

**Сорокин Олег Николаевич**

кандидат экономических наук, доцент кафедры  
региональной экономики и предпринимательства  
Чувашского государственного университета  
имени И.Н. Ульянова

**Назаров Александр Алексеевич**

старший преподаватель кафедры  
бухгалтерского учета и электронного бизнеса  
Чувашского государственного университета  
имени И.Н. Ульянова

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ПРИ СНИЖАЮЩИХСЯ МАСШТАБАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ [1]

**Аннотация:**

Исследование в статье направлено на решение фундаментальной проблемы социально-экономического развития регионов при снижающихся масштабах использования природных ресурсов и связано с теоретическим и экспериментальным изучением механизмов экономического роста и развития регионов. Важным направлением исследования данной проблемы является структуризация социально-экономической системы региона. Исследование предусматривает построение прогностической имитационной системы моделей региона, реализуемых в виде диалоговых процедур между компьютером и лицом, формирующим решения. В качестве классических методов имитационного моделирования для анализа региональных структур выбраны методы системной динамики и агент-ориентированного моделирования. На основе компьютерной имитационной системы предложены типовые стратегии экономического развития регионов при снижающихся масштабах использования природных ресурсов, а также регионов с недостатком природных ресурсов.

**Ключевые слова:**

имитационное моделирование, экономический рост, экономическое развитие, экономика региона, природные ресурсы, стратегия экономического развития.

**Sorokin Oleg Nikolaevich**

PhD in Economics,  
Associate Professor, Regional Economy  
and Entrepreneurship Department,  
Chuvash State University

**Nazarov Aleksandr Alekseevich**

Senior Lecturer,  
Accounting and E-business Department,  
Chuvash State University

## SIMULATION MODELING OF REGIONAL DEVELOPMENT MECHANISMS IN THE CONTEXT OF THE DECREASE IN THE USE OF NATURAL RESOURCES [1]

**Summary:**

This paper is to solve the fundamental problem of social and economic development of regions in the context of the decrease in the use of natural resources. It implies the theoretical and experimental studies of the mechanisms of economic growth and regional development as well. An important aspect of the problem under review is the structuring of the social and economic system of the region. The study involves the construction of a predictive simulation system of regional models implemented in the form of dialogue procedures between the computer and the person providing a decision. To analyze the regional structure, the authors apply such classical methods of simulation modeling as the methods of system dynamics and agent-oriented modeling. Based on the computer simulation system, the model strategies for economic development are proposed for the regions that face the decrease in the use of natural resources as well as the regions with a shortage of natural resources.

**Keywords:**

simulation modeling, economic growth, economic development, regional economy, natural resources, economic development strategy.

Преобладающий в настоящее время во многих регионах России тип экономического роста можно определить как техногенный. По определению многих исследователей, техногенный тип экономического роста является природоёмким, природоразрушающим. Чрезмерное использование природы в целях повышения благосостояния населения достигает такого предела, когда экономический рост сам же начинает наносить вред условиям жизни людей и перестает обеспечивать прогрессивное развитие общества. Растущее внимание к этим проблемам определяет актуальность получения новых знаний о современных механизмах функционирования и развития экономических систем применительно к конкретным условиям регионов.

Описание и анализ формирования механизмов экономического развития включают, во-первых, разработку теоретической модели формирования новых движущих сил развития экономических систем на основе создания механизмов совершенствования базовых факторов, систематического воспроизводства развитых и высокоспециализированных уникальных факторов производства и, во-вторых, проведение модельных экспериментов, составление информационной

базы данных, которая давала бы для практического применения информацию о характере качественных и величинах необходимых структурных и количественных изменений в современных факторах производства. Для этого необходимы более глубокая структуризация и анализ внутреннего строения развивающейся экономической системы региона на уровне глубокого изучения разнонаправленных причинно-следственных связей, формирующих процессы перехода региональной экономической системы в целом, отдельных ее элементов, структурных характеристик и других ее параметров из одного состояния в другое, более совершенное.

