

Научная статья

УДК 332

JEL: R11

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2023.14.3.398-415>

## Стресс-тестирование развития регионов России в условиях внешнеэкономических ограничений

Данилова Ирина Валентиновна<sup>1</sup>, Резепин Александр Владимирович<sup>2</sup>,  
Правдина Наталья Викторовна<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет); Челябинск, Россия

<sup>1</sup> [danilovaiv@susu.ru](mailto:danilovaiv@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0714-7764>

<sup>2</sup> [avrezepin@susu.ru](mailto:avrezepin@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6971-746X>

<sup>3</sup> [pravdianav@susu.ru](mailto:pravdianav@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8346-6612>

### Аннотация

**Цель** исследования – разработать модель стресс-тестирования влияния внешних ограничений на экономику регионов и провести диагностику ударопрочности развития в условиях реализации шоковых событий.

**Методы.** Исследование базируется на концепции BANI-мира, теориях экономической динамики и шоков, теории пространственной экономики. Методика исследования включает применение сценарного подхода при разработке модели стресс-тестирования регионов, алгоритма идентификации «ожидаемого воздействия» шока на основе метода машинного обучения – искусственной нейронной сети.

**Результаты работы.** Обобщение научных публикаций по теме исследования, анализ шоковых событий, постшоковых последствий (2006–2022 гг.) позволили обосновать теоретическую и прикладную целесообразность тестирования и дифференциации реакции российских регионов на внешние ограничения, применение критериев «ударопрочности» развития, классификации экономического пространства и идентификации территорий с «ударопрочной» и «неударопрочной» реакцией на шоки. Разработана модель стресс-тестирования регионов, идентифицированы производственно-отраслевые (67,6% важности) и пространственные (32,4%) факторы стабилизации, идентифицированы зоны уязвимости к ограничениям 2022–2023 гг., определены индустриальные регионы с потенциалом «неударопрочного» развития экономики при шоковых нагрузках.

**Выводы.** Реакция регионов на внешние шоки и ограничения (длительность периода снижения и интенсивность восстановительного роста) специфична и определяется сочетанием уникальных пространственных и производственных характеристик регионов. Результаты исследования в части теоретических выводов о неоднородности регионов с позиции реакции на внешние ограничения и методического подхода к стресс-тестированию их развития расширяют теорию пространственной экономики, имеют прикладное значение для оценки «ударопрочности» субъектов РФ, прогнозирования экономического развития, формирования стратегии государственного управления регионами.

**Ключевые слова:** стресс-тестирование, внешние шоки, ударопрочность экономики, экономическое развитие, дифференциация регионов, индустриальные регионы, нейронные сети

**Благодарность.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Челябинской области № 23-28-10167, <https://rscf.ru/project/23-28-10167/>.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, в том числе, связанного с финансовой поддержкой Российского научного фонда и Челябинской области (Грант № 23-28-10167).

**Для цитирования:** Данилова И. В., Резепин А. В., Правдина Н. В. Стресс-тестирование развития регионов России в условиях внешнеэкономических ограничений // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2023. Т. 14. № 3. С. 398–415

EDN: <https://elibrary.ru/bsfrhu>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2023.14.3.398-415>

© Данилова И. В., Резепин А. В., Правдина Н. В., 2023



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article

## Stress testing of the development of Russian regions in the context of external economic restrictions

Irina V. Danilova<sup>1</sup>, Aleksandr V. Rezepin<sup>2</sup>, Natalya V. Pravdina<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup> South Ural State University; Chelyabinsk, Russia

<sup>1</sup> danilovaiv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0714-7764>

<sup>2</sup> avrezepin@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6971-746X>

<sup>3</sup> pravdinanv@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8346-6612>

### Abstract

**Purpose:** is to develop the model for stress testing of the impact of external constraints of Russian regions in the context of foreign economic constraints 2022–2023.

**Methods:** the research is based on the theory of economic dynamics, regional economy and spatial development, the concept of the BANI world; the methodological basis of the study is a scenario approach to the formation of the stress testing model and the algorithm for determining the expected impact based on the machine learning method – the artificial neural network.

**Results:** the study of scientific publications on the research topic, analysis of shock events, post-shock consequences (2006–2022) made it possible to substantiate feasibility of testing and differentiating the response of Russian regions to external constraints, applying the criteria of “shock-resistant” development, classifying economic space and identifying the territory with “shock-resistant” and “non-shock-resistant” reactions. The model of regions stress testing has been developed, industrial and sectoral (67.6% importance) and spatial (32.4%) stabilization factors have been identified, areas of vulnerability to the restrictions of 2022–2023 and industrial regions with the potential for “non-shock-resistant” type of reaction have been identified.

**Conclusions and Relevance:** the reaction of regions to external economic shocks (the duration of the decline period and the intensity of recovery growth) is determined by the totality of the production and spatial characteristics of the regions. The results of the study are important for the development of the theory of regional economy; they can be used by federal and regional executive authorities of the Russian Federation.

**Keywords:** stress testing, external shocks, shock resistance of the economy, economic development, regional differentiation, industrial regions, neural networks

**Acknowledgments.** The research was funded by Russian Science Foundation and Chelyabinsk Region № 23-28-10167, <https://rscf.ru/en/project/23-28-10167/>.

**Conflict of Interest.** The authors declare that there is no Conflict of Interest, including those related to the financial support of the Russian Science Foundation and Chelyabinsk Region (№ 23-28-10167).

**For citation:** Danilova I. V., Rezepin A. V., Pravdina N. V. Stress testing of the development of Russian regions in the context of external economic restrictions. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2023; 14(3):398–415. (In Russ.)

EDN: <https://elibrary.ru/bsfrhu>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2023.14.3.398-415>

© Platonov V. V., Kuziaev D. A., 2023

### Введение

Российская экономика в 2022–2023 гг. столкнулась с экстремальной по масштабам системой ограничений внешнеэкономической деятельности: в отношении традиционного экспорта, отраслей промышленности (крупных компаний, ресурсов, технологий), транспортно-логистических маршрутов, финансового сектора (расчетов, заимствований, резервов, банковских структур и т.д.). Экономические последствия внешних шоков начала XXI в. принципиально отличаются от циклических кризисов, приводящих к обновлению структуры производства и технологий, активизацию инвестиций и ускорение экономического роста. Жесткость и ин-

тенсивность ограничительных мер нарушают ритм воспроизводства, коммерческие и финансовые связи, механизмы сохранения шокоустойчивости, исключают прогнозирование перспективы.

Экономическая наука запаздывает с анализом влияния и последствий шоков, оценкой региональной уязвимости, в то время как частота дестабилизирующих событий (2008, 2014, 2019, 2022 гг.), разных по причинам, масштабам и секторальному охвату, и проблемы эффективности государственного управления определяют необходимость разработки индикаторов, сигнализирующих об экстремальных ситуациях (аналогично Гарвардскому<sup>1</sup> кризисному «барометру»), и системы мониторинга

<sup>1</sup> Business Cycle Dating // National Bureau of Economic Research. URL: <https://www.nber.org/research/business-cycle-dating> (дата обращения: 27.07.2023).

для тестирования ударопрочности экономики в форс-мажорных ситуациях, сегментации поддержки территориальных зон нестабильности.

Исследование направлено на решение научной проблемы оценки развития регионов РФ в условиях ограничений, превышающих по масштабам и интенсивности пределы нормального функционирования открытой экономики (с высоким риском нарушения ритма, связей и структуры производства).

Сложность решения такой задачи объясняется, во-первых, уникальностью текущих внешнеэкономических ограничений 2022–2023 гг. [1–3]. Неоднородность российского пространства исключает разработку релевантного научно обоснованного прогноза развития событий на базе усредненной статистической информации. Результативным направлением исследований является анализ ретроданных и опыта реагирования на аналогичные по типу ситуации (2008 г. и 2014–2015 гг.) с позиции интенсивности санкционной нагрузки, активности каналов дестабилизации (торговый, валютный, кредитный и проч.), вариантов трендоустойчивости развития регионов.

Во-вторых, неравномерность экономического развития, производственных возможностей и пространственных условий предопределяет различие потенциалов регионов [4–5], неэквивалентность допустимых «пределов» и параметров сохранения нормального функционирования экономики. Это не позволяет использовать приемы традиционного функционального анализа, оценки взаимосвязи между дифференцированными параметрами территорий и волатильностью их развития. На современном этапе проблема решается применением методов машинного обучения, позволяющих распознавать образы региональных экономических систем, отличающихся уникальным сочетанием пространственных и производственных характеристик.

Решение поставленной исследовательской задачи реализуется на основе разработки модели стресстестирования реакции регионов на внешние шоки, диагностики потенциала адаптации субъектов РФ к действию рестрикций 2022–2023 гг., формирования вероятностного сценария функционирования регионов в условиях высокой неопределенности ближайшей перспективы. Результаты исследования имеют значение для теории пространственной экономики, а именно: для идентификации региональных критериев и факторов ударопрочности развития при кардинальных внешнеэкономических изменениях. Прикладная значимость состоит в актуализации документов стратегического пла-

нирования социально-экономического развития территорий с учетом нестабильности развития в долгосрочном и краткосрочном периодах.

