

УДК 339.9 (470.55)

ББК 65.050.22(2Рос-4Чел)

© Мякота Е.А., Воробьев А.Г., Путилов А.В.

Оценка экономического потенциала Челябинской области: состояние и перспективы развития

В статье приведены результаты экономической деятельности Челябинской области в последние годы, основные показатели совершенствования региональной инвестиционной политики, перспективы реализации экономических проектов региона. Представлены экономические показатели развития промышленного потенциала Челябинской области на примере предприятий металлургического, машиностроительного, ядерного и других комплексов.

Экономическая деятельность, экономические показатели, региональная инвестиционная политика, индекс промышленного производства, инвестиционные проекты.



**Екатерина Александровна
МЯКОТА**

старший преподаватель кафедры экономики Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»
kaf51@mephi.ru



**Александр Григорьевич
ВОРОБЬЕВ**

профессор, доктор экономических наук, заведующий кафедрой экономики НИЯУ МИФИ
AGVorobyev@mephi.ru



**Александр Валентинович
ПУТИЛОВ**

профессор, доктор технических наук, декан факультета управления и экономики высоких технологий НИЯУ МИФИ
AVPutilov@mephi.ru

Введение

Целью и задачей данной работы является общий анализ региональной экономической ситуации в послекризисный период на примере одной из ведущих

промышленных областей – Челябинской. Актуальность исследований региональных экономических потенциалов обусловлена необходимостью формирования предложений по их инновационному развитию;

очевидно, что начинать подобный анализ необходимо с наиболее промышленно развитых регионов.

В литературе описано несколько подходов к региональному экономическому анализу [1, 2, 3, 4]. Челябинская область – один из наиболее крупных в экономическом отношении субъектов Российской Федерации. Уровень экономики здесь, как и в целом по Южному Уралу, в существенной степени определяет значительный промышленный потенциал, в составе которого находятся предприятия металлургического, машиностроительного, военно-промышленного и ядерного комплексов. В Челябинской области находятся несколько ведущих вузов, три обособленных подразделения (филиала) НИЯУ МИФИ; образовательный потенциал области достаточно велик, в связи с чем инновационное направление её развития является предпочтительным.

Кроме того, Челябинская область – одна из самых энергоёмких в Российской Федерации: потребление электроэнергии составляет более 32 млрд кВт·ч в год. По производству электроэнергии в 2010 и 2011 гг. Челябинская энергосистема занимала 3-е место в Уральском федеральном округе и 12-е место в России [5]. Мощности электростанций позволяют обеспечить порядка 78% электроэнергии от суммарной потребности в регионе.

Поскольку генерирующие предприятия области входят в систему единого энергетического кольца Урала и Единой энергетической системы, то объёмы недостающей электроэнергии восполняются путем её закупки на оптовом рынке электроэнергии и мощности.

1. Состояние и перспективы региональной экономики

Общественно-политическая ситуация в Челябинской области стабильная и управ-

ляемая, экономика развивается достаточно успешно. Определенную угрозу для сохранения экономической стабильности представляют низкий уровень доходов населения, рост цен на товары и услуги ЖКХ, экологические проблемы. Приоритетными направлениями экономической политики руководства региона являются диверсификация экономики, поддержка малого и среднего бизнеса, инновационных секторов, развитие аграрно-промышленного комплекса (*таблица*). Особое внимание руководство уделяет привлечению инвестиций в экономику. Для всех муниципалитетов в качестве первоочередной ставится задача поиска инвесторов, подготовки площадок под инвестпроекты, создания новых брендов, продвижения их на российском и зарубежных рынках [6].

Несмотря на активную позицию областных властей в вопросе привлечения инвестиций, в январе – сентябре 2012 г. объём иностранных вложений в экономику области сократился на 33% по сравнению с соответствующим периодом 2011 г. и составил 1,799 млрд долл. США. Объём вывоза инвестиционного капитала за рубеж (1,762 млрд долл. в январе–сентябре 2012 г.) свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования региональной инвестиционной политики (*рис. 1*).

