

УДК 331.101.262

ББК 65.240

© Чекмарева Е.А.

## ВОСПРОИЗВОДСТВО ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ОБЪЕКТ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ<sup>1</sup>



ЧЕКМАРЕВА ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА

Институт социально-экономического развития территорий

Российской академии наук

Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а

E-mail: miteneva@inbox.ru

*Статья посвящена анализу процесса воспроизводства трудового потенциала как объекта имитационного (в частности, агент-ориентированного) моделирования. Трудовой потенциал рассматривается в исследовании в рамках комплексного подхода как обобщающая характеристика меры и качества совокупности способностей к труду. Во вводной части статьи дается краткая характеристика имитационного моделирования как метода исследования сложных систем, описываются преимущества и особенности агент-ориентированного подхода, излагаются основные подходы к трактовке понятия «трудовой потенциал территории». Воспроизводство трудового потенциала рассматривается в исследовании как процесс его непрерывного восполнения и возобновления, состоящий из трех последовательных фаз: формирование, распределение и использование. Раскрываются сущность каждой фазы воспроизводства трудового потенциала и основные процессы, определяющие формирование, распределение и использование трудового потенциала на микро- и макроуровне. Дается характеристика и приводятся примеры российских и зарубежных агент-ориентированных моделей, имитирующих различные аспекты воспроизводства трудового потенциала: естественное движение населения, миграционные процессы, динамика рынка труда и др. По результатам анализа воспроизводства трудового потенциала как объекта имитационного моделирования делается вывод, что, во-первых, комплексный подход к трактовке трудового потенциала территории, учитывающий сущность и глубину данного понятия, практически не используется при агент-ориентированном моделировании, во-вторых, большинство моделей имитируют отдельные аспекты воспроизводства трудового потенциала, например динамику рынка труда, и не рассматривают воспроизводственный цикл целиком, и в-третьих, модельное упрощение реальной системы не всегда сопровождается соблюде-*

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-36-60011 мол\_а\_дк.

*нием логики протекания основных фазовых процессов, например, исключение из модели безработных приводит к искаженному воспроизведению фазы использования трудового потенциала. Предлагаются основные принципы, которым должна удовлетворять комплексная агент-ориентированная модель воспроизводства трудового потенциала, в частности, согласно авторской позиции, такая модель должна воспроизводить современное состояние и динамику трудового потенциала в единстве и взаимосвязи его количественной и качественной сторон, имитировать основные процессы каждой фазы воспроизводства трудового потенциала и при этом соответствовать реальной системе по своей структуре и логике функционирования.*

*Воспроизводство трудового потенциала, имитационное моделирование, агент-ориентированный подход.*

Наиболее острые проблемы социально-экономического развития территорий зачастую могут быть спрогнозированы еще на стадии их зарождения. Использование современных методов анализа и прогнозирования сложных систем позволяет заранее «проиграть» различные сценарии развития ситуации, выявить наиболее вероятные критические явления, опробовать возможные варианты управленческих воздействий и принять адекватные превентивные меры.

Одним из таких методов является имитационное моделирование – экспериментальный метод исследования реальной системы по ее компьютерной модели. Это специфический вид моделирования, при котором логико-математическая модель исследуемой системы представляет собой алгоритм ее функционирования, программно реализуемый на компьютере. Методологическую основу имитационного моделирования составляет системный анализ [5, с. 14-22].

В широком смысле под имитационным моделированием в науке понимается процесс построения, анализа и применения имитационных моделей. В узком смысле имитационное моделирование трактуется только как процесс конструирования имитационной модели. Н.Н. Лычкина определяет имитационную модель как отдельную программу, совокупность программ или программный комплекс, позволяющие с помощью последовательности

вычислений и графического отображения их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта или системы объектов при условии воздействия на них различных, как правило, случайных факторов [5, с. 15].

В настоящее время принято выделять три вида имитационного моделирования, это системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агент-ориентированное (или агентное) моделирование (рис. 1).

Агент-ориентированное моделирование является самым молодым видом имитационного моделирования. Прототип первой агент-ориентированной модели был разработан в конце 1940-х годов, однако широкое распространение эти модели получили в только начале 1990-х годов – благодаря появлению микрокомпьютеров и возможности проводить компьютерные симуляции [8, с. 15].

Е. Д. Сушко дает следующее определение АОМ: «Агент-ориентированная (мультиагентная) модель представляет собой искусственное общество, состоящее из взаимодействующих между собой самостоятельных агентов, каждый из которых обладает заданным набором личностных характеристик («ресурсов»), целевой функцией («интересами») и подчиняется правилам поведения, предопределяющим его реакцию в различных ситуациях, затрагивающих сферу его интересов» [14, с. 5].