В основе предлагаемого подхода лежит учет концептуального различия между экономическим ростом и экономическим развитием. Экономическое развитие отражает качественное изменение экономического роста и предполагает формирование новых движущих сил развития экономических систем. Недостаток ресурсов может ограничивать рост, но не развитие.

В процессе прогрессивного перехода экономических систем на более высокие стадии развития происходит качественное усложнение состава и изменение структуры факторов экономического роста. Уменьшается доля базисных и увеличивается доля развитых на основе инвестиций факторов экономического роста. Дальнейшее совершенствование развитых факторов, в то же время общедоступных на основе инвестиций, сопровождается созданием и накоплением уникальных специализированных факторов более высокого порядка – инновационных. От направлений инвестиций в совершенствование факторов зависит концентрация развитых и специализированных факторов в конкретных отраслях экономики. Совершенствование и инновация требуют инвестиции в такие отрасли, как НИОКР, образование, профессиональная подготовка высокого класса, современное оборудование и инфраструктура. Причем наибольшее значение имеют темпы создания факторов и наличие механизмов их совершенствования, а не унаследованное богатство. К тому же в наукоемких отраслях базисные факторы, такие как природные ресурсы и дешевая рабочая сила, не дают преимуществ. Не низкая стоимость фактора снижает цену продукта, а высокая производительность на основе высокой квалификации труда и передовой технологии.

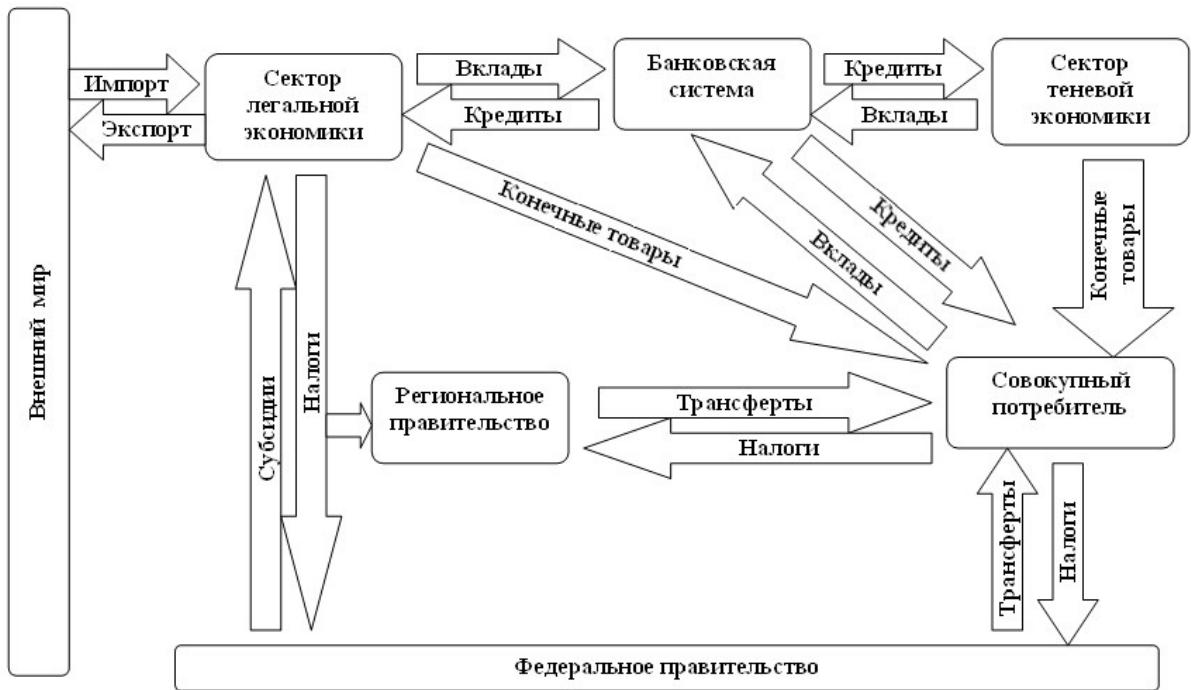
Как показывает анализ практики формирования и развития высокотехнологичных секторов экономики, ограниченность и недостаток базисных факторов стимулирует инновации в экономике, которые совершенствуют технологические процессы и продукты, и в результате недостаток базисных факторов компенсируется преимуществами и увеличением удельного веса других.

