

# ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.15838/ptd.2026.3.143.2

УДК 332.1 | ББК 65.04

© Куклина Е.А., Ульзетуева Д.Д.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОГО МАКРОРЕГИОНА



### ЕВГЕНИЯ АНАТОЛЬЕВНА КУКЛИНА

Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации  
Институт проблем региональной экономики РАН  
Санкт-Петербург, Российская Федерация  
e-mail: kuklina-ea@ranepa.ru  
ORCID: 0000-0003-0457-2658; ResearcherID: ABJ-0748-2022



### ДАРИМА ДАМДИНОВНА УЛЬЗЕТУЕВА

Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации  
Санкт-Петербург, Российская Федерация  
e-mail: ulzetueva-dd@ranepa.ru  
ORCID: 0000-0003-2216-835X; ResearcherID: A-9644-2018

*Актуальность темы исследования определяется значением и ролью арктического потенциала для решения стратегических задач России в современных условиях вызовов и угроз, а также возможностями моделирования в формировании качественной базы для принятия управленческих решений с целью повышения эффективности государственного управления. В Арктическом макрорегионе реализуются принципиально новые инфраструктурные и производственные решения, которые в дальнейшем могут быть масштабированы, что обуславливает значимость моделирования развития Арктической зоны Российской Федерации на основе современных методов анализа данных. При моделировании развития Арктического макрорегиона необходимо учитывать такие особенности, как ограниченность и фрагментарность собираемой информации, а также сложность интеграции разнородных данных (экономических, социальных, экологических и др.). В связи с этим реализация комплекса задач моделирования на основе современных методов анализа данных требует различных подходов (эконометрическое моделирование,*

**Для цитирования:** Куклина Е.А., Ульзетуева Д.Д. (2026). Моделирование развития Арктического макрорегиона // Проблемы развития территории. Т. 30. № 3. С. 10–29. DOI: 10.15838/ptd.2026.3.143.2

**For citation:** Kuklina E.A., Ulzetueva D.D. (2026). Modeling the development of the Arctic macro-region. *Problems of Territory's Development*, 30(3), 10–29. DOI: 10.15838/ptd.2026.3.143.2

когнитивные технологии, методы машинного обучения и анализа больших данных), позволяющих анализировать сложные социально-экономические, экологические и инфраструктурные процессы. Сочетание различных методологических подходов дает возможность обеспечить точность модели, которая может быть использована при разработке стратегий устойчивого развития арктических территорий, планировании инфраструктурных проектов и принятии управленческих решений. Цель исследования состояла в изучении возможностей моделирования развития Арктического макрорегиона с помощью современных методов анализа данных. Поставленная цель определила задачи исследования: проанализировать результаты исследований в данной предметной области; рассмотреть метод кластеризации (кластерный анализ) как один из эффективных методов обоснования управленческих решений по реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации; выявить перспективные направления будущих исследований. В ходе работы использовались системный подход, логический анализ, синтез, контент-анализ открытых источников, регрессионный анализ, кластерный анализ. Информационную базу составили данные Росстата по арктическим регионам за период 2015–2023 гг. В результате исследования обоснована целесообразность применения процедуры иерархической кластеризации, реализованной с помощью программы для анализа данных JASP. В ходе кластерного анализа все арктические регионы России по признаку близости значений удельного ВРП сгруппировались в два кластера, что позволяет выполнять последующий регрессионный анализ внутри каждого кластера с получением более точных результатов. В качестве перспективного направления исследований предложено использование методологии синтетического контроля, позволяющей создать альтернативный сценарий развития макрорегиона для сравнения с реальным развитием и оценки экономического эффекта от реализации комплекса стратегических решений государства. Научная новизна исследования заключается в совершенствовании подхода к моделированию развития Арктического макрорегиона с использованием методов предиктивной (прогнозной) аналитики, таких как регрессионный анализ, метод временных рядов, кластеризация. Практическая значимость результатов определяется возможностью их применения органами государственной власти и управления для разработки прогнозов развития Арктической зоны.

*Региональное развитие, Арктический макрорегион, моделирование, прогноз, эконометрическая модель, данные, предиктивная аналитика, кластерный анализ.*

## **БЛАГОДАРНОСТЬ**

*Исследование выполнено в рамках инициативной НИР Северо-Западного института управления РАНХиГС при Президенте РФ «Оценка перспектив сотрудничества государств Форума БРИКС в экономическом пространстве Арктики (в контексте обновления институтов глобального управления)», номер в системе ЕГИСУ НИОКТР 125022002759-3 от 20.02.2025.*

## **Введение**

Цели, задачи и приоритеты развития Арктической зоны России зафиксированы в таких документах стратегического характера, как Указ Президента РФ от 26 октября 2020 года № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года», «Основы государственной политики в Арктике до 2035 года» (утв. Указом Президента РФ от 5 марта 2020 года № 164), Распоряжение

Правительства РФ от 27 октября 2025 года № 3014-р о долгосрочных планах комплексного социально-экономического развития опорных населенных пунктов Арктической зоны на период до 2035 года, Стратегия государственной национальной политики России на период до 2036 года (распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2025 года № 4147-р). Согласно этим документам, одним из стратегических приоритетов Российской Федерации является освоение

экономического потенциала Арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ) с целью сбалансированного регионального развития, что представляет собой достаточно сложную задачу: Арктический макрорегион как пространство для экономической деятельности имеет специфические особенности естественно-природного (суровый климат, удаленность от центра) и социально-экономического (низкая плотность населения, недостаточный уровень развития транспортной и социальной инфраструктуры, неравномерность промышленно-хозяйственного освоения отдельных территорий) характера. Отдельно следует отметить высокую ресурсоемкость хозяйственной деятельности в Арктике, а также устойчивую географическую, историческую и экономическую связь с Северным морским путем, который в настоящее время является доминантой развития Арктического макрорегиона.

Особенности экономической деятельности формируют специфику арктических проектов: сложные условия осуществления производственной деятельности; использование механизма государственно-частного партнерства с привлечением заемного финансирования; хрупкость арктической экосистемы и ее предельная уязвимость (Куклина, 2025). Хрупкость и уязвимость экосистемы Арктики делают критически важным решение задачи обеспечения экологической безопасности хозяйственной деятельности (Greaves, 2016).

Одним из ключевых факторов регионального развития северных регионов является дифференциация социально-экономической среды (Skufina et al., 2018). Анализ протекающих процессов, определение перспектив развития Арктического макрорегиона формируют выбор инструментов государственной политики (Арктическое пространство ..., 2016; Schach, Madlener, 2018). Но развитие здесь – это всегда «компромисс между необходимостью, с одной стороны, обеспечения защиты окружающей среды и приспособлением к последствиям климатических изменений и, с другой стороны, необходимостью развития хозяйственной деятельности» (Хайнинен, 2020).

Современная арктическая политика России ориентирована на формирование условий и рамок запуска инновационных проектов как основы решения всех остальных задач развития АЗРФ. В настоящее время в Арктическом макрорегионе реализуются принципиально новые инфраструктурные и производственные решения, которые в дальнейшем могут быть масштабированы как в субарктических регионах, так и по всей стране в целом. Это обуславливает значимость моделирования развития АЗРФ на основе современных методов анализа данных. Использование моделей позволит сформировать максимально достоверную и качественную базу для принятия управленческих решений, чтобы повысить эффективность государственного управления и стратегирования. Моделирование ВРП и ВВП позволяет идентифицировать факторы, которые необходимо оптимизировать в первую очередь, так как это может стать решающим рычагом для ускорения экономического роста регионов и страны в целом.

Цель настоящего исследования состояла в изучении возможностей моделирования развития Арктического макрорегиона с использованием современных методов анализа данных. Поставленная цель определила задачи исследования: проанализировать результаты исследований в данной предметной области; рассмотреть метод кластеризации (кластерный анализ) как один из эффективных способов обоснования управленческих решений по реализации Стратегии развития АЗРФ; выявить перспективные направления будущих исследований.

### **Методологические подходы и методы исследования**

Теоретической и методологической основой исследования явились труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам развития АЗРФ в части анализа, прогнозирования и моделирования. В качестве методической основы исследования использовались системный подход, логический анализ, синтез, контент-анализ открытых источников, регрессионный анализ, кластерный анализ.