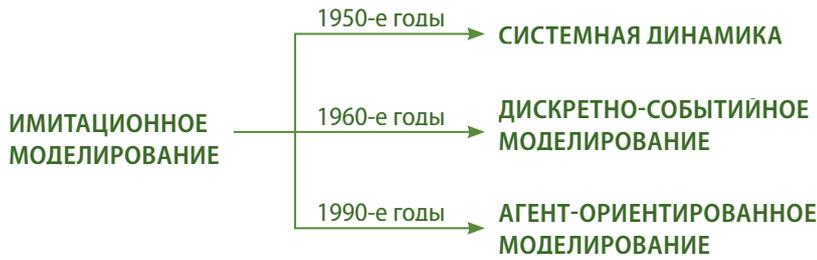


Рис. 1. Виды имитационного моделирования

По сравнению с другими средствами имитационного моделирования агент-ориентированные модели позволяют смоделировать систему, максимально приближенную к реальности, обладают свойством эмерджентности (от англ. *emergent* – возникающий, неожиданно появляющийся – возникновение у системы особых свойств, не присущих ее элементам, системный эффект), отличаются возможностью построения моделей при отсутствии знаний о глобальных зависимостях в соответствующей предметной области и являются гибким инструментом, позволяющим легко добавлять агентов в модели и удалять их, а также менять параметры и правила их поведения [8, с. 27-28].

Понимание общественных и экономических процессов как результата поведения множества индивидуальных агентов, обладающих ограниченной рациональностью, и постепенное отхождение от парадигмы «моделирования сверху» дало мощный толчок развитию агент-ориентированного моделирования в мире и стало основной причиной его востребованности в современных условиях.

Особый интерес в качестве объекта имитационного, и в частности агент-ориентированного, моделирования представляет воспроизводство трудового потенциала – ключевого фактора социально-экономического развития. Как справедливо отмечает М.С. Токсанбаева, «мировой опыт показывает, что трудовой

потенциал является главным фактором модернизации и повышения конкурентоспособности страны, позволяющей ей выходить на лидерские позиции и избегать перемещения на периферию международного разделения труда» [16, с. 3]. При этом страновые и региональные данные зачастую не отражают всей картины происходящих изменений, а основные проблемы в воспроизводстве трудового потенциала страны начинаются с муниципального уровня. На наш взгляд, исследование воспроизводства трудового потенциала, в том числе методами имитационного моделирования, необходимо начинать именно с уровня муниципалитетов.

Цель представляемого исследования – анализ процесса воспроизводства трудового потенциала как объекта имитационного моделирования с позиции агент-ориентированного подхода.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Раскрыта сущность воспроизводства трудового потенциала и основные определяющие его процессы на микро- и макроуровне.

2. Проведен критический анализ современного опыта агент-ориентированного моделирования воспроизводства трудового потенциала.

3. Сформулированы основные принципы, которым должна удовлетворять комплексная агент-ориентированная модель воспроизводства трудового потенциала.

Фундаментальным научным трудом по проблемам воспроизводства трудового потенциала является диссертационная работа основоположника теории трудового потенциала – российского ученого, профессора МГУ А.С. Панкратова «Трудовой потенциал: социально-экономические аспекты управления процессом его воспроизводства», представленная к защите в 1993 году. В данном исследовании ученый рассматривает процесс воспроизводства трудового потенциала как постоянное восстановление, повторение или возобновление потребляемого (функционирующего) трудового потенциала в общественном производстве [11, с. 14].

Сам термин «трудовой потенциал» был предложен А.С. Панкратовым в начале 1980-х гг. для характеристики личного фактора производства в объемном, многомерном выражении как более емкое и широкое понятие, чем те, которые использовались под терминами «рабочая сила» и «трудовые ресурсы» [10, с. 38-39]. Дальнейшее развитие этого термина и использование его представителями разных наук привело к формированию множества подходов к толкованию понятия «трудовой потенциал». Основные сложившиеся к настоящему времени теоретико-методологические подходы выде-

лены нами и описаны в предыдущих работах [4; 19] и обобщенно представлены на *рисунке 2*.

Отметим, что первоначально при обосновании необходимости введения нового термина сам ученый определял его как «интегральную форму, количественно и качественно характеризующую способность общества в динамике обеспечить человеческий фактор производства в соответствии с требованиями его развития» [11, с. 5].

В дальнейшем введенный А.С. Панкратовым термин настолько прижился в отечественной экономической науке, что был включен во все вузовские учебники по экономике и социологии труда в нашей стране. Это серьезный факт, который говорит о зрелости данного понятия и его абсолютном признании российским научным сообществом. В то же время ни в одном иностранном учебнике термин «трудовой потенциал» (или его содержательный аналог) не встречается, но при этом подробно рассматривается концепция человеческого капитала. То есть зарубежной наукой также признается необходимость комплексного количественно-качественного анализа и учета человеческого фактора производства, только в рамках другого теоретико-методологического направления.

