

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ЧЛЕНСТВА РОССИИ В ВТО²

Обеспечение экономической безопасности является одним из приоритетных направлений развития государства. В последнее время субъекты Российской Федерации приобретают все большую самостоятельность в сферах управления, хозяйствования и распоряжения финансовыми ресурсами региона. Тенденция децентрализации управления ведет к повышению ответственности органов региональной власти за сложившуюся социально-экономическую ситуацию в подчиненных им субъектах, а также за дальнейшее ее развитие.

Инвестиции в основной капитал отражают привлекательность производственного сектора региона, а расчет данного показателя на душу населения обеспечивает сопоставимость индикатора по отдельным субъектам УрФО. При этом анализ динамики инвестиций в основной капитал целесообразно проводить в рамках оценки социально-экономического состояния и учета последствий членства России в ВТО. В рамках данной работы было произведено моделирование основных макроэкономических показателей в целях определения потенциальной устойчивости экономических систем регионов. В качестве метода исследования использовалась модифицированная модель экономического роста Солоу.

В данной модификации модели рассматривается задача оптимального управления капиталовложениями, в которой целевой функционал представлен в виде интеграла от логарифмического индекса потребления, дисконтированного на бесконечном промежутке времени. Динамические траектории, построенные для данной системы, имеют выраженную S-образную форму вне зависимости от сценария развития, что обеспечивается параметром модели, ограничивающим уровень инвестиций. Помимо этого, оптимальные траектории характеризуются тенденцией насыщения роста.

Следует отметить, что при разработке стратегий развития региональных экономик и расчете объема инвестиций в данные регионы целесообразно опираться на результаты расчетов, основанных на краткосрочных прогнозах ввиду их большей точности и приближенности к реальной ситуации. По результатам полученных прогнозов можно сделать вывод, что наибольшей устойчивостью к внешним и внутренним угрозам отличаются нефте- и газодобывающие субъекты, наименьшая устойчивость наблюдается в Курганской области ввиду высокой демографической нагрузки на трудоспособное население.

Ключевые слова: экономический рост, регион, трудовые ресурсы, динамическое моделирование, оптимальное управление, балансовое уравнение, ВТО, ВРП, инвестиции, динамика Солоу, устойчивость, экономические системы, пропорциональное развитие.

Введение

Обеспечение экономической безопасности является приоритетным направлением развития как отдельных региональных социально-экономических систем, так и экономики государства в целом. Необходимость поддержания безопасного развития экономики обусловлена двумя составляющими, образующими обобщенную структу-

ру понятия «экономическая безопасность»: обеспечение предпосылок экономического роста, повышение уровня и качества жизни

¹Тарасьев Александр Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, старший научный сотрудник, заведующий сектором отдела динамических систем Института математики и механики имени Н.Н. Красовского Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620219, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 16.); e-mail: tam@imm.uran.ru.

населения региона. Экономическая безопасность рассматривается как комплекс экономических, геополитических, экологических, правовых и иных условий, обеспечивающих предпосылки для его выживания при наступлении кризиса и для развития в будущем; защиту жизненно важных интересов государства в отношении его ресурсного потенциала, сбалансированности и динамики развития и роста; создание внутреннего иммунитета и внешней защищенности от дестабилизирующих воздействий; конкурентоспособность государства на мировых рынках и устойчивость его финансового положения; создание достойных условий жизни и, как следствие, гармоничное развитие [1].

В последнее время субъекты Российской Федерации приобретают все большую самостоятельность в сферах управления, хозяйствования и распоряжения финансовыми ресурсами региона. Тенденция децентрализации управления, несомненно, ведет к повышению ответственности органов региональной власти за сложившуюся социально-экономическую ситуацию в подчиненных им субъектах, а также за дальнейшее ее развитие. Приведенные положения указывают на необходимость постоянного контроля социально-экономического развития субъектов РФ и проведения анализа показателей, характеризующих динамику развития экономических систем субъектов [2]. Особое значение мониторинг социально-экономических индикаторов принимает в условиях нестабильной экономической

ситуации (членство в ВТО, введение экономических санкций), складывающейся в последние годы в Российской Федерации. При этом необходимо получить расчетные прогнозные траектории, отражающие будущую динамику макроэкономических показателей, используемых при оценке социально-экономических систем регионов. Таким образом, возникает вопрос математической модели, учитывающей динамику основных показателей и соблюдающей основные соотношения и степени взаимодействия между ними [3].

Уральский федеральный округ является крупным регионом России как по занимаемой территории, так и по уровню социально-экономического развития. Распределение численности населения УрФО по регионам неравномерно. Среднегодовая численность населения субъектов в период 2000–2013 гг. представлена в табл. 1. В качестве регионов с наибольшей долей постоянного населения в 2013 г. можно выделить Свердловскую (35,38 %) и Тюменскую (28,78 %) области, с наиболее низкой – Курганскую область (7,26 %). При этом тенденцию динамики численности населения субъектов УрФО можно охарактеризовать как неоднозначную. В целом по округу численность населения в период с 2000 по 2008 гг. снижается, эта тенденция характерна для большинства регионов УрФО, исключением являются северные субъекты (Тюменская область, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий автономные округа), показывающие устойчивый рост численности населения в рассматриваемый период.

Субъекты УрФО разнородны и по распределению производственного потенциала. В табл. 2 представлены данные ВРП по субъектам УрФО. Так наибольший вклад в производство валового регионального продукта УрФО в 2013 г. вносят наиболее населенные территории – Тюменская (65,6 %) и Свердловская (20,7 %) области. Наименьший вклад приносит Курганская область –

Тарасьев Александр Александрович – ведущий экономист Центра экономической безопасности Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, Екатеринбург, ул. Московская, 29); e-mail: alextarassiev@mail.ru.

Тарасьева Татьяна Владимировна – экономист Центра экономической безопасности Института экономики Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия (620014, Екатеринбург, ул. Московская, 29); e-mail: tataronomayova@mail.ru.

² Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ № 14-02-00101а «Оценка социально-экономических последствий от вступления России в ВТО».

2,1 % от УрФО. Тем не менее в целом по округу отмечается устойчивый рост ВРП, что является свидетельством улучшения экономической ситуации как в регионе.

Среднедушевые денежные доходы населения отражают уровень благосостояния населения региона РФ, данные об их динамике представлены на рис. 1.

Таблица 1

Среднегодовая численность населения субъектов УрФО в 2000–2014 гг.,
млн чел.

Территория	2000	2004	2008	2012	2013	2014	в % от УрФО
Уральский федеральный округ	12,52	12,28	12,07	12,14	12,20	12,25	100,00
Курганская область	1,06	1,00	0,93	0,90	0,89	0,87	7,13
Свердловская область	4,58	4,43	4,32	4,31	4,32	4,32	35,28
Тюменская область	3,22	3,28	3,33	3,46	3,51	3,56	29,08
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	1,36	1,45	1,49	1,56	1,58	1,6	45,03
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,50	0,51	0,52	0,54	0,54	0,54	15,15
Челябинская область	3,66	3,57	3,49	3,48	3,49	3,49	28,51

Составлено по: [4].

Таблица 2

Производство валового регионального продукта по субъектам
Уральского федерального округа в 2000–2013 гг., млн руб.

Территория	2000	2004	2008	2011	2012	2013	в % от УрФО
Уральский федеральный округ	0,936	2234753,1	4815668,0	6314341,3	7098364,3	7648599,7	100,0
Курганская область	19,6	42470,6	106223,2	136325,1	146045,5	165150,3	2,1
Свердловская область	165,9	364368,8	923550,8	1291019,1	1484879,0	1586228,7	20,7
Тюменская область	615,8	1536733,7	3121401,3	4112596,0	4625467,5	5017946,8	65,6
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	438,7	956196,5	1937159,1	2440432,6	2703558,8	2789654,0	36,5
Ямало-Ненецкий автономный округ	126,5	355718,4	719397,0	966110,4	1191271,9	1373494,9	17,9
Челябинская область	135,2	291179,9	664492,7	774401,0	841972,2	879274,0	11,5

Составлено по: [4].

Устойчивый рост среднедушевых доходов во всех субъектах УрФО наблюдался в период 2000–2008 гг., спад был зафиксирован только в 2009 г. во всех регионах, который обуславливался нестабильной экономической ситуацией как в мире, так и в субъектах РФ. Однако общую тенденцию изменения объема среднедушевых доходов населения в субъектах УрФО в период 2000–2012 гг. можно охарактеризовать как положительную. Наибольшие среднедушевые денежные доходы имеет в своем распоряжении население северных сырьевых регионов (Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский автономные округа – 52 и 36 тыс. руб. соответственно, Тюменская область – 33 тыс. руб.), а также промышленно-ориентированная Свердловская область – 27,7 тыс. руб. Высокий уровень среднедушевых денежных доходов в рамках необходимости противодействовать внешним угрозам может послужить предпосылкой для сдерживания социальной

напряженности от изменений в функционировании региональной экономики [5].

