

chine tool industry. The purpose of the article is to show that organizational and economic factors can be crucial for the successful development of the Russian machine tool industry, to justify a number of appropriate measures to implement the Strategy. It is shown that government policy should favor the realization of economies of scale by the Russian machine tool builders by increasing their specialization, which is especially important given the limited capacity of the Russian market of machine tool products. The deepening of specialization implies the expansion of cooperation between the participants of this market. The procedure for providing state support to projects in machine tool construction requires revision. In order to reduce dependence on imported elements of the component base of machine tools, it is necessary not only to implement targeted government funding for relevant research and development, production establishment, but also to develop cooperation between the participants of the machine tool industry, going beyond the established integrated structures. At the regional level, a significant contribution can be made to link research centers to the production centers, and to increase the level of interaction between Russian consumers and manufacturers of products at the stage of its development. In addition to addressing the bottlenecks in the industry, it is important to have a base for searching fundamental and applied research in the future. The state is called to initiate the formation of such a base and ensure its financing.

Keywords: machine tool industry, technological safety, component base, scale effect, research and development, competitiveness.

Classification JEL: L10, L50.

For reference: Dementiev V.E., Elenev K.S., Kudryashov S.A. (2024). Organizational and economic factors of the development of the Russian machine tool industry. *Economics of Contemporary Russia*, no. 4 (107), pp. 46–60 (in Russian). DOI: 10.33293/1609-1442-2024-4(107)-46-60; EDN: ZVNSCE

Manuscript received 13.11.2024

ВЛИЯНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ НА РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ВРП

А.В. Кудров

DOI: 10.33293/1609-1442-2024-4(107)-60-76

EDN: RPBJSА

Аннотация. В статье анализируются факторы, влияющие на рентабельность экономики регионов РФ. Эти факторы представлены основными экономическими характеристиками региональной экономики, отражающими структуру экономики, уровень развития, фондовооруженность и т.д. Методология анализа включает два этапа: во-первых, определение переменных, непосредственно связанных с рентабельностью валового регионального продукта (ВРП); во-вторых, построение нелинейной регрессионной модели с использованием выявленных непосредственно связанных переменных в качестве объясняющих факторов. В результате для рентабельности региональной экономики получена достаточно точная нелинейная регрессионная модель, которая включает в себя индексы добывающей и обрабатывающей промышленности, а также ВРП на душу населения. Полученная модель позволяет выявить условия, влияющие на отраслевые индексы и ВРП на душу населения, при которых рентабельность будет снижаться. Это позволяет продемонстрировать, что на разных этапах экономического развития для максимизации рентабельности требуется сбалансировать отраслевую структуру и размер региональной экономики. В частности, в высокоразвитых регионах развитие традиционных производственных отраслей отвечает убывающей рентабельности. Результаты демонстрируют, что при

© Кудров А.В., 2024

Кудров Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия; kovlal@inbox.ru; eLibrary SPIN: 2176-6224

ориентировании на рентабельность региональной экономики необходимы адаптивные к конкретным региональным характеристикам экономические стратегии.

Ключевые слова: рентабельность региональной экономики, структура экономики, валовый региональный продукт (ВРП), индексы добывающей и обрабатывающей промышленности, нелинейная регрессия.

Классификация JEL: C12, C51, P11, R11, R15.

Для цитирования: Кудров А.В. (2024). Влияние отраслевой структуры региональной экономики на рентабельность ВРП // Экономическая наука современной России. № 4 (107). С. 60–76. DOI: 10.33293/1609-1442-2024-4(107)-60-76; EDN: RPBJSА

ВВЕДЕНИЕ

Рентабельность валового регионального продукта (ВРП), измеряемая отношением чистой прибыли, полученной зарегистрированными в регионе компаниями, предприятиями и другими организациями, к ее валовому региональному продукту (ВРП), является важнейшим показателем экономического здоровья региона. Преимущество этого показателя в сравнении с обычно используемыми в региональных экономических исследованиях характеристиками экономики (таких, как темпы роста ВРП или ВРП на душу населения) состоит в том, что рентабельность ВРП отражает конечный результат (прибыль), а не промежуточные показатели экономической деятельности.

Взаимосвязь между рентабельностью и структурой региональной экономики, ее фондовооруженностью, масштабами и другими социально-экономическими факторами является весьма актуальным направлением исследований в экономике, особенно в условиях быстрой структурной трансформации. В данной работе исследуется зависимость рентабельности ВРП от ее отраслевой структуры и факторов расширенной производственной функции, обоснованной в работе (Гаврилец, Кудров, Тараканова, 2022).

Структура региональной экономики, характеризующая относительную значимость различных секторов, во многом определяет общую производительность и рентабельность экономики. По мере развития обычно происходит переход от сельского хозяйства к обрабатывающей промышленности и в конечном счете – к секторам, ориентированным на услуги и науку (информационно-коммуникационные сектора, финансы и др.). Эти структурные изменения часто сопровождаются ростом капиталоемкости и сложности экономики.

Так, в некоторых исследованиях (Rodrik, 2008; Hausmann et al., 2014) изучаются различные аспекты взаимосвязи между характеристиками структуры экономики, капиталоемкостью и экономическим ростом. Была показана важность влияния отраслевой специализации на рост и развитие экономики, для обеспечения которых следует сосредоточиться на стимулировании и развитии отраслей с высокой добавленной стоимостью и сравнительными преимуществами.

В работе (Lee, McKibbin, 2018) проанализированы структурные изменения в азиатских экономиках и показано, что сдвиги в сторону обрабатывающей промышленности и сферы услуг связаны с ростом производительности. Авторы подчеркивают важность накопления человеческого капитала, развития длинных цепочек добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности и внедрения технологий для стимулирования структурных преобразований. Следует также отметить, что экономики, сильно зависящие от добывающих отраслей, часто сталкиваются с неустойчивостью и снижением отдачи от масштаба по мере истощения ресурсов в сочетании с экологическими издержками, связанными с добычей (Ross, 2012).

Китай, Южная Корея и Индия являются убедительными примерами того, как структурные сдвиги в сторону производства и услуг могут положительно влиять на темпы экономического роста. Переход Китая от преимущественно аграрной экономики к экономике,

ориентированной на производство и высокотехнологичные отрасли, сыграл решающую роль в его быстром экономическом росте и увеличении корпоративных доходов (Song, Storesletten, Zilibotti, 2011). Переход Южной Кореи от тяжелой промышленности к передовым промышленным и сервисным отраслям также способствовал улучшению структуры экономики и повышению рентабельности (Lee, 2013). Бурно развивающийся сектор услуг Индии, особенно в области информационных технологий и телекоммуникаций, стал одним из основных факторов роста, несмотря на сохраняющиеся проблемы в производственном секторе (Balakrishnan et al., 2017).

