

---

DOI: 10.53078/20778481\_2022\_2\_76

УДК 519.86

*В. А. Ливинская, Т. М. Лобанова*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВВП СРЕДСТВАМИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

---

*V. A. Livinskaya, T. M. Lobanova*

## MODELING GDP DYNAMICS USING REGRESSION ANALYSIS OF PANEL DATA

---

### Аннотация

Рассмотрен подход к анализу макроэкономических показателей с помощью панельного регрессионного анализа. Получены модели динамики ВВП на душу населения в трех группах стран, различающихся по уровню развития экономики в период после распада СССР. В качестве предикторов выбраны показатели: доля экспорта в ВВП, торговое сальдо на душу населения и уровень государственного управления. Предпринята попытка обоснования различия в динамике этих показателей. Даны оценка качества и критерий выбора возможных моделей для панельных данных (pooling model, fixed effect, random effects model). Продемонстрировано различие в фактических и модельных значениях по выбранным моделям для некоторых стран выбранных групп.

### Ключевые слова:

панельные данные, модели панельной регрессии, фиксированные эффекты, ВВП на душу населения, экспорт.

### Для цитирования:

Ливинская, В. А. Моделирование динамики ВВП средствами регрессионного анализа панельных данных / В. А. Ливинская, Т. М. Лобанова // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2022. – № 2 (75). – С. 76–85.

### Abstract

The article considers an approach to the analysis of macroeconomic indicators using panel regression analysis. Models of dynamics of GDP per capita in three groups of countries differing in the level of economic development in the period after the collapse of the USSR are obtained. The share of exports in GDP, the trade balance per capita, and the level of Worldwide Governance Indicators were chosen as predictors. There was made an attempt to substantiate the difference in the dynamics of these indicators. An assessment of the quality and a criterion for choosing possible models for panel data (pooling model, fixed effect, random effects model) are given. The difference in actual and model values for the selected models for some countries of the selected groups is demonstrated.

### Keywords:

panel data, panel regression models, fixed effects, GDP per capita, exports.

### For citation:

Livinskaya, V. A. Modeling GDP dynamics using regression analysis of panel data / V. A. Livinskaya, T. M. Lobanova // The Belarusian-Russian university herald. – 2022. – № 2 (75). – P. 76–85.

---

Изучение социально-экономических процессов на основе данных, опубликованных в открытой печати, стало возможным благодаря развитию

современных информационных технологий, которые способствовали возникновению и развитию новых методов в эконометрике. Одним из таких инстру-

ментов, применяемым в анализе межстрановой дифференциации, является анализ панельных данных. Под панельными данными подразумевается информация о динамике показателей для различных стран в один и тот же временной период. Так, обычно, экономическая ситуация сохраняет свою стабильность не очень продолжительное время, статистических данных по каждой стране не всегда достаточно для построения регрессионной модели для каждой из них отдельно. Анализ на основе панельных данных обеспечивает большую эффективность оценивания параметров эконометрической модели, возможность контроля над неоднородностью объектов и выявления ее степени, а также идентификацию эффектов, недоступных в анализе пространственных данных (cross-section data), что позволяет более полно учесть особенности объектов, попавших в выборку.

Целью данного исследования явилось моделирование зависимости ВВП на душу населения в выбранных группах с помощью панельного анализа для выявления сходства и различия развития экономики в выбранных группах стран, а также различия внутри самих групп.

В качестве исходной информации для анализа с помощью библиотек языка R с официального сайта Мирового банка [1] была извлечена выборка по 19 странам за период с 2002 г. по 2020 г. Представлялось интересным проанализировать динамику экономического развития стран, которые до мо-

мента распада СССР в 1992 г. имели схожую экономическую модель. Выбор периода анализа обусловлен некоторой стабилизацией в политическом и экономическом смысле во всех странах. Страны были разбиты на три группы с учетом схожести социально-экономических и политических условий существования. В группу 1 вошла часть стран бывшего Советского Союза, являющихся до 2008 г. членами Содружества Независимых Государств. Покинувшие Содружество Грузия (2008) и Украина (2014) продолжали торговлю со странами, оставшимися членами СНГ, используя географическое положение и налаженные экономические связи.