### Обзор литературы и исследований

Ключевые атрибуты современной экономики: хрупкость, тревожность, непостижимость и нелинейность развития – сформулированы в концепции BANI-мира Cascio J.<sup>2</sup> и актуальны для оценки текущей ситуации: волнообразного влияния шоков, масштабных дезорганизующих эффектов, кумулятивного нарастания последствий и «системного стресса» для экономики в целом [6].

Терминологически шоки определяют как непредвиденные события, сопровождающиеся неопределенностью, нарушением стандартных механизмов функционирования, оказывающих непредсказуемое влияние на экономику [7]. В зависимости от причин индукции акцентируют внимание на разных видах шоковых источников [8–9]:

- 1) внутренние, национальные шоки, генерация которых обусловлена политическими реформами, макроэкономическим регулированием, реорганизацией системы институтов и др.;
- 2) внешние шоки, детерминированные изменениями правил и норм международной торговли, инвестиций, финансовых и валютных операций.

Наибольшее дестабилизирующее влияние на российскую экономику оказывают внешнеэкономические ограничения, при этом следует учитывать геэкономические изменения, мультиплицирующие негативные последствия. Во-первых, сформирован сетевой формат и распределенная модель международных взаимодействий, что стало ускорителем пространственной трансмиссии влияния шоков [10]. Во-вторых, сформировался комплекс «работоспособных» внешнеэкономических каналов волатильности (торгово-экономический, финансовый, валютный и др. [11–12]), что увеличивает риски дестабилизации для открытых регионов. В-третьих, селективность санкционной политики, сконцентрированной на критически важных отраслях (промышленности, инновациях, технологиях и др.), ограничивает несырьевые виды экспорта, бюджетообразующие для регионов, как следствие, создает повышенную нагрузку на экономических лидеров – индустриальные регионы. Как известно, промышленные субъекты РФ определяют развитие национальной экономики и уровень производительности труда [13], научно-технологические и инновационные преимущества, развитие сопряженных видов деятельности (энер-

<sup>2</sup> Cascio J. Facing the Age of Chaos // Medium.com. URL: [https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d?rostat\\_visit=1246020](https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d?rostat_visit=1246020) (дата обращения: 27.07.2023).

гетики, сектора информационных технологий и проч.)<sup>3</sup>, то есть генерируют так называемые динамические эффекты в экономике<sup>4</sup>.

Неравномерное развитие регионов обусловлено различиями ресурсной базы, внутри- и межрегиональной связанности, индустриальной уникальности и другими факторами [14–16], что, в ситуации перманентных внешних шоков, актуализирует исследование реакции на экстремальные события, а именно: «уязвимости» [17], «иммунитета» [18], «упругости» [19–20] и «адаптивности» [21]. При этом на региональном уровне практически не используется категория «ударопрочности» развития, наиболее адекватная для современной ситуации. Ударопрочность раскрывает системную реакцию регионов с учетом потенциала и пределов производственных возможностей, надежности структурных связей, условий восстановительного роста, вероятности деструктивных изменений и стагнации [22].

Соответственно, стресс-тестирование ударопрочности развития позволяет определить способность регионов сохранять нормальное функционирование, прочность связей и структуры при реализации сценария шоковой или экстремальной нагрузки, прогнозировать вероятные последствия для уязвимых зон экономического пространства [23]. В России модели стресс-тестирования экономического развития регионов не так широко применяются в пространственном анализе, они используются преимущественно в отношении отдельных сфер и институциональных субъектов экономики [24–26]. В то же время, модель стресс-теста позволяет задавать различные сценарии форс-мажорных ситуаций и использовать специальные алгоритмы для определения вероятной реакции объекта исследования, что в условиях неопределенности и пролонгации ограничительных условий актуально для государственного управления региональным развитием в России.

Данное исследование направлено на приращение знаний о применимости подхода стресс-тестирования для дифференциации регионального развития в условиях разнообразных внешних ограничений. Гипотеза исследования заключается

в предположении, что краткосрочная реакция на шоки (в части длительности снижения и интенсивности восстановительного роста) и ударопрочность реакции регионов к внешнеэкономическим ограничениям определяются уникальным комплексом пространственных и производственных факторов, дифференцирующих развитие территорий экономического пространства РФ.

### Материалы и методы

Базой исследования является обобщение опыта адаптации 82-х субъектов РФ<sup>5</sup> к внешним шокам. Разработка модели стресс-тестирования предполагает следующий комплекс процедур: систематизацию дестабилизирующих событий, конкретизацию параметров ударопрочности реакции, идентификацию ключевых отличий регионов, дифференциацию экономического пространства и определение перспективы сохранения динамики развития регионов. Детализация методического подхода разграничена на 5 этапов.

1. Анализ динамики развития регионов за период 2006–2022 гг., идентификация событий краткосрочной дестабилизации экономики, характеризующихся падением производства и последующей постшоковой адаптацией. Для оценки регионов использованы оперативные данные по объему промышленного производства по полному кругу организаций. Фактические значения параметров промышленного производства<sup>6</sup> скорректированы с учетом сезонности при помощи фильтра Ходрика-Прескотта [27] с целью выравнивания временных рядов на основе минимизации следующей функции:

$$\min \sum_{t=0}^{\infty} (y_t^c)^2 + \lambda \sum_{t=0}^{\infty} [(y_{t+1}^g - y_t^g) - (y_t^g - y_{t-1}^g)]^2,$$

где  $y_t$  – фактическое значение показателя;  $y_t^g$  – значение, определенное фильтром;  $y_t^c$  – отфильтрованное значение (отклонение);  $\lambda$  – коэффициент выравнивания (исходя из типа данных в рамках данного исследования  $\lambda = 200$ ).

<sup>3</sup> Lavopa A., Szirmai A. Industrialization, employment and poverty // UNU-MERIT Working Papers. 2012. Vol. 081. 70 p. <https://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2012/wp2012-081.pdf> (дата обращения: 27.07.2023).

<sup>4</sup> Industrialization as the driver of sustained prosperity / Editorial Supervision by Li Yong // United Nations Industrial Development Organization. [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-04/UNIDO\\_Industrialization\\_Book\\_web4.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-04/UNIDO_Industrialization_Book_web4.pdf) (дата обращения: 27.07.2023).

<sup>5</sup> Прим. Авторы: Ввиду отсутствия непрерывных статистических данных за период 2006–2022 гг. из анализа исключены: Донецкая Народная Республика, Луганская Народная Республика, Республика Крым, Чеченская Республика, Запорожская область, Херсонская область, город Севастополь.

<sup>6</sup> 2006–2016 гг. – объем промышленного производства по полному кругу организаций // Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/43048> (дата обращения: 27.07.2023); 2017–2022 гг. – объем производства по собирательной классификационной группировке видов экономической деятельности «Промышленность» // Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/57806> (дата обращения: 27.07.2023).

Оценка «ударопрочной» / «неударопрочной» реакции регионов с фокусом на шоковых событиях: 2008, 2014–2015 гг. (наблюдаемый параметр – объем промышленного производства). Реакция считается «ударопрочной» при одновременном соблюдении условий: 1) длительность снижения не превышает медианного значения по всем исследуемым наблюдениям; 2) коэффициент «восстановления при ударе» не ниже медианного значения анализируемых событий. Разграничение реакции регионов отвечает следующим условиям:

$$Y_i = 1, \quad \text{IF } T_i \leq Me(T) \text{ AND } K_i \geq Me(K),$$

$$Y_i = 0, \quad \text{IF NOT } T_i \leq Me(T) \text{ AND } K_i \geq Me(K),$$

где  $Y_i$  – реакция  $i$ -го региона на шок (принимает значения: 1 – «ударопрочная», 0 – «неударопрочная»);  $T_i$  – период снижения объема промышленного производства  $i$ -го региона в месяцах;  $K_i$  – коэффициент восстановления при ударе  $i$ -го региона;  $Me(T)$ ,  $Me(K)$  – медианные значения периода снижения и коэффициента восстановления.

Коэффициент восстановления при ударе для каждого региона рассчитан по формуле:

$$K_i = \sqrt{\frac{h_i}{H_i}},$$

где  $H_i$  – «глубина падения», разность объемов промышленного производства на начало и окончание периода снижения (в процентах к месяцу, принятому за базу сравнения);  $h_i$  – «высота подъема», разность значений объемов промышленного производства через 12 месяцев восстановительного роста и по окончании периода снижения (в процентах к месяцу, принятому за базу сравнения).

Систематизация и оценка факторов ударопрочности регионального развития. Факторы, с одной стороны, характеризуют уникальность регионов, с другой – отражают специфику ограничений 2022–2023 гг., а именно, рестрикций в отношении индустрии регионов (2014–2015 гг. – акцент на агропромышленный комплекс). Выделены пространственные и производственные факторы, характеризующие состояние региональной экономики в дошоковый период.

Построение и обучение модели нейронной сети в целях: а) стресс-тестирования реакции регионов в условиях внешних ограничений; б) оценки значимости факторов ударопрочности развития; в) формирования прогноза динамики развития регионов и идентификации уязвимостей, вызванных внешнеэкономическими ограничениями 2022–2023 гг.