Потребительские расходы населения являются показателем, характеризующим возможности населения региона финансировать собственное потребление товаров и услуг. На основе представленных данных в табл. 3 можно выделить регионы с наиболее высоким уровнем расходов населения – Ямало-Ненецкий (52 тыс. руб. в 2012 г.), Ханты-Мансийский (36 тыс. руб. в 2012 г.) автономные округа, а также Тюменская область (33 тыс. руб. в 2012 г.), т. е. регионы с наибольшими денежными доходами на душу населения. В динамике в период с 2000 по 2012 гг. можно выделить два пика изменения расходов населения – 2008 и 2011 гг. Рост объемов потребительских расходов в указанные периоды можно объяснить, с одной стороны, повышением денежных доходов населения, с другой – ростом цен на товары и услуги.

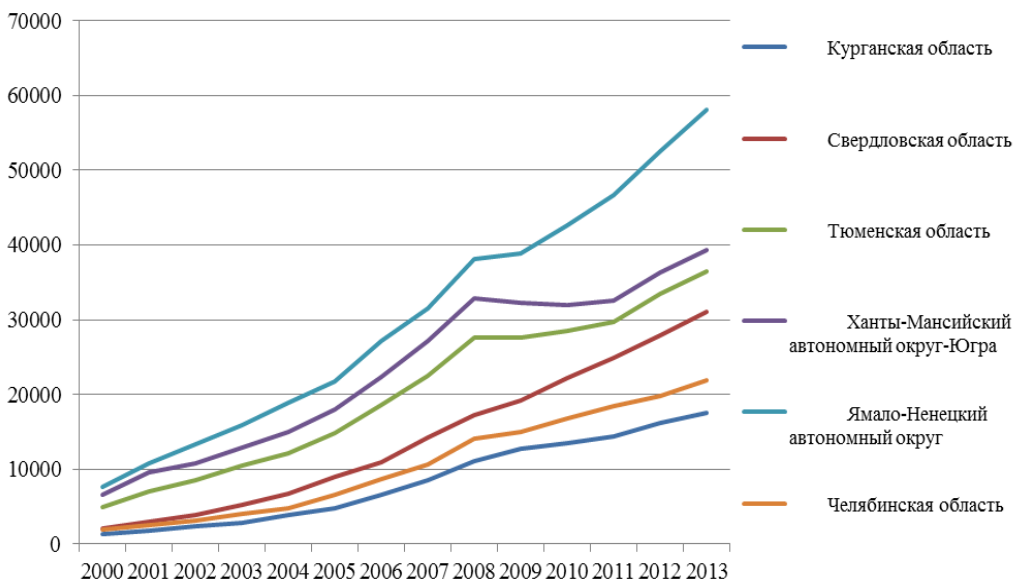


Рис. 1. Среднедушевые доходы населения по субъектам УрФО в 2000–2013 гг., руб.

Социально-экономическое состояние региона определяется объемом налоговых платежей предприятий в общей системе администрирования доходов бюджетов субъектов РФ. Стоимость основных фондов по полной учетной стоимости на конец года отражает возможности предприятий региона по увеличению его производственного потенциала. Динамика стоимости основных фондов по полной учетной стоимости приведена в табл. 4. В динамике стоимость основных фондов имеет стойкую тенденцию к увеличению в период с 2000 по 2012 гг., так, в 2012 г. по отношению к 2000 г. значения показателя увеличились в целом по УрФО в 8,9 раз, что является свидетельством увеличения темпов развития экономики рассматриваемых субъектов. В структуре УрФО наибольший удельный вес имеют Тюменская область, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономный округ – 71,95 %. Наименьший удельный вес по рассматриваемому показателю имеют сельскохозяйственная Курганская (2,58 %) и старопромышленная Челябинская области (9,03 %), что объясняется наличием оборудования на предприятиях данных субъектов, подавляющее большинство которого имеет большую степень износа [6].

Инвестиции в основной капитал отражают привлекательность производственного сектора региона, а расчет данного показателя на душу населения обеспечивает сопоставимость индикатора по отдельным субъектам УрФО. Данные об объемах инвестиций в основной капитал на душу населения в период с 2000–2013 гг. представлены на рис. 2. Инвестиционная привлекательность региона является одним из базовых условий обеспечения невосприимчивости территории к внешнеэкономическим угрозам. Следовательно, осуществление анализа динамики инвестиций в основной капитал целесообразно в рамках оценки социально-экономического состояния и учета последствий членства России в ВТО. Субъекты РФ с наименьшим уровнем социальной нагрузки на трудоспособное население обладают большей скоростью адаптации к изменениям, которые влечет за собой факт членства России в ВТО [7].

Наибольший объем инвестиций в основной капитал в 2013 г. приходится на одного жителя Ямало-Ненецкого автономного округа (932,9 тыс. руб.), Ханты-Мансийского автономного округа (452,7 тыс. руб.), а также Тюменской области (425,8 тыс. руб.), что

Таблица 3

Потребительские расходы населения (в среднем на душу населения)
по субъектам УрФО в 2000–2013 гг., руб.

Территории	2000	2004	2008	2012	2013	в % к УрФО
Уральский федеральный округ	1498	4517	13429	19055	21108	100,00
Курганская область	865	2546	8178	10868	11901	56,38
Свердловская область	1425	4553	13308	22150	24736	117,19
Тюменская область	2144	6444	18262	21810	24117	114,26
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	2400	7565	20772	22318	24686	116,95
Ямало-Ненецкий автономный округ	2842	8012	22381	25997	27465	130,12
Челябинская область	1201	3239	10347	14560	15898	75,32

Составлено по: [4].

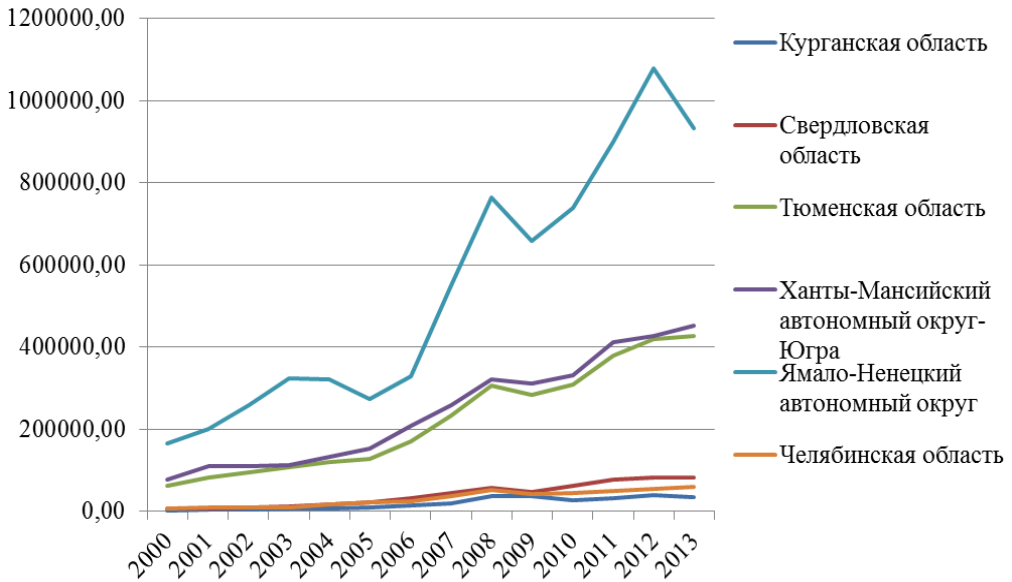


Рис. 2. Инвестиции в основной капитал на душу населения по субъектам УрФО в 2000–2013 гг., тыс. руб.

Таблица 4

Стоимость основных фондов по полной учетной стоимости по субъектам УрФО в 2000–2013 гг., млн руб.

Территории	2000	2004	2008	2012	2013	в % к УрФО
Уральский федеральный округ	2495342	6265192	13269958	22295386	23584469	100,00
Курганская область	105205	187959	368000	574249	617452	2,62
Свердловская область	607927	1142781	2063335	3665843	3949207	16,74
Тюменская область	1350459	4112642	9357677	16041010	16856805	71,47
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	865096	2206891	4852290	7953296	8618035	51,12
Ямало-Ненецкий автономный округ	298875	1560091	3742708	6737214	6693967	39,71
Челябинская область	431751	821810	1480946	2014284	2161005	9,16

Составлено по: [4].