Имитация на компьютере позволяет объяснить поведение сложной социально-экономической системы с учетом взаимодействия всех компонентов региональной экономики (природные ресурсы, технология, уровень загрязнения, население, уровень сбережений, инвестиции и др.). Для имитационного моделирования региона предполагается использование наиболее прогрессивного в области прогнозирования и анализа широкого класса сложных динамических систем (демографических, социальных, экологических, технологических, экономических) метода «системной динамики» и методов агент-ориентированного моделирования [2; 3]. Метод «системной динамики» весьма привлекателен исследованием проблем региона на основе использования идей системного анализа.

Необходимо отметить, что проведение имитационного моделирования предполагает на первоначальном этапе определение общей макроэкономической модели, выявление существенных закономерностей путем построения общей системы нелинейных, рекурсивных, дополняющих и в некоторых случаях избыточных уравнений с возможностью учета контуров обратных связей. Строгого аналитического решения данной системы, особенно при нелинейных функциях, не существует. Можно предположить, что данная система выполняется в бесконечно возможных состояниях. Цель данного исследования не стоит в получении строгого решения для бесконечного числа возможных задач – для текущего анализа достаточно конкретной численной реализации с переменными и параметрами, область определения которых в основном лежит в положительной плоскости и в ограниченном диапазоне.

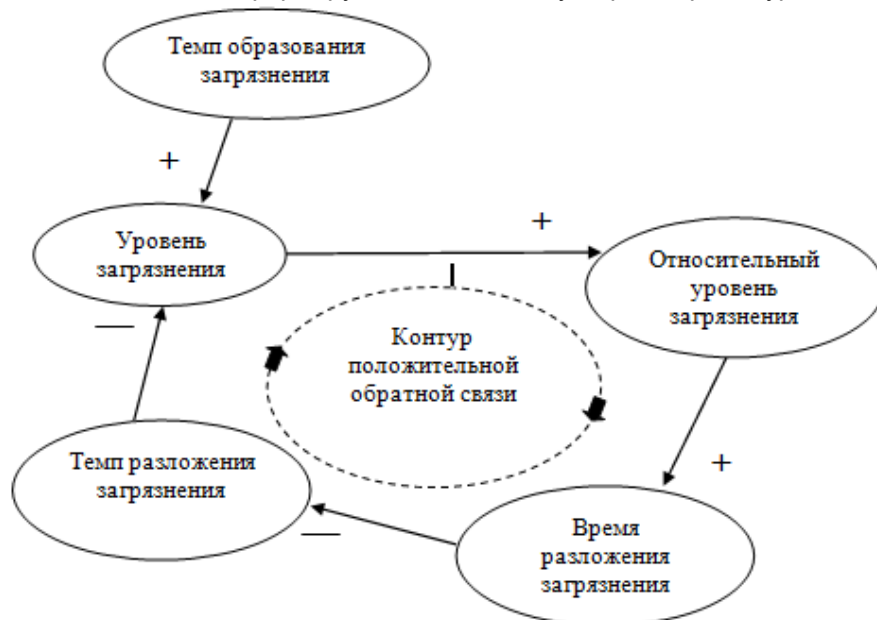
При построении макроэкономической модели региона обычно опираются на хорошо разработанный теоретический аппарат по построению общих моделей равновесия для экономики страны, с включением некоторых особенностей функционирования регионов как субъектов, непосредственно интегрированных в общую макроэкономическую систему. К таким особенностям можно отнести специфику налогообложения в различных регионах и процента отчисления в федеральный бюджет, непосредственной возможности получения трансфертов и дотаций из федерального бюджета, особенности межрегиональных миграционных потоков, важность торговых потоков внутри региона и за его пределами и др.