Группа 2 представлена странами Прибалтики, которые в своём развитии ориентированы на модель экономики стран ЕС.

В группу 3 вошли некоторые страны бывшего социалистического лагеря, демонстрирующие различные темпы экономического роста. Так, страны групп 2 и 3 стали членами Европейского Союза, получив при этом вполне ощутимую финансовую поддержку от Германии и Франции.

Основная цель исследования – выяснение различия в динамике роста показателя ВВП на душу населения в зависимости от индикаторов внешней торговой-экономической деятельности и эффективности институтов госуправления.

Группы и их состав представлены в табл. 1.

Табл. 1. Группировка стран для анализа

Группа	Страна
Группа 1	Армения (AM), Азербайджан (AZ), Беларусь (BY), Грузия (GE), Казахстан (KZ), Молдова (MD), Российская Федерация (RU), Украина (UA)
Группа 2	Эстония (EE), Литва (LT), Латвия (LV)
Группа 3	Болгария (BG), Чешская Республика (CZ), Венгрия (HU), Польша (PL), Румыния (RO), Словения (SI), Словацкая Республика (SK)

В качестве критерия роста экономики выступал ВВП на душу населения. Исследовалось влияние на данный показатель результативности внешнеэкономической деятельности и качества институтов государственного управления. Масштаб внешнеэкономической деятельности оценивался показателем доли экспорта в ВВП, а её качество – сальдо в расчёте на душу населения.

Описание данных показателей в соответствии с методологией Мирового банка приведено далее [1].

ВВП на душу населения – это валовой внутренний продукт, разделенный на среднегодовую численность населения. ВВП представляет собой сумму валовой добавленной стоимости всех производителей-резидентов в экономике плюс любые налоги на продукты и минус любые субсидии, не включенные в стоимость продуктов. Он рассчитывается без вычетов на амортизацию произведенных активов или истощение и деградацию природных ресурсов.

Экспорт товаров и услуг представляет собой стоимость всех товаров и других рыночных услуг, предоставляемых остальному миру. Они включают стоимость товаров, фрахт, страхование, транспорт, поездки, роялти, лицензионные сборы и другие услуги, такие как связь, строительство, финансовые, информационные, деловые, личные и государственные услуги. Они не включают оплату труда работников, инвестиционный доход и трансфертные платежи.

Чистая торговля товарами и услугами (сальдо) получается путем взаимозачета импорта товаров и услуг с экспортом товаров и услуг. Экспорт и импорт товаров и услуг включают все операции, связанные со сменой права собственности на товары и услуги между резидентами одной страны и остальным миром. Данные указаны в текущих долларах США.

Динамика показателя ВВП на душу населения в каждой группе стран представлена на рис. 1.

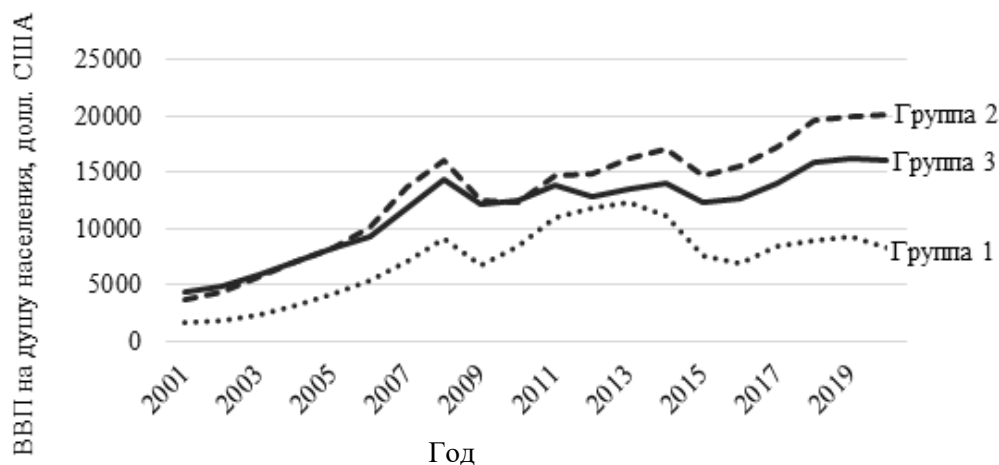


Рис. 1. Динамика среднего значения показателя ВВП на душу населения по группам стран