является следствием сырьевой направленности производства этих регионов. Наименьшее значение показателя наблюдается в Курганской (33,9 тыс. руб.) и Челябинской (60,5 тыс. руб.) области. Изменение объема инвестиций в целом по округу за рассматриваемый период имеет тенденцию к повышению (рис. 2). Однако в 2009 г. инвестиции в основной капитал показали отрицательную динамику (среднее снижение объема инвестиций на 9,8 %) и по итогам 2013 г. в среднем по УрФО темпы роста финансовых средств, вкладываемых в основной капитал организаций, не достигли докризисного уровня (рост в 2013 г. составил 2,4 %).

Внешнеэкономическая деятельность региона приобретает особое значение при рассмотрении социально-экономического состояния региона в условиях влияния внешних угроз (в частности членства России в ВТО). Динамика экспорта товаров отражает степень экспортоориентированности экономики отдельных субъектов, а значит, по его величине можно судить о наличии/отсутствии конкурентоспособной продукции. Целесообразность анализа данного показателя в рамках оценки влияния на иммунитет региона внешних угроз, в частности членства России в ВТО, обусловлена тем, что регионы с экспортоориентированной экономикой являются менее восприимчивыми к изменениям в функционировании внутреннего и внешнего рынков.

В условиях влияния на региональную систему дестабилизирующих факторов недостаточность собственной финансовой базы может привести к невозможности противостоять угрозам с минимальными потерями и невозможности обеспечить для региональной экономики предпосылки устойчивого развития после стабилизации экономической ситуации [8].

В рамках данной работы было выполнено прогнозирование основных макроэкономических показателей для регионов Уральского федерального округа с целью провести оценку уровня иммунитета субъектов Рос-

сийской Федерации в краткосрочной перспективе до 2025 г. В результате возникновения дестабилизирующих факторов внешнего характера возрастает актуальность построения прогноза уровня и динамики ВРП, инвестиций, а также величины капитала на одного занятого для отдельных субъектов. При этом формирование достаточного уровня указанных параметров имеет первостепенное значение для оценки степени адаптивности и устойчивости экономики региона к угрозам внешнего характера [9–10].

Для достижения поставленной цели использовалась модификация модели экономического роста Солоу, предложенная коллективом Института математики и механики УрО РАН [11–13]. При адаптации данной модификации для регионального уровня экономики представляется возможным произвести анализ динамики роста валового регионального продукта (ВРП) субъектов, спрогнозировать динамику стоимости основных фондов (капитала) на одного занятого и оптимальный уровень инвестиций на краткосрочную, до 2025 г., и долгосрочную перспективу, до 2040 г.

Модель экономического роста

В модели рассматриваются три основных фактора, используемых в производстве. Символами $K(t)$, $L(t)$ обозначены размеры капитала и рабочей силы в момент времени t . Объем выпуска $Y(t)$ задается уравнением $Y(t)=F(K(t),L(t))=\alpha K^a(t)L^{1-a}(t)$, через $F(K(t),L(t))$ обозначена производственная функция экспоненциального типа Кобба – Дугласа. При переходе к относительным величинам рассмотрим величину капитала $k(t)=K(t)/L(t)$ и ВРП $y(t)=Y(t)/L(t)$, приходящиеся на одного работающего. Рассматривается производственная функция (1):

$$y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)} = \frac{F(K(t), L(t))}{L(t)} = F\left(\frac{K(t)}{L(t)}, 1\right) = f(k(t)) = \alpha k^a(t). \quad (1)$$

Выражение $y(t)=f(k(t))$ определяет производительность труда в зависимости от фондовооруженности. Особенностью данной модели является упрощение, которое заключается в том, что в модели используется замкнутая экономическая система, которую характеризует выпуск, направленный только на потребление и инвестиции. В связи с данной предпосылкой требуется, чтобы выполнялось следующее соотношение баланса:

$$y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)} = \frac{F(K(t), L(t))}{L(t)} = F\left(\frac{K(t)}{L(t)}, 1\right) = f(k(t)) = ak^\alpha(t). \quad (2)$$

где $C(t)$ – уровень потребления;

$I(t)$ – объемы инвестиций в основной капитал в момент времени t ;

$c(t)$ – является уровнем потребления одного работающего;

$u(t)$ – доля ВРП, инвестируемая в основной капитал.

Таким образом получаем, что $I(t) = u(t)Y(t)$. В результате разбора уравнения баланса получены следующие ограничения на объемы инвестиций (3–4):

$$0 \leq c(t) = y(t) \cdot (1 - u(t)) < y(t), \quad (3)$$

$$0 \leq u(t) \leq \bar{u} < 1. \quad (4)$$

В данной модификации модели экономического роста предполагается, что изменения фонда капитала $K(t)$ происходят в соответствии с динамикой Солоу и описываются следующим уравнением:

$$\begin{aligned} \dot{K}(t) &= u(t) \cdot Y(t) - \mu \cdot K(t), \\ K(0) &= K_0, \quad \frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = n, \quad L(0) = L_0, \end{aligned} \quad (5)$$

где μ – скорость обесценивания капитала;

n – относительный уровень изменения рабочей силы $L(t)$.

При переходе к относительным величинам динамика показателя $k(t)$ будет выглядеть следующим образом (6):

$$\begin{aligned} \dot{k}(t) &= u(t) f(k(t)) - \delta k(t), \\ k(0) &= k_0 = \frac{K_0}{L_0}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\delta = \mu + n$ – степень размытия капитала, происходящего за счет его обесценивания и возрастания объема рабочей силы.

В модификации модели экономического роста Солоу рассматривается задача оптимального управления капиталовложениями, в которой целевой функционал представлен в виде интеграла от логарифмического индекса потребления, дисконтированного на бесконечном промежутке времени (7):

$$J(\cdot) = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} (\ln f(k(t)) + \ln(1 - u(t))) dt, \quad (7)$$

где ρ – дисконтирующий множитель.

В теории полезности логарифмическая функция описывает относительный прирост потребления за единицу времени. В условиях неопределенности данная функция задает постоянную относительную нерасположенность к риску. В результате возникает задача построения инвестиционной стратегии, которая удовлетворяет ограничениям (3–4) и на траекториях динамической системы максимизирует целевой функционал. Существует единственная оптимальная стратегия, которая достигает стабильного состояния в стационарной точке с координатами (k^*, u^*) , при этом:

$$k^* = \begin{cases} \left(\frac{\alpha\alpha}{\delta + \rho}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, & u^* = \frac{\alpha\delta}{\delta + \rho} < u, \\ \left(\frac{u\alpha}{\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, & u^* = u \end{cases}$$

$$y^* = a(k^*)^\alpha, \quad c^* = y^*(1 - u^*). \quad (8)$$

В условиях, когда вложения в основной капитал удовлетворяют ограничению $u^* < u'$, течением времени его уровень снижается до u^* . В противном случае уровень инвестиций останется максимальным на всем временном промежутке вплоть до момента, в котором динамическая систе-

ма стабилизируется. Динамические траектории, построенные для данной системы имеют выраженную S-образную форму вне зависимости от сценария развития, что обеспечивается параметром \bar{u} , ограничивающим уровень инвестиций $u(t)$. Помимо этого, оптимальные траектории характеризуются тенденцией насыщения роста [14–15].

Результаты моделирования динамики макроэкономических показателей.

Результаты тестирования и калибровки данной модели для случая прогнозирования макроэкономических показателей субъектов УрФО, а также построения прогнозных траекторий были получены в графическом виде и представлены на рис. 2–10. Рассмотрим результаты моделирования уровня и динамики ВРП и инвестиций для случая Курганской, Свердловской, Тюменской и Челябинской областей, а также Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов. Необходимость подробного анализа результатов моделирования для субъектов УрФО обуславливается различиями в уровнях социально-экономического положения и иммунитета.

По результатам анализа социально-экономического положения, а также оценки иммунитета Курганская область занима-

ет последнее место в разрезе субъектов УрФО. С учетом данной предпосылки целесообразно провести прогнозирование основных макроэкономических показателей в условиях влияния дестабилизирующих факторов на региональную экономику. Результаты моделирования динамики капитала на одного занятого и ВРП Курганской области представлены на рис. 3–4.