С целью повышения точности оценок для принятия управленческих решений в отношении развития АЗРФ предлагается комплексное использование методов предиктивной аналитики, включающее два последовательных этапа: на первом этапе выполняется процедура иерархической кластеризации (например, с помощью программы для анализа данных JASP2); на втором этапе внутри каждого выделенного кластера выполняется регрессионный анализ с помощью интегрированной модели авто-регрессии по методу скользящего среднего для анализа и прогнозирования временных рядов ARIMA (0, 1, 0) с Drift в Python 3.

### **Степень изученности и проработанности проблемы**

Ключевым механизмом достижения стратегических интересов и обеспечения национальной безопасности в АЗРФ являются опорные зоны развития (далее – ОЗР), развивающиеся как целостные проекты, включающие транспортные, промышленные и социальные проекты. Если рассматривать ОЗР в контексте реализации ресурсных проектов (Экономика ..., 2020), что представляется логичным, учитывая мощный природно-ресурсный потенциал макрорегиона и значимость его освоения для решения стратегических задач государства, то в границах АЗРФ можно выделить семь зон развития (Кольская, Архангельская, Таймыро-Туруханская, Ямало-Ненецкая, Чукотская, Северо-Якутская, Ненецкая), которые различаются как по количественным (площадь территории, численность населения и др.), так и по качественным (экономический потенциал, уровень социально-экономического развития, ВРП и пр.) метрикам.

Эволюция нормативного экономического и пространственного образа ОЗР подробно представлена в исследовании специалистов Института социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН (Дмитриева, Бурый, 2019). В целях анализа деятельности хозяйствующих субъектов и разработки прогнозов развития на

территории АЗРФ выделяют опорные, базовые и промышленные населенные пункты, отличающиеся составом экономических субъектов и численностью населения (Фаузер и др., 2019). Базовой таксономической единицей ОЗР являются опорные населенные пункты (далее – ОНП), которые выполняют несколько функций: стратегическую, включая обеспечение безопасности; административно-управленческую; научно-исследовательскую; обеспечение доступности для жителей объектов всех видов инфраструктуры; размещение уникальных предприятий; развитие культуры (Марача, Красникова, 2024).

Таким образом, в качестве объекта моделирования для разработки прогнозов и стратегий социально-экономического развития могут выступать (перечисляем в порядке увеличения их площади как геометрической характеристики): ОНП; ОЗР; арктический регион (субъект РФ); группа регионов, выделенная по каким-либо признакам; АЗРФ в целом.

Считаем необходимым отметить достигнутые и перспективно значимые результаты исследований в данной предметной области.

Так, в работе (Земсков и др., 2022) на основе регрессионного анализа выполнена оценка экономического вклада АЗРФ в общее экономическое развитие страны и построена линейная модель зависимости ВВП от индикаторов развития. Достоинством этого исследования, по нашему мнению, является корректировка оценочных показателей (индикаторов развития) с использованием поправочного коэффициента, рассчитываемого исходя из количества административно-территориальных единиц, относящихся к АЗРФ.

В статье (Смиреникова и др., 2019) использованы два противоположных подхода: 1) индивидуализация сценариев социально-экономического развития территорий АЗРФ; 2) разработка обобщенных моделей, учитывающих принципиальные сходства субъектов АЗРФ. Авторы все арктические регионы объединяют в три группы, предлагают три показателя развития арктиче-

ских социо-эколого-экономических систем и строят регрессионные модели. В качестве достоинства полученных результатов считают необходимым отметить тот факт, что авторами была выполнена группировка регионов по соответствующим признакам, т. е. их агрегирование. Таким образом, далее в целях анализа и прогнозирования можно оперировать не локальными данными по отдельным регионам, а по их совокупности.

В работе (Киккас, 2015) представлена модель из шести эконометрических уравнений для анализа устойчивого развития Чукотского АО<sup>1</sup>. Для моделирования развития устойчивого типа предложена авторская версия содержания категории «устойчивое развитие пространства региона» как управляемого процесса развития трех сфер жизнедеятельности человека (производство, социум, природопользование). Автор определяет индикаторы устойчивого развития в разрезе трех сфер: производственное развитие, развитие социальной сферы, состояние сферы природопользования. Основная идея автора состояла в формировании набора индикаторов, отражающих устойчивость развития в каждой из анализируемых сфер. Предлагаемый подход, с одной стороны, интуитивно понятен и достаточно легко реализуем на практике для оценки и анализа, но с другой – он не позволяет построить комплексную модель, учитывающую все эти сферы как единое целое, как систему, состоящую из трех подсистем (экономической, социальной и экологической)<sup>2</sup>. Автор делает вывод о том, что методологические принципы построения модели и результаты ее решения могут в дальнейшем успешно использоваться при разработке стратегии устойчивого развития муниципального образования, отдельного арктического региона или совокупности всех арктических регионов Российской Федерации. Как нам представляется, такой вывод не является

корректным в силу того, что все регионы разные, отличаются своими метриками, и не может быть универсальной модели, применимой ко всем в одинаковой степени, тем более к АЗРФ в целом.

В исследовании (Диденко, Скрипнюк, 2014) представлен подход к моделированию устойчивого социально-экономического развития регионов АЗРФ с использованием системы эконометрических уравнений, формулируется концепция региональной типологизации арктических территорий, а также обосновывается модель роста и развития арктических регионов с учетом типа территории. Таким образом, предлагаемые модели учитывают специфику объекта исследования – региона определенного типа, что позволяет получить более точные результаты.

В работе (Антипов, 2019) на основе ADL-модели построена модель инновационной экономики для Ямало-Ненецкого автономного округа, в основу которой положены результаты ранее выполненных исследований (Didenko, Kunze, 2014; Romashkina et al., 2017). Разработанная модель представляет систему эконометрических уравнений, отражающих совокупность ключевых индикаторов, позволяющих создать инновационную экономику, а также факторов, оказывающих значимое влияние на достижение этой цели. К сильным сторонам выполненного исследования необходимо отнести достаточно представительную совокупность факторов, включающую пять эндогенных и восемь экзогенных факторов.

В продолжение исследований в данной предметной области этим же автором была построена модель на основе нейронных сетей для трех сфер Мурманской области (Антипов, 2022). Преимущество такого подхода к моделированию обусловлено возможностью быстрого построения модели с любым заданным числом скрытых слоев

<sup>1</sup> В виде ADL-модели.

<sup>2</sup> В данном контексте необходимо отметить, что эта проблема рассматривалась ранее в статье «Сравнение региональных оценок устойчивости с помощью систем индикаторов: осуществимо или нет?» (Zeijl-Rozema et al., 2011), но однозначного ответа так и не было получено; мы придерживаемся точки зрения, согласно которой ответ на этот вопрос, скорее всего, отрицательный.

и входных переменных. Модель способна к масштабированию и практически неограниченному увеличению объема данных, эффективность ее применения объясняется охватом оцениваемых факторов. Перспективным вектором исследований в данной предметной области автор считает разработку «более глобальных кластерных моделей, описывающих не только отдельные регионы, но и всю арктическую зону в целом» (Антипов, 2022, с. 156), и в этом мы его полностью поддерживаем.

В последние годы для моделирования макроэкономических показателей региона и прогноза ВВП стали достаточно успешно применяться методы машинного обучения. Так, например, в работе (Adewale et al., 2024) рассмотрены ансамблевые методы (Random Forest Regressor, XGBoost Regressor и Linear Regression), наиболее надежным был признан Random Forest Regressor: коэффициент детерминации равен 0,96; средняя абсолютная ошибка (MAE) составляет 24,29.

В исследовании (Майкова и др., 2025) для прогнозирования ВРП использованы методы машинного обучения с применением языка программирования Python. Выбор экзогенных переменных, сочетающих как традиционные экономические показатели, так и факторы цифровизации (объем инвестиций в основной капитал, направленных на приобретение информационного, компьютерного и телекоммуникационного оборудования; доля занятых в секторе ИКТ в общей численности занятого населения и др.), позволил учесть современные тенденции цифровой трансформации регионального развития, что является несомненным достоинством данного исследования.