Рост ВВП на душу населения наблюдается по всем трём группам стран. При этом к концу анализируемого периода у прибалтийских и западноевропейских стран его значение

в 2,5–3,5 раза выше, чем в группе 1. На графике заметно влияние, которое оказали мировой финансовый кризис 2008 г. и локальный кризис 2014 г. При этом если к мировому кризису более чувств-



доля экспорта в ВВП составила 81 %, чистый экспорт – 2 317, а показатель ВВП на душу населения достиг 25 730 долл./чел., что является наилучшим значением среди всех стран. В то же время антирекорд принадлежит Молдове: отрицательное сальдо увеличилось с 132 до 1 172 долл./чел. Доля экспорта упала с 44 % до 28 %. ВВП на душу населения при этом вырос с 540 до 4 520 долл., однако это одно из наихудших значений среди всех стран.

Отдельно следует отметить группу стран-экспортёров энергоресурсов: Россию, Казахстан, Азербайджан. Доля экспорта в ВВП у них снижается, однако чистый экспорт на душу населения существенно вырос. Это можно объяснить тем, что экспорт товаров осуществляется с высокой маржой.

Наименьшее значение ВВП на душу населения среди всех стран наблюдается на Украине – 3700 долл.,

при этом имеет место ухудшение по всем направлениям внешнеэкономической деятельности. Из всех постсоветских стран только Украина, Грузия и Молдова не только не вышли на положительное сальдо, но и существенно нарастили преобладание импорта над экспортом.

В целом, можно отметить, что смещение вверх и вправо (наращивание доли экспорта и положительного сальдо внешней торговли) ведёт к увеличению диаметра круга, что пропорционально размеру ВВП на душу населения. Этот факт однозначно подтверждает положительное влияние внешней торговли на рост экономики.

Разные модели развития стран проявились в разной траектории изменения результирующего показателя (рис. 3). Не сложно заметить практически идентичность изменения ВВП на душу населения среди стран, входящих в одну и ту же группу.