В региональных исследованиях применение искусственных нейронных сетей, как правило, представлено в работах по моделированию развития экономических систем [28], прогнозированию динамики частных и обобщающих параметров региональной экономики [29–30]. Нейронные сети позволяют устанавливать нелинейные взаимосвязи между входными и выходными параметрами, определять потенциальные реакции экономических систем на основе уникальных сочетаний характеристик территорий, идентифицировать воздействие шоковой среды, в том числе в ситуации превышения нагрузки пределов нормального функционирования. Нейронная сеть построена с помощью программного статистического пакета IBM SPSS Statistics<sup>7</sup>.

Апробация модели стресс-тестирования в целях моделирования пространственных и производственных параметров субъекта федерации, обеспечивающих «ударопрочную» реакцию на внешние ограничения 2022–2023 гг. На данном этапе условные (индикативные) показатели применяются следующим образом: параметр смещения и взвешенные исходные значения подаются на нейроны скрытого слоя модели (функция активации скрытого слоя – гиперболический тангенс), затем параметр смещения и взвешенные значения нейронов скрытого слоя подаются на выходной слой модели (функция активации выходного слоя – Softmax, которая преобразует значения прогноза в виде действительных чисел в вероятность в диапазоне от 0 до 1), с последующей интерпретацией значений вероятной ударопрочности.

### Результаты исследования

Внешнеэкономические ограничения 2022–2023 гг. являются беспрецедентными по системности и масштабности влияния. В истории статистических наблюдений отсутствуют подобные санкции на экономику, включенную в глобальную систему взаимосвязей. Как известно, стресс-тестирование основано на определении сценария, при котором предполагается реакция на возможный тип события – «экстремальное событие». Для моделирования реакции регионов на такого рода событие анализируемая система должна иметь опыт взаимодействия с аналогом. При прочих равных условиях события 2008 г. и 2014–2015 гг., с учетом наличия отличительных характеристик, можно считать подобными, схожими по входным и выходным параметрам: открытости регионов; активности каналов, транслирующих внешние дестабилизирующие изменения; алго-

<sup>7</sup> Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS Statistics). URL: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics> (дата обращения: 27.07.2023).

ритму регуляторной адаптации к форс-мажорным ситуациям. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика внешнеэкономических шоков российской экономики.

Таблица 1

## Сравнительная характеристика внешнеэкономических шоков российской экономики

Table 1

## Comparative assessment of foreign economic shocks of the Russian economy

Канал шокового воздействия	Внешеэкономические шоки		
	Мировой финансово-экономический кризис 2008–2010 гг.	Санкции в связи с событиями 2014 г. и ответные ограничения	Санкции в связи с событиями 2022 г.
<b>Общие характеристики внешнеэкономических шоков</b>			
Валютный	<b>Рост обменного курса</b> – максимальный темп прироста официального курса доллара США в последующие 12 месяцев, %:		
	56,2	90,1	49,7
	<b>Увеличение волатильности обменного курса</b> – коэффициент вариации официального курса доллара США в последующие 12 месяцев:		
	0,131	0,260	0,198
Торгово-экономический	<b>Изменение объема экспорта</b> – изменение объема экспорта товаров за последующие 4 квартала по сравнению с аналогичным периодом до шокового события, % (рост в 2022 г. связан с увеличением цен на нефть):		
	-17,6	-10,7	+19,5
	<b>Сокращение объема импорта</b> – изменение объема импорта товаров за последующие 4 квартала по сравнению с аналогичным периодом до шокового события, %:		
	-10,9	-16,9	-9,0
Финансовый	<b>Отток капитала</b> – чистое кредитование (сальдо финансового счета), млрд долл.:		
	46,7	27,7	230,3
<b>Отличия внешнеэкономического шока 2022–2023 гг.</b>			
Валютный	Ограничение валютных операций и вида валют при расчетах		
Торгово-экономический	Рестрикции и запреты в отношении деятельности отдельных компаний и отраслей российской экономики. Ограничение воздушного и морского сообщения. Основная отраслевая направленность: 2014–2015 гг. – агропромышленный сектор; 2022–2023 гг. – промышленный сектор.		
Финансовый	Селективные ограничения доступа к системам международных финансовых рынков для отраслей, компаний и банков, блокировка резервов Банка России, ограничение участия в международных платежных системах		

Составлено авторами по данным: Динамика официального курса доллара США // Банк России. URL: [https://cbr.ru/currency\\_base/dynamics](https://cbr.ru/currency_base/dynamics); Статистика внешнего сектора // Банк России. URL: [https://cbr.ru/statistics/macro\\_itm/svs/](https://cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/) (дата обращения: 27.07.2023)

Compiled by the authors according to: Dynamics of the official US dollar exchange rate // Bank of Russia. URL: [https://cbr.ru/currency\\_base/dynamics](https://cbr.ru/currency_base/dynamics); Statistics of the external sector // Bank of Russia. URL: [https://cbr.ru/statistics/macro\\_itm/svs/](https://cbr.ru/statistics/macro_itm/svs/) (accessed: 27.07.2023)

Внешеэкономические ограничения, сопровождавшие мировой финансовый кризис 2008 г., носили естественный характер. Они обусловлены циклической природой мировой экономики, деятельностью кредитных и финансовых институтов, ТНК. Санкции и антисанкции 2014 г. имели нерыночный характер и оказывали ограниченное селективное воздействие на отдельные секторы экономики. Ситуация 2022–2023 гг. экстремальна, она не имеет прямых аналогов, но наличие схожих характеристик позволило применить опыт шоковых реакций 2008 и 2014 гг. для обучения модели стресс-тестирования и оценки потенциальной ударопрочности регионов России в настоящее время.

Для разработки модели стресс-тестирования идентифицированы все шоковые события за пери-

од 2006–2022 гг., для которых характерно непрерывное снижение выровненных значений объемов промышленного производства на протяжении не менее 6-ти месяцев. Внимание сфокусировано на динамике промышленности как зоне основной ударной нагрузки текущего шока. В исследуемых 82-х субъектах РФ зафиксировано 314 событий такого типа, из них 60 сопряжены с ситуацией 2008 г. (индуцированы естественными рыночными процессами), а 47 – обусловлены событиями 2014–2015 гг., воздействием искусственных (нерыночных) институциональных ограничений.

Дифференциация шоковых событий в экономическом пространстве РФ выявила следующую ситуацию: в 45-ти случаях (42%) реакция регионов соответствует критерию «ударопрочной», в 62-х

случаях (58%) – «неударопрочной». «Ударопрочной» является реакция, при которой период последовательного снижения промышленного производства не превышает медианного значения – 18-ти месяцев, а в последующие 12 месяцев восстановительный рост обеспечивает возврат, при этом коэффициент восстановления не ниже медианного значения по РФ – 0,766. Результаты расчетов показывают, что в течение года в среднем,

вне зависимости от природы шока, регионы восстанавливаются после спада, но не достигают дошокового уровня производства. Иными словами, компенсационное восстановление требует более продолжительного периода времени.

Для проведения стресс-тестирования экономического развития регионов построена модель искусственной нейронной сети. Параметры модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры модели стресс-тестирования развития регионов России

Table 2

Parameters of the stress testing model for the development of Russian regions

Параметр	Описание
Параметры входного слоя нейронной сети (ковариаты)	Коэффициент локализации по занятым в обрабатывающих производствах (X1); Коэффициент локализации экспорта в обрабатывающих производствах (X2); Коэффициент локализации инновационных товаров в обрабатывающих производствах (X3); Доля объема отгруженной продукции высокотехнологичных видов деятельности в объеме отгруженной продукции обрабатывающих производств (X4); Интегральный показатель уникальности региональных условий, характеризующий плотность распределения трудовых ресурсов, уровень образования, концентрацию производства, обеспеченность транспортной инфраструктурой (X5) <sup>8</sup>
Параметр выходного слоя нейронной сети (зависимая переменная)	В качестве переменной определена бинарная реакция на шок Y (1 – «ударопрочная», 0 – «неударопрочная»)

Составлено авторами

Compiled by the authors

На рис. 1 показаны архитектура и оценки параметров полученной нейронной сети, представляющей многослойный пещептрон с одним внутренним слоем (цвет и толщина линий характеризуют тип и силу нейронных связей). Параллельное распределение сигнала (значений объясняющих факторов) на нейроны скрытого и выходного слоев позволяет установить нелинейную зависимость между переменными и определить уникальные региональные сочетания пространственных и производственных факторов регионов, детерминирующих различие их реакции на внешние события, в том числе в ситуациях, превышающих пределы нормального функционирования и стандартной активности регионов.