В завершение краткого обзора степени изученности и проработанности темы считаем необходимым отметить некоторый пробел в научном знании, обусловленный практическим отсутствием моделей, описывающих в целом АЗРФ. Наше исследование представляет собой попытку ликвидации этого пробела.

## Результаты и их обсуждение

Решения по развитию экономических систем любого уровня опираются, как правило, на результаты предиктивной аналитики и ориентированы главным образом на точность полученных результатов и количество рассматриваемых факторов. Ключевая идея предиктивной аналитики как подхода к анализу данных, позволяющего предугадывать будущие события (действия) на основании уже существующих (произошедших), состоит в том, что прошлые данные содержат закономерности, которые можно использовать для предсказания будущего. Появление новых инструментов анализа данных и машинного обучения позволяет проводить более глубокий анализ на основе структурированной информации.

В настоящее время существует три группы методов предиктивной аналитики:

- классические статистические методы, основанные на расчете по математическим формулам, подбираемым в зависимости от типа задачи (регрессионный анализ, кластеризация, анализ временных рядов и др.);

- методы машинного обучения – предсказания с помощью автоматизированных алгоритмов, использующих исторические данные (деревья решений, нейронные сети и др.);

- большие языковые модели – решения, полученные с помощью нейронных сетей, которые обучаются на информации из интернета или предоставленных им данных.

Метод кластеризации (кластерный анализ) представляет собой метод обработки данных посредством разделения большой группы объектов на малые группы на основе схожести: каждый кластер включает максимально схожие между собой объекты, а объекты разных кластеров при этом существенно отличаются<sup>3</sup>.

Кластерный анализ ранее успешно применялся нами в целях обоснования предложений по развитию форм организации туризма в Китае на основе пространственного подхода, предполагающего создание тури-

<sup>3</sup> Seol H. (2025). SnowCluster: Multivariate Analysis. (Version 7.4.8) [jamovi module]. URL: <https://github.com/hyunsooseol/snowCluster>

стических макро-территорий, и инструмента «мастер-план»; был использован Random Forest Regressor (метод «случайного леса»), который реализует процедуру анализа данных через «деревья решений» (Куклина и др., 2025).

Информационную базу для экономико-математического моделирования развития АЗРФ в настоящем исследовании составили данные Росстата за период 2015–2023 гг. по девяти субъектам АЗРФ.

Для выбора метрики схожести была построена трехфакторная модель и рассчи-

таны коэффициенты корреляции (табл. 1) между результирующим показателем – ВРП арктических регионов ( $Y$ ) и тремя переменными: удельный ВРП ( $X_1$ ); среднемесячная поминальная заработная плата работников по полному кругу организаций в целом по экономике ( $X_2$ ); внутренние затраты на научные исследования и разработки ( $X_3$ ).

Регрессионная статистика и результаты регрессионного анализа трехфакторной линейной модели представлены на рисунке 1.

Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунке 2.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции для факторов  $X_i$

| ВРП на душу населения, тыс. руб. | Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций в целом по экономике, руб. | Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн руб. |
|----------------------------------|--|---|
| $X_1$                            | $X_2$  | $X_3$   |
| 0,9637583                        | 0,918878   | 0,947745  |

Источник: составлено авторами.

| Регрессионная статистика |              |                    |              |             |                     |             |              |               |
|--------------------------|--------------|--------------------|--------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|---------------|
| Множественный R          | 0.981        |                    |              |             |                     |             |              |               |
| R-квадрат                | 0.962        |                    |              |             |                     |             |              |               |
| Нормированный R-квадрат  | 0.943        |                    |              |             |                     |             |              |               |
| Стандартная ошибка       | 1724.145     |                    |              |             |                     |             |              |               |
| Наблюдения               | 10           |                    |              |             |                     |             |              |               |
| Дисперсионный анализ     |              |                    |              |             |                     |             |              |               |
|                          | <i>df</i>    | <i>SS</i>          | <i>MS</i>    | <i>F</i>    | <i>Значимость F</i> |             |              |               |
| Регрессия                | 3            | 448980173.3        | 149660057.8  | 50.34525032 | 0.000120251         |             |              |               |
| Остаток                  | 6            | 17836048.9         | 2972674.817  |             |                     |             |              |               |
| Итого                    | 9            | 466816222.2        |              |             |                     |             |              |               |
|                          | Коэффициенты | Стандартная ошибка | t-статистика | P-Значение  | Нижние 95%          | Верхние 95% | Нижние 95.0% | Верхние 95.0% |
| Y-пересечение            | 115751.2718  | 6136.461094        | 18.86287064  | 1.43413E-06 | 100735.8925         | 130766.6512 | 100735.8925  | 130766.6512   |
| Переменная X1            | 0.039093822  | 0.02035194         | 1.92088919   | 0.103138892 | -0.010705582        | 0.088893226 | -0.010705582 | 0.088893226   |
| Переменная X2            | 0.02325724   | 0.010647696        | 2.184250945  | 0.071640246 | -0.002796734        | 0.049311214 | -0.002796734 | 0.049311214   |
| Переменная X3            | -0.026400099 | 0.022018481        | -1.198997276 | 0.275728887 | -0.080277382        | 0.027477184 | -0.080277382 | 0.027477184   |

Рис. 1. Результаты регрессионного анализа трехфакторной линейной модели  
Источник: составлено авторами.