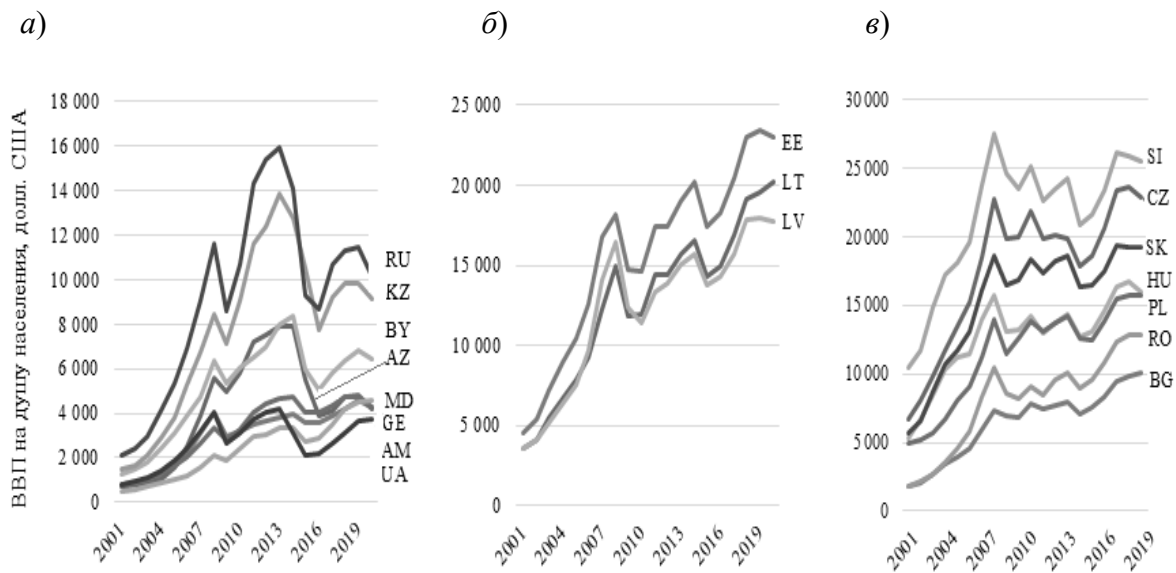


Рис. 3. Динамика ВВП на душу населения по группам стран: а – группа 1; б – группа 2; в – группа 3

Ещё одним немаловажным фактором, оказывающим существенное влияние на все, включая экономические, аспекты развития страны, является качество институциональной среды. Мето-

дология оценки показателей качества государственного управления (Worldwide Governance Indicators) была разработана группой Всемирного банка (World Bank Group) в 1990-е гг. [2].

Множество индикаторов объединено в шесть групп, отражающих различные стороны эффективности государственного управления.

1. Право голоса и подотчетность (Voice and Accountability).

2. Политическая стабильность и отсутствие насилия (Political Stability and Absence of Violence/Terrorism).

3. Эффективность правительства (Government Effectiveness).

4. Качество госрегулирования (Regulatory Quality).

5. Верховенство закона (Rule of Law).

6. Контроль коррупции (Control of Corruption).

Значение индикаторов вычисляется на основе обработки результатов опросов респондентов (согласно методологии оно находится в диапазоне от  $-2,5$  до  $2,5$ ), вследствие чего формируется интегральный показатель, характеризующий качество и эффективность государственного управления страны.

Корреляционный анализ показал наличие статистически значимой связи между данным индикатором и уровнем ВВП на душу населения, поэтому в дальнейшем он также был включён в модель.

### ***Эконометрическое моделирование динамики ВВП на душу населения***

Моделирование влияния индикаторов ВЭД и эффективности госуправления на ВВП на душу населения осуществлялось с помощью построения эконометрических моделей на панельных данных. Данный инструмент является эффективным в случае, когда имеется информация об одном и том же множестве объектов за ряд последовательных периодов времени. Исходная выборка представляет собой 342 наблюдения в виде сбалансированных панелей, т. е. в которых все 18 стран наблюдаются одинаковое число (19) лет.

Для каждой группы стран оцени-

вались три эконометрические модели, которые могут быть подходящими для наборов панельных данных. Классическая модель множественной линейной регрессии (pooling model) использует метод наименьших квадратов для оценки коэффициентов. Она не учитывает индивидуальные различия в значении признаков по странам и по годам, что не всегда является корректным, т. к. чаще всего каждый объект наблюдения обладает определенными признаками, которые могут воздействовать на результирующий показатель, но плохо поддаются регистрации, т. е. являются латентными. Если их значения различны для разных объектов, но постоянны во времени, их влияние можно учесть, вводя в модель индивидуальные уровни для каждого объекта. Если ненаблюдаемые переменные коррелированы с регрессорами, то коэффициенты лучше будут оцениваться моделью с фиксированными эффектами (fixed effects, FE). В противном случае для панельных данных используют модели со случайными эффектами (random effects models, RE).

Выбор наилучшей модели осуществляется с помощью тестирования специальных гипотез. Так, критерий Вальда позволяет выбрать между моделями pooling и fixed. Нулевая гипотеза в модели с фиксированными эффектами: все индивидуальные эффекты равны нулю. Критерий проверки гипотезы имеет распределение Фишера.