Большой вклад в данном направлении развития научной мысли внесла и вносит научная школа, сформированная в Центральном экономико-математическом институте РАН под руководством В.Л. Макарова. В большинстве теоретических макроэкономических моделей, описанных в работах В.Л. Макарова и А.Р. Бахтизина, для получения конкретных аналитических решений с помощью мультиагентного подхода в имитационном моделировании применяется следующая схема взаимодействия макроэкономических агентов (рисунок 1) [4; 5].



**Рисунок 1 – Схема, отражающая макроэкономическую модель региона в общем виде**

Рассматривая ранее описанную специфику регионов при применении мультиагентного подхода в имитационном моделировании, необходимо определить экзогенные переменные, это: доли бюджета, количество трудоспособного населения, правительственные субсидии, процентные ставки налогов и т. д. Для практического применения данной модели, например для прогноза количества трудоспособного населения и развития регионов при снижающихся масштабах использования природных ресурсов, в исходную модель необходимо интегрировать модели системной динамики – «рождения – гибели» и «роста уровня загрязнений» [6]. На рисунке 2 изображен фрагмент причинно-следственных связей, формирующих механизм ускорения роста уровня загрязнения.



**Рисунок 2 – Фрагмент причинно-следственных связей, формирующих механизм ускорения роста уровня загрязнения**

Для проведения компьютерной имитации, осуществления диалоговых процедур между компьютером и лицом, формирующим решения, была написана программа на языке программирования Pascal и реализована в интегрированной среде программирования Delphi 7. Основная

проблема заключалась в том, как было отмечено выше, что невозможно получить строгого аналитического решения нелинейной системы одновременных уравнений. Поэтому расчеты проводились с заданной степенью точности (вычисление интегралов проводилось методом Симпсона и методом трапеций), которая в реальной экономике не выходит за пределы третьего знака после запятой в зависимости от масштабов анализа [7]. Интерфейс программы приведен на рисунке 3.

**Задайте исходные данные для начала моделирования**

	Нижние	Верхние
Располагаемый доход (млрд) .....	77,795	121,376
Сбережения (млрд).....	30,34	47,337
Инвестиции (млрд).....	26,193	51,505
Государственные расходы (млрд).....	21,582	49,023
Чистый экспорт (млрд).....	1,048	3,226
Норма амортизации .....	0,015	
Величина капитала предыдущего года (млрд)...	372,611	
Средняя заработная плата (тыс.).....	7,097	13,673
Общее число занятых (тыс.).....	588,531	602,724
Общий размер налоговых сборов (млрд).....	8,77	17,445
Безвозмездная помощь региону (млрд).....	5,872	12,34
Другие доходы региона (млрд).....	2,302	3,876

**Задайте шаг деления**

Шаг деления: 0,001

**Очистить**

**Произвести моделирование**

**Результаты моделирования: законы распределения прогнозируемых параметров**

	Нижние	Верхние	Максимум
Валовой региональный продукт (млрд).....	120,42	153,64	0,08
Конечное потребление домашних хозяйств (млрд)...	47,27	74,22	0,10
Региональный доход (млрд).....	114,83	148,05	0,08
Фонд оплаты труда (млрд).....	63,78	97,65	0,09
Прибыль до уплаты налогов (млрд).....	35,95	77,91	0,06
Профицит регионального бюджета (млрд).....	- 18,83	- 1,16	0,17

**Рисунок 3 – Интерфейс программы для проведения имитации**

При проведении экспериментов с макроэкономической моделью региона научным коллективом были выработаны четыре стратегии (таблица 1; рисунок 4).

– Первая стратегия – характер использования природных ресурсов не меняется. Данный эксперимент направлен на получение прогноза по социально-экономическому развитию региональных систем при сохранении тренда в масштабах использования природных ресурсов. Иными словами, что будет с уровнем загрязнений и когда придет время исчерпания ресурсов, если темп потребления останется таким же, как и на предыдущих отрезках анализа. Проведенный анализ и прогноз по имитационной модели показал, что в полном соответствии с анализами ведущих экономистов России этот вариант приводит к кризисной ситуации и что, подчеркнем, отсутствие грамотной политики в данной области при сохранении тренда равносильно гибели.