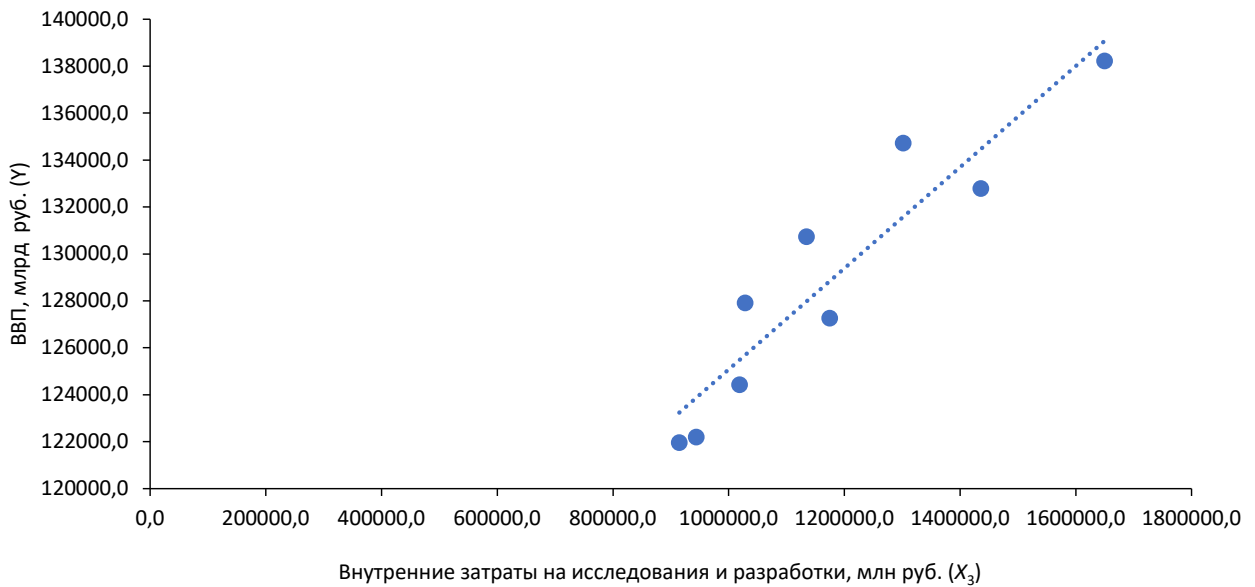
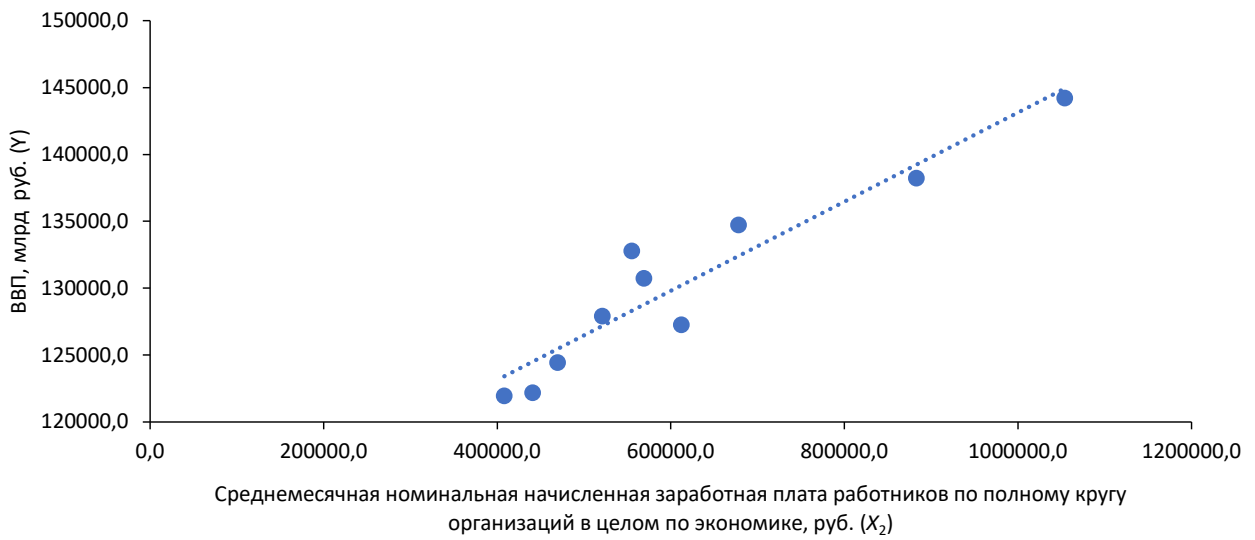
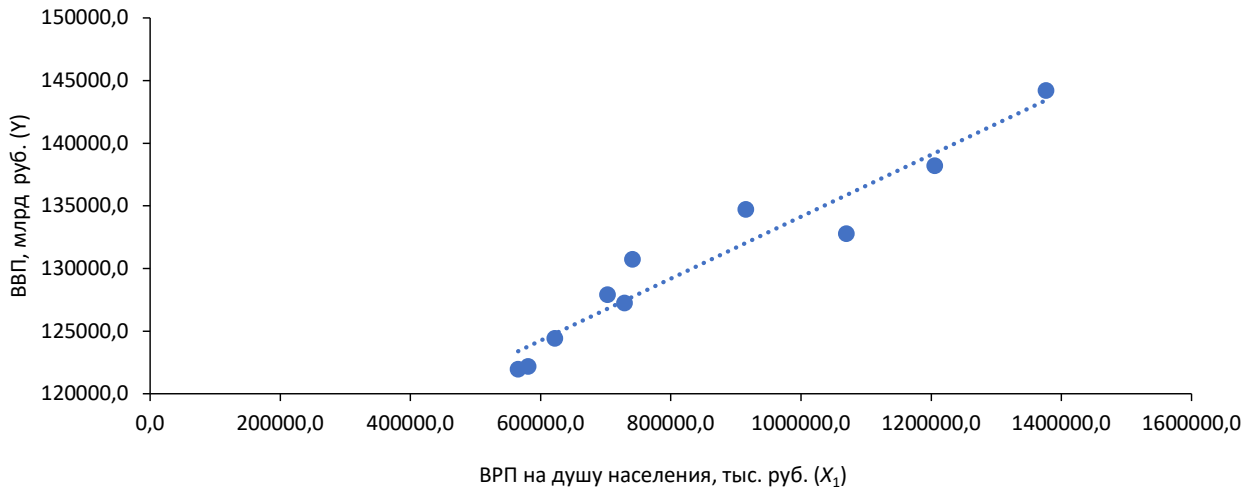


Рис. 2. Графическая интерпретация результатов регрессионного анализа

Источник: составлено авторами.

Полученные результаты позволили нам выбрать в качестве признака схожести показатель  $X_1$  с наибольшим коэффициентом корреляции (0,964). Таким образом, показатель удельного ВРП (т. е. подушевой ВРП) был далее использован при выполнении кластерного анализа Ward.D2, основанного на процедуре иерархической кластеризации и расчете евклидова значения для двух выделенных кластеров (рис. 3).

Визуализация результатов выполненной иерархической кластеризации представлена на дендрограмме (рис. 4).

Таким образом, в первый кластер вошли пять арктических регионов, во второй кластер – четыре региона АЗРФ. При этом

большая часть субъектов первого кластера (60%) – староосвоенные регионы Арктики (республики Коми и Карелия, Архангельская область), характеризующиеся средним уровнем экономического развития при развитой обрабатывающей промышленностью, негативными демографическими тенденциями, недостаточной хозяйственной и транспортной освоенностью территории, низким уровнем жизни населения. Половина регионов второго кластера – два автономных округа (Ямало-Ненецкий и Чукотский) с высокими уровнями экономического развития и жизни населения, но имеющие низкие уровни хозяйственной освоенности территории и транспортной доступности.

| Cluster No | Count | Variables | Cases | Distances | Clustering method |
|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------------------|
| 1          | 5     |           |       |           |                   |
| 2          | 4     | 8         | 9     | euclidean | Ward.D2           |

Рис. 3. Результаты иерархической кластеризации данных

Источник: составлено авторами.

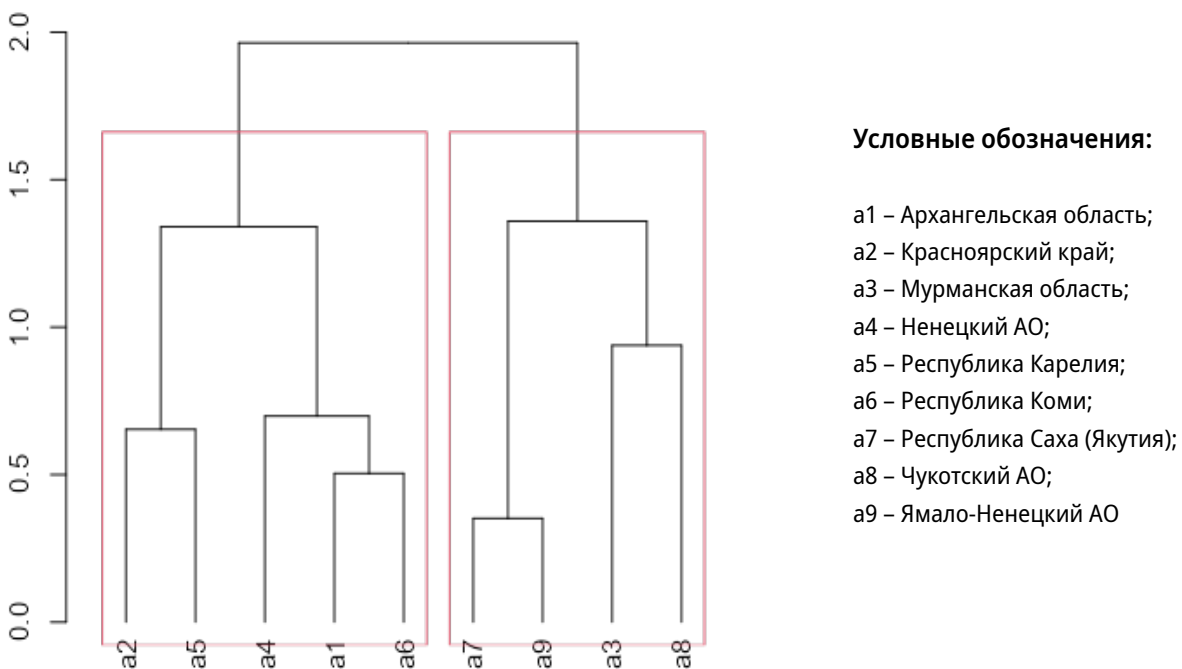


Рис. 4. Дендрограмма по регионам Арктической зоны Российской Федерации

Источник: составлено авторами.

По итогам регрессионного анализа видно, что величина достоверности аппроксимации  $R^2$  по двум кластерам практически одинакова как для варианта без обработки данных (рис. 5а), так и с обработкой данных (рис. 5б).