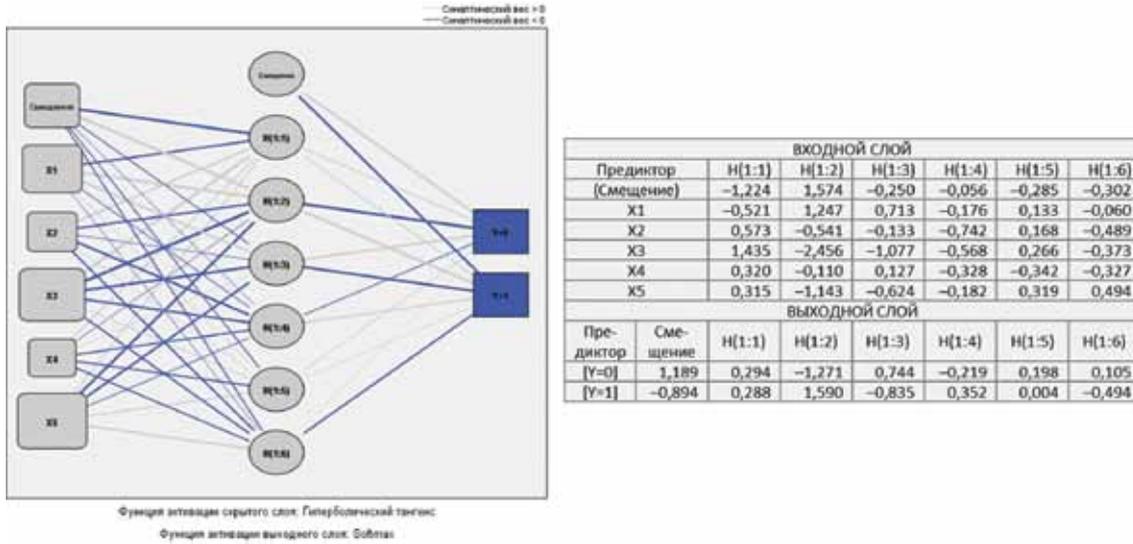
Оценки качества нейронной сети на основе фактических и предсказанных значений представлены в классификации региональных реакций (табл. 3). Процент неверных предсказаний в обучающей выборке составил 29,9% (ошибка – перекрестная

энтропия – 38,434), процент неверных предсказаний в проверочной выборке – 36,7% (ошибка – 18,170).

Данные классификации позволяют оценить достоверность разграничения реакций регионов в категориях «ударопрочная» / «неударопрочная» в контексте всех анализируемых событий. В то же время, для оценки влияния нестандартных ограничений 2022–2023 гг. и прогнозирования регионального развития целесообразен расширенный анализ предсказанной псевдовероятности «ударопрочной» реакции (P), значение которой изменяется в диапазоне от 0 до 1, что позволяет точнее идентифицировать состояние региональной экономики.

Количественные параметры (доли верно классифицированных событий) при варьировании порога предсказанной псевдовероятности представлены ROC-кривыми классификации региональных ре-

<sup>8</sup> Прим. Авторы: Показатели рассчитаны авторами на основе данных: Регионы России. Социально-экономические показатели // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 27.07.2023); см. подробнее: Данилова И.В., Правдина Н.Ю. Маркеры разблокировки траектории развития монопрофильных регионов РФ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2023. Т. 17. № 1. С. 24–35. EDN: <https://elibrary.ru/buyпка>. <https://doi.org/10.14529/em230102>.



Составлено авторами

Рис. 1. Архитектура и оценки параметров нейронной сети

Compiled by the authors

Fig. 1. Neural network architecture and parameter estimates

Таблица 3

Классификация региональных реакций на внешние шоки

Table 3

Classification of regional reactions to external shocks

Выборка	Наблюденные	Предсказанные		
		0	1	Процент правильных
Обучающая	0 – «неударопрочная»	32	14	69,6%
	1 – «ударопрочная»	9	22	71,0%
	Общий процент	53,2%	46,8%	70,1%
Проверочная	0 – «неударопрочная»	11	5	68,8%
	1 – «ударопрочная»	6	8	57,1%
	Общий процент	56,7%	43,3%	63,3%
Все наблюдения	0 – «неударопрочная»	43	19	69,4%
	1 – «ударопрочная»	15	30	66,7%
	Общий процент	54,2%	45,8%	68,2%

Составлено авторами

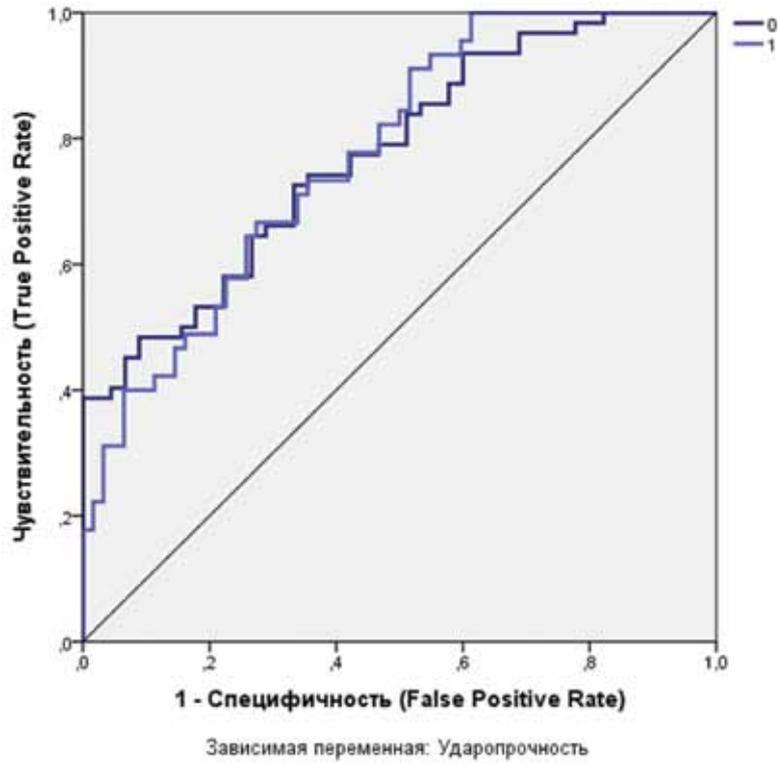
Compiled by the authors

акций на рис. 2. Отмечено, что качество прогноза (доля верных предсказаний) реакции регионов на шоки значительно возрастает при увеличении предсказанной псевдовероятности (P). Например, если  $P > 0,6$ , то модель давала верные предсказания «ударопрочной» реакции в 100% случаев.

По результатам моделирования определены наиболее значимые факторы «ударопрочной» реакции регионов на внешние шоки. Относительные и нормализованные важности независимых переменных распределились следующим образом: ударопрочность на 32,4% определяется уникаль-

ностью региональных условий (X5), на 28,2% – локализацией инновационной продукции (X3), на 21,7% – локализацией занятых в обрабатывающих производствах (X1), остальные факторы влияют в меньшей степени (рис. 3).

Параметр X5 характеризуется наибольшей значимостью и отражает пространственные характеристики регионов. Данный показатель является интегральным, учитывает уникальность плотности распределения трудовых ресурсов, уровень образования, концентрированность производства, обеспеченность транспортной инфраструктурой.

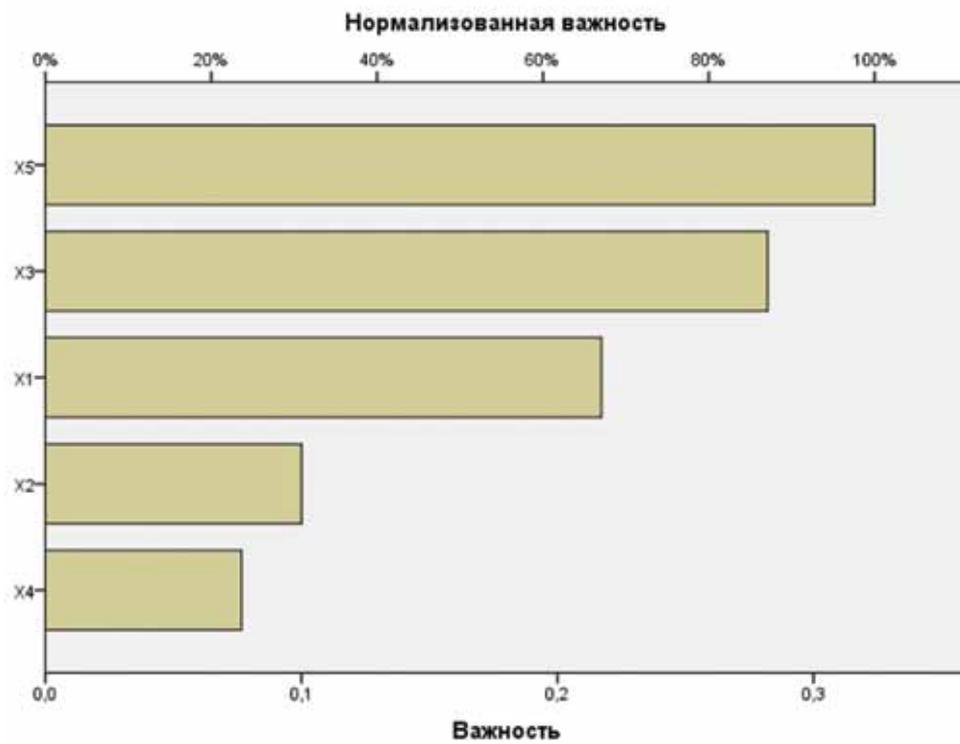


Составлено авторами

Рис. 2. ROC-кривые классификации реакций региональных экономик на внешнеэкономические шоки

Compiled by the authors

Fig. 2. ROC-curves of the regional economy's response to external economic shocks



Составлено авторами

Рис. 3. Диаграмма важности факторов «ударопрочности»

Compiled by the authors

Fig. 3. Diagram of the importance of "shock-resistant" factors

Высокая значимость подтверждает научную гипотезу исследования в той части, что реакция регионов на внешние шоки специфична и определяется пространственными характеристиками регионов. Авторы учитывали, что модель нейронной сети не позволяет оценить линейную взаимосвязь между объясняющими и зависимой переменными. В то же время, интерес представляют профили регионов с «ударопрочной» и «неударопрочной» реакцией

на внешние ограничения. В табл. 4 представлены средние значения показателей (пространственных и производственных) по каждой группе, с учетом дифференциации всех наблюдений для полной обучающей выборки (107 наблюдений) и сокращенной выборки с выраженной оценкой «ударопрочной» реакции (66 наблюдений: для регионов с «ударопрочной» реакцией  $P > 0,6$ , для регионов с «неударопрочной» реакцией  $P < 0,4$ ).