На графике, представленном на рис. 3, видно, что тенденция изменения объема капитала на одного занятого для Курганской области положительна и к 2040 г., согласно результатам моделирования, возрастет в 17 раз по отношению к состоянию данного показателя 2000 г., что свидетельствует о прогнозируемом росте экономики региона в долгосрочной перспективе, а также о возможности формирования у экономических субъектов региона высокой степени адаптивности к потенциальным внешним угрозам. Также на представленном графике отражен прогноз стоимости основных фондов на одного занятого на краткосрочную перспективу до 2025 г., результаты которого, заключающиеся в росте показателя в 11 раз по отношению к значениям 2000 г., можно интерпретировать как устойчивый рост экономики региона, в частности реального сектора региональной экономики.

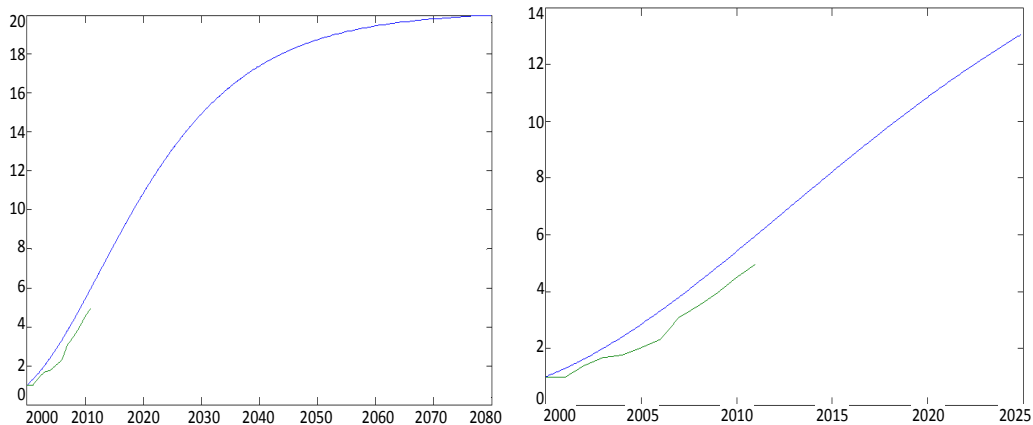


Рис. 3. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на одного занятого Курганской области, сравнение со статистикой

Прогноз ВРП на долгосрочную перспективу до 2040 г. для Курганской области показал рост данного показателя в 17,5 раз по отношению к 2000 г., что позволяет предположить высокую вероятность формирования на территории субъекта предпосылок для устойчивого развития.

В результате моделирования валового регионального продукта для случая Курганской области на краткосрочную перспективу можно отметить рост рассматриваемого показателя в 13 раз в 2025 г. (рис. 4) по отношению к значениям 2000 г., что, безусловно, является положительной тенденцией и способствует формирования предпосылок к устойчивому развитию региона.

Результаты оценки уровня иммунитета Свердловской области характеризуют его как низкий, что, безусловно, может послужить предпосылкой к негативному влиянию внешних дестабилизирующих факторов на экономику региона. На рис. 5–6 представлены результаты моделирования уровня и динамики ВРП, инвестиций в основной капитал, а также стоимости основных фондов на одного занятого на краткосрочную и долгосрочную перспективу.

Прогнозирование динамики капитала на одного занятого для Свердловской области

имеет следующий результат: в ходе моделирования выявлена возможность роста показателя к 2040 г. в 17 раз по отношению к состоянию 2000 г., что также как для случая Курганской области будет способствовать снижению степени восприимчивости экономики региона к дестабилизирующим факторам, в особенности к внешним. Результатом моделирования показателя капитала на одного занятого на краткосрочную перспективу явилось выявление его степени роста к 2025 г., а именно рост составит, согласно результатам прогнозирования, 13 раз по отношению к состоянию 2000 г.

Анализируя график прогноза ВРП для случая Свердловской области на долгосрочную перспективу, можно выявить схожую тенденцию с показателем капитала на одного занятого того же субъекта, т. е. рост рассматриваемого показателя в отношении 2000 г. составит 17 раз. Данная тенденция свидетельствует о пропорциональном развитии экономики субъекта на долгосрочную перспективу.

На основании результатов прогнозирования макроэкономических показателей на краткосрочную перспективу для Свердловской области был выявлен рост показателя ВРП в 13 в 2025 г. раз по отношению к со-

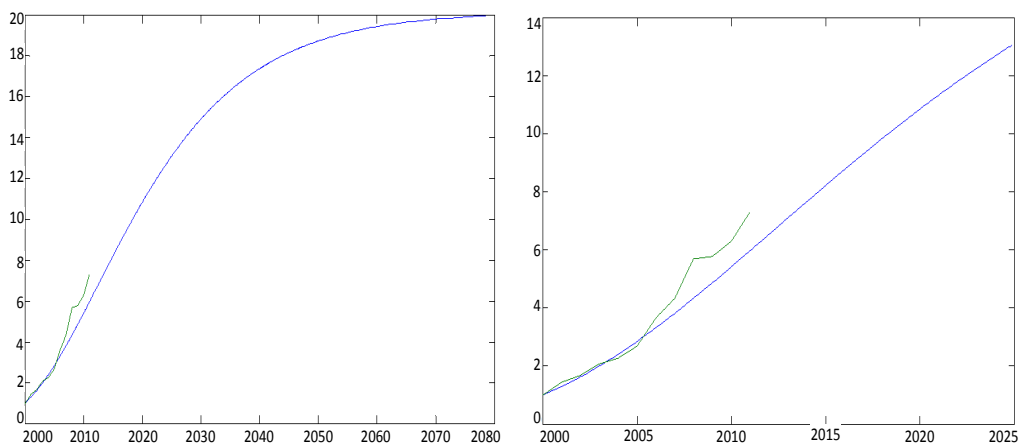


Рис. 4. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВРП Курганской области, сравнение со статистикой

стоянию 2000 г. Близкие значения амплитуды изменений показателя капитала на одного занятого и ВРП являются важной предпосылкой для пропорционального развития экономики региона.

На графике, представленном на рис. 7, приведен динамики изменения объема капитала на одного занятого для Челябинской области. В соответствии с долгосрочным прогнозом к 2040 г. данный показатель вырастет в 14 раз по отношению к 2000 г., что свидетельствует о снижении чувствительности к внешним угрозам развития экономики дан-

ного региона. График, расположенный справа на данном рисунке, представляет прогноз стоимости основных фондов на одного занятого на краткосрочную перспективу, результаты которого, заключающиеся в росте показателя к 2025 г. в 10,5 раз по отношению к значениям 2000 г., можно интерпретировать как следствие пропорционального развития экономики региона. Таким образом, возрастет финансовая стабильность и самостоятельность субъекта.

При анализе прогноза ВРП для случая Челябинской области (рис. 8) на долгосроч-

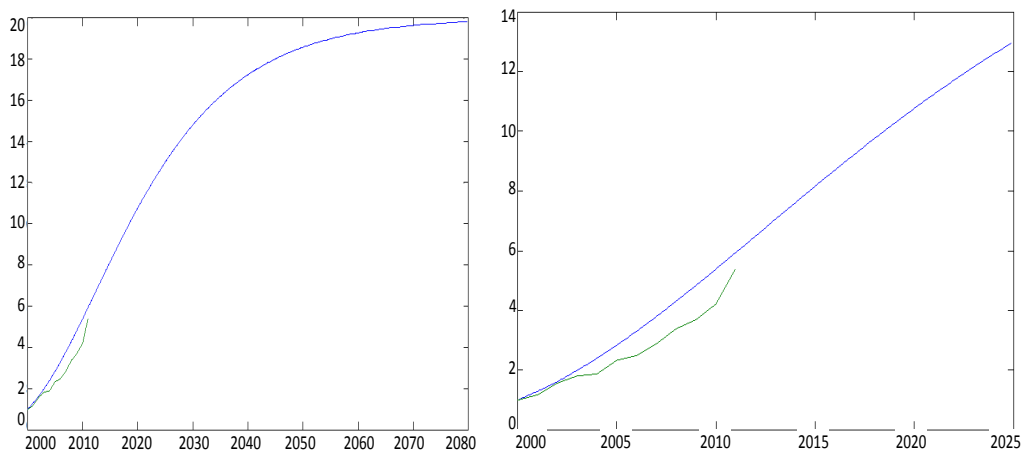


Рис. 5. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на одного занятого Свердловской области, сравнение со статистикой

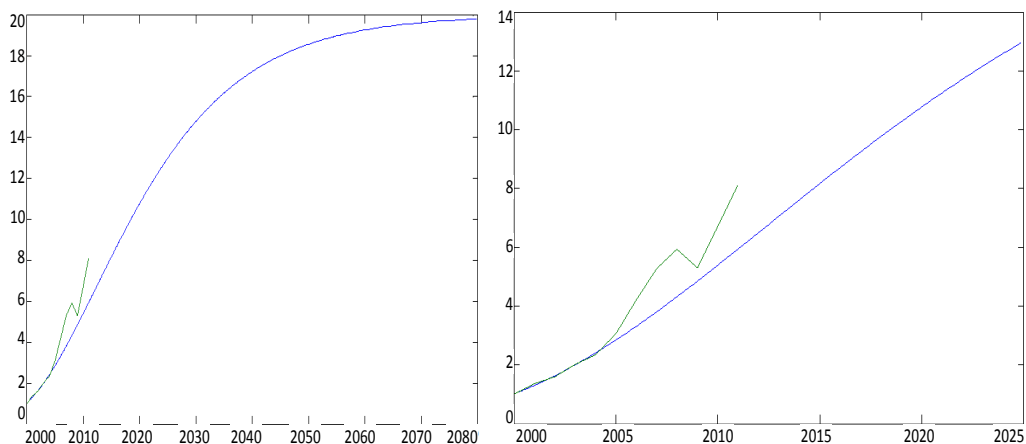


Рис. 6. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВРП Свердловской области, сравнение со статистикой

ную перспективу можно выявить схожую тенденцию с показателем капитала на одного занятого того же субъекта, т. е. рост рассматриваемого показателя к 2040 г. по отношению к состоянию на 2000 г. составит 14 раз.