Сравнение моделей с фиксированными и случайными индивидуальными эффектами осуществляется с помощью теста Бриша – Пэгана. Нулевая гипотеза проверяет гомогенность дисперсий специфических для наблюдений ошибок, используя асимптотическую тестовую статистику Хи-квадрат. Тест Хаусмана для сравнения моделей со случайным и фиксированным эффектами проверяет нулевую гипотезу о том, что корреляция между ошибками и регрессорами отсутствует (равна нулю).

Тест Хаусмана позволяет сравнить

качество моделей fixed и random. В случае принятия в качестве наиболее подходящей модели с фиксированными эффектами, может быть рассчитан эффект для каждой страны [3, 4].

Для анализа теоретически предполагаемой связи между ВВП на душу населения и выбранными факторами для каждой группы стран были оценены и выбраны наиболее адекватные модели панельной регрессии вида

$$Y_{i,t} = \beta_1 GE_{i,t} + \beta_2 ESH_{i,t} + \beta_3 SPC_{i,t} + f_i + u_i + \varepsilon_{i,t},$$

где  $Y_{i,t}$  – ВВП на душу населения (в текущих ценах, долл. США) в стране  $i$  за год  $t$ ;  $GE_{i,t}$  – эффективность гос-

управления в стране  $i$  за год  $t$ ;  $ESH_{i,t}$  – доля экспорта в процентах от ВВП в стране  $i$  за год  $t$ ;  $SPC_{i,t}$  – сальдо на душу населения в стране  $i$  за год  $t$ ;  $f_i$  – фиксированные эффекты (индивидуальные значения константы в уравнении для отдельных стран в модели с фиксированными эффектами);  $u_i$  – индивидуальное для каждой страны значение случайной ошибки;  $\varepsilon_{i,t}$  – случайные ошибки модели.

Для автоматизации расчётов была использована среда программирования R. Анализ и моделирование панельных данных проводились при помощи встроенного пакета plm(), версия 2.6-1.

В табл. 2 представлены результаты тестирования моделей с помощью соответствующих тестов.

Табл. 2. Результаты тестирования моделей

Группа стран	Тест Вальда	Тест Хаусмана	Тест Бриша – Пэгана
Группа 1	F = 22,074, df1 = 7, df2 = 141, p-value < 2,2e <sup>-16</sup>	chisq = 8,0733, df = 3, p-value = 0,04452	chisq = 205,23, df = 1, p-value < 2,2e <sup>-16</sup>
Группа 2	F = 6,182, df1 = 2, df2 = 51, p-value = 0,003945	–	chisq = 2,9541, df = 1, p-value = 0,08566
Группа 3	F = 27,724, df1 = 6, df2 = 123, p-value < 2,2e <sup>-16</sup>	chisq = 58,057, df = 3, p-value = 1,528e <sup>-12</sup>	chisq = 117,71, df = 1, p-value < 2,2e <sup>-16</sup>

Для группы 1 между полной регрессией и моделью с фиксированными эффектами выбор делается в пользу модели с фиксированными эффектами, дисперсия случайных ошибок равна нулю. Все коэффициенты статистически значимы на уровне значимости менее 0,001.

Для групп 2 и 3 лучшей может быть признана модель с фиксированными эффектами. Показатели эффективность госуправления и доля экспорта в ВВП положительно влияют на резуль- тативный фактор, в то время как сальдо на душу населения демонстрирует отрицательную корреляцию с ним.

В табл. 3 представлены результаты

оценки регрессионных панельных моделей с фиксированными эффектами для каждой группы стран.

Фиксированные эффекты  $f_i$  для групп представлены в табл. 4.

На рис. 4 приведены результаты сравнения расчетных и фактических значений динамики ВВП на душу населения для отдельных представителей из каждой исследуемой группы стран.