Таблица 4

## Сравнительная характеристика «ударопрочных» / «неударопрочных» реакций

Table 4

## Comparative characteristics of "shock-resistant" / "non-shock-resistant" reactions

Реакции на внешние шоки	Показатели (важность)				
	X1 (21,7%)	X2 (10,0%)	X3 (28,2%)	X4 (7,7%)	X5 (32,4%)
Все реакции на шоки (обучающая выборка)					
«Ударопрочная» (49 наблюдений)	0,934	1,011	0,784	0,052	1,964
«Неударопрочная» (58 наблюдений)	1,006	1,053	0,869	0,074	2,284
Реакции на шоки с выраженной оценкой «ударопрочности»					
«Ударопрочная» ( $P > 0,6$ ; 32 наблюдения)	0,952	0,974	0,881	0,043	2,040
«Неударопрочная» ( $P < 0,4$ ; 34 наблюдения)	1,134	1,309	1,129	0,092	2,803

Примечание:

X1 – коэффициент локализации по занятым в обрабатывающих производствах;

X2 – коэффициент локализации экспорта в обрабатывающих производствах;

X3 – коэффициент локализации инновационных товаров в обрабатывающих производствах;

X4 – доля объема отгруженной продукции высокотехнологичных видов деятельности в объеме отгруженной продукции обрабатывающих производств;

X5 – интегральный показатель уникальности региональных условий.

Составлено авторами

Compiled by the authors

В целом, сокращение выборки привело к усилению отличий значений показателей. Так, «ударопрочная» реакция чаще наблюдается в регионах с более низкой отраслевой концентрацией обрабатывающей промышленности (по показателю локализации занятых), менее зависимой от экспорта, с более низкой долей высокотехнологичных видов деятельности и выпуска инновационных товаров, достаточно универсальными ресурсами (более низкий коэффициент региональной уникальности). Полученный результат представляется вполне логичным, поскольку все риски сфокусированы на индустриальном секторе – введенные запреты затронули моноотрасли, экспортноориентированные и инновационно-продвинутые регионы, технологических лидеров, что объективно вызвало нарушение ритма их экономической активности. Такие регионы в большей степени зависят от условий международной торговли (экспортных и импортных ограничений) и внешних заимствований. А более высокая плотность распределения производственных ресурсов и транспортной инфраструктуры указывает на внутрирегиональную

производственную связанность, что усиливает динамические эффекты распространения шоков на смежные отрасли. Все перечисленные факторы снижают прочность экономики и приближают регионы к границе пределов сохранения устойчивого развития.

При этом следует отметить, что модель нейронной сети, как известно, не позволяет оценить направление и силу влияния отдельных факторов, а сфокусирована на оценке уникального сочетания пространственно-экономических характеристик региона с позиции постшоковой реакции. Обучение нейронной сети на данных о предкризисных состояниях, динамике падения и восстановления в результате внешних ограничений 2008 г. и 2014–2015 гг. позволяет сформировать прогноз и оценить устойчивость субъектов РФ к шокам 2022–2023 гг. Такого рода оценки представляют интерес для аналитики ситуации на перспективу в условиях постоянной пролонгации санкций, перманентного введения новых, неопределенности горизонта стабилизации.

По результатам стресс-тестирования текущей ситуации (внешнеэкономические ограничения 2022–2023 гг.), во-первых, регионы дифференцированы с учетом значений оценки вероятности (P) «ударопрочной» реакции (выраженные реакции: «неударопрочная» –  $P < 0,4$ ; «ударопрочная» –  $P \geq 0,6$ ), во-вторых, анализ детализирован в разрезе индустриальных регионов (ключевой объект санкций) и неиндустриальных регионов России. Индустриальными приняты регионы, у которых промышленный

сектор имеет значимую роль в структуре экономики, в том числе в контексте восприимчивости к экспортно-импортным ограничениям, а именно: доля торгуемого компонента – обрабатывающей и добывающей промышленности – в общем объеме ВРП составляет не менее 1/3.

В табл. 5 представлена сравнительная характеристика значений факторов в группах индустриальных и прочих (неиндустриальных) регионов.

Таблица 5

Сравнительная характеристика индустриальных и неиндустриальных регионов (фрагмент)

Table 5

Comparative characteristics of the industrial and non-industrial regions (fragment)

«Неударопрочная» реакция ( $P < 0,4$ )			«Ударопрочная» реакция ( $P \geq 0,6$ )		
ИР	НР	Показатель	НР	ИР	
<b>Индустриальные регионы (ИР):</b> Республика Удмуртия (0,258); области: Белгородская (0,275); Калужская (0,143); Липецкая (0,029); Тульская (0,026); Мурманская (0,036); Новгородская (0,191); Самарская (0,040); Свердловская (0,228); Кемеровская (0,087).					<b>Индустриальные регионы (ИР):</b> Республика Татарстан (0,606); края: Пермский (0,605); Красноярский (0,727); области: Архангельская (0,769); Вологодская (0,634); Тюменская (0,800); Иркутская (0,725); Чукотский АО (0,868).
1,321	1,058	X1	0,819	0,916	
1,211	1,475	X2	0,667	0,799	
1,472	1,356	X3	0,590	0,853	
0,052	0,065	X4	0,036	0,021	
2,406	7,128	X5	3,183	1,584	
<b>Неиндустриальные регионы (НР):</b> Республики: Карелия (0,174); Адыгея (0,020); Дагестан (0,024); Марий Эл (0,248); Мордовия (0,030); Чувашия (0,027); Бурятия (0,040); края: Краснодарский (0,020); Ставропольский (0,029); Алтайский (0,148); Хабаровский (0,097); области: Брянская (0,044); Воронежская (0,134); Ивановская (0,164); Московская (0,012); Рязанская (0,240); Тамбовская (0,060); Тверская (0,049); Ярославская (0,050); Калининградская (0,026); Ленинградская (0,039); Волгоградская (0,028); Кировская (0,398); Саратовская (0,042); Омская (0,033); г. Москва (0,011); г. Санкт-Петербург (0,011)					

Примечание:

в скобках у названий регионов указана оценка вероятности (P) «ударопрочной» реакции;

X1 – коэффициент локализации по занятым в обрабатывающих производствах;

X2 – коэффициент локализации экспорта в обрабатывающих производствах;

X3 – коэффициент локализации инновационных товаров в обрабатывающих производствах;

X4 – доля объема отгруженной продукции высокотехнологичных видов деятельности в объеме отгруженной продукции обрабатывающих производств;

X5 – интегральный показатель уникальности региональных условий;

в скобках у показателей указана важность.

Составлено авторами

Compiled by the authors

В индустриальных регионах, в условиях концентрации санкционной нагрузки, все преимущества локализации производства и занятых в обрабатывающих производствах, экспортоориентированность экономики, инновационность продукции

(при блокировке каналов импорта товаров и технологий) повысили вероятность «неударопрочной» реакции, что подтверждается более высокими значениями показателей в группе индустриальных регионов. «Ударопрочность» реакции индустриальных регионов

стриальных регионов в большей мере, чем для неиндустриальных регионов, определяется пространственными характеристиками и специфичностью ресурсов, локализованных на территории. С позиции превентивной региональной политики по отношению к таким регионам необходима корректировка государственных программ и диверсификации развития базовых секторов экономики, стимулирования горизонтальной и вертикальной меж- и внутриотраслевой кооперации, что уменьшит концентрацию на традиционном экспорте, расширит межрегиональную торговлю, экспансию инновационных технологий, обеспечит распределение рисков между отраслями.

Неиндустриальные регионы представлены широкой группой: субъекты РФ с невысокой долей промышленного сектора, доминированием альтернативных специализаций (сельское хозяйство и рыболовство), высокоразвитым сектором услуг. Большинство таких регионов (2/3) имеет вероятность оказаться в ситуации серьезной дестабилизации. Это связано с наличием торгуемых товаров и риска при любой номенклатуре экспорта, в силу блокировок транспортных маршрутов и логистики, нестабильности валютного курса и системы расчетов, абсорбировать последствия шоков. «Неударопрочная» реакция отмечается у территорий с максимальными значениями интегрального показателя региональной уникальности, что при введении внешних запретов аккумулирует проблемы сокращения объемов производства, заработной платы и занятости населения, имеющего жесткую отраслевую привязанность и ограниченную межсекторную мобильность.

Прикладная функциональность разработанной модели стресс-тестирования регионов видится, во-первых, в разработке интерактивных карт тер-

риториальной уязвимости, индикаторами которой выступают пространственные и производственные показатели ударопрочности субъектов РФ, во-вторых, в системе стратегического планирования для повышения ударопрочности реакции на шоки.