В результате построения прогноза макроэкономических показателей на краткосрочную перспективу для Челябинской области был выявлен рост показателя ВРП в 10,5 к 2025 г. раз по отношению к состоянию 2000 г. Амплитуды изменений

показателя капитала на одного занятого и валового регионального продукта характеризуются схожей динамикой, что можно интерпретировать как одну из важнейших предпосылок к пропорциональности развития региональной экономики.

В соответствии с прогнозом, представленным на рис. 9, наблюдается положительная динамика изменения объема капитала на одного занятого в Тюменской области. При моделировании динамики данного показателя на долгосрочный период до 2040 г.

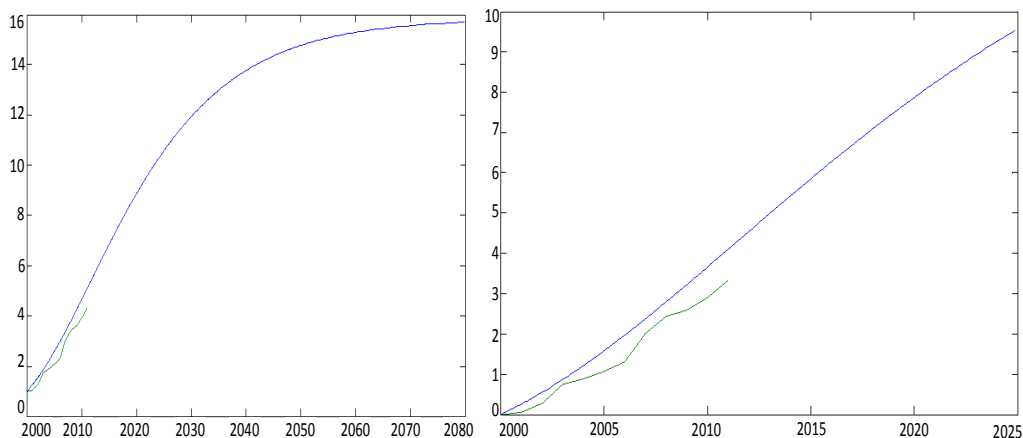


Рис. 7. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на душу населения для Челябинской области

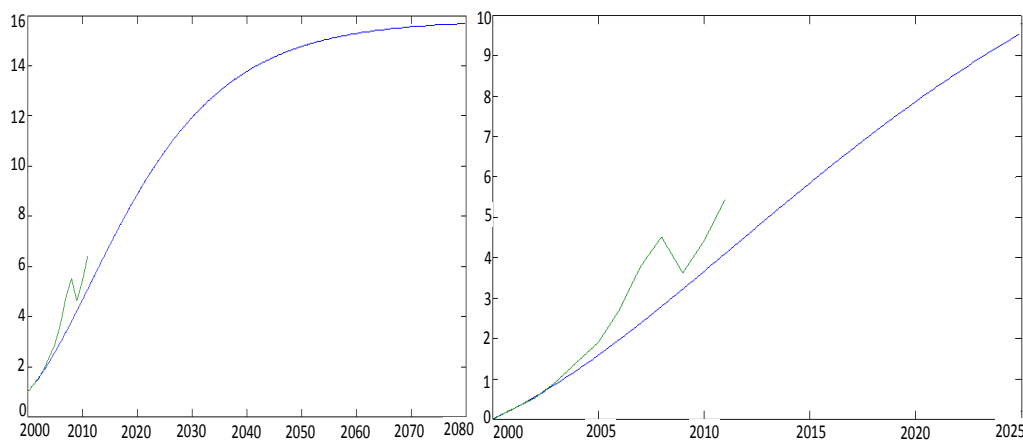


Рис. 8. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВРП для Челябинской области

наблюдается рост объема капитала в 30 раз по отношению к состоянию на 2000 г. Таким образом можно сделать вывод о наличии в рассматриваемом регионе большого количества предпосылок для обеспечения устойчивого развития экономики, что в дальнейшей перспективе послужит дополнительным уровнем защиты. В результате построения краткосрочного прогноза объема капитала на одного занятого для Тюменской области получим рост данного показателя к 2025 г. в 22 раза по отношению к значениям 2000 г. Таким образом возрастет финансовая стабильность и самостоятельность субъекта.

При моделировании динамики ВРП для Тюменской области наблюдается рост, аналогичный динамике показателя объема капитала, то есть к 2040 г. рост данного показателя составит 30 раз по отношению к значениям 2000 г. Результатом моделирования данного показателя на краткосрочную перспективу является положительная динамика, характеризующаяся ростом ВРП к 2025 г. в 22 раза по отношению к состоянию на 2000 г.

Ханты-Мансийский автономный округ имеет средний уровень иммунитета в разрезе субъектов УрФО согласно проведен-

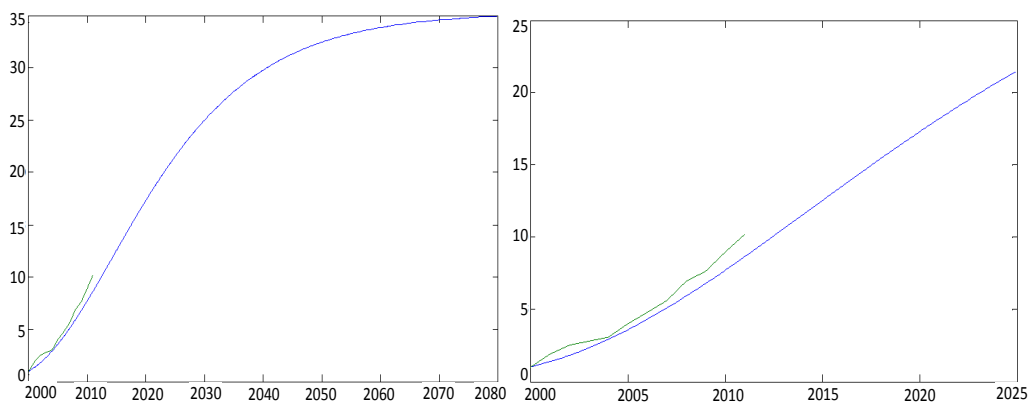


Рис. 9. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на душу населения для Тюменской области

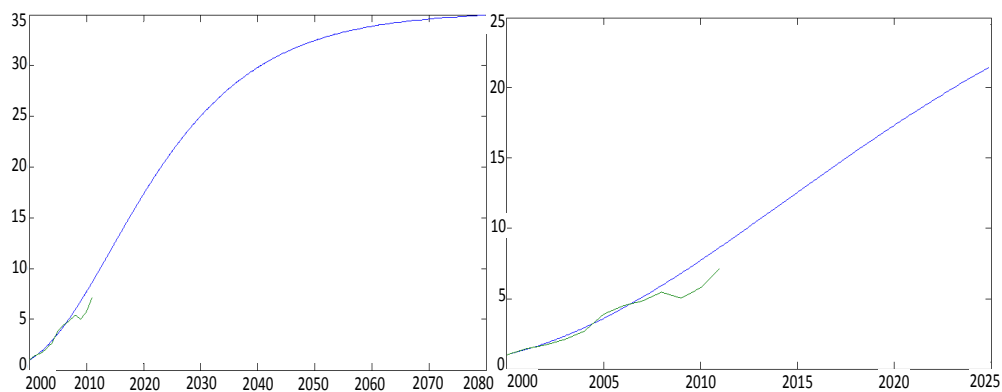


Рис. 10. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВРП для Тюменской области

ной оценке. Тем не менее данная предпосылка не является гарантией невосприимчивости региональной экономики к дестабилизирующим факторам и процессам. Соответственно, анализ и построение прогнозов для макроэкономических показателей является необходимым условием при проработке сценариев развития экономической системы данного субъекта. Оценка динамики основных показателей позволит провести корректировку складывающейся экономической ситуации до момента проявления негативных последствий. Результа-

ты моделирования для случая Ханты-Мансийского автономного округа приведены на рис. 11–13.