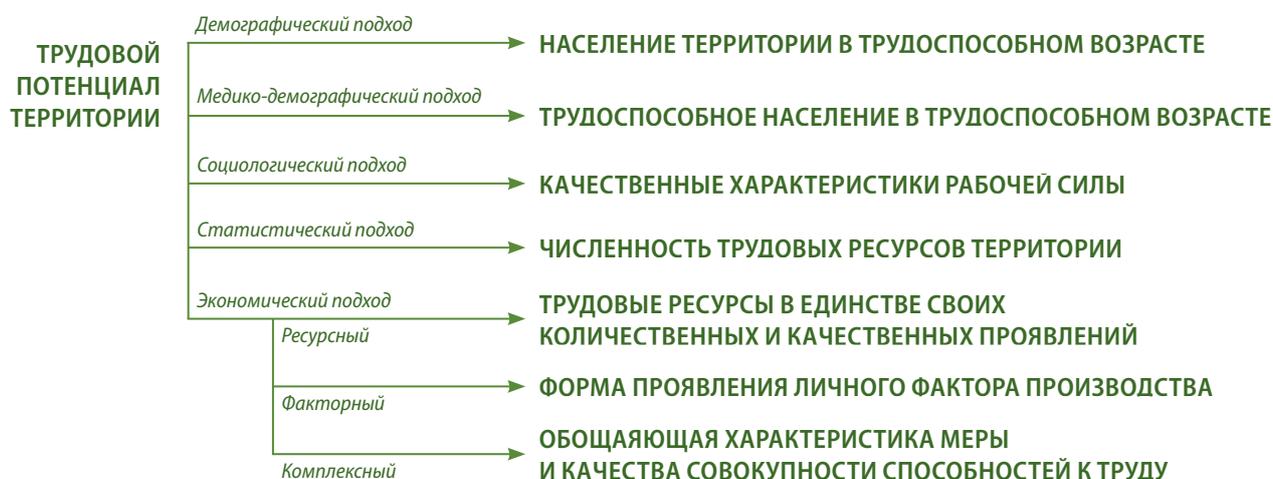


Рис. 2. Подходы к трактовке понятия «трудовой потенциал территории»

В данном исследовании мы придерживаемся комплексного экономического подхода к трактовке термина «трудовой потенциал территории» и понимаем под ним «обобщающую характеристику меры и качества совокупности способностей к труду» [9, с. 14] или конкретнее: «располагаемые в настоящее время и предвидимые в будущем трудовые возможности, характеризующиеся количеством трудоспособного населения, его профессионально-образовательным уровнем, другими качественными характеристиками» [12, с. 438].

Воспроизводство трудового потенциала как процесс его непрерывного выполнения и возобновления принято конструктивно разделять на последовательные фазы воспроизводственного цикла (рис. 3): формирование (производство), распределение (обмен, перераспределение) и использование (функционирование, потребление, реализация).



Рис. 3. Фазы воспроизводственного цикла

Содержательная характеристика отдельных фаз воспроизводства трудового потенциала представлена в *таблице*.

Имитационное моделирование как метод исследования воспроизводства трудового потенциала предполагает имита-

цию основных процессов, происходящих в фазах его формирования, распределения и использования. При этом особенность агент-ориентированного моделирования заключается в том, что процессы макроуровня воспроизводятся в модели не сами по себе, а становятся результатом индивидуального поведения агентов микроуровня. Такой подход к моделированию в зарубежной литературе называют «bottom-up» (снизу вверх) [25]. В пользу применения данного подхода в моделировании социально-экономической динамики говорит не только логика протекания социальных и экономических процессов, но и многочисленные эксперименты. В частности, в работе Д.Н. Шульца и И.Н. Якуповой [20] экспериментально доказано, что микроструктура существенно влияет на свойства системы в целом и агент-ориентированные модели представляют собой эффективный инструмент исследования неоднородных экономических систем.

Например, в разработанной В.Л. Макаровым, А.Р. Бахтизиным и Е.Д. Сушко мультиагентной модели России [7] при имитации демографических процессов в регионах РФ миграция и рождаемость являются интегральными результатами действий отдельных агентов, принимающих решения о смене места жительства с целью улучшения своего материального положения или о рождении детей, и только смертность не зависит от воли агентов. При этом, как подчеркивают сами авторы, принципиальным моментом является то, что показатели миграции и рождаемости получаются в модели автоматически как реакция популяции агентов на изменение внешней среды (социальных и экономических условий).

Следует отметить, что агент-ориентированные модели нашли широкое применение в исследовании и прогнозировании демографических процессов. Это объясняется тем фактом, что демогра-

Таблица. Содержание отдельных фаз воспроизводства трудового потенциала территории

Фаза воспроизводства	Содержание	Основные процессы	
		на макроуровне*	на микроуровне*
I. Формирование	В данной фазе происходит формирование количественных и качественных характеристик трудового потенциала: – численности населения трудоспособного возраста; – половозрастного состава; – квалификационно-образовательной структуры; – физического и психического здоровья, когнитивного и творческого потенциала, коммуникабельности, культурного и нравственного уровня, социальных притязаний и других качественных характеристик	Рождаемость, смертность, миграция, прием в образовательные организации и выпуск из них	Репродуктивное, самосохранительное, миграционное поведение, реализация образовательных стратегий
II. Распределение	В данной фазе происходит распределение трудового потенциала: – по территориям; – по видам экономической деятельности; – по организациям и предприятиям; – по конкретным рабочим местам в организациях и предприятиях	Трудовая миграция, распределение численности занятых в экономике по видам экономической деятельности	Трудовая миграция, поведение на рынке труда, реализация стратегий поиска работы, трудовое поведение в организации
III. Использование	В данной фазе осуществляется реализация накопленного трудового потенциала, его функционирование в экономике, заключающееся в трудовой занятости населения и его трудовой деятельности на конкретном рабочем месте	Экономическая активность населения, занятость, безработица	Поведение на рынке труда и трудовое поведение в организации

\*В данном случае согласно агент-ориентированному подходу под макроуровнем понимается уровень территорий, под микроуровнем – уровень отдельных агентов.  
Источник: Составлено автором.