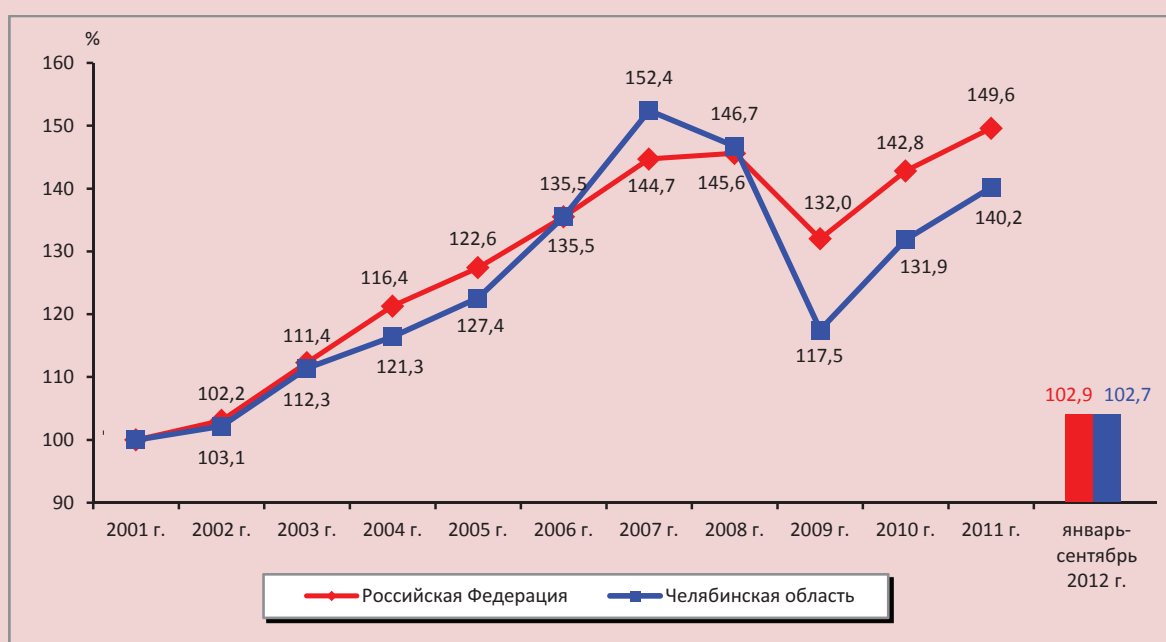
2. Динамика экономических показателей Челябинской области

Металлургическая отрасль играет определяющую роль в формировании экономических и финансовых результатов области. Восстановление мировой экономики, сопровождавшееся ростом спроса и цен на металлы на внешнем и внутреннем рынках в 2010–2011 гг., способствовало росту экономических показателей региона. В 2011 г. рост ВРП Челябинской области составил 5,8%, рост промышленного производства – 6,3% к уровню 2010 г. [7].

Основные показатели экономического развития Челябинской области в 2012 г.

Показатель	Значение показателя			Место региона	
	в регионе	в федеральном округе (ФО)	в Российской Федерации	в федеральном округе	в Российской Федерации
Индекс промышленного производства по видам экономической деятельности	102,7	100,8	102,9	2	45
В том числе, %:					
- добыча полезных ископаемых	107,9	97,9	101,0	2	26
- обрабатывающие производства	102,8	106,8	104,5	3	49
- производство и распределение электроэнергии, газа, воды	99,3	101,3	101,3	6	48-50
Доля региона в общем объеме отгруженных товаров собственного производства ФО, %	14,3	-	-	-	-
Объем отгруженных товаров собственного производства в промышленности (на одного занятого), тыс. руб.	424,7	852,8	380,4	5	24
Доля региона в производстве продукции сельского хозяйства РФ, %	1,7	-	-	-	18
Темпы роста объемов работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», %	89,4	100,2	101,9	6	73
Темпы роста жилищного строительства, %	127,5	107,4	102,7	2	12
Темпы роста инвестиций в основной капитал, %	105,1	116,4	111,6	5	59
Иностранные инвестиции (всего), млн долл. США	1193,8	3726,4	74789,0	2	7
Доля прямых иностранных инвестиций в общем объеме инвестиций, %	1,1	11,6	10,2	6	71
Самообеспеченность консолидированного бюджета, %	83,75	97,04	87,04	5	26

Рисунок 1. Динамика индекса инвестиций в основной капитал



Вместе с тем стагнация на мировых рынках металлов, начавшаяся в конце 2011 г. и продолжавшаяся в 2012 г., привела к ухудшению производственно-финансовых показателей базовых металлургических предприятий региона, что негативно отразилось на развитии его экономики.