Фондовооруженность, измеренная как объем основных фондов, приходящийся на одного занятого, является еще одним важным фактором, определяющим рентабельность экономики. В структуре экономики регионов с высокой фондовооруженностью, как правило, существенная доля приходится на отрасли, которые в большей степени полагаются на машины и оборудование, чем на человеческий труд. Капиталоемкие отрасли требуют значительных капитальных вложений для эксплуатации и обслуживания оборудования. Эта характеристика может существенно влиять на экономический рост и прибыль предприятий, поскольку фондовооруженность предполагает высокие постоянные затраты (амортизация, расходы на техническое обслуживание и др.). Хотя высокая фондовооруженность связана с ростом производительности за счет инвестиций в передовые машины, технологии и инфраструктуру, важно отметить, что повышение интенсивности использования капитала сопровождается снижением предельной доходности, особенно в экономиках с насыщенными рынками или неэффективным распределением капитала (Piketty, 2014).

Масштаб экономики также влияет на ее прибыльность. Более крупные экономики с диверсифицированным производственным потенциалом могут извлекать выгоду из синергии, эффекта масштаба, доступа к рынкам и разделения труда, что делает их

более устойчивыми к секторальным шокам (Acemoglu, Zilibotti, 1997). Большой внутренний рынок Китая позволяет местным производителям добиваться более низких удельных затрат и более высокой прибыльности. Кроме того, развитие инфраструктуры Китая улучшило связь с отдаленными регионами, что еще больше способствовало росту эффективности и рентабельности (Brandt, Ma, Rawski, 2014). В тех случаях, когда внутренний рынок недостаточен, как, например, в Южной Корее, увеличение производства отечественной промышленности может быть достигнуто за счет экспортной ориентации, как это продемонстрировали южнокорейские отрасли электроники и автомобилестроения (Amsden, 1992).

Отдельно упомянем историю города Детройта (США, автомобильная промышленность). Она демонстрирует убедительный пример того, что необходима сбалансированная структура экономики и высокий уровень развития экономики. Первоначальная ориентация Детройта на производство автомобилей привела к быстрому росту производства, но чрезмерная зависимость развития города от одной отрасли в итоге привела к серьезным экономическим проблемам и банкротству компаний.

Существуют и более успешные примеры. Питтсбург (США) успешно перешел от структуры экономики с высокой долей сталелитейной промышленности к экономике, ориентированной на здравоохранение, образование и технологии. Рурский регион в Германии с экономикой, в основе которой были добыча угля и производство стали, трансформировался в экономку с высокой долей наукоемких секторов и услуг. Шэньчжэнь (Китай) трансформировался из промышленного центра в центр высокотехнологичных отраслей промышленности и инноваций. Эти примеры иллюстрируют важность *адаптивных экономических стратегий*, учитывающих конкретные региональные характеристики и взаимозависимости между ними.

Целью исследования является выявление характеристик, непосредственно влияю-

щих на рентабельность экономики региона. Полученные нами результаты вносят вклад в понимание того, как структура экономики и уровень экономического развития совместно определяют рентабельность экономики. В этом исследовании в качестве характеристик структуры региональной экономики используются индексы добывающей и обрабатывающей промышленности, описание которых можно найти в (Кудров, 2023). Характеристики, непосредственно влияющие на рентабельность экономики, находятся с использованием методологии выявления непосредственных связей, описанной в работах (Гаврилец, Кудров, Тараканова, 2018; Гаврилец, Кудров, Тараканова, 2022; Кудров, 2023). На основе этих показателей строится нелинейная эконометрическая модель региональной рентабельности. В следующих разделах более подробно рассмотрим источники данных, спецификацию модели, результаты оценки и их интерпретацию.

ДАННЫЕ

Рассмотрим ВРП за 2019 г. и основные факторы обобщенной производственной функции ВРП из работы (Кудров, 2023):

- валовый региональный продукт за 2019 г. (Регионы России, 2020);
- стоимость основных фондов на конец 2019 г. (Регионы России, 2020);
- среднегодовая численность занятых за 2019 г. (Регионы России, 2020); индексы добывающей (s_1) и обрабатывающей (s_2) промышленности (рис. 1);
- индекс экономической сложности (см. ниже);
- численность исследователей за 2019 г. (Регионы России, 2020).

Поясним, что представляют собой индексы добывающей (s_1) и обрабатывающей (s_2) отраслей промышленности, характеризующие отраслевые особенности региона.

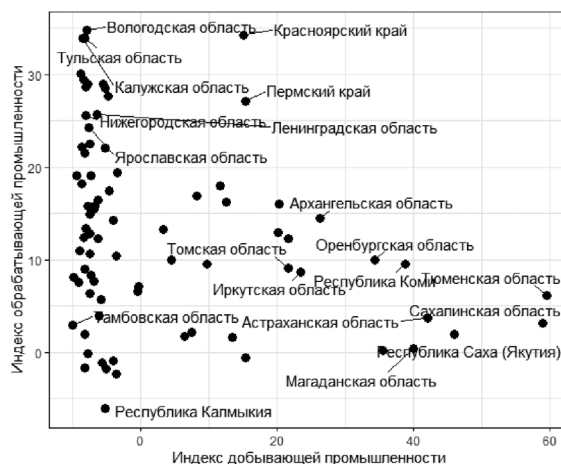


Рис. 1. Распределение регионов России в пространстве факторов отраслевой ориентации (упорядоченные по возрастанию; по данным 2019 г.)

Эти индексы были построены автором (Кудров, 2023) по данным отраслевой структуры ВРП; они отражают отраслевую специализацию рассмотренных в статье регионов (рис. 1). Индексы добывающей (s_1) и обрабатывающей (s_2) промышленности характеризуют концентрацию ВРП в добыче полезных ископаемых и обрабатывающей промышленности соответственно.

Добывающая промышленность в основном включает деятельность, связанную с добычей или разработкой таких природных ресурсов, как минералы, нефть, газ, уголь, алмазы и др. Более высокое значение индекса свидетельствует о значительной концентрации добывающих отраслей в структуре экономики региона.

Обрабатывающая промышленность включает производство продукции разной степени передела посредством таких процессов, как сборка, изготовление и переработка сырья в готовую продукцию. Более высокое значение индекса обрабатывающей промышленности указывает на большую концентрацию обрабатывающей промышленности в экономике региона.

Кроме этого, в исследовании использовались агрегированные значения *налога*

на прибыль организаций (NI, net income) по регионам РФ, на основании которого рассчитывается чистая прибыль этих организаций, полученная делением общей суммы налога на прибыль на применяемую ставку налога на прибыль. Этот метод вычисления чистой прибыли предполагает прямую зависимость между уплаченными налогами и чистой прибылью, что не всегда соответствует действительности из-за различий в региональном налоговом законодательстве и корпоративной структуре. Также не учитывается потенциальное влияние отложенных налогов, переноса налоговых убытков и др. Данный подход может неточно отражать прибыль компаний, работающих с разными налоговыми ставками или пользующихся налоговыми льготами.

РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ВРП РЕГИОНОВ РФ

Анализируя данные за 2019 г., можно обнаружить существенные различия в рентабельности ВРП регионов РФ. Рентабельность варьирует от минимального значения (0,026) в Чеченской Республике до максимального значения (0,504) в Чукотском автономном округе. Также среди регионов с самым высоким уровнем рентабельности отмечается Москва (0,359), Красноярский край (0,327), Астраханская (0,301) и Ленинградская области (0,294). Среди регионов с наименьшей рентабельностью – Республика Ингушетия (0,033), Республика Дагестан (0,038) и Республика Северная Осетия-Алания (0,045).

По показателю логарифма фондовооруженности значения варьируют от 6,515 в Республике Ингушетия до 9,735 – в Тюменской области. Также регионами с самой высокой фондовооруженностью являются Сахалинская область (9,458), Республика Коми (9,177), Москва (9,168) и Республика Саха (Якутия) (8,877). Среди регионов с самой

низкой фондовооруженностью – Республика Северная Осетия-Алания (6,922), Республика Кабардино-Балкария (7,077), Алтайский край (7,174) и Республика Дагестан (7,186).

Как видно из данных на рис. 2, имеется тенденция, указывающая на то, что регионы с более высокой фондовооруженностью, как правило, достигают и более высокой рентабельности. Однако некоторые богатые ресурсами регионы демонстрируют высокую фондовооруженность, но относительно низкую прибыльность. Среди таких регионов – Тюменская область, для которой логарифм фондовооруженности равен 9,74, а рентабельность ВРП – 0,05, и Сахалинская область, для которой логарифм фондовооруженности равен 9,46, а рентабельность ВРП равна 0,06.

Одно из объяснений этих расхождений состоит в том, что компании, работающие в этих регионах, могут платить налоги на свою прибыль в других регионах Российской Федерации или даже за рубежом. Такая практика приводит к искусственно заниженным показателям рентабельности в регионах, в которых осуществляется деятельность, поскольку прибыль не полностью облагается на-

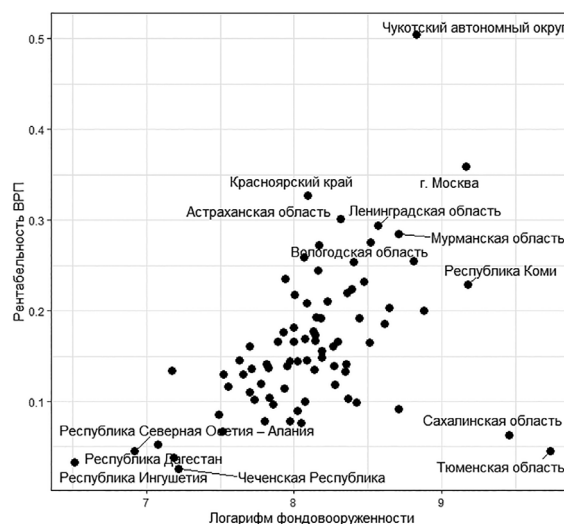


Рис. 2. Разброс рентабельности ВРП в зависимости от логарифма фондовооруженности

логом там, где она генерируется. Кроме того, российская налоговая система допускает различные освобождения и вычеты, которые могут снизить эффективную налоговую ставку, уплачиваемую компаниями. Если предприятия в капиталоемких регионах используют эти вычеты, они могут в итоге платить более низкие налоги на прибыль. Кроме того, использование офшорных юрисдикций для минимизации налоговых обязательств также может способствовать наблюдаемым расходам. Компании могут структурировать свою деятельность для перемещения прибыли в юрисдикции с более низкими налогами, что приводит к снижению налогового бремени в капиталоемких регионах.

Напротив, такие крупные мегаполисы, как Москва и Санкт-Петербург, демонстрируют как высокую рентабельность (0,36 и 0,25, соответственно), так и высокую фондовооруженность (логарифм которой равен 9,17 и 8,81 соответственно). Высокая рентабельность ВРП в этих городах может отчасти объясняться тем, что прибыль, полученная дочерними компаниями в других регионах, часто консолидируется и отражается в отчетности головной компании, зарегистрированной и расположенной в этих мегаполисах. Корпоративный налог с этой прибыли, как правило, уплачивается по месту регистрации головной компании. Часто это положение характерно для сырьевых компаний.

Аналогично, как видно из данных на рис. 3, по мере увеличения валового регионального продукта на душу населения в регионе растет и рентабельность его экономики.

Особо следует отметить, что для регионов с более высоким ВРП на душу населения, помимо более развитой промышленности, инфраструктуры и доступа к ресурсам, имеется более обеспеченная потребительская база, которая может стимулировать спрос на товары и услуги, повышая прибыльность местных предприятий.

На рис. 4 представлена взаимосвязь рентабельности региональных экономик от индексов добывающей и обрабатывающей



Рис. 3. Показатели рентабельности ВРП в зависимости от логарифма ВРП на душу населения

отраслей промышленности. Как видно из данных на рис. 4, регионы, которые демонстрируют высокую рентабельность ВРП, обычно характеризуются высокими значениями индексов обрабатывающей и (или) добывающей отраслей промышленности, тогда как в регионах с низкими значениями индексов добывающей и обрабатывающей отраслей промышленности наблюдается одновременно и низкая рентабельность ВРП. На рис. 4 (справа) видно, что в среднем с ростом индекса обрабатывающей промышленности повышается и рентабельность ВРП. Но, как видно из данных на рис. 4 (слева), не наблюдается четкой тенденции роста рентабельности с увеличением индекса обрабатывающей промышленности.

Регионы с самыми высокими значениями индекса обрабатывающей промышленности – Вологодская, Липецкая, Тульская и Калужская области. Для Вологодской области индекс добывающей промышленности составляет $-7,87$; индекс обрабатывающей промышленности равен $34,79$, а рентабельность ВРП составляет $0,28$; в Липецкой области индекс добывающей промышленности составляет $-8,80$; индекс обрабатывающей промышленности равен $30,06$, а рентабельность ВРП составляет $0,27$; в Калужской об-

ласти индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $-8,43$ и $33,92$ соответственно, а рентабельность ВРП – $0,22$. Наконец, в Тульской области индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $-8,08$ и $33,92$ соответственно, а рентабельность ВРП – $0,21$.

Регионы с самыми высокими значениями индекса добывающей промышленности – Тюменская и Сахалинская области, Республика Саха (Якутия), а также Астраханская область. Для Тюменская области индекс добывающей промышленности составляет $59,6$; индекс обрабатывающей промышленности равен $6,12$, а рентабельность ВРП составляет $0,05$; в Сахалинской области индекс добывающей промышленности составляет $58,94$, индекс обрабатывающей промышленности – $3,19$, а рентабельность ВРП – $0,06$; в Республике Саха (Якутия) индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $46,07$ и $1,94$ соответственно, рентабельность ВРП – $0,20$; в Астраханской области индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $42,12$ и $3,74$ соответственно, рентабельность ВРП – $0,30$.

Среди регионов со смешенной экономикой Красноярский край и Кемеровская область. В Красноярском крае индекс добывающей промышленности составляет $15,20$;

индекс обрабатывающей промышленности равен $34,32$, рентабельность ВРП составляет $0,33$; в Кемеровской области индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $20,25$ и $12,96$ соответственно, рентабельность ВРП составляет $0,26$.