фические процессы и явления во многом определяются индивидуальным выбором отдельных людей, их репродуктивными, миграционными установками и поведением. Так, в построенной специалистами Центрального экономико-математического института РАН «демографической модели условного региона» [6] агенты наделены одним из двух видов демографических стратегий: традиционной, для которой характерна высокая рождаемость, и современной, при которой рождаемость существенно ниже, при этом рождаемость зависит не только от численности женщин репродуктивного возраста, но и от их индивидуальных репродуктивных установок. Хочется подчеркнуть заслуги сотрудников ЦЭМИ РАН: именно они положили начало использованию агент-ориентированного подхода применительно к моделированию демографических процессов в нашей стране.

За рубежом агент-ориентированное моделирование демографических процессов появилось несколько раньше (в конце про-

шлого века), развивается более быстрыми темпами и уже выросло в отдельное научное направление – агент-ориентированную вычислительную демографию (Agent-Based Computational Demography) [21].

В известных нам агент-ориентированных моделях процесс воспроизводства трудового потенциала не рассматривается непосредственно как объект имитационного моделирования. Чаще всего моделирование воспроизводственного движения трудового потенциала осуществляется попутно с решением другой (основной) задачи, например построением агент-ориентированной вычислительной модели макроэкономики [23], либо рассматриваются более узкие задачи и имитируются отдельные фазы воспроизводственного цикла. К настоящему времени разработаны многочисленные агент-ориентированные модели, имитирующие различные аспекты воспроизводства трудового потенциала: естественное движение населения, миграционные процессы, динамику рынка труда и др.

В частности, модель S. Lia [27] и соавторов предназначена для имитации пространственной динамики численности населения с учетом формирования долгосрочного динамического равновесия на рынке труда и апробирована на данных быстроразвивающегося китайского индустриального мегаполиса Дунгуань. Исследование Q. Zhang, W. Jager [29] посвящено агент-ориентированному моделированию миграции населения в муниципалитетах Великобритании. В работах Z. Lewkovicz и J.-D. Kant [24] предлагаются агент-ориентированные модели французского рынка труда. При этом, как справедливо отмечают авторы, все существующие в настоящее время агент-ориентированные вычислительные модели рынков труда используют два вида агентов: агенты-работники и агенты-работодатели, а некоторые разработчики вводят в модель еще один вид агента – органы власти. В монографии А. Tarvid [28] обсуждается моделирование индивидуального поведения агентов-людей в сфере образования и на рынке труда, которые с учетом их взаимозависимостей рассматриваются автором как единая система. К. Charuis [22] использует агент-ориентированный подход при исследовании такого важного аспекта воспроизводства трудового потенциала, как удовлетворенность работой. А в модели, разработанной Н. Dawid [26] и коллегами, отслеживается влияние повышения квалификации работников на колебания рынка труда.

К сожалению, трудовой потенциал в том комплексном его понимании, которого мы придерживаемся в своих исследованиях, не встречается в современных агент-ориентированных моделях. В наиболее близком смысловом и содержательном значении трудовой потенциал присутствует только в агент-ориентированных моделях Е.Д. Сушко. Так, в мультиагентной модели региона, разработанной исследователем, трудовой потенциал выступает интегральной характеристикой агента и определяет-

ся группой характеристик энергетического потенциала, включающей здоровье, активность, способность к творчеству и другие способности, а также группой характеристик социального потенциала, включающей квалификацию агента, определяемую его образованием и трудовым стажем, и отношение к труду [15]. Отметим, что в исследованиях ИСЭРТ РАН трудовой потенциал также характеризуется двумя группами качеств, составляющих энергетический и социально-психологический потенциал. Однако перечень рассматриваемых качеств несколько другой и соответствует концепции качественных характеристик населения, разработанной научным коллективом Института социально-экономических проблем народонаселения РАН под руководством Н.М. Римашевской [2; 13]. К энергетическому потенциалу относятся физическое и психическое здоровье, когнитивный потенциал и творческие способности. К социально-психологическому потенциалу – коммуникабельность, культурный и нравственный уровни, потребность в достижении.

Все восемь перечисленных качеств имеют апробированную методику измерения на основе анкетных социологических опросов. Методика подробно описана в публикациях Института социально-экономического развития территорий РАН [1; 3; 17; 18], который осуществляет Мониторинг качественного состояния трудового потенциала населения Вологодской области по данной методике с 1996 года. При этом для оценки качественных характеристик трудового потенциала применяются блоки вопросов с использованием шкал Лайкерта<sup>2</sup>, а в ре-

<sup>2</sup> Шкалы Лайкерта – разновидность опросников установок (аттитюдов). Названы по имени автора – Р. Лайкерта, предложившего их в 1932 году. Шкалы Лайкерта состоят из набора утверждений с пяти- или семибалльными рейтинговыми шкалами оценивания, которыми устанавливается степень согласия испытуемого с данным утверждением.

