкономика: элементы новой парадигмы: монография. Под ред. В.И. Маевского, С.Г. Кирдиной-Чэндлер. М.: ИЭ РАН. 392 с. [Mesoeconomics. (2020). Mesoeconomics: elements of a new paradigm: monograph. Ed. by V.I. Maevskij, S.G. Kirdina-Chendler, Moscow, Institute of Economics, Russian Academy of Sciences, 392 p. (in Russian).]

Минат В.Н. (2020). Инновационная деятельность и пространственная структура обрабатывающей промышленности США // Инновации. № 10 (264). С. 82–94. [Minat V.N. (2020). Innovation activity and spatial structure of the US manufacturing industry. *Innovation*, no. 10 (264), pp. 82–94 (in Russian).] DOI: 10.26310/2071-3010.2020.264.10.010

Минат В.Н. (2021). Урбоориентированное развитие национальной инновационной системы в пространстве метрополитенских ареалов США // Федерализм. Т. 26. № 1 (101). С. 187–206. [Minat V.N. (2021). Urbo-oriented development of the national innovation system in the space of the US metropolitan areas. *Federalism*, vol. 26, no. 1 (101), pp. 187–206 (in Russian).] DOI: 10.21686/2073-1051-2021-1-187-206

Реальный сектор (2019). Реальный сектор экономики в условиях новой промышленной революции: монография. Под ред. М.А. Эскиндарова, Н.М. Абдикеева. М.: Когито-Центр. 428 с. [The real sector. (2019). The real sector of the economy in the context of the new industrial revolution: monograph. Ed. by M.A. Eskindarov, N.M. Abdikeev, Moscow, Kogito-Center, 428 p. (in Russian).]

Спицын В.В., Трифонов А.Ю., Рыжкова М.В., Спицына Л.Ю. (2018). Рентабельность предприятий химической промышленности в турбулентной экономике: моделирование в разрезе форм собственности // Экономический анализ: теория и практика. Т. 17. Вып. 9. С. 1604–1621. [Spicyn V.V., Trifonov A. Yu., Ryzhkova M.V., Spicyna L. Yu. (2018). Profitability of chemical enterprises in a turbulent economy: Modeling in the context of ownership. *Economic Analysis: Theory and Practice*, vol. 17, iss. 9, pp. 1604–1621 (in Russian).]

Федотов Ю.В. (2012). Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализ свертки данных) // Российский журнал менеджмента. Т. 10. № 2. С. 51–62. [Fedotov Yu.V. (2012). Measuring the effectiveness of the organization: Features of the DEA method (data convolution analysis). *Russian Management Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 51–62 (in Russian).]

Фролов В.Г., Трофимов О.В., Климова Е.З. (2020). Разработка системной модели организационно-экономического механизма развития приоритетных высокотехнологичных отраслей производства в соответствии с концепцией Индустрия 4.0 // Вопросы инновационной экономики. Январь-март. Т. 10. № 1. С. 71–83. [Frolov V.G., Trofimov O.V., Klimova E.Z. (2020). Development of a system model of the organizational and economic mechanism for the development of priority high-tech industries in accordance with the concept of Industry 4.0. *Issues of Innovative Economics*, vol. 10, no. 1, pp. 71–83 (in Russian).] DOI: 10.18334/vinec.10.1.100682

Щербаков Г.А. (2019). Системные экономические кризисы в долгосрочной динамике мирового хозяйственного развития. Под ред. Г.Б. Клейнера. М.; СПб.: Нестор-История. 404 с. [Shcherbakov G.A. (2019). Systemic economic crises in the long-term dynamics of world economic development. Ed. by G.B. Kleiner, Moscow, St. Petersburg, Nestor-History, 404 p. (in Russian).]

Bowlin W.F., Charnes A., Cooper W.W., Sherman H.D. (1985). Data envelopment analysis and regression

approaches to efficiency estimation and evaluation. *Annals of Operations Research*, vol. 2, pp. 113–138.

Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. (1994). Data envelopment analysis: Theory, methodology, and application. Boston. Kluwer Academic Publishers, 513 p.

Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, vol. 2, pp. 429–444.

Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis. Boston. Kluwer Academic Publishers, 275 p.

Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. (2000). Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver Software. Boston. Kluwer Academic Publishers, 318 p.

Jarallah S., Saleh A.S., Salim R. (2018). Examining pecking order versus trade-off theories of capital structure: New evidence from Japanese firms. *International Journal of Finance & Economics*, no. 24 (1), pp. 204–211. DOI: 10.1002/ijfe.1657

Le T.P.V., Phan T.B.N. (2017). Capital structure and firm performance: Empirical evidence from a small transition country. *Research in International Business and Finance*, no. 42, pp. 710–726. DOI: 10.1016/j.ribaf.2017.07.012

Shwab K., Vanham P. (2021). Stakeholder capitalism: A global economy that works for progress, people and planet. N.Y., Wiley, 304 p.

Svento R. (2019). High-tech industries as a factor in the reindustrialization of the economy. *Papers in Regional Science*, vol. 98, iss. 3, pp. 143–162.

Varum C.A., Cibrão B., Morgado A., Costa J. (2009). R&D, structural change and productivity: the role of high and medium-high technology industries. *Economia Aplicada*, vol. 13, no. 4, pp. 399–424.

Zakaria F. (2020). Ten lessons for a post-pandemic world. N.Y. – L, W.W. Norton, 336 p.

Zuboff Sh. (2019). The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power. N.Y., Public Affairs, 704 p.

Рукопись поступила в редакцию 25.11.2021 г.

MESOECONOMIC MODELING OF STRUCTURAL SHIFTS OF THE US INDUSTRY: INDUSTRY AND SPATIAL COMPONENTS

V.N. Minat

DOI: 10.33293/1609-1442-2022-1(96)-94-109

Valerij N. Minat, Cand. Sc. (Geography), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Management, the Ryazan State Agrotechnological University after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia; minat.valera@yandex.ru; ORCID 0000-0002-8787-4274

Abstract. The evolution of socio-economic relations, studied in the dynamics of the development of such a phenomenon as structural changes in industry caused by the diffusion of knowledge-intensive technologies of a convergent type, is most consistently revealed within the framework of the mesoeconomic production system of the country level, through appropriate modeling of characteristic objects and processes. The mesoeconomic modeling of the industrial sector of the American economy, which entered a qualitatively new period of reindustrial development a decade ago, seems relevant. The aim of this study is to use elements and modeling systems that meet the requirements of sectoral and regional mesoeconomics to assess the structural shifts that took place in the US industry in the period 2011–2020 under the influence of convergent technologies. To solve this problem, the DEA-method is used, developed and tested by the American scientists and is aimed at calculating the convergent resonance index and the indicator of the comparative efficiency of the objects under study. Based on the results of constructing models of the technological efficiency of the US industry in space-time, oriented to the input and output parameters, an assessment of the structural shifts of the American industry, both sectoral and spatial-regional components of the US mesoeconomic system, is presented. The conclusion is made about the generally successful structural modernization of American industry in the inter-crisis period, characterized as the initial stage of the reindustrial development of the United States on the basis of convergent technologies of the sixth technological order. The problems of the initial stage of American reindustrialization associated with a small increase in industrial production

within the framework of the national knowledge economy and the strengthening of structural imbalances in its spatial development are identified. At the same time, a high level of efficiency of modernization of the main industries of the United States in the considered period of time was noted, associated with the active diffusion of convergent technologies.
Keywords: mesoeconomics, modeling, US industry, US reindustrialization, structural shifts, convergent technologies, DEA method, technology diffusion, convergent resonance index, comparative technological efficiency.
Classification JEL: C15, C31, C43, C67, L16, O14, O51.

Manuscript received 25.11.2021