На рис. 4 визуализирована ситуация реакции индустриальных регионов России, актуальная для ограничений 2022–2023 г. – представлена карта-схема наиболее значимых факторов вероятности «ударопрочного» развития. Очевидны отличия в комбинациях факторов «ударопрочности» регионов центральной части России и более удаленных субъектов федерации, геостратегических и минерально-сырьевых территорий. Полученные данные, при их детализации в режиме постоянного мониторинга, являются информационной базой пространственного планирования макротерриторий, а стресс-тестирование – необходимым инструментом ситуационных центров исполнительных органов власти регионов.

Модель стресс-тестирования имеет и частную прикладную функциональность для формирования индикаторов Стратегий социально-экономического развития отдельных регионов, детализации параметров программных мер. На примере Челябинской области (монопрофильный открытый регион металлургической специализации) на основе разработанной модели можно определить пространственные и производственные параметры, которые с высокой вероятностью обеспечат «ударопрочную» реакцию на шок, аналогичный по масштабам и интенсивности событиям 2022–2023 гг. В табл. 6 приведены фактические и условные (индикативные) пространственно-производственные характеристики Челябинской области, оценка вероятности «ударопрочной» реакции на внешнеэкономические ограничения.

Таблица 6

**Фактические и условные (индикативные) пространственно-производственные характеристики Челябинской области**

Table 6

**Actual and conditional (indicative) spatial and production characteristics of the Chelyabinsk region**

Вариант	X1	X2	X3	X4	X5	P
Фактические значения	1,556	1,422	1,192	0,022	2,633	0,585
Условные значения	1,420	1,242	1,192	0,022	2,633	0,870

Примечание:

X1 – коэффициент локализации по занятым в обрабатывающих производствах;

X2 – коэффициент локализации экспорта в обрабатывающих производствах;

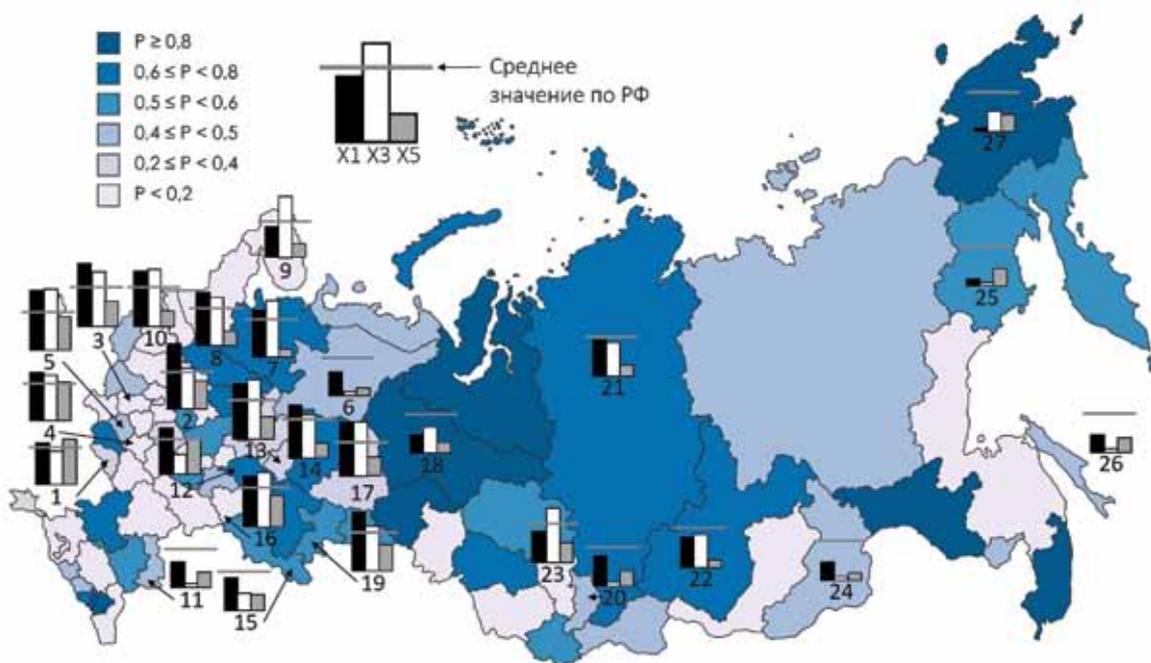
X3 – коэффициент локализации инновационных товаров в обрабатывающих производствах;

X4 – доля объема отгруженной продукции высокотехнологичных видов деятельности в объеме отгруженной продукции обрабатывающих производств;

X5 – интегральный показатель уникальности региональных условий; заливкой выделены измененные параметры модели.

Составлено авторами

Compiled by the authors



Примечание:

1 – Белгородская обл.; 2 – Владимирская обл.; 3 – Калужская обл.; 4 – Липецкая обл.; 5 – Тульская обл.; 6 – Респ. Коми; 7 – Архангельская обл.; 8 – Вологодская обл.; 9 – Мурманская обл.; 10 – Новгородская обл.; 11 – Астраханская обл.; 12 – Респ. Татарстан; 13 – Удмуртская Респ.; 14 – Пермский край; 15 – Оренбургская обл.; 16 – Самарская обл.; 17 – Свердловская обл.; 18 – Тюменская обл.; 19 – Челябинская обл.; 20 – Респ. Хакасия; 21 – Красноярский край; 22 – Иркутская обл.; 23 – Кемеровская обл.; 24 – Забайкальский край; 25 – Магаданская обл.; 26 – Сахалинская обл.; 27 – Чукотский АО;

X1 – коэффициент локализации по занятым в обрабатывающих производствах (важность 21,7%);

X3 – коэффициент локализации инновационных товаров в обрабатывающих производствах (важность 28,2%);

X5 – интегральный показатель уникальности региональных условий (важность 32,4%).

Составлено авторами

Рис. 4. Карта-схема факторов вероятности (P) «ударопрочной» реакции промышленных регионов России на внешнеэкономические ограничения 2022–2023 г.

Compiled by the authors

Fig. 4. Map diagram of the probability factors (P) of the "shock-resistant" reaction of the industrial regions of Russia to foreign economic restrictions 2022–2023

Так, увеличение уровня диверсификации экономики и снижение доли занятых в обрабатывающих производствах с 21,9% до 20,0% (снижение коэффициента локализации X1 с 1,556 до 1,420), в условиях частичного переключения обрабатывающих производств на внутренний рынок и снижения доли экспорта обрабатывающих производств в экспорте региона с 91,6% до 80,0% (снижение коэффициента локализации X2 с 1,422 до 1,242), позволят повысить оценку вероятности «ударопрочной» реакции с 0,585 (невыраженная «ударопрочность»), вероятность ложноположительного результата – 20%) до 0,870 (выраженная «ударопрочность») (см. оценки параметров нейронной сети и функции активации на рис. 1).

Таким образом, модель стресс-тестирования регионального развития позволяет не только определять вероятностный прогноз реакции субъектов

федерации на внешнеэкономические ограничения в части длительности спада производства и динамики восстановления, но и определять пространственные и производственные параметры, обеспечивающие «ударопрочную» реакцию на шок, достаточность индикативных показателей стратегий и программ для обеспечения устойчивого экономического развития регионов.

### Выводы

Российская экономика находится в условиях внешнеэкономических ограничений, превышающих пределы нормального функционирования большой открытой экономики. В таких условиях высокую значимость приобретает проблема определения факторов стабильного развития и «ударопрочности» экономики, оценки перспективы адаптации и поиск «уязвимостей» динамики.

Обобщение опыта шоков промышленного производства и постшоковой адаптации позволило выделить «ударопрочный» и «неударопрочный» тип реакции регионов. «Ударопрочная» реакция на шок наблюдается, если период последовательного снижения объема промышленного производства не превышает медианного значения, а в последующие 12 месяцев восстановительный рост компенсирует большую часть снижения объемов промышленного производства. На наш взгляд, данный тип реакции регионов не приводит к значительному разрушению народнохозяйственных связей и механизмов адаптации экономики к новым условиям, что обеспечивает возможности динамичного восстановительного роста.

По результатам исследования сформирована модель стресс-тестирования реакции регионов на внешние шоки, включающая сценарии «экстремального события» и «ударопрочной» реакции на шок. Обоснована возможность применения опыта адаптации экономики России к внешнеэкономическим шокам 2008 г. и 2014–2015 гг. для оценки потенциала экономического развития регионов в условиях санкционных ограничений 2022–2023 гг.

Оценка важности переменных модели стресс-теста показала, что в объяснении «ударопрочности» реакции регионов на внешнеэкономические шоки большую роль играют не только производственно-отраслевые характеристики региона (67,6% важности), но и уникальность региональных условий, характеризующая плотность распреде-

ления трудовых ресурсов, уровень образования, концентрированность производства, обеспеченность транспортной инфраструктурой (32,4%), что подтверждает научную гипотезу исследования. Определена специфика регионов индустриального и неиндустриального типа.

По результатам стресс-тестирования экономического развития регионов России определена локализация территорий с потенциально «ударопрочной» реакцией на внешнеэкономические ограничения и выделены «зоны уязвимости», что может быть использовано региональными органами исполнительной власти и экспертным сообществом для формирования прогнозов экономического развития субъектов РФ на 2023–2024 гг. Апробация модели на примере монопрофильного региона индустриального типа – Челябинской области – позволила определить параметры производственной и экспортной специализации региона, обеспечивающие «ударопрочную» реакцию на внешние ограничения.