зультате обработки базы данных анкетного опроса каждое из восьми указанных выше качеств получает числовую оценку в виде индекса от нуля до единицы.

В модели Е.Д. Сушко значения каждого качества, входящего в состав трудового потенциала, также нормируются в интервале от нуля до единицы. Энергетический и социальный потенциалы каждого агента вычисляются как среднее арифметическое нормированных значений показателей, входящих в группу, а интегральное значение трудового потенциала агента находится как среднее геометрическое рассчитанных групповых потенциалов. Модель построена по иерархическому принципу, и трудовой потенциал агентов более высоких уровней иерархии, например предприятий и организаций или муниципальных районов, считается совокупностью трудовых потенциалов агентов-людей. Кроме того, в модели вводится понятие относительного трудового потенциала, которое используется автором для учета требований работодателей и вычисления вероятности приема на работу или увольнения, расчета заработной платы и вклада отдельного агента в общий результат труда.

Описанная модель затрагивает все фазы воспроизводства трудового потенциала, в частности, включает в себя процедуру прогнозирования демографической ситуации на рассматриваемой территории, модель рынка труда, модель трудового поведения человека-носителя трудового потенциала, отличается подробной качественной проработкой и значительной детализацией, однако имеет один существенный недостаток: «в модели не учитывается безработица, считается, что все агенты трудоспособного возраста или являются студентами высших/средних учебных заведений, или заняты какой-либо деятельностью» [14, с. 13]. Также вызывает вопросы процедура формирования и изменения качественной стороны трудового потенциала.

Другой проблемой, встающей перед исследователем при имитационном моделировании воспроизводства трудового потенциала конкретной территории, является наполнение модели реальными данными. Причем наибольшие трудности возникают при моделировании фаз производственного цикла на муниципальном уровне. Это связано с особенностями статистического учета в России. В частности, подробные статистические данные о распределении экономически активного, занятого и безработного населения по социально-демографическим группам и другим критериям собираются Росстатом в рамках выборочного обследования населения по проблемам занятости<sup>3</sup>. При этом выборка репрезентативна только на уровне всего региона, в силу чего многих статистических данных, которые публикуются по регионам, по муниципалитетам просто нет.

Частично решить указанную проблему можно за счет социологических опросов. Однако, поскольку имитационная модель призвана воспроизводить процесс во времени и служить целям прогнозирования поведения сложных социально-экономических систем, социологические исследования должны носить лонгитюдный характер и проводиться в мониторинговом режиме, чтобы дать информацию в динамике. Хорошими примерами таких исследований, на наш взгляд, являются социологические опросы, проводимые ИСЭРТ РАН на территории Вологодской области, в том числе упомянутый выше Мониторинг качественного состояния трудового потенциала населения.

В целом анализ процесса воспроизводства трудового потенциала как объекта имитационного моделирования и изучение научных публикаций по данному вопросу показали, что, во-первых, комплексный

<sup>3</sup> Режим доступа : [http://www.gks.ru/bgd/free/b99\\_10/isswww.exe/stg/d030/i030110r.htm](http://www.gks.ru/bgd/free/b99_10/isswww.exe/stg/d030/i030110r.htm)

подход к трактовке трудового потенциала территории, учитывающий сущность и глубину данного понятия, практически не используется при агент-ориентированном моделировании; во-вторых, большинство моделей имитируют отдельные аспекты воспроизводства трудового потенциала, например динамику рынка труда, и не рассматривают воспроизводственный цикл целиком; в-третьих, модельное упрощение реальной системы не всегда сопровождается соблюдением логики протекания основных фазовых процессов, например, исключение из модели безработных приводит к искаженному воспроизведению фазы использования трудового потенциала.

Проведенный анализ позволил сформулировать основные принципы, которым должна удовлетворять агент-ориентированная модель воспроизводства трудового потенциала:

– процессы макроуровня являются в модели результатом индивидуального поведения агентов микроуровня;

– модель воспроизводит современное состояние и динамику трудового потенциала в единстве и взаимосвязи его количественной и качественной сторон;

– модель имитирует основные процессы каждой фазы воспроизводства трудового потенциала;

– модель соответствует реальной системе по своей структуре и логике функционирования.