Регионы с самыми низкими значениями индекса добывающей и обрабатывающей промышленности – Республика Калмыкия, Камчатский край, Чеченская Республика, Республика Дагестан, Республика Алтай. Индекс добывающей промышленности Республики Калмыкии составляет $-5,21$; индекс обрабатывающей промышленности равен $-6,14$; рентабельность ВРП составляет $0,14$. В Камчатском крае индекс добывающей промышленности составляет $-3,58$; индекс обрабатывающей промышленности равен $-2,34$; рентабельность ВРП составляет $0,10$. У Чеченской Республики индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $-4,93$ и $-1,80$, соответственно; рентабельность ВРП равна $0,03$. В Республике Дагестан индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $-8,09$ и $-1,65$ соответственно, рентабельность ВРП равна $0,04$. В Республике Алтай индексы добывающей и обрабатывающей промышленности равны $-5,56$ и $-1,09$ соответственно; рентабельность ВРП равна $0,13$.

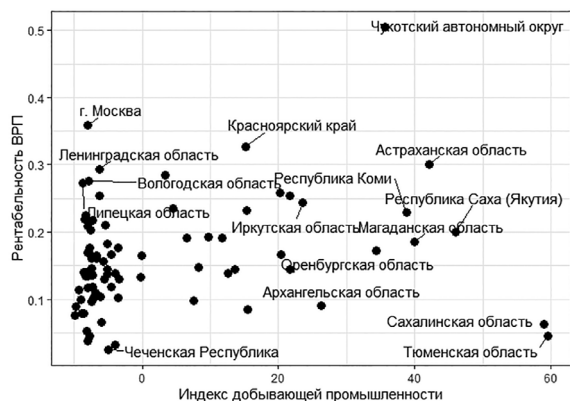


Рис. 4. Соотношение рентабельности ВРП и индекса добывающей промышленности (слева) и индекса обрабатывающей промышленности (справа)

АНАЛИЗ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ВРП С ОСНОВНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ФАКТОРАМИ И ИНДЕКСАМИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ: РЕГИОНЫ РФ

Важно учитывать, что хотя представленные выше тенденции указывают на наличие значимой корреляции между соответствующими переменными, это не означает их непосредственной связи.

Далее по данным регионов РФ проанализируем непосредственные взаимные связи между рентабельностью ВРП на душу, факторами производства (численности занятых, стоимости основных фондов, численности исследователей, фондовооруженности), индексами добывающей и обрабатывающей отраслей промышленности. Для этого был проделан статистический анализ частных корреляций и произведено последовательное тестирование гипотез об отсутствии непосредственных связей (описание методологии см. в (Гаврилец, Кудров, Тараканова, 2022; Кудров, 2023)) см. табл. 1.

Как показывают данные в табл. 1, для большинства переменных имеется сходство между частными корреляциями и ранговыми корреляциями, что свидетельствует о наличии устойчивости. ВРП на душу населения демонстрирует статистически значимую положительную частную корреляцию с рентабельностью ВРП, что указывает на непосредственную связь между этими переменными (при контроле других факторов). Индекс обрабатывающей промышленности также демонстрирует статистически значимую положительную частную корреляцию с рентабельностью ВРП. Интересно, что индекс добывающей промышленности демонстрирует статистически значимую отрицательную частную корреляцию и положительную ранговую корреляцию. Это указывает на наличие немонойтонной связи между индексом добывающей промышленности и рентабельностью региональной экономики. Ранжирование данных влияет на то, как фиксируется нелинейность, что приводит к различным знакам корреляций. Для остальных рассматриваемых факторов частные корреляции оказались незначимыми (см. табл. 1) и указывает на то, что эти факторы не имеют

Таблица 1

Статистические оценки частных корреляций с рентабельностью ВРП
(для исходных переменных и их рангов) за 2019 г.

Результаты проверки семейства гипотез о равенстве нулю частных корреляций

Наименование характеристик	Частная корреляция с рентабельностью ВРП	H0: частная корреляция с рентабельностью ВРП равна нулю	Частная корреляция для рангов с рентабельностью ВРП	H0: частная корреляция для рангов с рентабельностью ВРП равна нулю
Стоимость основных фондов	0,16	принимается	0,16	принимается
Среднегодовая численность занятых	-0,03	принимается	0,10	принимается
Фондовооруженность	0,15	принимается	0,08	принимается
Численность исследователей	0,05	принимается	0,09	принимается
ВРП	0,00	принимается	-0,08	принимается
ВРП на душу населения	0,32	отклоняется	0,35	отклоняется
Индекс добывающей промышленности	-0,29	отклоняется	0,20	отклоняется
Индекс обрабатывающей промышленности	0,47	отклоняется	0,44	отклоняется

непосредственные связи с рентабельностью экономики.

Обратим внимание, что у фондовооруженности отсутствует значимая непосредственная связь с рентабельностью ВРП. Однако следует отметить, что:

$$\text{cor}\left(\frac{Y}{P}, \frac{K}{L} \mid S_1, S_2\right) = 0,88,$$

где Y – валовый региональный продукт; P – численность населения; L – среднегодовая численность занятых; S_1 и S_2 – индексы добывающей и обрабатывающей отраслей промышленности.

Таким образом, фондовооруженность влияет на рентабельность ВРП через связь на ВРП на душу населения. Другими словами, более высокая фондовооруженность позволяет повышать производительность труда, что, в свою очередь, способствует росту ВРП на душу населения и в конечном счете влияет на рентабельность. Кроме того, ВРП на душу населения – более точный показатель общих рыночных условий, уровня спроса и экономической конъюнктуры в регионе, что непосредственно влияет на прибыльность, в отличие от уровня капиталовложений.

НЕЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Далее для рентабельности ВРП представлена нелинейная регрессионная модель

с использованием найденных непосредственно связанных с ней переменных в качестве объясняющих, которые включают в себя индекс добывающей промышленности (S_1), индекс обрабатывающей промышленности (S_2) и ВРП на душу населения (Y/P). Используемая модель согласуется с реалистичным диапазоном значений рентабельности, учитывает возможность того, что влияние одних факторов на рентабельность может меняться в зависимости от уровней других переменных, а также учитывает эффект насыщения, предполагающий пределы роста рентабельности. В формализованном виде модель для рентабельности ВРП имеет вид:

$$\frac{NI}{Y} = \frac{\mu^{(1)} e^{(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)}}{1 + \mu^{(1)} e^{(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)}} + \varepsilon_{NI}, \quad (1)$$

где $\mu^{(1)}, \mu^{(2)}, \mu^{(3)}, \mu^{(4)}, \mu^{(5)}, \mu^{(6)}$ – параметры модели (1); NI – чистая прибыль; ε_{NI} – ошибки модели.

Оценки параметров модели получены в результате минимизации суммы квадратов остатков при помощи численных методов с использованием алгоритма Левенберга–Марквардта, описанные в (Ratkowsky, 1993; Seber, Wild, 2003). Полученные значения параметров приведены ниже в табл. 2.