Для более продвинутой аналитики следует для двух кластеров выполнить прогноз с помощью интегрированной модели авторегрессии по методу скользящего среднего ARIMA (0, 1, 0) с Drift в Python 3. В результате этого для обоснования управленческих

решений можно получить более точные данные, адекватные внутренней структуре объектов двух кластеров, нежели данные регрессионного анализа, полученные с использованием показателей по всем арктическим регионам в совокупности. Повышение точности прогноза в этом случае обеспечивается более структурированной и однородной информацией внутри каждой из двух совокупностей – первого кластера (рис. 6а) и второго кластера (рис. 6б).

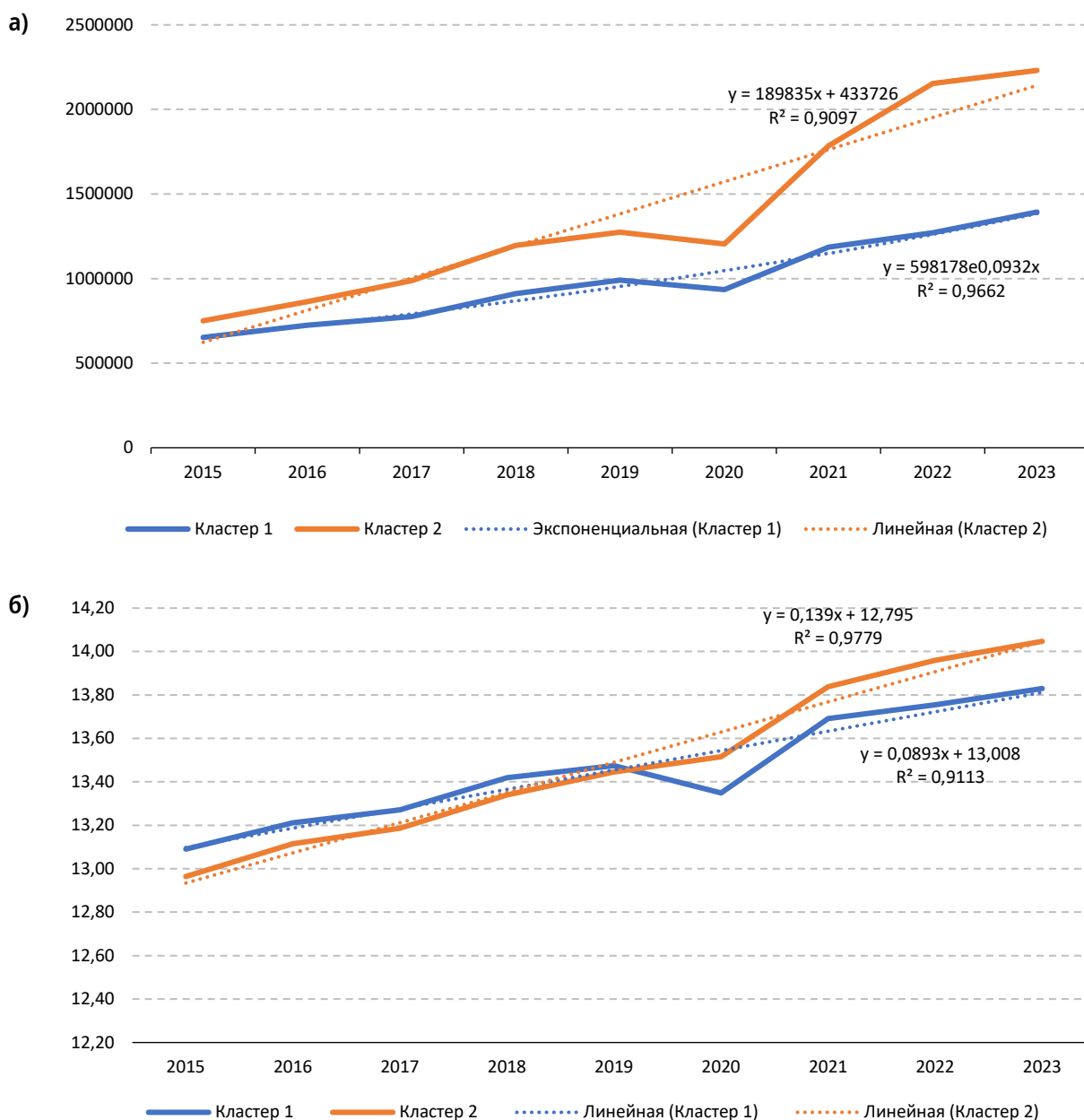
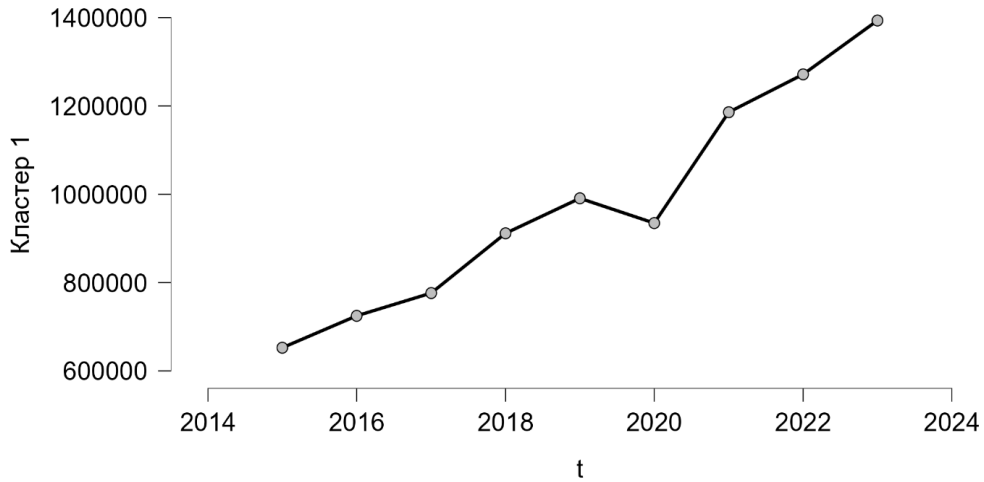


Рис. 5. Графики по двум кластерам с линией тренда и их аппроксимацией

Источник: составлено авторами.

**a) ARIMA**  
**Time Series Plot**



*Model Summary*

| $\sigma^2$             | Log-Likelihood | AICc    | AIC     | BIC     |
|------------------------|----------------|---------|---------|---------|
| 7,469×10 <sup>+9</sup> | -101,754       | 209,907 | 207,507 | 207,666 |

*Coefficients*

|       | Estimate  | Standard Error | t     | p     | 95% CI    |            |
|-------|-----------|----------------|-------|-------|-----------|------------|
|       |           |                |       |       | Lower     | Upper      |
| Drift | 92635,460 | 28582,011      | 3,241 | 0,014 | 25049,743 | 160221,177 |

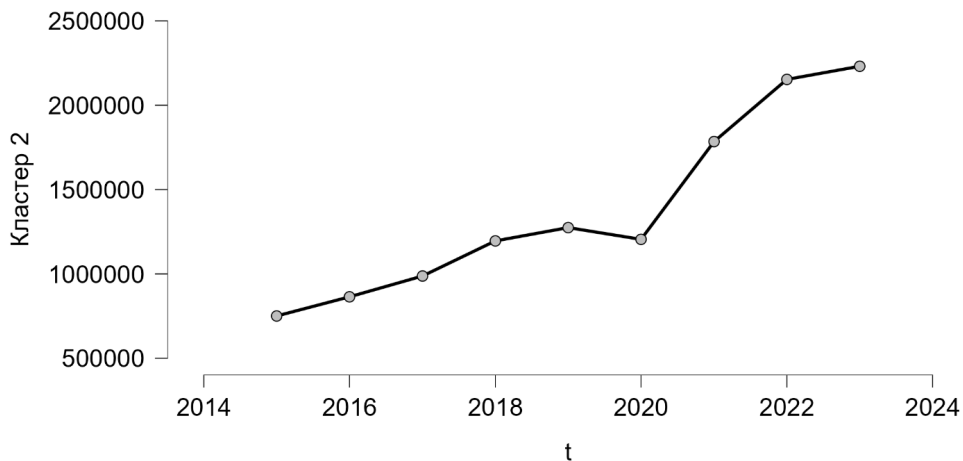
*Примечание.* An ARIMA (0, 1, 0) model was fitted.