По результатам прогнозов макроэкономических показателей Ханты-Мансийского автономного округа, величина капитала на одного занятого в период до 2040 г. возрастет в 22 раза по сравнению с показателем 2000 г., при этом краткосрочный прогноз демонстрирует прирост данного показателя к 2025 г. в 16 раз по отношению к данным 2000 г. Данная тенденция обусловлена существенным набором предпосылок к

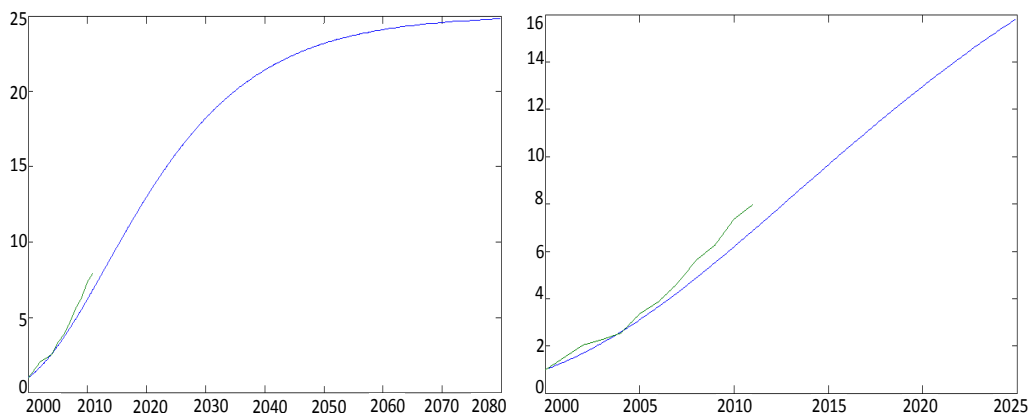


Рис. 11. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на душу населения для Ханты-Мансийского автономного округа

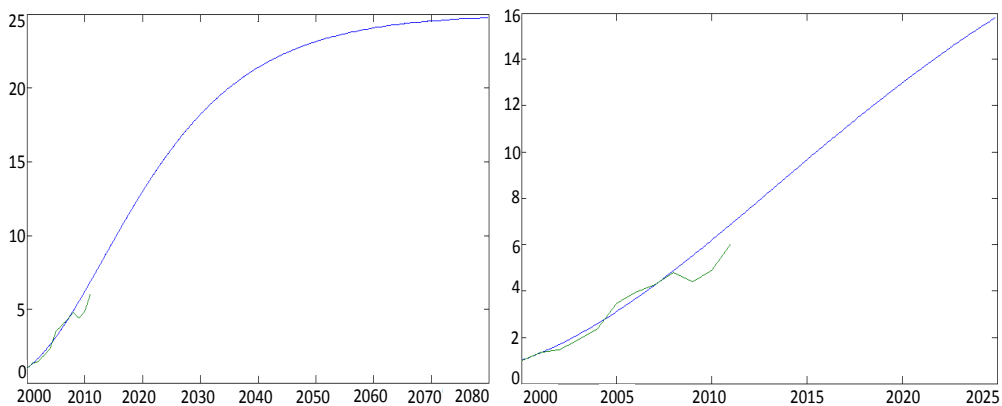


Рис. 12. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВВП для Ханты-Мансийского автономного округа

устойчивому пропорциональному развитию экономики данного субъекта.

Результатом построения прогноза динамики ВРП Ханты-Мансийского автономного округа на долгосрочную перспективу (рис. 12) явился рост данного показателя к 2040 г. в 22,5 раза по отношению к значениям 2000 г. Результаты краткосрочного прогноза демонстрируют положительную динамику ВРП, в результате чего наблюдается изменение значения данного показателя к 2025 г. в 16 раз по отношению к данным 2000 г. Совпадение прогнозируемой динамики показателей капитала на душу населения и ВРП говорит о тенденции пропорционального развития региональной экономики.

В целях поддержания пропорционального развития экономики Ханты-Мансийского автономного округа предлагается план инвестирования (рис. 13), в соответствии с которым необходимо к 2030 г. снизить общий объем инвестиций на 6 %. Данное предложение объясняется большей устойчивостью нефте- и газодобывающих регионов к внешним угрозам развитию экономики и, соответственно, меньшей за-

висимостью региона от внешнего инвестирования.

Ямало-Ненецкий автономный округ имеет наиболее высокий уровень иммунитета в 2011–2013 гг. в разрезе субъектов УрФО согласно проведенной оценке. Однако это не является безусловной гарантией невосприимчивости региональной экономики к условиям членства России в ВТО, а следовательно, анализ и сравнение показателей ВРП, инвестиций в основной капитал и стоимости основных фондов на одного занятого имеет не только статистический, но и важный практический смысл: мониторинг указанных показателей позволит при вероятности отрицательного влияния внешних факторов на экономические субъекты региона скорректировать сложившуюся ситуацию до проявления негативных последствий. Результаты моделирования для Ямало-Ненецкого автономного округа приведены на рис. 14–16.

Тенденция изменения величины капитала, приходящегося на одного занятого, характеризуется значительным ростом для случая Ямало-Ненецкого автономного округа в рассматриваемом периоде (с 2000

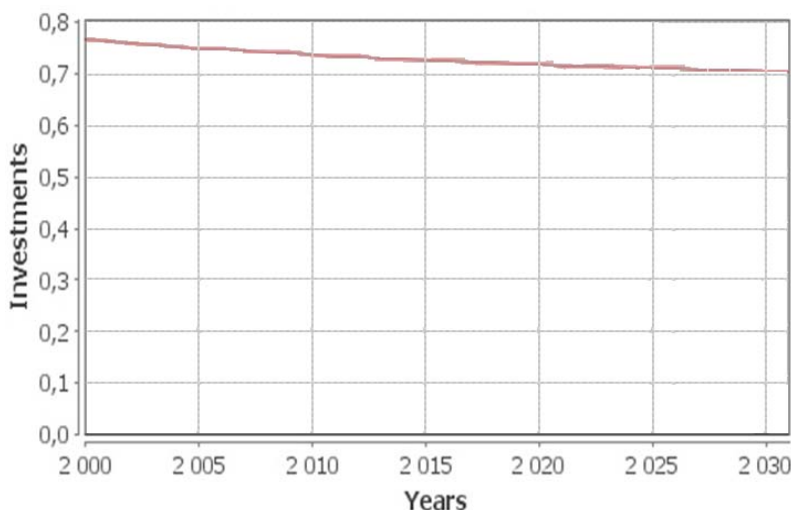


Рис. 13. Оптимальный план инвестиций для Ханты-Мансийского на краткосрочную перспективу

по 2040 г.). При этом амплитуда изменений существенно выше (54 раза против 17 раз в отношении к величинам 2000 г.), чем для Курганской и Свердловской областей. Данный факт свидетельствует о наличии в рассматриваемом регионе большого количества предпосылок для обеспечения устойчивого развития экономики, что в случае негативного влияния факторов, дестабилизирующих экономику, послужит дополнительным уровнем защиты экономических

субъектов Ямало-Ненецкого автономного округа.