Соблюдение выделенных принципов и построение комплексной агент-ориентированной модели, основанной на реальных статистических и социологических данных и имитирующей воспроизводство трудового потенциала в единстве его количественной и качественной сторон, на наш взгляд, позволит прогнозировать основные проблемы в фазах формирования, распределения и использования трудового потенциала и при условии выработки адекватных мер обеспечить полноценное восстановление, возобновление и накопление трудового потенциала территории.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гулин, К. А. Трудовой потенциал региона [Текст] / К. А. Гулин, А. А. Шабунова, Е. А. Чекмарева. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2009. – 84 с.
2. Качество населения [Текст] / под ред. Н. М. Римашевской, В. Г. Копнина. – М. : ИСЭПН, 1993. – 185 с.
3. Качество трудового потенциала населения Вологодской области [Текст] / В. А. Ильин, Н. А. Смирнова, Я. Б. Тимофеева. – Вологда : ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 1998. – 76 с.
4. Леонидова, Г. В. Опыт оценки качества трудового потенциала на региональном уровне [Текст] / Г. В. Леонидова, Е. А. Чекмарева // Человек и труд. – 2009. – № 12. – С. 30–33.
5. Лычкина, Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Лычкина. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 254 с.
6. Макаров, В. Л. Имитация особенностей репродуктивного поведения населения в агент-ориентированной модели региона [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко // Экономика региона. – 2015. – № 3. – С. 313–322.
7. Макаров, В. Л. Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко // Федерализм. – 2014. – № 4. – С. 37–46.
8. Макаров, В. Л. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели) [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин. – М. : Экономика, 2013. – 295 с.
9. Маслова, И. С. Трудовой потенциал советского общества: вопросы теории и методологии исследования [Текст] / И. С. Маслова. – М., 1987. – 32 с.
10. Панкратов, А. С. Трудовой потенциал в системе управления производством [Текст] / А. С. Панкратов. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – 310 с.

11. Панкратов, А. С. Трудовой потенциал: социально-экономические аспекты управления процессом его воспроизводства [Текст] : дис. в виде науч. докл. на соиск. уч. ст. д.э.н. : 08.00.05 / А. С. Панкратов. – М., 1993. – 60 с.
12. Райзберг, Б. А. Современный экономический словарь [Текст] / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 512 с.
13. Римашевская, Н. М. О методологии определения качественного состояния населения [Текст] / Н. М. Римашевская // Демография и социология. – Вып. 6. – М., 1993. – С. 7–21.
14. Сушко, Е. Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация [Текст] : препринт / Е. Д. Сушко. – М. : ЦЭМИ РАН, 2012. – 54 с.
15. Сушко, Е. Д. Трудовой потенциал и поведение людей в мультиагентной модели региона [Текст] / Е. Д. Сушко // Вестник университета. – 2011. – № 3. – С. 183–186.
16. Токсанбаева, М. С. Социально-экономические факторы воспроизводства трудового потенциала в современной России [Текст] : автореф. дис. на соиск. уч. ст. д.э.н. : 08.00.05 / М. С. Токсанбаева. – М., 2007. – 40 с.
17. Трудовой потенциал региона [Текст] : заключительный отчет о НИР / исполн. Г. В. Леонидова, Е. А. Чекмарева. – Вологда, 2009. – 117 с.
18. Трудовой потенциал региона: состояние и развитие [Текст] / В. А. Ильин, К. А. Гулин, Г. В. Леонидова, В. В. Давыдова. – Вологда : ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2004. – 107 с.
19. Чекмарева, Е. А. Экономико-математическое моделирование реализации трудового потенциала региона [Текст] : дис. на соиск. уч. ст. к.э.н. : 08.00.13 / Е. А. Чекмарева. – Вологда, 2012. – 182 с.
20. Шульц, Д. Н. Агентное моделирование влияния микроструктуры на свойства экономики [Текст] / Д. Н. Шульц, И. Н. Якупова // Журнал экономической теории. – 2016. – № 1. – С. 70–81.
21. Agent-Based Computational Demography: using simulation to improve our understanding of demographic behavior [Text] / F. C. Billari, A. Prskawetz (Eds.). – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. – 210 p.
22. Chapis, K. Computing Job Satisfaction from social comparisons: an agent-based approach [Text] / K. Chapis, J.-D. Kant // Social Simulation Conference 2014 – 10th European Social Simulation Association Conference, Barcelona, Spain, 2014. – P. 628–635.
23. Deissenberg, C. EURACE: A massively parallel agent-based model of the European economy [Text] / C. Deissenberg, S. Hoog, H. Dawid // Applied Mathematics and Computation. – 2008. – № 204. – P. 541–552.
24. Lewkowicz, Z. A Multi-Agent System to model the Labor Market: simulating a new job contract introduction [Text] / Z. Lewkowicz, J.-D. Kant // The Fourth European Social Simulation Association Conference, ESSA 2007, Toulouse, France, 2007. – P. 151–162.
25. Macroeconomics from the Bottom-up [Text] / D. D. Gatti, S. Desiderio, E. Gaffeo, P. Cirillo, M. Gallegati. – Springer-Verlag Italia, 2011. – 122 p.
26. On the Effects of Skill Upgrading in the Presence of Spatial Labor Market Frictions: An Agent-Based Analysis of Spatial Policy Design [Electronic resource] / H. Dawid, S. Gemkow, P. Harting, M. Neugart // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – № 12 (4) 5. – Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/5.html>
27. Simulation of spatial population dynamics based on labor economics and multi-agent systems: a case study on a rapidly developing manufacturing metropolis [Text] / S. Lia, X. Lib, X. Liub, Z. Wua, B. Aic, F. Wanga // International Journal of Geographical Information Science. – 2013. – Vol. 27. – №. 12. – P. 2410–2435.
28. Tarvid, A. Agent-Based Modelling of Social Networks in Labour–Education Market [Text] / A. Tarvid. – Springer International Publishing, 2016. – 92 p.
29. Zhang, Q. Agent-based modeling of population dynamics in municipalities: Migration in the Derbyshire & Nottinghamshire cases in the UK: Report for the EU Prima project, WP3 [Text] / Q. Zhang, W. Jager. – University of Groningen, Center for Social Complexity Studies, 2011. – 53 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Чекмарева Елена Андреевна* – кандидат экономических наук, научный сотрудник отдела исследования уровня и образа жизни населения. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономического развития территорий Российской академии наук. Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а. E-mail: miteneva@inbox.ru. Тел.: (8172) 59-78-10.