Результаты исследования имеют значение для развития теории пространственной экономики в части оценки факторов, определяющих стабилизацию функционирования в условиях внешних ограничений. Расширение выборки наблюдений за счет данных о постшоковой адаптации регионов России в 2023–2024 гг. позволит повысить точность модели стресс-тестирования для эмпирических исследований в будущем.

#### Список источников

1. *Mariotti S.* A warning from the Russian–Ukrainian war: avoiding a future that rhymes with the past // *Journal of Industrial and Business Economics*. 2022. Vol. 49. P. 761–782. <https://doi.org/10.1007/s40812-022-00219-z>
2. *Меньщикова В.И., Родионова Н.К., Бурмистрова А.А.* Производственные возможности российских регионов в условиях новых санкций и ограничений // *Ученые записки Российской Академии предпринимательства*. 2022. Т. 21. № 4. С. 22–32. EDN: <https://elibrary.ru/zpkgso>. <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2022-21-4-22-32>
3. *Спартак А.Н.* Переформатирование международного экономического сотрудничества России в условиях санкций и новых вызовов // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2023. № 4. С. 9–35. EDN: <https://www.elibrary.ru/bpmqhs>. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-4-9-35>
4. *Пискун Е.И., Хохлов В.В.* Экономическое развитие регионов Российской Федерации: факторно-кластерный анализ // *Экономика региона*. 2019. Т. 15. № 2. С. 363–376. EDN: <https://elibrary.ru/lqjobh>. <https://doi.org/10.17059/2019-2-5>
5. *Трейвиш А.И.* Неравномерность и структурное разнообразие пространственного развития экономики как научная проблема и российская реальность // *Пространственная экономика*. 2019. Т. 15. № 4. С. 13–35. EDN: <https://elibrary.ru/mbivcx>. <https://doi.org/10.14530/se.2019.4.013-035>
6. *Хасанов А.Э.* VUCA- и BANI-мир – новая реальность для российского предпринимательства // *Московский экономический журнал*. 2023. Т. 8. № 4. С. 37. EDN: <https://elibrary.ru/enuqih>. [https://doi.org/10.55186/2413046X\\_2023\\_8\\_4\\_152](https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_4_152)

7. *Norrbin S.C., Schlagenhauf D.E.* The role of international factors in the business cycle: a multi-country study // *Journal of International Economics*. 1996. Vol. 40. Iss. 1-2. P. 85–104. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(95\)01385-7](https://doi.org/10.1016/0022-1996(95)01385-7)
8. *Agwu F.A.* Foreign Policy in the Age of Globalization, Populism and Nationalism. A New Geopolitical Landscape. Singapore: Springer Verlag, 2021. 485 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-3372-0>
9. *Иванов П.А.* К вопросу о методике экспресс-оценки устойчивости экономики территорий к внешним шокам // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2022. № 6-1(88). С. 172–175. EDN: <https://elibrary.ru/gntgfc>. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-6-1-172-175>
10. *Сморodinская Н.В., Катуков Д.Д.* Резильентность экономических систем в эпоху глобализации и внезапных шоков // *Вестник Института экономики Российской академии наук*. 2021. № 5. С. 93–115. EDN: <https://elibrary.ru/wsghuz>. [https://doi.org/10.52180/2073-6487\\_2021\\_5\\_93\\_115](https://doi.org/10.52180/2073-6487_2021_5_93_115)
11. *Песоцкий А.А.* Экономический шок и шокоустойчивость (сопротивляемость): взаимосвязь понятий // *Теория и практика общественного развития*. 2021. № 8(162). С. 55–60. EDN: <https://elibrary.ru/xdmiwu>. <https://doi.org/10.24158/tipor.2021.8.8>
12. *Богачев Ю.С., Беклуова С.Р., Трифонов П.В.* Проблемы внешнеэкономической деятельности в условиях нарастания геополитической напряженности // *Полет. Общероссийский научно-технический журнал*. 2022. № 10. С. 29–37. EDN: <https://elibrary.ru/pgjddz>
13. *Szirmai A., Verspagen B.* Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950–2005 // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2015. Vol. 34. P. 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.06.002>
14. *Martin R.* Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks // *Journal of Economic Geography*. 2012. Vol. 12. Iss. 1. P. 1–32. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbr019>
15. *Okunev I.Yu., Lopatina V.R.* The Neighbourhood Effect in Russian Regional Policies: Autocorrelation and Cluster Analysis // *RUDN Journal of Political Science*. 2022. Vol. 24. Iss. 4. P. 634–650. EDN: <https://elibrary.ru/gohmyy>. <https://doi.org/10.22363/2313-1438-2022-24-4-634-650>
16. *Дорошенко Ю.А., Старикова М.С., Ряпухина В.Н.* Выявление моделей индустриально-инновационного развития региональных экономических систем // *Экономика региона*. 2022. Т. 18. № 1. С. 78–91. EDN: <https://elibrary.ru/umtons>. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-6>
17. *Modica M., Reggiani A., Nijkamp P.* Vulnerability, resilience and exposure: methodological aspects and an empirical application to shocks. 2018. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:srt:wpaper:1318>
18. *Бенц Д.С.* Оценка социально-экономического иммунитета Челябинской области // *Вестник Челябинского государственного университета*. 2021. № 6(452). С. 122–131. EDN: <https://elibrary.ru/cziyii>. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2021-10614>
19. *Hill E., Clair T.St., Wial H., Wolman H., Atkins P., Blumenthal P., Ficenec S., Friedhoff A.* Economic Shocks and Regional Economic Resilience. Building Resilient Regions Network. Institute of Governmental Studies University of California. 2011. URL: [http://brr.berkeley.edu/brr\\_workingpapers/2011-03-hill\\_et\\_al-conference\\_economic\\_shocks\\_regional\\_economic\\_resilience.pdf](http://brr.berkeley.edu/brr_workingpapers/2011-03-hill_et_al-conference_economic_shocks_regional_economic_resilience.pdf)
20. *Boschma R.* Towards an evolutionary perspective on regional resilience // *Regional Studies*. 2015. Vol. 49. Iss. 5. P. 733–751. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.959481>
21. *Изряднова О.И., Ковалева М.А.* Динамика и структура производства: адаптация к новым реалиям // *Экономическое развитие России*. 2023. Т. 30. № 1. С. 14–21. EDN: <https://www.elibrary.ru/lurvcj>
22. *Pendall R., Foster K.A., Cowell M.* Resilience and regions: building understanding of the metaphor // *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2010. Vol. 3. Iss. 1. P. 71–84. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsp028>
23. *Georgescu O.-M., Gross M., Kapp D., Kok C.* Do stress tests matter? Evidence from the 2014 and 2016 stress tests // *European Central Bank Working Paper* 2017. № 2054. <https://doi.org/10.2866/622534>
24. *Львова М.И.* Теоретические аспекты стресс-тестирования финансового потенциала региона // *Вестник Уральского института экономики, управления и права*. 2011. № 1(14). С. 27–31. EDN: <https://elibrary.ru/mjwqsi>
25. *Вертакова Ю.В., Плотникова Н.А.* Анализ состояния российской промышленности и ее экспортного потенциала в период пандемического кризиса // *Russian Economic Bulletin*. 2021. Т. 4. № 5. С. 179–185. EDN: <https://elibrary.ru/RYTTPG>

26. Мальцев А.А. Санкции: стресс-тест на устойчивость российской промышленности на примере Урала // Российский внешнеэкономический вестник. 2022. № 4. С. 55–74. EDN: <https://elibrary.ru/bjtiqq>. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2022-4-55-74>
27. Hodrick R.J., Prescott E.C. Postwar U.S. Business cycles: an empirical investigation // Journal of Money, Credit and Banking. 1997. Vol. 29. Iss. 1. P. 1–16. <https://doi.org/10.2307/2953682>
28. Летягина Е.Н., Перова В.И. Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем // Journal of New Economy. 2021. Т. 22. № 1. С. 71–89. EDN: <https://elibrary.ru/hvnwffq>. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-1-4>
29. Лосев В.С., Толкачева Е.В. Прогнозные модели социально-экономических показателей регионов на основе искусственных нейронных сетей // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2021. № 3(62). С. 45–52. EDN: <https://elibrary.ru/xplxfw>
30. Положенцева Ю.С., Согачева О.В., Ярошенко А.А. Прогнозирование динамики валового регионального продукта с использованием аппарата нейронных сетей // Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 36(4). С. 220–224. EDN: <https://elibrary.ru/igreiz>. <https://doi.org/10.24412/2309-4788-2021-11303>

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования 10.08.2023; принята к публикации 14.08.2023

#### Об авторах:

**Данилова Ирина Валентиновна**, доктор экономических наук, профессор; профессор, кафедра экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления; Scopus ID: 55970505600

**Резепин Александр Владимирович**, кандидат экономических наук, доцент; доцент, кафедра экономической теории, региональной экономики, государственного и муниципального управления; Scopus ID 57190415900

**Правдина Наталья Викторовна**, кандидат экономических наук; доцент, кафедра экономики промышленности и управления проектами

#### Вклад авторов:

Данилова И. В. – научное руководство, разработка теоретических и методологических положений, аналитическое сопровождение результатов апробации методики, подведение итогов исследования.