Результаты прогнозирования динамики ВРП для Ямало-Ненецкого автономного округа отражают схожую тенденцию, что и моделирование динамики капитала на одного занятого в том же временном промежутке, а именно рост показателя в 54 раза по отношению к значениям 2000 г. В отношении результатов моделирования основных показателей на краткосрочную

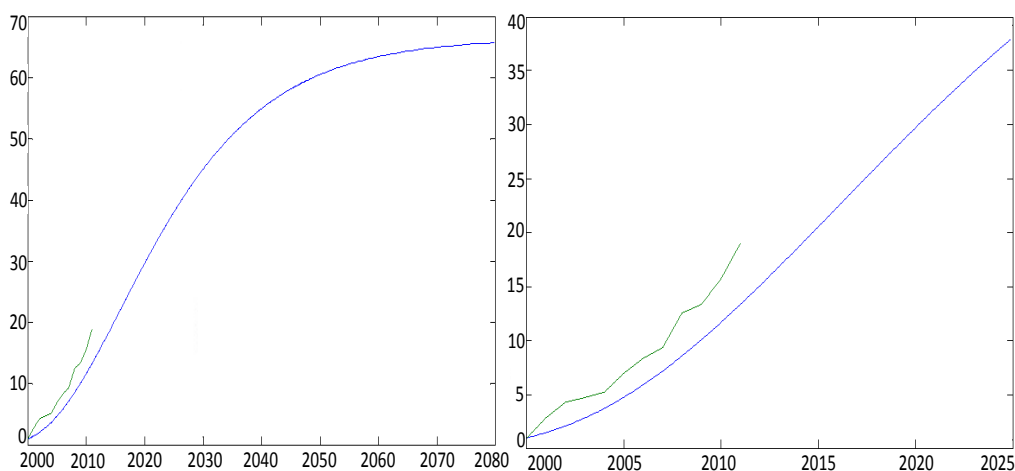


Рис. 14. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы капитала на душу населения Ямало-Ненецкого автономного округа, сравнение со статистикой

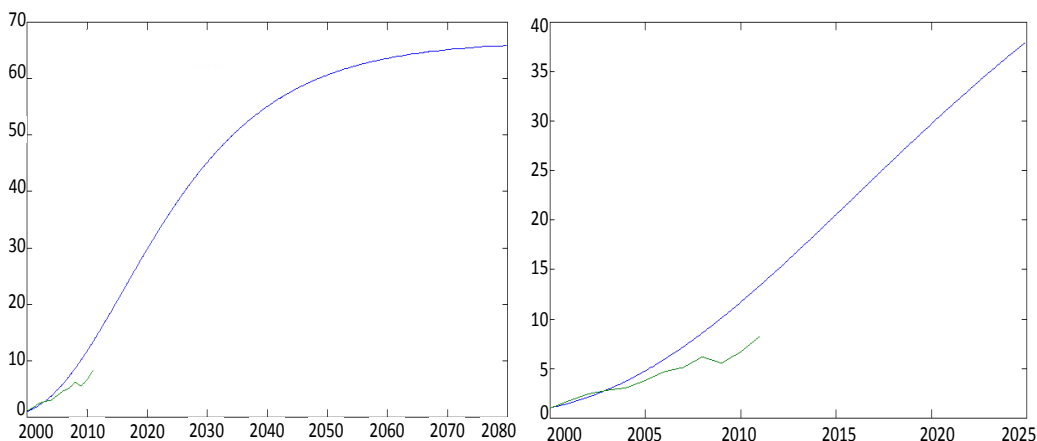


Рис. 15. Долгосрочный и краткосрочный прогнозы ВРП Ямало-Ненецкого автономного округа, сравнение со статистикой

перспективу следует также отметить пропорциональный рост к 2020 г. (25 раз в отношении состояния 2000 г.). Степень роста показателей выше, чем аналогичные в Курганской и Челябинской областях, что является отражением разницы в уровне социально-экономического развития рассматриваемых субъектов.

Таким образом, на основании анализа результатов краткосрочного и долгосрочного моделирования динамики капитала на одного занятого и ВРП в сравнении с Курганской и Челябинской областями можно сформулировать следующий вывод: Ямало-Ненецкий автономный округ потенциально более защищен от воздействия негативных последствий внешних угроз, кроме того, имеет большее количество возможностей для обеспечения устойчивого пропорционального развития своей экономики, основой для чего послужило достижение высокого уровня социально-экономического развития субъекта.

Оптимальный план инвестирования в основной капитал для Ямало-Ненецкого автономного округа, представленный на рис. 15, предполагает существенное снижение объема инвестиций (на 28 % к 2030 г.), чем для Курганской и Свердловской обла-

стей, что объясняется лучшим социально-экономическим положением Ямало-Ненецкого автономного округа, а значит, меньшей степенью зависимости региона от внешнего инвестирования в его экономику.

Заключение

По результатам оценки иммунитета субъектов УрФО, представленным в начале статьи, можно сделать вывод о том, что наименее подверженными негативно-му влиянию являются регионы со средним иммунитетом к внешним угрозам, а именно экспортно-ориентированные регионы с сырьевой специализацией (Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский автономные округа). К группе с низким иммунитетом, в соответствии с проведенной оценкой, относятся 3 субъекта УрФО (Челябинская, Свердловская, Тюменская области). Степень невосприимчивости к внешним угрозам для данной группы субъектов характеризуется как недостаточная для минимизации потерь от потенциальных последствий вступления России в ВТО за счет мобилизации наименьшего объема ресурсов. К третьей группе относятся субъекты УрФО, у которых условно отсутствует иммунитет к ожидаемым изменениям, соответственно, данные

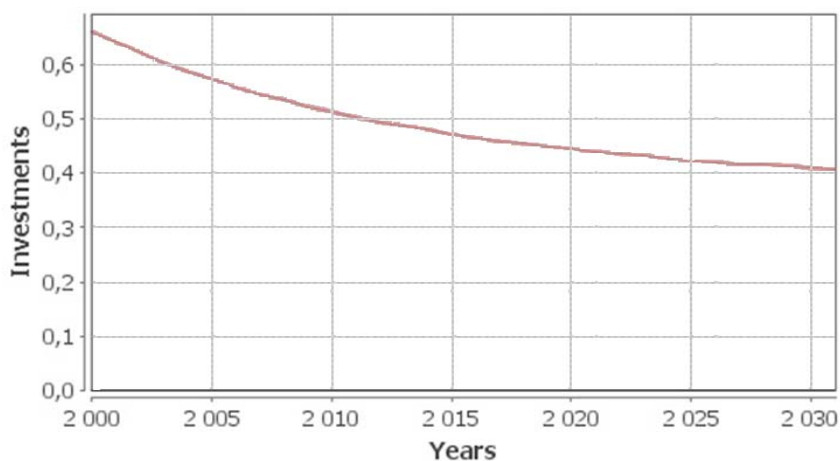


Рис. 16. Оптимальный план инвестиций для Ямало-Ненецкого автономного округа на краткосрочную перспективу

субъекты не готовы к новым требованиям функционирования экономики и не имеют существенных преимуществ в структуре их хозяйства, позволяющих свободно конкурировать на мировом и внутреннем рынках. В составе УрФО таким регионом по результатам оценки выступает Курганская область, в основном за счет высокой демографической нагрузки на трудоспособное население.

Использование модификации модели Солоу, предложенной коллективом Института математики и механики, позволило спрогнозировать динамику основных макроэкономических показателей для субъектов УрФО на краткосрочную и долгосрочную перспективу, а также оценить потенциальные возможности обеспечения устойчивого пропорционального развития регионов в пределах определенного вре-

менного промежутка. Следует отметить, что при разработке стратегий развития региональных экономик и расчете объема инвестиций в данные регионы целесообразно опираться на результаты расчетов, основанных на краткосрочных прогнозах, ввиду их большей точности и приближенности к реальной ситуации. Указанные положения имеют важное практическое значение в условиях влияния внешних дестабилизирующих экономику региона факторов. По результатам полученных прогнозов можно сделать вывод, что наибольшей устойчивостью к внешним и внутренним угрозам отличаются нефте- и газодобывающие субъекты, наименьшая устойчивость на временном промежутке до 2025 г. будет наблюдаться в Курганской области ввиду высокой демографической нагрузки на трудоспособное население.