В январе – мае 2012 г. экономика региона характеризовалась замедлением темпов роста промышленного производства. Индекс промышленного производства составил 104% к январю – маю 2011 г., в том числе в добыче полезных ископаемых – 99,8%, в обрабатывающих производствах – 104,9%, в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды – 96,6%. При этом в мае 2012 г. по сравнению с предыдущим месяцем произошло сокращение объема промышленного производства на 4% (рис. 2).

В металлургическом производстве в январе – мае 2012 г. отмечался рост объема производства на 1,2%, в мае 2012 г. по срав-

нению с предыдущим месяцем – падение на 2,2%. В январе – апреле 2012 г. доля убыточных предприятий составила 35% (по РФ – 32,9%), прибыль предприятий сократилась на 13,9% по сравнению с соответствующим периодом 2011 г., сумма убытков увеличилась на 58,1%.

Во внешнеэкономической деятельности региона в январе – апреле 2012 г. произошло падение объемов товарооборота на 10,3% по сравнению с соответствующим периодом 2011 г., в том числе экспорта – на 10% (рис. 3).

Негативные тенденции в экономике региона связаны в первую очередь с замедлением темпов развития металлургического производства, начавшимся со второго полугодия 2011 г. и связанным с ухудшением конъюнктуры на внешних и внутренних рынках (снижение спроса на металлопродукцию, рост цен на сырье). По итогам 2011 г. прибыль крупнейших металлургических предприятий области

Рисунок 2. Структура объемов отгруженных товаров собственного производства по видам экономической деятельности

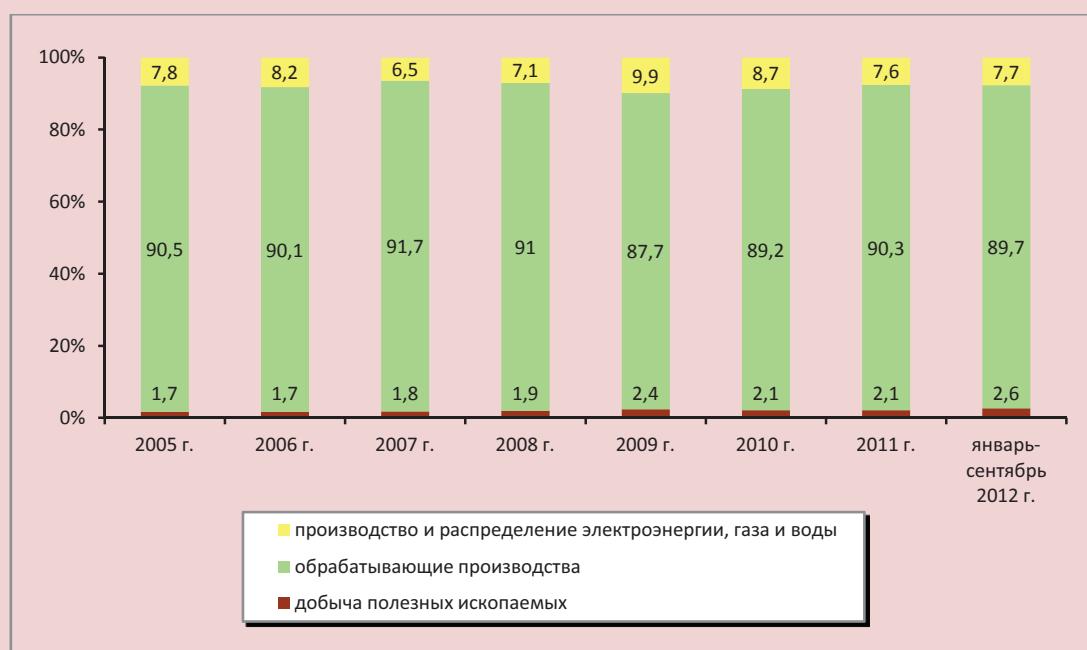
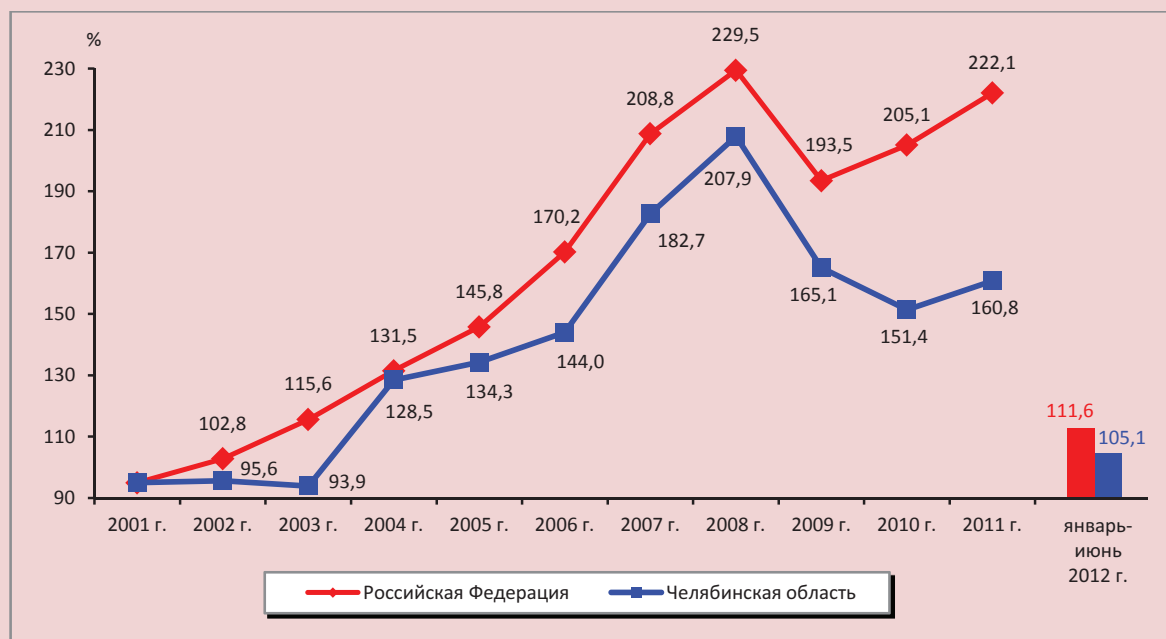