## REPRODUCTION OF LABOR POTENTIAL AS AN OBJECT OF SIMULATION

*The article analyzes the process of reproduction of labor potential as an object of simulation (particularly, agent-based) modeling. Employment potential is considered in the study under the integrated approach as a generalized characteristic of the measure and quality of a set of abilities to work. The introductory part of the article provides a brief description of simulation modeling as a method for studying complex systems, describes the benefits and features of agent-based approach, outlines main approaches to the interpretation of the concept "labor potential of the territory". The reproduction of labor potential is considered in the study as the process of its continuous replenishment and renewal, consisting of three consecutive phases: formation, distribution and use. The author considers the essence of each phase of reproduction of labor potential and main processes that determine the formation, distribution and using of labor potential at the micro-and macro-level. The paper provides characteristics and examples of Russian and foreign agent-based models simulating various aspects of reproduction of labor potential: natural movement of population, migration, labor market dynamics etc. According to the analysis of the reproduction of labor potential as an object of simulation it is concluded that, first, an integrated approach to the interpretation of labor potential of the territory, taking into account the nature and depth of the concept, is almost never used in agent-based modeling; second, most of the models simulate some aspects of reproduction of labor potential, for example, the dynamics of the labor market, and do not consider the reproductive cycle as a whole; and third, model simplification of the real system is not always accompanied by the observance of the logic of flow of basic phase processes, for example, excluding the unemployed from the model leads to a distorted reproduction of the phase of the use of labor potential. The author proposes basic principles which must be met by an integrated agent-based model of reproduction of labor potential, in particular, according to the author's position, such a model should reproduce the current state and dynamics of labor potential in unity and interrelation with quantitative and qualitative sides, to simulate main processes in each phase of reproduction of labor potential and thus correspond to the real system in its structure and logic of functioning.*

*Reproduction of labor potential, simulation modeling, agent-based approach.*

### REFERENCES

1. Gulin K. A., Shabunova A. A., Chekmareva E. A. *Trudovoi potentsial regiona* [Labour Potential of the Region]. Vologda: ISERT RAN, 2009. 84 p.
2. *Kachestvo naseleniya* [Quality of Population]. Under the editorship of N. M. Rimashevskaya, V. G. Kopnina. Moscow: ISEPN, 1993. 185 p.
3. Il'in V. A., Smirnova N. A., Timofeeva Ya. B. *Kachestvo trudovogo potentsiala naseleniya Vologodskoi oblasti* [Labour Potential Quality of the Population in the Vologda Oblast]. Vologda: VNKTs TsEMI RAN, 1998. 76 p.
4. Leonidova G. V., Chekmareva E. A. Opyt otsenki kachestva trudovogo potentsiala na regional'nom urovne [Experience of Assessing the Quality of Labor Potential at the Regional Level]. *Chelovek i trud* [Man and Labour], 2009, no. 12, pp. 30–33.
5. Lychkina N. N. *Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov: ucheb. posobie dlya vuzov* [Simulation Modelling of Economic Processes: Teaching Aid for Higher Education Institutions]. Moscow: INFRA-M, 2012. 254 p.
6. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Imitatsiya osobennostei reproduktivnogo povedeniya naseleniya v agent-orientirovannoi modeli regiona [Simulating the Reproductive Behavior of a Region's Population with an Agent-Based Model]. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], 2015, no. 3, pp. 313–322.

7. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Modelirovanie demograficheskikh protsessov s ispol'zovaniem agent-orientirovannogo podkhoda [Simulation of Demographic Processes using the Agent-Based Approach]. *Federalizm* [Federalism], 2014, no. 4, pp. 37–46.
8. Makarov V. L., Bakhtizin A. R. *Sotsial'noe modelirovanie – novyi komp'yuternyi proryv (agent-orientirovannyye modeli)* [Social Modelling – New Computer Breakthrough (Agent-Based Models)]. Moscow: Ekonomika, 2013. 295 p.
9. Maslova I. S. *Trudovoi potentsial sovetskogo obshchestva: voprosy teorii i metodologii issledovaniya* [Labour Potential of the Soviet Society: Theory and Research Methodology Issues]. Moscow, 1987. 32 p.
10. Pankratov A. S. *Trudovoi potentsial v sisteme upravleniya proizvodstvom* [Labour Potential in a Business Management System]. Moscow: Izd-vo MGU, 1983. 310 p.
11. Pankratov A. S. *Trudovoi potentsial: sotsial'no-ekonomicheskie aspekty upravleniya protsessom ego vosproizvodstva: dis. v vide nauch. dokl. na soisk. uch. st. d.e.n.* [Labour Potential: Socio-Economic Aspects of its Formation Process Management: Doctor of Economics Dissertation Abstract]. Moscow, 1993. 60 p.
12. Raizberg B. A., Lozovskii L. Sh., Starodubtseva E. B. *Sovremennyy ekonomicheskii slovar'* [Modern Dictionary of Economics]. 6nd ed., updated and revised. Moscow: INFRA-M, 2012. 512 p.
13. Rimashevskaya N. M. O metodologii opredeleniya kachestvennogo sostoyaniya naseleniya [On the Methodology for Determining the Quality State of the Population]. *Demografiya i sotsiologiya* [Demography and Sociology], issue 6. Moscow, 1993. Pp. 7–21.
14. Sushko E. D. *Mul'tiagentnaya model' regiona: kontseptsiya, konstruktsiya i realizatsiya: preprint* [Multi-Agent Model of the Region: the Concept, Design and Implementation]. Moscow: TsEMI RAN, 2012. 54 p.
15. Sushko E. D. Trudovoi potentsial i povedenie lyudei v mul'tiagentnoi modeli regiona [Labour Potential and People's Behaviour in a Multi-Agent Model of the Region]. *Vestnik universiteta* [Scientific Journal of University], 2011, no. 3, pp. 183–186.
16. Toksanbaeva M. S. *Sotsial'no-ekonomicheskie faktory vosproizvodstva trudovogo potentsiala v sovremennoi Rossii: avtoref. dis. na soisk. uch. st. d.e.n.* [Socio-Economic Factors of Labour Potential Reproduction in Modern Russia: Doctor of Economics Dissertation Abstract]. Moscow, 2007. 40 p.
17. *Trudovoi potentsial regiona: zaklyuchitel'nyi otchet o NIR* [Labour Potential of the Region: the Final Research Report]. Performed by G. V. Leonidova, E. A. Chekmareva. Vologda, 2009. 117 p.
18. Il'in V. A., Gulin K. A., Leonidova G. V., Davydova V. V. *Trudovoi potentsial regiona: sostoyanie i razvitiye* [Labour Potential of the Region: State and Development]. Vologda: VNKTs TsEMI RAN, 2004. 107 p.
19. Chekmareva E. A. *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie realizatsii trudovogo potentsiala regiona: dis. na soisk. uch. st. k.e.n.* [Mathematical Modelling in Economics in the Implementation of the Region's Labour Potential: Ph.D. in Economics Dissertation Abstract]. Vologda, 2012. 182 p.
20. Shul'ts D. N., Yakupova I. N. Agentnoe modelirovanie vliyaniya mikrostruktury na svoystva ekonomiki [Agent-Based Modelling of a Microstructure's Impact on Economy's Characteristics]. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii* [Russian Journal of the Economic Theory], 2016, no. 1, pp. 70–81.
21. *Agent-Based Computational Demography: using Simulation to Improve our Understanding of Demographic Behavior*. Edited by F. C. Billari, A. Prskawetz. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. 210 p.
22. Chapis K, Kant J. D. *Computing Job Satisfaction from Social Comparisons: an Agent-Based Approach*. Social Simulation Conference 2014 – 10th European Social Simulation Association Conference, Barcelona, Spain, 2014. Pp. 628–635.
23. Deissenberg C., Hoog S., Dawid H. EURACE: A Massively Parallel Agent-Based Model of the European Economy. *Applied Mathematics and Computation*, 2008, no. 204, pp. 541–552.
24. Lewkovicz Z., Kant J. D. *A Multi-Agent System to Model the Labor Market: Simulating a New Job Contract Introduction*. The Fourth European Social Simulation Association Conference, ESSA 2007, Toulouse, France, 2007. Pp. 151–162.
25. Gatti D. D., Desiderio S., Gaffeo E., Cirillo P., Gallegati M. *Macroeconomics from the Bottom-up*. Springer-Verlag Italia, 2011. 122 p.
26. Dawid H., Gemkow S., Harting P., Neugart M. On the Effects of Skill Upgrading in the Presence of Spatial Labor Market Frictions: An Agent-Based Analysis of Spatial Policy Design. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2009, no. 12(4)5. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/5.html>
27. Lia S., Lib X., Liub X., Wua Z., Aic B., Wang F. Simulation of Spatial Population Dynamics Based on Labor Economics and Multi-Agent Systems: a Case Study on a Rapidly Developing Manufacturing Metropolis. *International Journal of Geographical Information Science*, 2013, Vol. 27, no. 12, pp. 2410–2435.

28. Tarvid A. *Agent-Based Modelling of Social Networks in Labour-Education Market*. Springer International Publishing, 2016. 92 p.
29. Zhang Q., Jager W. *Agent-based Modeling of Population Dynamics in Municipalities: Migration in the Derbyshire & Nottinghamshire cases in the UK: Report for the EU Prima Project, WP3*. University of Groningen, Center for Social Complexity Studies, 2011. 53 p.

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*Chekmareva Elena Andreevna* – Ph.D. in Economics, Research Associate at the Department for the Studies of Lifestyles and Standards of Living. Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Socio-Economic Development of Territories of Russian Academy of Science. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation. E-mail: miteneva@inbox.ru. Phone: +7(8172) 59-78-10.