Все параметры в модели (1) статистически значимы на уровне 5% (p -значения меньше 0,05). Это обстоятельство указывает на то, что каждая

Таблица 2

Оценки параметров модели (1) для рентабельности ВРП

Параметры	Значение	Стандартная ошибка	t -статистика	p -значение
$\mu^{(1)}$	0,002	0,83	9,96	0,00
$\mu^{(2)}$	0,13	0,03	7,11	0,00
$\mu^{(3)}$	0,11	0,06	2,50	0,01
$\mu^{(4)}$	0,70	0,14	7,45	0,00
$\mu^{(5)}$	–0,02	0,00	–7,35	0,00
$\mu^{(6)}$	–0,02	0,01	–2,23	0,03

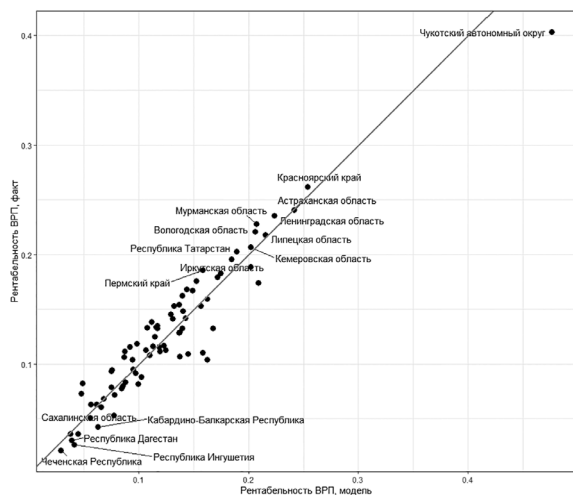


Рис. 5. Сравнение фактического значения рентабельности ВРП с ее оценкой по модели (1)

включенная переменная вносит вклад в объяснение рентабельности ВРП. На рис. 5 графически сопоставлены фактические значения рентабельности ВРП и их оценки по модели (1).

Ось абсцисс – оценка рентабельности ВРП, полученная согласно модели (1); ось ординат – фактическое значение рентабельности ВРП. Линия на графике $y = x$.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОЙ И НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ВРП

Для того чтобы оценить целесообразность использования нелинейной регрессион-

ной модели (1) рентабельности ВРП, сравним ее с линейной моделью (2) с такими же зависимой и объясняющими переменными:

$$\frac{NI}{Y} = \alpha + \beta^{(1)} S_1 + \beta^{(2)} S_2 + \beta^{(3)} \frac{Y}{P} + \varepsilon, \quad (2)$$

где α , $\beta^{(1)}$, $\beta^{(2)}$, $\beta^{(3)}$ – коэффициенты линейной регрессионной модели, оценки которых представлены в табл. 3.

Все параметры в модели (2) статистически значимы на уровне 5%. На рис. 6 показаны фактические значения рентабельности ВРП по сравнению с их оценками по модели (2).

Ось абсцисс – оценка рентабельности ВРП, полученная согласно линейной модели (2); ось ординат – фактическое значение рентабельности ВРП. Линия на графике $y = x$.

Для сравнения точности линейной и нелинейной модели рентабельности ВРП будем использовать несколько метрик:

- 1) сумма квадратов остатков по модели;
- 2) средняя абсолютная ошибка в процентах (mean absolute percentage error, MAPE), которая измеряет точность оценок по модели в процентах от фактического значения. Более формально:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|,$$

где n – число наблюдений; y_i – фактическое значение зависимой переменной; $\hat{y}_i$ – оценка зависимой переменной по модели;

- 3) коэффициент корреляции конкордации (concordance correlation coefficient, CCC).

Коэффициент корреляционной конкордации для двух случайных величин X и Y определяется следующим образом (Lin, 1989):

Таблица 3
Оценки параметров линейной модели (2) рентабельности ВРП

Параметры	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение
$\mu^{(1)}$	0,064	0,011	5,93	0,00
$\mu^{(2)}$	0,0011	0,0006	2,62	0,01
$\mu^{(3)}$	0,0028	0,0006	6,24	0,00
$\mu^{(4)}$	0,00002	0,00002	2,06	0,04

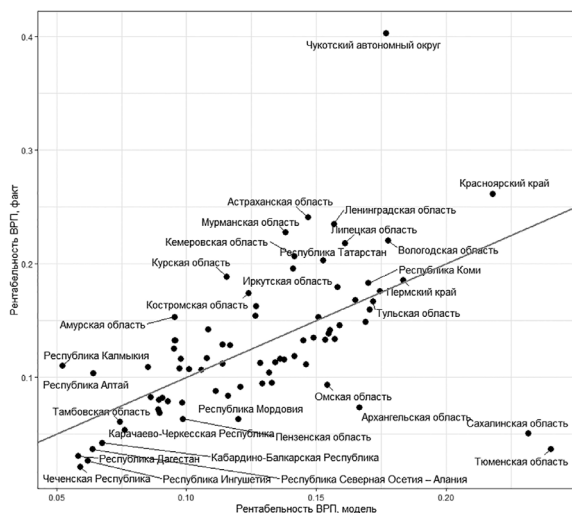


Рис. 6. Сравнение фактического значения рентабельности ВРП с ее оценкой по модели (2)

$$CCC = \frac{2\rho\sigma_X\sigma_Y}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + (E(X) - E(Y))^2},$$

где ρ – коэффициент корреляции между случайными величинами X и Y ; σ_X , σ_Y – стандартное отклонение случайных величин X и Y соответственно; $E(X)$, $E(Y)$ – математическое ожидание случайных величин X и Y соответственно.

$$\begin{aligned} CCC &= 1 - \frac{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + (E(X) - E(Y))^2 - 2\rho\sigma_X\sigma_Y}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + (E(X) - E(Y))^2} = \\ &= 1 - \frac{(\sigma_X - \sigma_Y)^2 + (E(X) - E(Y))^2 + 2(1 - \rho)\sigma_X\sigma_Y}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + (E(X) - E(Y))^2} = \\ &= 1 - \frac{E(X - Y)^2}{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + (E(X) - E(Y))^2}. \end{aligned}$$

Значения коэффициента CCC меняются в диапазоне от -1 до 1 . Единица достигается при полной согласованности X и Y , когда $\rho = 1$, $\sigma_X^2 = \sigma_Y^2$, $E(X) = E(Y)$. Нулевое значение коэффициента достигается при отсутствии согласованности, когда $\rho = 0$. Отрицательные значения коэффициента CCC

Таблица 4

Сравнение точности линейной и нелинейной модели рентабельности ВРП

Наименование модели	Сумма квадратов остатков	MAPE	CCC
Линейная модель	0,23	0,41	0,46
Нелинейная модель	0,03	0,14	0,95

указывают на то, что рост одной переменной сопровождается снижением другой переменной. Значение -1 достигается, когда $\rho = -1$, $\sigma_X^2 = \sigma_Y^2$, $E(X) = -E(Y)$. В отличие от корреляции Пирсона, коэффициент CCC учитывает как корреляцию, так и согласованность средних и дисперсий, что делает его более приемлемым для оценки степени сходства двух показателей.