Рисунок 3. Динамика индекса промышленного производства по видам экономической деятельности



значительно сократилась, ОАО «ММК» и ОАО «Мечел» завершили год с убытками 125 млн долл. и 19,674 млрд руб. соответственно.

По результатам первого квартала 2012 г. крупнейшие металлургические предприятия области значительно ухудшили финансовые показатели [8].

Так, ОАО «Челябинский металлургический комбинат» получило 103,68 млн рублей чистого убытка (в первом квартале 2011 г. была получена прибыль более 1,85 млрд руб.). Реализация продукции сократилась на 10%.

ОАО «ЧТПЗ» на 20% сократило производство стальных труб по сравнению с первым кварталом 2011 г., на 27% — производство труб большого диаметра на фоне снижения спроса, что было связано с завершением крупных проектов ОАО «Газпром». Чистый убыток ОАО «ЧТПЗ» за первый квартал 2012 г. составил 1,02 млрд рублей.

В 2012 г. группа «ЧТПЗ» оказалась в сложной финансовой ситуации в связи с необходимостью погашения долговых обязательств по краткосрочным кредитам, взятым в 2008 — 2009 гг. для финансирования крупных инвестпроектов. Общий размер кредиторской задолженности составляет около 107 млрд руб.

ОАО «ММК» увеличило объемы производства продукции, однако рост производства был нивелирован понижением цен большей части продукции, в результате чего чистая прибыль предприятия составила 3 млрд руб., что на 33% меньше, чем в первом квартале 2011 г.

В результате падения стоимости никеля на мировых торговых площадках в июле 2012 г. кризисная ситуация сложилась в ОАО «Уфалейникель» (из-за изношенности основных фондов себестоимость продукции предприятия оказалась значительно выше ее биржевой стоимости).

ОАО «Уфалейникель» остро нуждается в пополнении оборотных средств, однако из-за неустойчивого финансового положения предприятия и ухудшения ситуации в мировой экономике банки пока отказывают в предоставлении кредитов.