Для большинства стран полученные модели довольно точно описывают динамику результирующего показателя. Однако следует отметить тот факт, что, несмотря на общепризнанное положительное влияние эффективной внешней

торговли на рост благосостояния страны, в каждой из рассматриваемых стран степень влияния экспорта как объясняющего фактора на рост ВВП на душу населения может различаться. В ряде стран в некоторые периоды заметно существенное расхождение между фактическими и теоретическими значениями результирующего показателя. Причём модель предсказывает в эти годы снижение ВВП, что может означать, что в эти периоды спада экспортных доходов

возрастала роль других, не включённых в модель факторов. Кроме того, в наиболее благополучные периоды страны создают резервы, которые используют для стабилизации макро- и микроэкономической ситуации в кризисные годы. Этим объясняется более стабильная, по сравнению с предсказанной, динамика ВВП на душу населения для наиболее чувствительных к кризисным явлениям стран.

Табл. 3. Оценка коэффициентов моделей для групп

Переменная	Статистическая модель		
	Группа 1 (FE)	Группа 2 (FE)	Группа 3 (FE)
Эффективность госуправления	3 7166,9*** (524,42)	164,53 (1 887,18)	9 031,20** (3 115,59)
Доля экспорта в ВВП	-12 438*** (2 197,3)	25 684,15*** (2 846,51)	26 609,09*** (5 144,45)
Сальдо на душу населения	2,97*** (0,33)	-0,47 (0,52)	-0,65 (0,64)
R <sup>2</sup>	0,47	0,51	0,64
<i>Примечание</i> – *** – для $p < 0,001$ ; ** – для $p < 0,01$ ; * – для $p < 0,05$			

Табл. 4. Значение фиксированных эффектов

Группа 1		Группа 2		Группа 3	
Страна	$f_i$	Страна	$f_i$	Страна	$f_i$
Армения	8 868,60	Эстония	-12 259,71	Болгария	-8304,02
Азербайджан	10 152,17	Латвия	-8 264,29	Чешская Республика	1 031,88
Беларусь	16 403,24	Литва	-11 505,78	Венгрия	-6 813,38
Грузия	8 657,75			Польша	616,40
Казахстан	12 064,22			Румыния	-783,23
Молдова	11 396,20			Словацкая Республика	-4 805,44
Россия	12 150,68			Словения	4 409,53
Украина	11 179,01				

Таким образом, был изучен инструмент, позволяющий при анализе коротких временных рядов снижать

зависимость между объясняющими переменными, уменьшать тем самым стандартные ошибки, что повышает



точность регрессионной модели. При этом модель панельной регрессии позволяет учесть индивидуальные осо-

бенности динамики каждого объекта в выборке.