*Stationarity Tests*

| Test  | Statistic | Truncation lag parameter | p                  | H <sub>0</sub> |
|---|-----------|--------------------------|--------------------|----------------|
| Augmented Dickey-Fuller t                     | -5,415    | 2                        | 0,010 <sup>a</sup> | Non-stationary |
| Phillips-Perron regression coefficient $\rho$ | -7,798    | 2                        | 0,623              | Non-stationary |
| Phillips-Perron studentized $\tau$            | -2,375    | 2                        | 0,429              | Non-stationary |

<sup>a</sup> The p-value is actually less than p-value shown (see Help file).

**б) ARIMA**  
**Time Series Plot**



Model Summary

| $\sigma^2$  | Log-Likelihood | AICc    | AIC     | BIC     |
|-------------|----------------|---------|---------|---------|
| 4,091×10+10 | -108,556       | 223,511 | 221,111 | 221,270 |

Coefficients

|       | Estimate   | Standard Error | t     | p     | 95% CI    |            |
|-------|------------|----------------|-------|-------|-----------|------------|
|       |            |                |       |       | Lower     | Upper      |
| Drift | 185021,234 | 66890,297      | 2,766 | 0,028 | 26850,817 | 343191,652 |

Примечание. An ARIMA (0, 1, 0) model was fitted.

Stationarity Tests

| Test  | Statistic | Truncation lag parameter | p                  | H <sub>0</sub> |
|---|-----------|--------------------------|--------------------|----------------|
| Augmented Dickey-Fuller t                     | 2,654     | 2                        | 0,990 <sup>a</sup> | Non-stationary |
| Phillips-Perron regression coefficient $\rho$ | -4,517    | 2                        | 0,843              | Non-stationary |
| Phillips-Perron studentized $\tau$            | -1,546    | 2                        | 0,745              | Non-stationary |

<sup>a</sup> The p-value is actually less than p-value shown (see Help file).

Рис. 6. Графики временных рядов по двум кластерам

Источник: составлено авторами.

Данные, полученные через временной ряд (Time Series) при использовании ARIMA (0, 1, 0), позволяют сделать вывод о том, что временные ряды для обоих кластеров нестационарны – полученные доверительные интервалы дают размытую

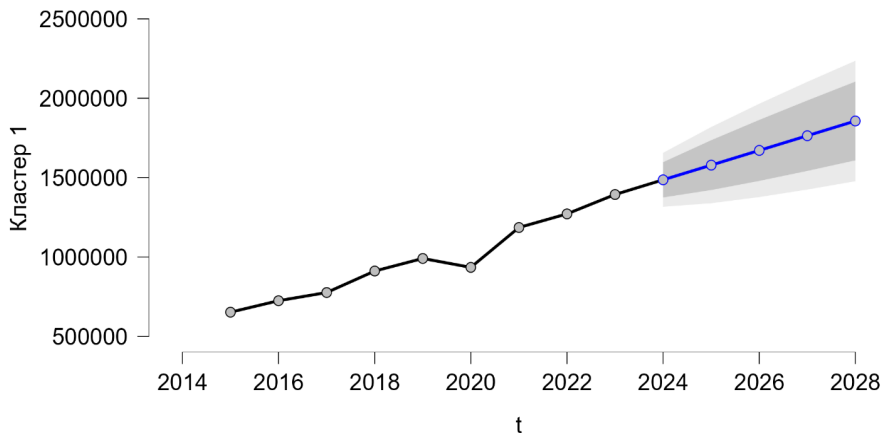
оценку из-за небольшого числа наблюдений. На графиках временных рядов показан точечный и интервальный прогноз по кластерам (Forecast Time Series Plot) (рис. 7а, 7б), их численные значения приведены в таблице 2.

Таблица 2. Точечные и интервальные оценки прогноза по кластерам

| Forecasts  |                        |                         |                        |                               |                        |
|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| t          | Кластер 1              | 80% CI (темная заливка) |                        | 95% CI (светло-серая заливка) |                        |
|            |                        | Lower                   | Upper                  | Lower                         | Upper                  |
| 2024-01-01 | 1,486×10 <sup>+6</sup> | 1,375×10 <sup>+6</sup>  | 1,597×10 <sup>+6</sup> | 1,317×10 <sup>+6</sup>        | 1,656×10 <sup>+6</sup> |
| 2025-01-01 | 1,579×10 <sup>+6</sup> | 1,422×10 <sup>+6</sup>  | 1,735×10 <sup>+6</sup> | 1,339×10 <sup>+6</sup>        | 1,818×10 <sup>+6</sup> |
| 2026-01-01 | 1,671×10 <sup>+6</sup> | 1,480×10 <sup>+6</sup>  | 1,863×10 <sup>+6</sup> | 1,378×10 <sup>+6</sup>        | 1,965×10 <sup>+6</sup> |
| 2027-01-01 | 1,764×10 <sup>+6</sup> | 1,543×10 <sup>+6</sup>  | 1,986×10 <sup>+6</sup> | 1,425×10 <sup>+6</sup>        | 2,103×10 <sup>+6</sup> |
| 2028-01-01 | 1,857×10 <sup>+6</sup> | 1,609×10 <sup>+6</sup>  | 2,104×10 <sup>+6</sup> | 1,478×10 <sup>+6</sup>        | 2,236×10 <sup>+6</sup> |
| Forecasts  |                        |                         |                        |                               |                        |
| t          | Кластер 2              | 80% CI (темная заливка) |                        | 95% CI (светло-серая заливка) |                        |
|            |                        | Lower                   | Upper                  | Lower                         | Upper                  |
| 2024-01-01 | 2,416×10 <sup>+6</sup> | 2,157×10 <sup>+6</sup>  | 2,675×10 <sup>+6</sup> | 2,019×10 <sup>+6</sup>        | 2,812×10 <sup>+6</sup> |
| 2025-01-01 | 2,601×10 <sup>+6</sup> | 2,234×10 <sup>+6</sup>  | 2,967×10 <sup>+6</sup> | 2,040×10 <sup>+6</sup>        | 3,162×10 <sup>+6</sup> |
| 2026-01-01 | 2,786×10 <sup>+6</sup> | 2,337×10 <sup>+6</sup>  | 3,235×10 <sup>+6</sup> | 2,099×10 <sup>+6</sup>        | 3,473×10 <sup>+6</sup> |
| 2027-01-01 | 2,971×10 <sup>+6</sup> | 2,453×10 <sup>+6</sup>  | 3,489×10 <sup>+6</sup> | 2,178×10 <sup>+6</sup>        | 3,764×10 <sup>+6</sup> |
| 2028-01-01 | 3,156×10 <sup>+6</sup> | 2,576×10 <sup>+6</sup>  | 3,736×10 <sup>+6</sup> | 2,270×10 <sup>+6</sup>        | 4,042×10 <sup>+6</sup> |

Источник: составлено авторами.

## a) Forecast Time Series Plot



## б) Forecast Time Series Plot

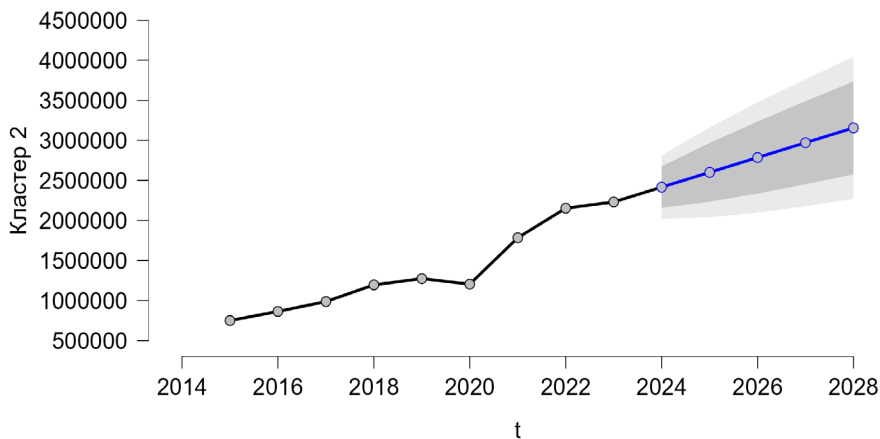


Рис. 7. Графики временных рядов по двум кластерам с прогнозом

Источник: составлено авторами.