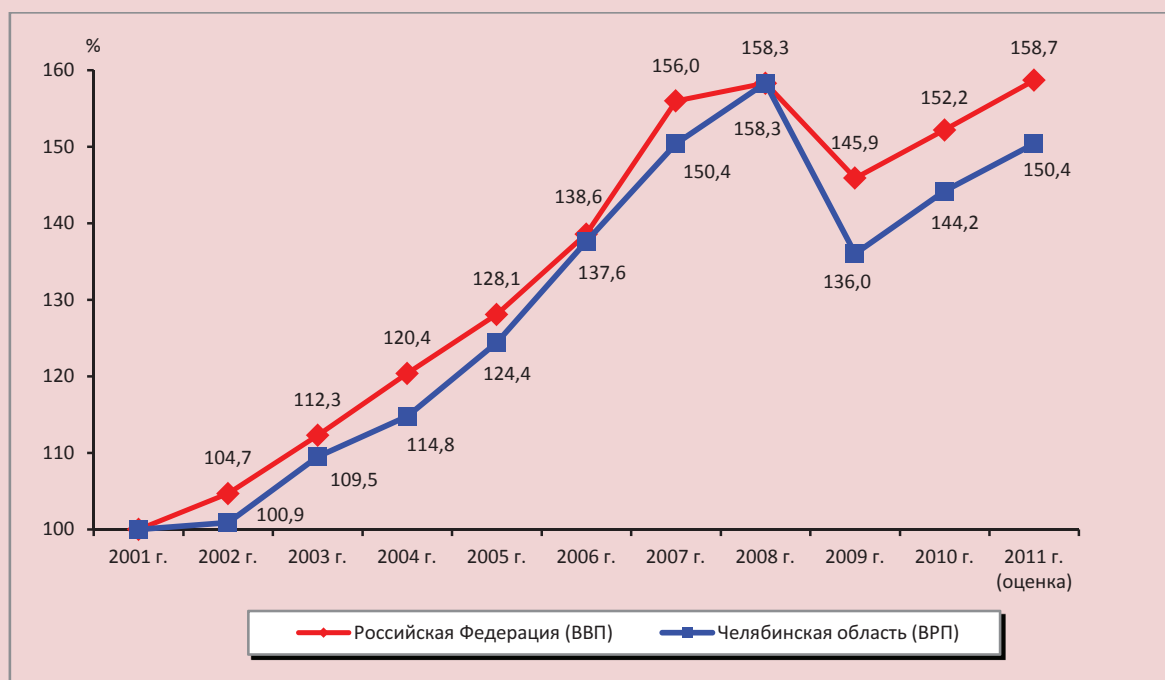
По мнению экспертов, в ближайшей перспективе значительного улучшения финансовых показателей в металлургической промышленности не произойдет из-за отсутствия предпосылок роста мирового спроса на продукцию, снижения объемов разовых заказов в связи с завершением строительства объектов Сочинской Олимпиады.

Ситуация в металлургической отрасли оказывает определяющее влияние на социально-экономическую ситуацию в регионе, так как, несмотря на меры по диверсификации экономики, предпринимаемые региональным правительством, металлургия по-прежнему остается базовой отраслью промышленности области (рис. 4) [9, 10].

На фоне стагнации в металлургической отрасли региона в 2012 г. в машиностроении отмечались положительные тенденции. Индекс производства машин и оборудования составил 125,8% по сравнению с соответствующим периодом 2011 г., электрооборудования – 123,1%. Вместе с тем в мае 2012 г. заданный темп роста в машиностроении сохранить не удалось: по сравнению с предыдущим месяцем произошло падение объема производства машин и оборудования на 3,5%, производства транспортных средств и оборудования – на 7,5% [8].

Для машиностроительной отрасли основными проблемами являются: изношенность основных производственных фондов, низкая конкурентоспособность продукции, недостаток оборотных средств для технического перевооружения, высокие тарифы на энергоносители.

Рисунок 4. Динамика индексов физического объема валового внутреннего (ВВП) и валового регионального (ВРП) продуктов



В связи с недостаточным уровнем модернизации машиностроительных заводов вступление России в ВТО может негативно отразиться на машиностроительной отрасли региона. Согласно результатам исследований последствий вступления в ВТО для российских регионов, проведенных независимым аналитическим центром «ВТО-Информ», к 2020 г. Челябинская область может потерять до 100 млн руб.; развитие получит металлургическая отрасль, при этом другие отрасли промышленности практически прекратят свое существование, что приведет к сокращению более 50 тыс. рабочих мест.

При этом реальных механизмов для защиты предприятий на уровне субъекта недостаточно. Необходимы решения по поддержке отечественного машиностроения на уровне Правительства Российской Федерации, в частности: переход на долгосрочный оборонзаказ, позволяющий планировать экономику предприятий на 3 – 5 лет; ограничение роста тарифов естественных монополий; снижение банковской процентной ставки по кредитам на модернизацию производства; решение проблемы железнодорожных перевозок (реформа ОАО «РЖД» и передача более 60% подвижного состава в частную собственность привела к необоснованному росту тарифов, нехватке вагонов, что вынуждает предприятия переходить на использование собственного грузового автотранспорта) [11].