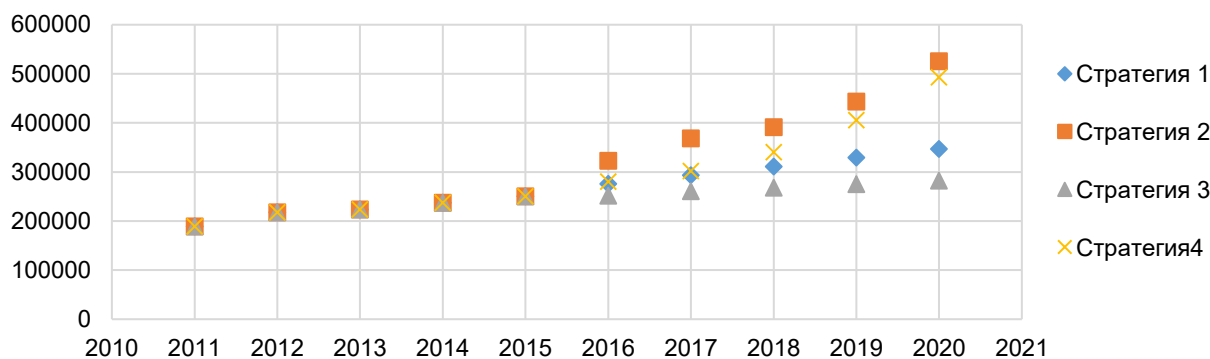
– Вторая стратегия – характер использования природных ресурсов ориентирован на внешние источники. В рамках данной стратегии необходимо отметить высокий скачок в уровне экономического роста региона, что является безусловным преимуществом при решении краткосрочных задач, но развитие по этой стратегии ведет к возрастающей зависимости от внешних факторов (региональные взаимоотношения, инфраструктурная доступность и даже погодные условия), что ведет к понижению общей экономической безопасности региональной системы.

– Третья стратегия – характер использования природных ресурсов ориентирован на внутренние источники. В рамках данной стратегии понижается относительная эффективность экономического роста, структура народного хозяйства региона направлена на самообеспечение, что, несомненно, повышает общий уровень экономической безопасности, но ведет к быстрому исчерпанию природных ресурсов и значительному повышению уровня загрязненности.

– Четвертая стратегия – комбинированная, использование и внешних, и внутренних природных ресурсов с переходом на инновационную стадию развития. В данном случае достигается высокая эффективность экономического роста при снижающихся масштабах использования природных ресурсов с сохранением приемлемого уровня экономической безопасности региональной системы.

**Таблица 1 – Прогноз объема ВРП Чувашской Республики на 2016–2020 гг.**

СТРАТЕГИЯ	ОБЪЕМ И ДИНАМИКА ВРП ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ в основных ценах, млн р. [8]				
	2011	2012	2013	2014	2015
	188 785,7	217 821,1	223 147,9	237 447,2	250 408,9
	Прогнозные значения объема ВРП Чувашской Республики, согласно имитационным экспериментам, в основных ценах, млн р.				
2016	2017	2018	2019	2020	
1	275 428,1	293 207,4	310 986,7	328 766,0	346 545,4
2	322 345,4	368 298,7	390 747,8	443 196,9	525 646,0
3	251 748,3	260 835,9	267 986,5	275 137,0	282 287,6
4	280 238,1	301 822,2	340 217,7	405 613,2	493 008,6



**Рисунок 4 – Анализ по четырем стратегиям в графическом виде**

При анализе важно также учитывать то, на какой стадии развития находится экономическая система региона. Это могут быть факторная, инвестиционная, инновационная стадии развития [9].