На графиках синяя линия показывает точечный прогноз значений ВРП с 2024 по 2028 год, рассчитанный по авторегрессионной модели ARIMA (0, 1, 0). Так как наблюдаемых значений для построения моделей немного, доверительные интервалы оказываются достаточно широкими, однако при дальнейших исследованиях и увеличении объема выборки ширина доверительных интервалов может уменьшиться. В нашем случае доверительный интервал прогноза значений ВРП представлен на графиках (рис. 7а, 7б): более темная заливка показывает доверительный интервал с вероятностью 80%; светло-серая заливка – доверительный интервал с вероятностью 95%.

В таблице 2 приведены численные значения доверительных интервалов для уровней ряда с 2024 по 2028 год. С увеличением уровня ряда доверительный интервал становится более широким, поэтому прогноз по данной модели на более длительный период времени теряет смысл; для более точного прогноза необходимо увеличить число наблюдений.

Отдельную сложную задачу представляет оценка результатов реализации крупных, интегрированных проектов, оказывающих влияние на экономическое развитие каждого арктического субъекта РФ, в которых они локализованы. Как нам представляется, для этого целесообразно использовать ме-

тодологию синтетического контроля, формируемого посредством решения задачи оптимизации, минимизирующей различия между реальной и синтетической единицей по заданным предикторам в предшествующий период.

Метод синтетического контроля (далее – SCM) разработан А. Abadie, J. Gardeazabal (Abadie et al., 2003) и позже усовершенствован А. Abadie, А. Diamond, J. Hainmueller. (Abadie et al., 2010) в направлении расширения методологического аппарата. Так, были разработаны формальные условия для валидности синтетического контроля, составлены статистические тесты для оценки значимости результатов, созданы расширенные алгоритмы подбора весов, а также обоснована применимость метода для сравнительных кейс-стади в условиях малого числа наблюдений.

Данный метод широко применяется в экономике для оценки влияния экономических шоков, социальных программ, политических изменений (например, оценки влияния «новой» политики на экономические показатели), а также полезен в тех случаях, когда традиционные рандомизированные контролируемые испытания невозможны по этическим, логистическим или практическим соображениям. Недостатком SCM является отсутствие знания о том, что случилось бы при невмешательстве – это проблема недостающих данных, которая оказывает влияние на возможность делать выводы о причинной зависимости. Применительно к нашей задаче SCM позволяет создать альтернативный сценарий развития Арктического макрорегиона для сравнения с реальным развитием с целью оценки экономического эффекта от реализации комплекса стратегических решений государства.

Для анализа данных посредством SCM в статистическом программном обеспечении для языка R разработан пакет Synth (Abadie et al., 2011).

С использованием этого инструмента, например, в 2015 году S. Klößner, A. Kaul, G. Pfeifer, M. Schieler была «синтезирована» контрфактуальная Германия на основе таких метрик, как подушевой ВВП, уровень инвестиций, торговая открытость, количество школ, доля промышленности в прибавочном продукте Австрии (42%), США (22%), Японии (16%), Швейцарии (11%) и Нидерландов (9%) (Klößner et al., 2018). Можно привести примеры использования SCM российскими исследователями. Так, ранее SCM был использован для оценки последствий создания ОЭЗ «Титановая долина» в Свердловской области (Подкорытова, 2019), оценки влияния политики на реальный ВРП на душу населения в Дальневосточном федеральном округе (Goryunov et al., 2023). Синтетический контроль был создан с использованием пакета программ для статистического анализа данных Stata<sup>4</sup>. Также с помощью SCM оценены последствия принятия закона о запрете курения в общественных местах и его влияние на уровень курения в России (Потехина и др., 2018).

Опыт применения SCM позволяет сделать вывод о том, что этот метод особенно эффективен для анализа редких событий в малых выборках. Таким образом, оценка эффективности инициатив государства по реализации крупных, интегрированных проектов в АЗРФ с использованием метода SCM представляет собой перспективное направление будущих исследований.

### Заключение

Выполненное исследование позволило подтвердить предположение о целесообразности применения кластерного анализа в качестве одного из эффективных методов обоснования управленческих решений по реализации Стратегии развития АЗРФ. Для выбора метрики схожести построена трехфакторная модель и рассчитаны коэффициенты корреляции между результирующим показателем (ВРП арктических регионов РФ)

<sup>4</sup> Предназначен для статистических исследований над разнообразными выборками данных из различных предметных областей и дисциплин, используется исследователями и аналитиками для анализа данных, моделирования и визуализации.

и тремя переменными (удельный ВРП, среднемесячная номинальная заработная плата работников по полному кругу организаций в целом по экономике, внутренние затраты на научные исследования и разработки). Полученные результаты позволили выбрать в качестве признака схожести показатель «удельный ВРП», имеющий наибольший коэффициент корреляции. При использовании программы для анализа данных JASP все арктические регионы России по признаку близости значений удельного ВРП сгруппировались в два кластера, включающих, соответственно, пять и четыре субъекта РФ. Регрессионный анализ, выполненный без обработки и с обработкой данных, показал высокую достоверность аппроксимации  $R^2$  по обоим кластерам. Результаты применения интегрированной модели авторегрессии по методу скользящего среднего ARIMA (0, 1, 0) с Drift в Python 3 позволили выпол-

нить точечный прогноз значений ВРП с 2024 по 2028 год и сформулировать вывод о том, что оба кластера временного ряда нестационарны (данные, полученные через временной ряд Time Series), значения для двух кластеров значимы и время влияет на прогноз (данные по числу уровня прогноза Forecast).

Теоретико-методологическая значимость исследования заключается в развитии подходов к моделированию развития Арктического макрорегиона с использованием современных методов анализа данных (предиктивная аналитика). Практическая значимость исследования определяется возможностью использования полученных результатов органами государственной власти и управления для разработки прогнозов развития АЗРФ в разрезе как арктических субъектов РФ, так и Арктического макрорегиона в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

- Антипов С.К. (2019). Разработка модели инновационной экономики в арктических регионах России (на примере Ямало-Ненецкого автономного округа) // Север и рынок: формирование экономического порядка. № 1 (63). С. 99–109.
- Антипов С.К. (2022). Моделирование устойчивого развития арктических регионов Российской Федерации (на примере Мурманской области) // *п-Economy*. Т. 15. № 6. С. 146–159. DOI: 10.18721/JE.15610
- Арктическое пространство в XXI веке: факторы развития, организации управления (2016) / под ред. акад. В.В. Ивантера. СПб.: Издательский дом «Наука». 1040 с.
- Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. (2014). Моделирование устойчивого социально-экономического развития регионов арктического пространства РФ с использованием системы эконометрических уравнений // Стратегические приоритеты развития Российской Арктики: сборник научных трудов. Москва: ФГАУ ВПО СПбГПУ. С. 63–77.
- Дмитриева Т.Е., Бурый О.В. (2019). Опорные зоны развития Российской Арктики: содержание, рейтинги и проекты // ЭКО. № 1. С. 41–59 DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-1-41-59
- Земсков В.В., Прасолов В.И., Худяков Д.С., Канашина А.И., Тимофеев Е.А. (2022). Оценка вклада Арктической зоны в экономическое развитие страны // Финансы: теория и практика. № 26 (2). С. 160–174. DOI: 10.26794/2587 5671-2022-26-2-160-174
- Киккас К.Н. (2015). Моделирование устойчивого развития арктического региона России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). Т. 6. № 4. С. 142–147. DOI: 10.18184/2079-4665.2015.6.4.142.147
- Куклина Е.А. (2025). Арктическая повестка России: проекты, проблемы, цифровые решения // Управленческое консультирование. № 5. С. 170–186.
- Куклина Е.А., Борщева Е.Д. (2025). Развитие форм организации туризма в КНР на основе пространственного подхода: имплементация российского опыта // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. № 19 (1). С. 56–70. DOI: 10.22394/2073-2929-2025-01-56-70