Во втором полугодии 2012 г. наблюдалось ухудшение финансового состояния промышленных предприятий в связи с ростом с 1 июля 2012 г. тарифов на услуги естественных монополий и связанным с ним увеличением издержек в промышленности. При этом предприятия, в условиях пониженного спроса, не смогут компенсировать рост себестоимости промышленной продукции за счет повышения цен на продукцию.

Актуальной задачей является привлечение инвесторов на свободные промплощадки. Рассматривается возможность реализации проектов по созданию современного сталелитейного производства (проект ЗАО «Конар» совместно с итальянской компанией «CividaleGroup»), а также производства гидравлических цилиндров (проект Уральского инжинирингового центра).

Сложная ситуация сохраняется на ФГУП «Сигнал» и «Завод пластмасс» в связи с отказом в 2011 г. Министерства обороны России от размещения госзаказов на боеприпасы и спецхимию до 2015 г. На ФГУП «Сигнал» сокращено 10% трудового коллектива. В декабре 2011 г. ФГУП «Сигнал» было преобразовано в акционерное общество. Государство вложило в уставной капитал оборонного предприятия 3,4 млрд рублей. Смена юридической формы позволит усилить контроль за деятельностью предприятия.

В 2012 г. на ряде оборонных предприятий произошла смена собственника: производства, работающие на оборонно-промышленный комплекс, национализированы, а производства по выпуску гражданской промышленности – приватизированы. В этой ситуации важной проблемой, требующей решения на уровне Минобороны России, является использование резервных мобилизационных мощностей, требующих больших затрат на их содержание [11, 12].

При поддержке региональной власти удалось привлечь кредитные ресурсы таким значимым для развития области предприятиям, как ОАО «ЧТЗ-Уралтрак», ОАО «ЧТПЗ», ОАО «ММК» и др.

Правительство области занимает активную позицию в оказании поддержки проблемным предприятиям региона: поиске инвесторов, контроле эффективности внешнего управления предприятиями-

банкротами, урегулировании конфликтных ситуаций, угрожающих нарастанием протестных настроений в трудовых коллективах, контроле задолженности по зарплате.

В связи с финансовыми трудностями группы «ЧТПЗ» областные власти намерены оказать необходимую поддержку руководству компании в предоставлении госгарантий на рефинансирование кредитов.

Особое внимание уделяется продвижению продукции местных производителей на рынок области. В целях повышения загруженности мощностей предприятий правительством области ежегодно формируется территориальный заказ на продукцию производственно-технического назначения. В 2012 г. территориальный заказ на металлопродукцию составлял 2,267 млн т, на уголь — 1,2 млн т, на цемент — 496 тыс. т. В число поставщиков территориального заказа на продукцию машиностроения вошли 49 предприятий области. Создана электронная база предприятий региона, содержащая сведения о номенклатуре производимой продукции и потребности в сырье, а также информационно-аналитическая система поддержки производственных предприятий малого и среднего бизнеса (биржа производственных заказов и услуг).

В 2012 г. Министерство промышленности области провело паспортизацию современных производственных мощностей с целью минимизации издержек на открытие новых производств за счет интенсивного развития внутриобластной кооперации. В целом можно констатировать, что экономика Челябинской области нуждается в инновационном развитии на базе высоких технологий. Одним из направлений высокотехнологического развития могут стать ядерные технологии, что также представлено в области в значительном объеме, хотя подобные предложения нуждаются в дополнительном рассмотрении,

поскольку все соответствующие предприятия и организации располагаются в закрытых административно-территориальных образованиях.

3. Экономическая ситуация в моногородах Челябинской области

В Челябинской области монопрофильными признаны 8 городов: Аша, Верхний Уфалей, Карабаш, Магнитогорск, Миасс, Сатка, Усть-Катав, Нязепетровск, а также 3 закрытых административно-территориальных образования (ЗАО): Снежинск, Трехгорный, Озерск. Все ЗАО имеют обособленные подразделения (филиалы) НИЯУ МИФИ и являются ядерными центрами различного профиля, следовательно, потенциальными точками развития высоких технологий, в частности ядерных. Целесообразно на базе новых разработок и Инновационной программы развития и модернизации Госкорпорации «Росатом» [3, 4, 5, 6, 7, 8] подготовить соответствующие предложения, региональный «экономический климат» позволяет это сделать.