Как видно из данных табл. 4, нелинейная модель превосходит линейную в объяснении рентабельности ВРП по всем трем метрикам точности. Это подтверждает целесообразность использования именно нелинейной модели (1) рентабельности ВРП.

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ВРП

Обозначим

$$\begin{aligned} f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right) &= \\ &= \frac{\mu^{(1)} e^{\left(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2\right)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{\left(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2\right)}}{1 + \mu^{(1)} e^{\left(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2\right)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{\left(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2\right)}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда частная производная функции $f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)$ по отношению к ВРП на душу населения (Y/P) имеет вид:

$$\frac{\partial f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)}{\partial \left(\frac{Y}{P}\right)} = \left(\mu^{(1)} (\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2) \times e^{(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2 - 1)} \right) / \left(1 + \mu^{(1)} e^{(\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2)} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)} \right)^2. \quad (4)$$

Величина $(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)$ влияет на то, приводит ли увеличение ВРП на душу населения к росту или снижению рентабельности. Если эта величина положительная, то рентабельность имеет тенденцию расти с увеличением ВРП на душу населения, а если отрицательный – снижаться. Учитывая значения параметров параметров $(\mu^{(4)} = 1,05; \mu^{(5)} = -0,03; \mu^{(6)} = -0,02)$, определены критические пороги для S_1 и S_2 :

- при $S_2 = 0$ рентабельность ВРП увеличивается с ростом Y/P , когда $S_1 < (-1) \frac{\mu^{(4)}}{\mu^{(5)}}$ ($S_1 < 35,38$), и уменьшается, когда $S_1 > (-1) \frac{\mu^{(4)}}{\mu^{(5)}}$ ($S_1 > 35,4$);

- при $S_1 = 0$ рентабельность ВРП увеличивается с ростом Y/P , когда $S_2 < (-1) \frac{\mu^{(4)}}{\mu^{(6)}}$ ($S_2 < 52,5$), и уменьшается, когда $S_2 > (-1) \frac{\mu^{(4)}}{\mu^{(6)}}$ ($S_2 > 52,5$).

Выражение для частной производной функции $f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)$ по индексу добывающей промышленности (S_1) имеет вид:

$$\frac{\partial f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)}{\partial S_1} = \left(\mu^{(1)} e^{\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)} \times \mu^{(5)} \log\left(\frac{Y}{P}\right) + \mu^{(2)} \right) / \left(1 + \mu^{(1)} e^{\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2} \left(\frac{Y}{P}\right)^{(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2)} \right)^2. \quad (5)$$

Из (5) следует, что рентабельность ВРП увеличивается с ростом S_1 , если $\mu^{(5)} \log\left(\frac{Y}{P}\right) + \mu^{(2)} > 0$, и снижается, если $\mu^{(5)} \log\left(\frac{Y}{P}\right) + \mu^{(2)} < 0$. Таким образом, для

регионов с $\log\left(\frac{Y}{P}\right) < 6,5$ увеличение индекса добывающей промышленности приводит к росту рентабельности ВРП. Это означает, что менее развитые регионы могут выиграть от расширения добывающей промышленности. Однако для более экономически развитых регионов с $\log\left(\frac{Y}{P}\right) > 6,5$ дальнейшее увеличение индекса добывающей промышленности связано со снижением рентабельности ВРП. Также согласно формулам (4)–(5) для порога $S_1 = 35,4$ при его превышении положительное влияние увеличения ВРП на душу населения на рентабельность начинает снижаться. Это означает, что существует оптимальный уровень активности добывающих отраслей, превышение которого может привести к снижению отдачи.

Аналогично выражение для частной производной функции $f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)$ по индексу добывающей промышленности (S_1) имеет вид:

$$\frac{\partial f\left(S_1, S_2, \frac{Y}{P}\right)}{\partial S_2} =$$

$$= \left(\mu^{(1)} e^{\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2} \left(\frac{Y}{P} \right)^{\left(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2 \right)} \times \right.$$

$$\times \mu^{(6)} \log \left(\frac{Y}{P} \right) + \mu^{(3)} \Big/$$

$$\left. \left(1 + \mu^{(1)} e^{\mu^{(2)} S_1 + \mu^{(3)} S_2} \left(\frac{Y}{P} \right)^{\left(\mu^{(4)} + \mu^{(5)} S_1 + \mu^{(6)} S_2 \right)} \right)^2 \right). \quad (6)$$

Откуда следует, что рентабельность ВРП увеличивается с ростом S_2 , когда $\mu^{(6)} \log \left(\frac{Y}{P} \right) + \mu^{(3)} > 0$, и снижается, если $\mu^{(6)} \log \left(\frac{Y}{P} \right) + \mu^{(3)} < 0$. Это означает, что при $\log \left(\frac{Y}{P} \right) < 6,8$ рентабельность ВРП увеличивается по мере роста индекса обрабатывающей промышленности S_2 . Для регионов с $\log \left(\frac{Y}{P} \right) > 6,8$ увеличение индекса обрабатывающей промышленности приводит к снижению рентабельности. Этот результат показывает, что дальнейшее расширение обрабатывающей промышленности может оказаться не самым эффективным путем повышения рентабельности ВРП: следует осуществлять постепенный переход к экономике, основанной на услугах и наукоемких секторах. Пороговое значение для $\log \left(\frac{Y}{P} \right)$ выше, чем в случае добывающей промышленности. Это означает, что обрабатывающая промышленность положительно влияет на рентабельность ВРП, а в более широком диапазоне – на ВРП на душу населения по сравнению с добывающей промышленностью. Как и в случае добывающей промышленности, для индекса обрабатывающей промышленности существу-

ет свой порог – $S_2 = (-1) \frac{\mu^{(4)}}{\mu^{(6)}}$ (или $S_1 = 52,5$), при превышении которого положительное влияние увеличения ВРП на душу населения на рентабельность начинает снижаться.

Рисунок 7 иллюстрирует изменения оценки рентабельности ВРП на основе модели (1) в зависимости от различных комбинаций индекса добывающей промышленности и индекса обрабатывающей промышленности в предположении, что регион имеет среднее значение ВРП на душу населения, логарифм которого равен 6,14.

Как видно из данных на рис. 8, оценка рентабельности демонстрирует восходящую тенденцию по мере повышения как индекса добывающей промышленности, так и индекса обрабатывающей промышленности. Примечательно, что рост рентабельности ВРП более выражен в отношении индекса добывающей промышленности по сравнению с индексом обрабатывающей промышленности. Наибольшие значения оценок рентабельности ВРП наблюдаются, когда оба индекса достигают максимальных значений, что указывает на то,

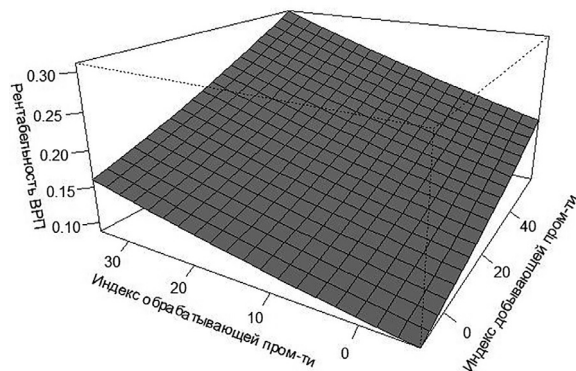


Рис. 7. Зависимость рентабельности ВРП от индексов добывающей и обрабатывающей отраслей промышленности согласно модели (1) (для среднего значения ВРП на душу населения)

Ось абсцисс – индекс добывающей промышленности; ось ординат – индекс обрабатывающей промышленности; ось аппликата – рентабельность ВРП (для среднего значения ВРП на душу).