Список использованных источников

1. Козицын А.А. Производственная интеграция как основа повышения экономической безопасности региона / под ред. А.И. Татаркина, А.А. Куклина. Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2006. 363 с.
2. Татаркин А.И. Конкурентное позиционирование регионов и территорий в пространственном развитии России // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2013. № 8. С. 148–158.
3. Абалкин Л.И. Роль государства в становлении и регулировании рыночной экономики // Вопр. экономики. 1997. № 6. С. 5–10.
4. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 09.08.2015).
5. Васильева А.В., Быков Д.С., Тарасьев А.А. Программное моделирование миграционного движения и его экономических эффектов // Журнал эконом. теории. 2014. № 3. С. 74–84.
6. Сумская Т.В. Использование бюджетных коэффициентов для оценки устойчивости бюджетов муниципальных образований Новосибирской области // Основы экономики, управления и права. 2014. № 2. С. 25–29.
7. Гурбан И.А. Состояние научно-исследовательского капитала субъектов Российской Федерации // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2012. № 13. С. 89–96.
8. Найдёнов А.С., Судакова А.Е., Кривенко И.А. Анализ экономической интеграции регионов Уральского федерального округа // Экономика и предпринимательство. 2014. № 10 (51). С. 446–450.
9. Васильева Е.В., Пономарева Т.В. Диагностика чувствительности субъектов РФ к новым условиям членства России в ВТО // Эконом. анализ: теория и практика. 2014. № 20(371). С. 16–22.
10. Васильева Е.В. Обоснование приоритетных направлений оптимизации социально-демографического разви-

- тия субъектов УрФО // Управленец. 2013. № 4. С. 41–47.
11. Красовский А.А., Тарасьев А.М. Свойства гамильтоновых систем в принципе максимума Понтрягина для задач экономического роста // Труды Матем. ин-та им. В.А. Стеклова, 2008. Т. 262. С. 127–145.
 12. Тарасьев А.М., Усова А.А. Стабилизация гамильтоновой системы для построения оптимальных траекторий // Труды Матем. ин-та им. В.А. Стеклова. 2012. Т. 277. С. 257–274.
 13. Krasovskii A., Kryazhimskiy A., Tarasyev A. Optimal Control Design in Models of Economic Growth // Evolutionary Methods for Design, Optimization and Control (P. Neittaanmäki, J. Périaux and T. Tuovinen, Eds.). Barcelona: CIMNE, 2008. P. 70–75.
 14. Aseev S.M. Methods of regularization in nonsmooth problems of dynamic optimization // Journal of Mathematical Sciences. 1999. Vol. 94, No 3. P. 1366.
 15. Klaassen G., Tarasyev A.M., Kryazhimskii A.V. Multiequilibrium game of timing and competition of gas pipeline projects // Journal of Optimization Theory and Applications. 2004. Vol. 120, No 1. P. 147–179.

Tarasyev A.M., doctor of physics and mathematics, professor ,
Institute of Mathematics and Mechanics named after N.N. Krasovsky,
Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Tarasyev A.A., candidate,
Tarasyeva T.V., candidate,
Institute of Economics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia

MODELING THE DYNAMICS OF ECONOMIC DEVELOPMENT IN TERMS OF RUSSIAN MEMBERSHIP IN WTO

Ensuring economic security is one of the priorities of the state. In recent years, the independence of the Russian Federation regions is increasing in the areas of governance, management and administration of regional financial resources. The trend of management decentralization leads to growing responsibility of regional authorities for the current socio-economic situation in the subordinate subjects, as well as for its further development.

Investment in fixed capital reflects the attractiveness of the region's manufacturing sector. Calculation of investment per capita ensures the comparability of this indicator for the Ural Federal District regions. It is advisable to carry out the dynamics analysis of investment in fixed capital within the framework of assessing the socio-economic condition and considering the consequences of Russia's membership in the WTO. We modeled the main macroeconomic indicators in order to determine the potential sustainability of regional economic systems. As the main research method we used a modified version of the Solow-Ramsey economic growth model.

In this modification of the model we consider the problem of optimal investments control in which the objective functional is represented as an integral of the logarithmic index of consumption, discounted over an infinite time period. Dynamic trajectories in this system are presented as S-shape curves, regardless of the development scenario, which is provided by a

model parameter, limiting the level of investment. In addition, modeled optimal trajectories are characterized by a trend of growth saturation.

It should be noted that by the elaboration of strategies for the regional economic development and the calculation of investment inflows in these regions it is necessary to rely on the results of calculations based on short-term forecasts due to their greater precision and proximity to the real situation. According to the obtained results, we conclude that oil and gas-rich regions have the greatest resistance to external and internal threats. The lowest resistance is observed in the Kurgan region due to a high demographic burden on the working population.

Key words: economic growth, region, human resources, dynamic modeling, optimal control, balance equation, WTO, GRP, investment, Solow dynamics, stability, economic systems, proportional development.

References

1. Kozitsyn, A.A. (2006). *Proizvodstvennaia integratsiia kak osnova povysheniia ekonomicheskoi bezopasnosti regiona [Industrial integration as foundation for economic security of a region]*. Ekaterinburg, Institute of Economics, Ural branch of Russian Academy of Sciences.
2. Tatarkin, A.I. (2013). Konkurentnoe pozitsionirovanie regionov i territorii v prostranstvennom razvitii Rossii [Competitive regional and territories positioning in the spatial development of the Russian Federation]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]*, No 8, 148–158.
3. Abalkin, L.I. (1997). Rol' gosudarstva v stanovlenii i regulirovanii rynochnoi ekonomiki [Role of state in building and regulating market economy]. *Vorposy Ekonomiki [Problems of economics]*, No 6, 5–10.
4. Russian Federation Federal State Statistics Service website at <http://www.gks.ru> (Last accessed: 09.08.2015).
5. Vasil'eva, A.V., Bykov, D.S., Taras'ev, A.A. (2014). Programmnoe modelirovanie migratsionnogo dvizheniia i ego ekonomicheskikh effektov [Simulation program of migration movement and its economic effects]. *Zhurnal ekonomicheskoi teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, No 3, 74–84.
6. Sumskaia, T.V. (2014). Ispol'zovanie biudzhethnykh koeffitsientov dlia otsenki ustoiichivosti biudzhetrov munitsipal'nykh obrazovaniia Novosibirskoi oblasti [Use of budgetary coefficients for the assessment of sustainability of budgets of municipal units of the Novosibirsk region]. *Osnovy ekonomiki, upravleniia i prava [Fundamentals of economics, management and law]*, No 2, 25–29.
7. Gurban, I.A. (2012). Sostoianie nauchno-issledovatel'skogo kapitala sub'ektov Rossiiskoi Federatsii [State of research capital of Russian regions]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]*, No 13, 89–96.
8. Naidenov, A.S., Sudakova, A.E., Krivenko, I.A. (2014). Analiz ekonomicheskoi integratsii regionov Ural'skogo federal'nogo okruga [Analysis of economic integration of the regions of the Ural Federal District]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship]*, No 10 (51), 446–450.
9. Vasil'eva, E.V., Ponomareva, T.V. (2014). Diagnostika chuvstvitel'nosti sub'ektov RF k novym usloviyam

- chlenstva Rossii v VTO [Estimation of vulnerability of the RF subjects to Russia's WTO membership]. *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika [Economic analysis: theory and practice]*, No 20, 16–22.
10. Vasil'eva, E.V. (2013). Obosnovanie prioritnykh napravlenii optimizatsii sotsial'no-demograficheskogo razvitiia sub'ektov UrFO [Rationale for Prioritized Directions in Optimising Social-Demographic Development of Subjects of the Ural Federal District]. *Upravlenets*, No 4, 41–47.
 11. Krasovskii, A.A., Taras'ev, A.M. (2008). Svoistva gamiltonovykh sistem v printsipe maksimuma Pontriagina dlia zadach ekonomicheskogo rosta [Properties of Hamiltonian systems in the Pontryagin maximum principle for economic growth problems] *Trudy Matematicheskogo instituta im. V.A. Steklova [Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics]*, Vol. 262, 127–145.
 12. Taras'ev, A.M., Usova, A.A. (2012). Stabilizatsiia gamiltonovoi sistemy dlia postroeniia optimal'nykh traektorii [Stabilizing the Hamiltonian system for constructing optimal trajectories]. *Trudy Matematicheskogo instituta im. V.A. Steklova [Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics]*, Vol. 277, 257–274.
 13. Krasovskii, A., Kryazhimskiy, A., Tarasyev, A. (2008). *Optimal Control Design in Models of Economic Growth. Evolutionary Methods for Design, Optimization and Control* (P. Neittaanmäki, J. Périaux and T. Tuovinen, Eds.). Barcelona, CIMNE, 70–75.
 14. Aseev, S.M. (1999). Methods of regularization in nonsmooth problems of dynamic optimization. *Journal of Mathematical Sciences*, Vol. 94, No 3, 1366.
 15. Klaassen, G., Tarasyev, A.M., Kryazhimskii, A.V. (2004). Multiequilibrium game of timing and competition of gas pipeline project. *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol. 120, No 1, 147–179.

Information about the authors

Tarasyev Alexander Mikhailovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Senior Researcher, Head Sector, Department of Dynamic Systems, Institute of Mathematics and Mechanics named after N.N. Krasovskiy, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia (620219, Yekaterinburg, Kovalevskaya street, 16); e-mail: tam@imm.uran.ru.

Tarasyev Alexander Alexandrovich – Lead Economist, Centre of Economic Security,

Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia (620014, Ekaterinburg, Moskovskaya street, 29); e-mail: alextarassiev@mail.ru.

Tarasyeva Tatiana Vladimirovna – Economist, Centre of Economic Security, Institute of Economics, The Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia (620014, Ekaterinburg, Moskovskaya street, 29); e-mail: tataponaryova@mail.ru.