К настоящему моменту все монотерритории Челябинской области разработали комплексные инвестиционные планы развития (КИПы), однако на федеральном уровне утверждены пилотные проекты только двух городов: Сатки и Карабаша. Город Аша стал участником Программы развития ООН в России (ПРООН) [5].

В январе 2012 г. главы таких моногородов, как Нязепетровск, Аша, Карабаш и Усть-Катав, представили в Минрегион России отчеты об экономической ситуации, а также презентовали инвестпроекты, нацеленные на диверсификацию экономики муниципалитетов. Все представленные проекты получили одобрение этого министерства. Рассматривалась возможность финансирования в 2012–2013 гг. начала строительства горнолыжного комплекса в г. Аше и горно-металлургического комбината в г. Нязепетровске.

В 2011 г. все монотерритории показали рост промышленного производства, однако их зависимость от градообразующих предприятий сохраняется.

Стратегия развития Саткинского муниципального района включает в себя 3 направления: развитие индустрии туризма; модернизацию объектов инженерной инфраструктуры; развитие малой энергетики; организацию новых производств. При реализации этих проектов планируется открыть свыше 6 тыс. новых рабочих мест, причем ожидается, что 5 тыс. вакансий даст развитие туризма в г. Сатке. Саткинский район вошел в «Программу поддержки развития муниципальных образований на территории РФ с использованием информационно-коммуникационных технологий на 2011 – 2014 гг.». Проект «Внедрение программно-аппаратной платформы «Диспетчерский центр мониторинга потребления энергоресурсов района» будет профинансирован фондом «Устойчивое развитие» при поддержке Минэкономразвития России.

В январе – мае 2012 г. индекс промышленного производства в Саткинском муниципальном районе составил 89,9%, уровень регистрируемой безработицы – 3,2% к экономически активному населению.

Инвестиционные проекты г. Карабаша включают: переработку отходов промышленного производства, использование природных ресурсов и создание предприятий в сфере услуг. На модернизацию градообразующего предприятия ЗАО «Карабашмедь» планируется направить 10 млрд руб., что даст рост производства в 2 раза, до 120 тыс. т меди в год. В 2011 г. общая сумма вложений в строительные-монтажные работы составила 767,2 млн руб., в 2012 г. в модернизацию производства планируется вложить примерно 3 – 4 млрд руб. В 2011 г. началась

реализация трех крупных инвестпроектов (строительство швейного производства, завода по выпуску цементно-древесных панелей и комплекса по переработке и хранению рыбы), в результате которой будет создано не менее 500 рабочих мест. Общая стоимость проектов – 1,1 млрд руб.

При поддержке правительства области найдены инвесторы, готовые вложить средства в утилизацию техногенных отходов ЗАО «Карабашмедь». На площадях бывшего радиозавода ООО «Ферромет» (г. Челябинск) планирует создать производство по переработке тонких пылей (стоимость проекта 450 млн руб.). ООО «Карабашский промышленный комплекс» (г. Москва) планирует построить завод по переработке металлургических шлаков (стоимость проекта 500 млн руб.).

Индекс промышленного производства Карабашского городского округа в январе – мае 2012 г. составил 91,9%, уровень регистрируемой безработицы – 4,7%.

По договору правительства Челябинской области с представительством Программы развития ООН (ПРООН) был разработан КИП для Ашинского городского поселения. КИП предусматривает следующие основные мероприятия и инвестиционные проекты: реконструкцию сталепрокатного производства ОАО «АМЗ» (стоимость проекта 11 млрд руб.); строительство круглогодичного горнолыжного комплекса «Две долины» (2012 – 2014 гг.); создание многофункционального реабилитационного комплекса «Ворота Урала» (2011 – 2020 гг.); реализацию комплексной программы модернизации муниципального хозяйства г. Аши.

В январе – мае 2012 г. индекс промышленного производства Ашинского муниципального района составил 103,1%, уровень регистрируемой безработицы – 4,8%.

В Нязепетровском муниципальном районе планируется реализация крупного инвестпроекта по строительству горно-металлургического комбината мощностью 5 млн т руды в год на Суроямском месторождении.