что более глубокая переработка полезных ископаемых позволяет существенно повысить рентабельность ВРП.

На рис. 8 показана взаимосвязь между логарифмом ВРП на душу населения, индексом добывающей промышленности и рентабельностью ВРП при нулевом значении индекса обрабатывающей промышленности.

В регионах, характеризующихся низким ВРП на душу населения, имеется сильная положительная связь между индексом добывающей промышленности и рентабельностью ВРП. Это указывает на то, что разведка и разработка новых месторождений существенно повышает рентабельность ВРП. Однако по мере истощения легкодоступных месторождений полезных ископаемых становятся необходимыми существенные инвестиции в их более сложную разработку, что потенциально приводит к снижению рентабельности ВРП. Эта тенденция показана на рис. 9, где при высоких значениях индекса добывающей промышленности увеличение логарифма ВРП на душу населения соответствует снижению рентабельности.

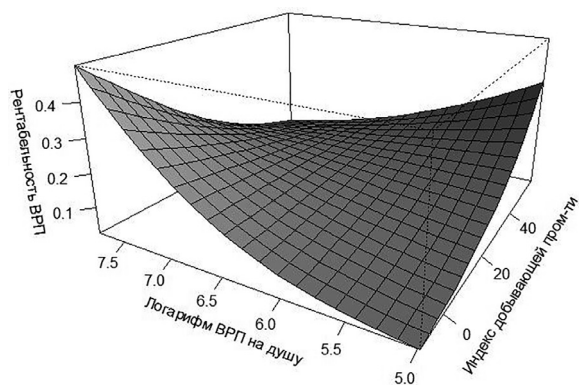


Рис. 8. Зависимость рентабельности ВРП от индекса добывающей промышленности и ВРП на душу населения согласно модели (1) (для нулевого значения индекса обрабатывающей промышленности)

Ось абсцисс – индекс добывающей промышленности; ось ординат – логарифм ВРП на душу; ось аппликат – рентабельность ВРП (для нулевого значения индекса добывающей промышленности).

Также в регионах с низким ВРП на душу населения наблюдается положительная связь между индексом обрабатывающей промышленности и рентабельностью ВРП (рис. 9). Это свидетельствует о том, что в менее развитых регионах расширение обрабатывающей промышленности способствует повышению рентабельности ВРП. В регионах с высоким ВРП на душу населения (нижние строки) связь между индексом обрабатывающей промышленности и рентабельностью менее выражена. По мере роста индекса обрабатывающей промышленности рентабельность растет гораздо медленнее или даже достигает плато. Данное наблюдение подтверждает, что в более развитых в экономическом отношении регионах повышенное внимание к обрабатывающей промышленности может не приводить к значительному росту рентабельности, в отличие от менее развитых регионов.

Кроме того, регионы с высоким ВРП на душу населения и низкими значениями индексов как добывающей, так и обрабатывающей промышленности демонстрируют самые высокие уровни рентабельности

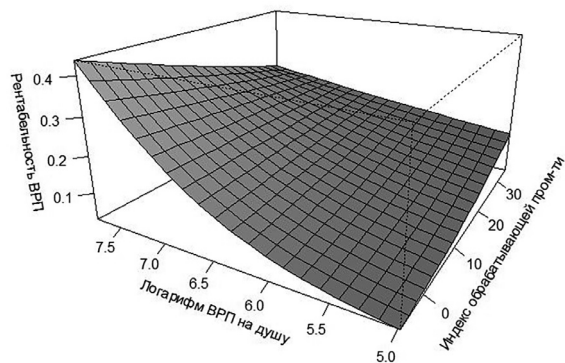


Рис. 9. Зависимость рентабельности ВРП от индекса обрабатывающей промышленности и ВРП на душу населения согласно модели (1) (для нулевого значения индекса добывающей промышленности)

Ось абсцисс – индекс добывающей промышленности; ось ординат – логарифм ВРП на душу; ось аппликат – рентабельность ВРП (для нулевого значения индекса добывающей промышленности).

ВРП (рис. 8–9). Экономическая деятельность в этих регионах преимущественно ориентирована на строительство, торговлю, сферу услуг, которая включает такие сектора, как информационный-коммуникационный, финансы и другие непроеизводственные подсектора, которые характеризуются своей высокой прибыльностью. Такая экономическая структура в сочетании с высоким ВРП на душу населения обычно встречается в крупных мегаполисах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная модель рентабельности ВРП позволяет оценить, как отраслевая структура связана с экономическим развитием, влияя на рентабельность региональной экономики. Полученные результаты подчеркивают важность адаптивных экономических стратегий, которые меняются по мере прохождения регионами различных этапов развития. К важным экономическим содержательным результатам можно отнести следующие.

- Получена нелинейная регрессионная модель для рентабельности региональной экономики ВРП, отражающая влияние структуры экономики и уровня развития региона (ВРП на душу).

- Получены ограничения для ВРП на душу населения, индексов добывающей и обрабатывающей промышленности, которые отвечают снижению рентабельности ВРП. Это указывает на важность сбалансированности экономического развития и структуры экономики.

- В менее развитых регионах (низкий ВРП на душу населения) рост ВРП на душу населения приводит к повышению рентабельности при условии, что уровни индексов добывающей и обрабатывающей промышленности ниже соответствующих пороговых значений.

- В регионах с развитой обрабатывающей промышленностью, со значением ин-

декса обрабатывающей промышленности, не превосходящим 52,5, сохраняется положительное влияние дальнейшего роста ВРП на душу населения на рентабельность.

- В регионах, сильно зависящих от добывающих отраслей, диапазон значений индекса добывающей промышленности, для которого рост ВРП на душу населения по убыванию рентабельности ВРП, значительно более узкий. Когда индекс добывающей промышленности превышает пороговое значение, равное 35,4, дальнейший рост ВРП на душу населения, как правило, сопровождается снижением рентабельности ВРП.

- В высокоразвитых регионах дальнейшее расширение традиционных добывающих и обрабатывающих отраслей может оказаться неэффективным путем повышения рентабельности ВРП. В таких регионах следует сфокусироваться на переходе к стимулированию секторов, ориентированных на услуги и наукоемкие производства. Это согласуется с наблюдаемой тенденцией перехода стран с развитой промышленной экономикой к отраслям, основанным на услугах и знаниях.