Резепин А. В. – проведение экономико-статистических расчетов и стресс-тестирования экономического развития регионов России, формирование выводов.

Правдина Н. В. – отбор и подготовка исходных данных по производственным и пространственным характеристикам регионов России, перевод элементов статьи на английский язык.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Mariotti S. A warning from the Russian–Ukrainian war: avoiding a future that rhymes with the past. *Journal of Industrial and Business Economics*. 2022; 49:761–782. <https://doi.org/10.1007/s40812-022-00219-z> (In Eng.)
2. Menshchikova V.I., Rodionova N.K., Burmistrova A.A. Production capabilities of Russian regions under new sanctions and restrictions. *Scientific notes of the Russian Academy of Entrepreneurship*. 2022; 21(4):22–32. EDN: <https://elibrary.ru/zpkgso>. <https://doi.org/10.24182/2073-6258-2022-21-4-22-32> (In Russ.)
3. Spartak A.N. Reshaping Russia's international economic cooperation amid sanctions and new challenges. *Russian foreign economic journal*. 2023; (4):9–35. EDN: <https://www.elibrary.ru/bpmqhs>. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-4-9-35> (In Russ.)
4. Piskun E.I., Khokhlov V.V. Economic development of the Russian Federation regions: factor-cluster analysis. *Economy of regions*. 2019; 15(2):363–376. EDN: <https://elibrary.ru/lqiobh>. <https://doi.org/10.17059/2019-2-5> (In Russ.)
5. Treyvish A.I. Uneven and structurally diverse spatial development of economy as a scientific problem and Russian reality. *Spatial economics*. 2019; 15(4):13–35. EDN: <https://elibrary.ru/mbivcx>. <https://doi.org/10.14530/se.2019.4.013-035> (In Russ.)
6. Khasanov A.E. VUCA- and BANI-world – a new reality for Russian entrepreneurship. *Moscow Economic Journal*. 2023; 8(4):37. EDN: <https://elibrary.ru/enuqih>. [https://doi.org/10.55186/2413046X\\_2023\\_8\\_4\\_152](https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_4_152) (In Russ.)

7. Norrbin S.C., Schlagenhauf D.E. The role of international factors in the business cycle: a multi-country study. *Journal of International Economics*. 1996; 40(1-2):85–104. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(95\)01385-7](https://doi.org/10.1016/0022-1996(95)01385-7) (In Eng.)
8. Agwu F.A. *Foreign Policy in the Age of Globalization, Populism and Nationalism. A New Geopolitical Landscape*. Singapore: Springer Verlag, 2021. 485 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-3372-0> (In Eng.)
9. Ivanov P.A. To the question of the method of the express assessment of the stability of the economy of the territories to external shocks. *Economics and Business: theory and practice*. 2022; (6-1(88)):172–175. EDN: <https://elibrary.ru/gntgfc>. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-6-1-172-175> (In Russ.)
10. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D. Resilience of economic systems in the age of globalization and sudden shocks. *Vestnik Instituta Ekonomiki Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2021; (5):93–115. EDN: <https://elibrary.ru/wsghuz>. [https://doi.org/10.52180/2073-6487\\_2021\\_5\\_93\\_115](https://doi.org/10.52180/2073-6487_2021_5_93_115) (In Russ.)
11. Pesotsky A.A. Economic shock and shock resistance (resilience): interrelation of the concepts. *Theory and practice of social development*. 2021; (8(162)):55–60. EDN: <https://elibrary.ru/xdmiwu>. <https://doi.org/10.24158/tipor.2021.8.8> (In Russ.)
12. Bogachev Yu.S., Bekulova S.R., Trifonov P.V. Problems of foreign economic activity in the conditions of increasing geopolitical acuity. *Polyot. All-Russian Scientific-Technical Journal*. 2022; (10):29–37. EDN: <https://elibrary.ru/pgjddz> (In Russ.)
13. Szirmai A., Verspagen B. Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2015; 34:46–59. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.06.002> (In Eng.)
14. Martin R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*. 2012; 12(1):1–32. <https://doi.org/doi:10.1093/jeg/lbr019> (In Eng.)
15. Okunev I.Yu., Lopatina V.R. The Neighbourhood Effect in Russian Regional Policies: Autocorrelation and Cluster Analysis. *RUDN Journal of Political Science*. 2022; 24(4):634–650. EDN: <https://elibrary.ru/gohmyy>. <https://doi.org/10.22363/2313-1438-2022-24-4-634-650> (In Eng.)
16. Doroshenko Yu.A., Starikova M.S., Ryapukhina V.N. Identification of industrial and innovative development models of regional economic systems. *Economy of regions*. 2022; 18(1):78–91. EDN: <https://elibrary.ru/umtons>. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-6> (In Russ.)
17. Modica M., Reggiani A., Nijkamp P. Vulnerability, resilience and exposure: methodological aspects and an empirical application to shocks. 2018. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:srt:wpaper:1318> (In Eng.)
18. Benz D.S. Assessment of socio-economic immunity of the Chelyabinsk region. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2021; 6(452):122–131. EDN: <https://elibrary.ru/cziyii>. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2021-10614> (In Russ.)
19. Hill E., Clair T.St., Wial H., Wolman H., Atkins P., Blumenthal P., Ficene S., Friedhoff A. Economic Shocks and Regional Economic Resilience. Building Resilient Regions Network. Institute of Governmental Studies University of California. 2011. URL: [http://brr.berkeley.edu/brr\\_workingpapers/2011-03-hill\\_et\\_al-conference\\_economic\\_shocks\\_regional\\_economic\\_resilience.pdf](http://brr.berkeley.edu/brr_workingpapers/2011-03-hill_et_al-conference_economic_shocks_regional_economic_resilience.pdf) (In Eng.)
20. Boschma R. Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Regional Studies*. 2015; 49(5):733–751. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.959481> (In Eng.)
21. Izryadnova O.I., Kovaleva M.A. Dynamics and structure of production: adaptation to new realities. *Russian economic developments*. 2023; 30(1):14–21. EDN: <https://www.elibrary.ru/lurvcj> (In Russ.)
22. Pendall R., Foster K.A., Cowell M. Resilience and regions: building understanding of the metaphor. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2010; 3(1):71–84. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsp028> (In Eng.)
23. Georgescu O.-M., Gross M., Kapp D., Kok C. Do stress tests matter? Evidence from the 2014 and 2016 stress tests. *European Central Bank Working Paper*. 2017; 2054. <https://doi.org/10.2866/622534> (In Eng.)
24. Lyvova M.I. Theoretical aspects of the regional finance potential stress-testing. *Bulletin of the Ural Institute of Economics, Management and Law*. 2011; (1(14)):27–31. EDN: <https://elibrary.ru/mjwqsi> (In Russ.)
25. Vertakova Yu.V., Plotnikova N.A. The analysis of Russian industry and export in pandemic crises. *Russian Economic Bulletin*. 2021; 4(5):179–185. EDN: <https://elibrary.ru/rytptg> (In Russ.)

26. Maltsev A.A. Sanctions: stress test of Russian's industrial sector (the Ural case). *Russian foreign economic journal*. 2022; (4):55–74. EDN: <https://elibrary.ru/bjtiqg>.  
<https://doi.org/10.24412/2072-8042-2022-4-55-74> (In Russ.)
27. Hodrick R.J., Prescott E.C. Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*. 1997; 29(1):1–16. <https://doi.org/10.2307/2953682> (In Eng.)
28. Letiagina E.N., Perova V.I. Neural network modeling of regional innovation ecosystems. *Journal of New Economy*. 2021; 22(1):71–89. EDN: <https://elibrary.ru/hvnwfg>.  
<https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-1-4> (In Russ.)
29. Losev V.S., Tolkacheva E.V. Forecast models of social and economic indicators of the region based on artificial neural networks. *Bulletin of the Pacific State University*. 2021; (3(62)):45–52.  
EDN: <https://elibrary.ru/xplxfw> (In Russ.)
30. Polozhentseva Yu.S., Sogacheva O.V., Yaroshenko A.A. Forecasting the dynamics of the gross regional product using the neural network apparatus. *Natural-Humanitarian research*. 2021; (36(4)):220–224.  
EDN: <https://elibrary.ru/igreiz>. <https://doi.org/10.24412/2309-4788-2021-11303> (In Russ.)

The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 10.08.2023; accepted for publication 14.08.2023

*About the authors:*

**Irina V. Danilova**, Doctor of Economic Sciences, Professor; Professor of the Department of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management; Scopus ID: 55970505600

**Aleksandr V. Rezepin**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; Associate Professor of the Department of Economic Theory, Regional Economics, State and Municipal Management; Scopus ID 57190415900

**Natalya V. Pravdina**, Candidate of Economic Sciences; Associate Professor of the Department of Industrial Economics and Project Management

*Contribution of the authors:*

Danilova I. V. – scientific guidance, development of the theoretical and methodological provisions, analytical support of the results of the approbation of the methodology, summing up the results of the study.

Rezepin A. V. – conducting economic and statistical calculations and stress testing of the economic development of the Russian regions, forming conclusions.

Pravdina N. V. – selection and preparation of initial data on the production and spatial characteristics of the regions of Russia, translation of the elements of the article into English.

*All authors have read and approved the final manuscript.*