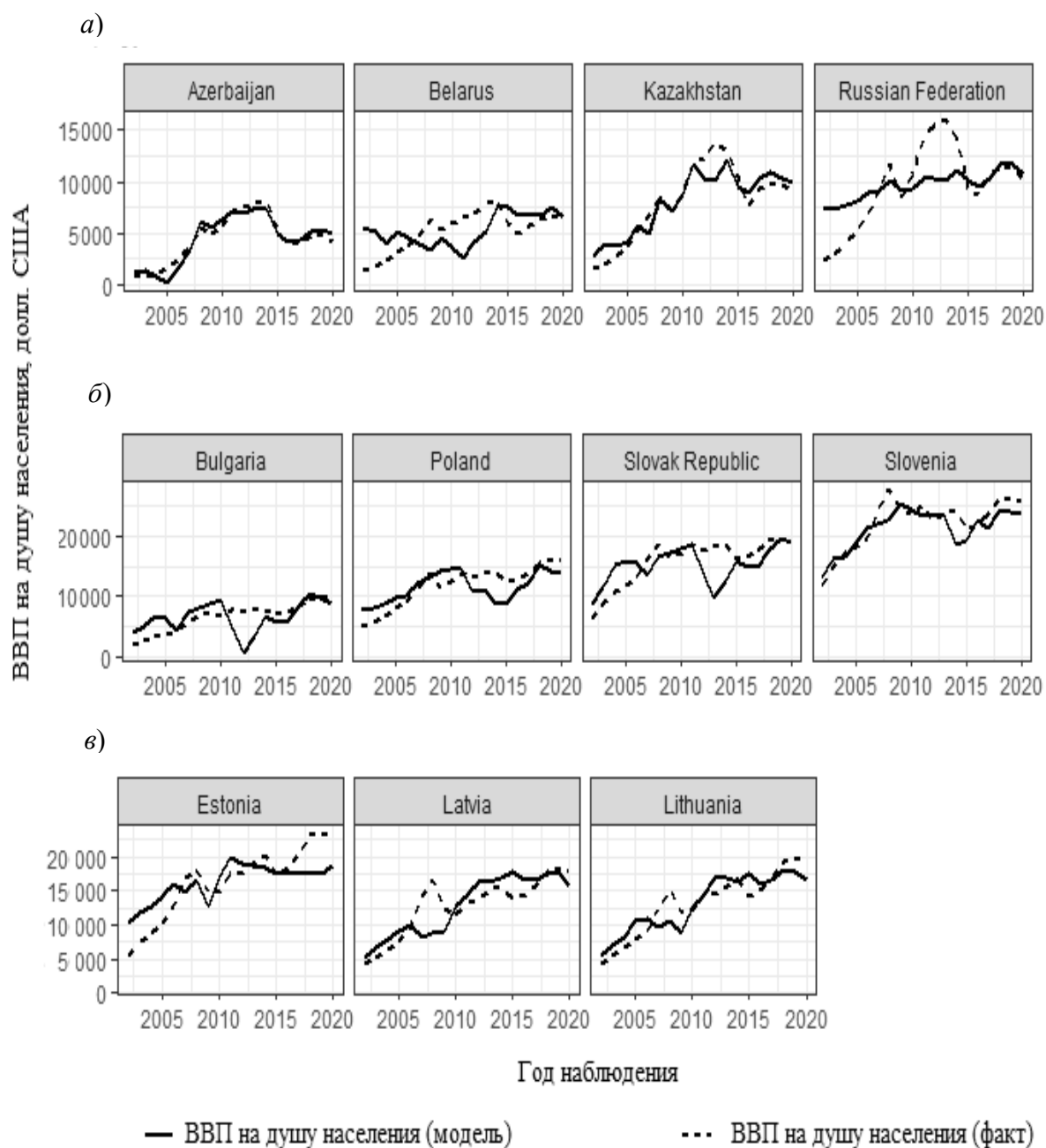


Рис. 4. Результаты сравнения фактических и расчётных значений результирующего показателя для отдельных стран: а – группа 1; б – группа 2; в – группа 3

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Открытые данные Мирового банка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.worldbank.org/>. – Дата доступа: 01.02.2022.

2. Worldwide Governance Indicators [Electronic resource]. – Mode of access: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/>. – Date of access: 01.02.2022.

3. **Ратникова, Т. А.** Введение в эконометрический анализ панельных данных / Т. А. Ратникова // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2006. – Т. 10, № 2. – С. 267–316.

4. **Семерикова, Е. В.** Использование пространственных эконометрических моделей при прогнозе регионального уровня безработицы / Е. В. Семерикова, О. А. Демидова // Прикладная эконометрика. – 2016. – № 3 (43). – С. 29–51.

*Статья сдана в редакцию 28 марта 2022 года*

**Виктория Александровна Ливинская**, канд. физ.-мат. наук, доц., Белорусско-Российский университет.  
E-mail: [viktorijalivinskaya@gmail.com](mailto:viktorijalivinskaya@gmail.com).

**Татьяна Михайловна Лобанова**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.  
E-mail: [yatm@rambler.ru](mailto:yatm@rambler.ru).

**Viktoriya Aleksandrovna Livinskaya**, PhD (Physics & Mathematics), Associate Prof., Belarusian-Russian University. E-mail: [viktorijalivinskaya@gmail.com](mailto:viktorijalivinskaya@gmail.com).

**Tatiana Mikhailovna Lobanova**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. E-mail: [yatm@rambler.ru](mailto:yatm@rambler.ru).