- В экономически слабо развитых регионах формирование и расширение традиционных добывающих и обрабатывающих отраслей является эффективным путем повышения рентабельности ВРП.

- Для максимизации рентабельности требуется оптимальный баланс между ВРП на душу населения и отраслевой структурой. Этот баланс меняется по мере развития экономики. Чрезмерная концентрация как в добывающих, так и в обрабатывающих отраслях может привести к снижению рентабельности ВРП.

Исходя из представленных выводов, можно добавить несколько рекомендаций, направленных на создание более гибкой системы налогов, учитывающей структуру экономики и уровень развития конкретных российских регионов, способствующей общему экономическому росту и устранению региональных диспропорций.

- В регионах с высоким уровнем обрабатывающей промышленности требуется

применять или расширять налоговые льготы на НИОКР, которые простимулировали бы внедрение инноваций, технологический прогресс и формирование новых наукоемких секторов.

- Регионы с более высоким ВРП на душу населения и низкой долей промышленности в структуре экономики могли бы иметь несколько более высокие ставки налогов, тогда как менее развитые регионы могли бы выиграть от более низких ставок для стимулирования экономического роста.

- Вводить специальные налоговые правила для крупных мегаполисов, которые учитывали бы некоторые преимущества агломераций.

- В регионах с низкой фондовооруженностью для стимулирования накопления капитала и повышения производительности необходима как ускоренная амортизация, так и инвестиционные налоговые льготы.

В заключение следует еще раз отметить, что полученные результаты вероятностно-статистического анализа рентабельности региональной экономики указывают на значимость адаптивных экономических стратегий, которые меняются по мере прохождения регионов различных этапов развития. Полученные результаты подчеркивают необходимость не универсальных подходов, а экономической политики, ориентированной на конкретные региональные особенности. Стратегии, которые работают на повышение рентабельности ВРП в менее развитых регионах, могут оказаться неэффективными или даже контрпродуктивными в более развитых регионах.

Список литературы / References

Гаврилец Ю.Н., Кудров А.В., Тараканова И.В. (2018). Анализ внутренней структуры экономического потенциала роста // Вестник ЦЭМИ РАН. Т. 1. № 1. [Gavrilets Y.N., Kudrov A.V., Tarakanova I.V. (2018). Analysis of the internal

structure of economic growth potential. *Bulletin of CEMI RAS*, vol. 1, no. 1 (in Russian).]

Гаврилец Ю.Н., Кудров А.В., Тараканова И.В. (2022). Статистический анализ и моделирование взаимосвязи региональной экономики и науки // Экономика и математические методы. Т. 58. № 4. С. 56–70. [Gavrilets Yu.N., Kudrov A.V., Tarakanova I.V. (2022). Statistical analysis and modeling of the relationship between regional economy and science. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 58, no. 4, pp. 56–70 (in Russian).]

Кудров А.В. (2023). Влияние экономической сложности и отраслевой специализации на валовый региональный продукт регионов РФ // Бизнес-информатика. Т. 17. № 4. С. 25–40. [Kudrov A.V. (2023). The impact of economic complexity and industry specialization on the gross regional product of Russian regions. *Business Informatics*, no. 17(4), pp. 25–40 (in Russian).]

Регионы России. Социально-экономические показатели, 2017–2019 гг. М.: Росстат, 2020. [Regions of Russia (2020). *Regions of Russia. Socio-economic indicators*, 2017–2019. Moscow: Rosstat (in Russian).]

Acemoglu D., Zilibotti F. (1997). Was Prometheus Unbound by Chance? Risk, Diversification, and Growth. *Journal of Political Economy*, no. 105 (4), pp. 709–751.

Amsden A.H. (1992). *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford University Press.

Balakrishnan P., Das M., Parameswaran M. (2017). The internal dynamic of Indian economic growth. *Journal of Asian Economics*, no. 50, pp. 46–61.

Brandt L., Ma D., Rawski T.G. (2014). From Divergence to Convergence: Reevaluating the History behind China's Economic Boom. *Journal of Economic Literature*, no. 2 (1), pp. 45–123.

Hausmann R., Hidalgo C.A., Bustos S. et al. (2014). *The Atlas of Economic Complexity*. MIT Press.

Lee K. (2013). *Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-Creation, and the Middle-Income Trap*. Cambridge University Press.

Lee J.W., McKibbin W.J. (2018). Service sector productivity and economic growth in Asia. *Economic Modelling*, no. 74, pp. 247–263.

- Lin L.I.K. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, no. 45 (1), pp. 255–268.
- Piketty T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century*. Harvard University Press.
- Ratkowsky D. (1993). Principles of nonlinear regression modeling. *Journal of Industrial Microbiology*, no. 12, pp. 195–199.
- Rodrik D. (2008). *One Economics, Many Recipes: Globalization, Institutions, and Economic Growth*. Princeton (NJ): Princeton University Press.
- Ross M.L. (2012). *The Oil Curse: How Petroleum Wealth Shapes the Development of Nations*. Princeton (NJ): Princeton University Press.
- Seber G., Wild C. (2003). *Nonlinear Regression*. N.Y.: Wiley.
- Song Z., Storesletten K., Zilibotti F. (2011). Growing like China. *American Economic Review*, no. 101 (1), pp. 196–233.

Рукопись поступила в редакцию 25.09.2024

IMPACT OF THE SECTORAL STRUCTURE OF REGIONAL ECONOMY PROFITABILITY ON GRP

A. V. Kudrov

DOI: 10.33293/1609-1442-2024-4(107)-60-76

EDN: RPBJSА

Alexander V. Kudrov, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Leading Research Fellow, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian; kovlal@inbox.ru; eLibrary SPIN: 2176-6224

Abstract. The article analyzes the factors affecting the profitability of the economy of the Russian regions. These factors are represented by the main economic characteristics of the regional economy, reflecting the structure of the economy, level of development, stock-intensity etc. The methodology of analysis includes two stages: first, the identification of variables directly related to profitability on GRP;

second, the construction of a nonlinear regression model using the identified directly related variables as explanatory factors. As a result, for GRP profitability we obtained a sufficiently accurate nonlinear regression model, which includes indices of extractive and manufacturing industries, as well as GRP per capita. The obtained model allows to identify conditions on GRP per capita and industry indices, under which profitability on GRP will decrease. This allows to demonstrate that at different stages of economic development, different sectoral structure of the regional economy is required to maximize profitability. In particular, in highly developed regions, the development of traditional production industries corresponds to the decreasing profitability. The results demonstrate that economic strategies adaptive to specific regional characteristics are necessary when targeting profitability by GRP.

Keywords: profitability of regional economy, economic structure, gross regional product (GRP), indices of extractive industry; indices of manufacturing, nonlinear regression.

Classification JEL: C12, C51, P11, R11, R15.

For reference: Kudrov A. V. (2024). Impact of the sectoral structure of regional economy profitability on GRP. *Economics of Contemporary Russia*, no. 4 (107), pp. 60–76 (in Russian). DOI: 10.33293/1609-1442-2024-4(107)-60-76; EDN: RPBJSА

Manuscript received 25.09.2024