В июле 2012 г. руководство области провело встречу с потенциальными инвесторами — руководством британской компании «FlemingFamily-and-Partners», японской «KobeSteel» и гонконгской «SunInvestmentPartners». Строительство комбината позволит создать около 3 тыс. рабочих мест в монотерритории с самым высоким уровнем безработицы в регионе (9,6% в мае 2012 г. при среднеобластном значении 1,5%) [8].

Заключение

В отечественном экономическом словаре появился термин «инновационный кластер». Анализ возможности создания подобных кластеров должен базироваться на региональных экономических тенденциях, потенциале как науки, так и образования в соответствующем регионе. В связи с тем, что в Челябинской области расположено несколько крупных предприятий атомной отрасли, а также ряд филиалов Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», сле-

дует учитывать в ближайшей перспективе актуальность подключения существующих в регионе ядерных и образовательных комплексов к мониторингу состояния развития региональной экономики и энергетики, формированию кластерного инновационного подхода к развитию региональной экономики. Все тренды последних лет, представленные на рисунках 1, 3 и 4, показывают, что после кризисного периода 2008—2009 гг. темпы роста даже превышают темпы, характерные для предыдущего периода развития Челябинской области.

Целесообразно на базе проведенного анализа проработать вопрос о вкладе ядерных технологий в экономику области: ядерное топливо нового поколения, изотопы для медицинских и технологических целей и пр. Реализация экономических подходов и выполнение инновационных проектов приведут к формированию единой инновационно-инвестиционной программы дальнейшего развития Челябинской области, разработке соответствующих организационно-экономических мероприятий, что, в свою очередь, может способствовать привлечению инвестиций в региональную экономику.

Литература

1. Друри, К. Введение в управленческий и производственный учет: учеб. пособие для вузов: пер. с англ. / К. Друри; под ред. Н.Д. Эриашвили; предисловие проф. П.С. Безруких. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. — 783 с.
2. Дитгер, Хан. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Хан Дитгер. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 799 с.
3. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учеб. пособие для вузов / П.П. Табурчак, А.Е. Викуленко, Л.А. Овчинникова и др.; под ред. П.П. Табурчака, В.М. Тумина и М.С. Сапрыкина. — СПб.: Химиздат, 2001. — 288 с.
4. Ткач, В.И. Управленческий учет: международный опыт / В.И. Ткач, М.В. Ткач. — М.: Финансы и статистика, 1994. — 144 с.
5. Воробьев, А.Г. Подходы к оценке энергетической безопасности региона (на примере Челябинской области) / А.Г. Воробьев, Е.А. Мякота, А.В. Путилов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2010. — № 4(12). — С. 71-79.

6. Бирюков, Д.В. Эффективность инвестиционных вложений, эффективность инвестиций на макроэкономическом и региональном уровнях / Д.В. Бирюков // Российское предпринимательство. – 2010. – № 2. – С. 4-10.
7. Путилов, А.В. Инновационная деятельность в атомной отрасли. – Кн. 1: Основные принципы инновационной политики / А.В. Путилов, А.Г. Воробьев, М.Н. Стриханов. – Москва: Издательский дом «Руда и металлы», 2010. – 184 с.
8. Материалы Росстата за 2011 – 2012 гг.
9. Государственные корпорации и развитие высокотехнологичных отраслей реального сектора экономики: исторический обзор и мировой опыт / А.А. Путилов, А.Г. Воробьев, А.В. Путилов, Е.Л. Гольдман // Экономика в промышленности. – 2009. – № 2. – С. 2-13.
10. Государственные корпорации и развитие высокотехнологичных отраслей реального сектора экономики: экономические преимущества и роль в промышленной модернизации / А.А. Путилов, А.Г. Воробьев, А.В. Путилов, Е.Л. Гольдман // Экономика в промышленности. – 2009. – № 3. – С. 13-21.
11. Путилов, А.А. Экономические характеристики уранового сырья в дореакторном технологическом переделе ядерных энергоресурсов / А.А. Путилов, А.Г. Воробьев, А.В. Путилов // Цветные металлы. – 2010. – № 4. – С. 89-95.
12. Путилов, А.А. Экономические характеристики уранового сырья в дореакторном технологическом переделе ядерных энергоресурсов / А.А. Путилов, А.Г. Воробьев, В.А. Петров // Цветные металлы. – 2012. – № 4. – С. 10-16.