Резервы экономического роста за счет вещественно-энергетических источников ограничены масштабами вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот и необходимостью поддержания экологического равновесия. Поэтому перспективы экономического роста связаны с новым уровнем развития производительных сил общества, на основе формирования механизмов систематического воспроизводства более совершенных факторов экономического роста при стабильных или снижающихся масштабах использования природных ресурсов. В связи с этим в условиях восстановления роста экономики очень важно проведение оценки воздействия результатов экономической деятельности на динамику показателя уровня загрязнения и определение степени чувствительности дальнейшего изменения динамики уровня загрязнения на возможном дальнейшем возрастании отрицательного антропогенного воздействия на качество природных ресурсов. Результаты этих исследований особенно актуальны для регионов, где тип экономического роста можно определить как техногенный.

Таким образом, результаты данного исследования направлены на создание инструментов для более глубокого изучения причинно-следственных механизмов, ускоряющих процессы ухудшения экологического состояния территорий, на своевременное выявление и предупреждение о возможной опасности и получение информации, необходимой для обоснования принимаемых природоохранных мер по ее предупреждению.

#### **Ссылки и примечания:**

1. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-12-21020a(p)).
2. Agent-Based Computational Demography: Using Simulation to Improve Our Understanding of Demographic Behavior / ed. by F.C. Billari, A. Prskawetz. Heidelberg, 2003. 210 p.
3. Pablo-Marti F., Santos J.S., Kaszowska J. An agent-based model of population dynamics for the European regions [Электронный ресурс] // Emergence: Complexity and Organization. 2015. Vol. 17, no. 2. URL: <https://journal.emergentpublications.com/article/an-agent-based-model-of-population-dynamics-for-the-european-regions/> (дата обращения: 24.11.2017).
4. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. М., 2008. 279 с.
5. Макаров В.Л. Вычислимая модель российской экономики (RUSEC) : препринт № WP/99/069. М., 1999. 76 с.
6. Форрестер Дж. Динамика развития города : пер. с англ. М., 1974. 379 с.
7. Никитин В.В., Бобин Д.В., Назаров А.А. Моделирование интегрального показателя комплексной оценки объектов исследования // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 172–177.
8. Чувашстат [Электронный ресурс]. URL: <http://chuvash.gks.ru/> (дата обращения: 02.10.2017).
9. Сорокин О.Н. Вопросы совершенствования формализованного описания региональной экономической системы и моделирования ее динамики // Повышение конкурентоспособности отраслей экономики как направление выхода из экономического кризиса : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2016. С. 294–300.

## References:

- Bakhtizin, AR 2008, *Agent-based economic models*, Moscow, 279 p., (in Russian).
- Billari, FC & Prskawetz, A (eds.) 2003, *Agent-Based Computational Demography: Using Simulation to Improve Our Understanding of Demographic Behavior*, Heidelberg, 210 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2715-6>.
- Forrester, J 1974, *Urban dynamics*, Moscow, 379 p., (in Russian).
- Makarov, VL 1999, *Computable model of the Russian economy (RUSEC): preprint No. WP/99/069*, Moscow, 76 p., (in Russian).
- Nikitin, VV & Nazarov, AA 2010, 'Safety of regional social and economic systems and its evaluation by means of simulation modeling', *Vestnik Chuvashskogo universiteta: Gumanitarnyye nauki*, no. 4, pp. 395-400, (in Russian).
- Pablo-Marti, F, Santos, JS & Kaszowska, J 2015, 'An agent-based model of population dynamics for the European regions', *Emergence: Complexity and Organization*, vol. 17, no. 2, viewed 24 November 2017, <<https://journal.emergentpublications.com/article/an-agent-based-model-of-population-dynamics-for-the-european-regions/>>.
- Sorokin, ON 2016, 'Issues of improving the formalized description of the regional economic system and modeling its dynamics', *Povysheniye konkurentosposobnosti otrasley ekonomiki kak napravleniye vykhoda iz ekonomicheskogo krizisa: sb. materialov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, Cheboksary, pp. 294-300, (in Russian).