- Майкова А.А., Старченкова О.Д., Схведиани А.Е. (2025). Моделирование валового регионального продукта при помощи методов машинного обучения // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». Т. 20. № 4. С. 449–467. DOI: 10.17072/1994-9960-2025-4-449-467
- Марача В.Г., Красникова Т.С. (2024). Опорные населенные пункты в арктической зоне России: их основные функции и содержание комплексных планов долгосрочного развития // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. № 1 (17). С. 32–50.
- Подкорытова Е.В. (2019). Применение метода синтетического контроля на примере особой экономической зоны «Титановая долина» // Научный альманах. Изд-во: ООО «Консалтинговая компания Юком». № 12-1 (62). С. 87–90.
- Потехина Е.В., Фаминская М.В. (2019). Оценка влияния «антитабачного» закона на уровень курения в России: метод синтетического контроля // Социальная политика и социология. Т. 18. № 4 (133). С. 73–85. DOI: 10.17922/2071-3665-2019-18-4-73-85
- Смиренникова Е.В., Уханова А.В., Воронина Л.В. (2019). Система моделей для прогнозирования социально-экономического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации // Управленческое консультирование. № 12. С. 142–157. DOI: 10.22394/1726-1139-2019-12-142-157
- Фаузер В.В., Смирнов А.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. (2019). Методика определения опорных поселений российской Арктики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 12. № 5. С. 25–43. DOI: 10.15838/esc.2019.5.65.2
- Хайнинен Л. (2020). Обзор арктической политики и стратегий // Арктика и Север. № 39. С. 195–202. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.39.195
- Экономика современной Арктики: в основе успешности эффективное взаимодействие и управление интегральными рисками (2020): монография / под научной редакцией В.А. Крюкова, Т.П. Скуфьиной, Е.А. Корчак. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН. 245 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.416.7
- Abadie A., Gardeazabal J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the Basque country. *American Economic Review*, 93, 1, 113–132. DOI: 10.1257/000282803321455188
- Abadie A., Diamond A., Hainmueller J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies. *Journal of the American Statistical Association*, 105, 490, 493–505. DOI: 10.1198/jasa.2009.ap08746
- Abadie A., Diamond A., Hainmueller J. (2011). Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies. *Journal of Statistical Software*, 42, 13. DOI: 10.18637/jss.v042.i13
- Adewale M.D., Ebem D.U., Awodele O. et al. (2024). Predicting gross domestic product using the ensemble machine learning method. *Systems and Soft Computing*, 6, Art. 200132. DOI: 10.1016/j.sasc.2024.200132
- Didenko N., Kunze K. (2014). relationship between energy policies and quality of life in Russia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 3(1), 186.
- Goryunov A., Agheshina E., Lavrentev I., Peretyatko P. (2023). Estimating the effect of Russia’s development policy in the Far Eastern region: The synthetic control approach. *Applied Econometrics*, 4(72), 59–73. DOI: 10.22394/1993-7601-2023-72-58-72. EDN: MZPYWQ
- Greaves W. (2016) Securing sustainability: The case for critical environmental security in the Arctic. *Polar Record*, 52(6), 660–671. DOI: 10.1017/S 0032247416000218
- Klößner S., Kaul A., Pfeifer G., Schieler M. (2018). Comparative politics and the synthetic control method revisited: A note on Abadie et al. (2015). *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 154, 1. DOI: 10.1186/s41937-017-0004-9
- Schach M., Madlener R. (2018). Impact of an ice-free northeast passage on LNG markets and geopolitics. *Energy Police*, 122, 433–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.009>
- Skufina T., Baranov S., Samarina V. (2018). Differentiation of socioeconomical environment as factors of regional development (the case study of Murmansk Region, Russia). *Advanced Science Letters*, 24(9), 6329–6331. DOI: 10.1166/asl.2018.13045

- Romashkina G.F, Didenko N.I., Skripnuk D.F. (2017). Socioeconomic modernization of Russia and its Arctic regions. *Studies on Russian Economic Development*, 28(1), 22–30.
- Zeijl-Rozema A., Ferraguto L., Caratti P. (2011). Comparing region-specific sustainability assessments through indicator systems: Feasible or not? *Ecological Economics [Elsevier]*, 70(3), 475–486.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения Анатольевна Куклина – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры, Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация, 199178, г. Санкт-Петербург, Средний пр-т, д. 57/34); главный научный сотрудник, Институт проблем региональной экономики РАН (Российская Федерация, 190013, г. Санкт-Петербург, ул. Серпуховская, д. 38; e-mail: kuklina-ea@ranepa.ru)

Дарима Дамдиновна Ульзетуева – кандидат технических наук, доцент кафедры, Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация, 199178, г. Санкт-Петербург, Средний пр-т, д. 57/34; e-mail: ulzetueva-dd@ranepa.ru)

**Kuklina E.A., Ul'zetueva D.D.**

## MODELING THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC MACRO-REGION

*The relevance of the research topic is determined by the importance and role of the Arctic potential for solving Russia's strategic tasks in modern conditions of challenges and threats, as well as the possibilities of modeling in forming a qualitative basis for managerial decision-making to improve the effectiveness of public administration. Fundamentally new infrastructure and production solutions are being implemented in the Arctic macro-region, which can be scaled in the future, which determines the importance of modeling the development of the Arctic zone of the Russian Federation based on modern data analysis methods. When modeling the development of the Arctic macro-region, it is necessary to take into account such features as the limited and fragmented information collected, as well as the complexity of integrating heterogeneous data (economic, social, environmental, etc.). In this regard, the implementation of a set of modeling tasks based on modern data analysis methods requires various approaches (econometric modeling, cognitive technologies, machine learning, and big data analysis methods) that allow analyzing complex socio-economic, environmental, and infrastructural processes. The combination of various methodological approaches makes it possible to ensure the accuracy of the model, which can be used in developing strategies for the sustainable development of Arctic territories, planning infrastructure projects and making management decisions. The aim of the study is to explore the possibilities of modeling the development of the Arctic macro-region using modern data analysis methods. The aim defined the objectives of the study: to analyze the results of research in this subject area; to consider the clustering method (cluster analysis) as one of the effective methods of substantiating management decisions on the implementation of the Development Strategy of the Arctic zone of the Russian Federation; to identify promising areas of future research. The work used a systematic approach, logical analysis, synthesis, open source content analysis, regression analysis, and cluster analysis. The information base was compiled by Rosstat data on the Arctic regions for the period 2015–2023. As a result of the study, the expediency of using the hierarchical clustering procedure implemented using the JASP data analysis program is substantiated. During the cluster analysis, all the Arctic regions of Russia were grouped into two clusters based on the proximity of specific GRP values, which allows for subsequent regression analysis within each cluster to obtain*

more accurate results. As a promising area of research, the use of synthetic control methodology is proposed, which makes it possible to create an alternative scenario for the development of a macro-region for comparison with real development and assessment of the economic effect of implementing a set of strategic decisions of the state. The scientific novelty of the study is to improve the approach to modeling the development of the Arctic macro-region using predictive (predictive) analytics methods such as regression analysis, time series method, clustering. The practical significance of the results is determined by the possibility of their application by public authorities and management to develop forecasts for the development of the Arctic zone.

Regional development, Arctic macro-region, modeling, forecast, econometric model, data, predictive analytics, cluster analysis.

## REFERENCES

- Abadie A., Diamond A., Hainmueller J. (2011). Synth: An R package for synthetic control methods in comparative case studies. *Journal of Statistical Software*, 42, 13. DOI: 10.18637/jss.v042.i13
- Abadie A., Diamond A., Hainmueller J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies. *Journal of the American Statistical Association*, 105, 490, 493–505. DOI: 10.1198/jasa.2009.ap08746
- Abadie A., Gardeazabal J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the Basque country. *American Economic Review*, 93, 1, 113–132. DOI: 10.1257/000282803321455188
- Adewale M.D., Ehem D.U., Awodele O. et al. (2024). Predicting gross domestic product using the ensemble machine learning method. *Systems and Soft Computing*, 6, Art. 200132. DOI: 10.1016/j.sasc.2024.200132
- Antipov S.K. (2019). Development of an innovative economy model in the Arctic regions of Russia (using the example of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*, 1(63), 99–109 (in Russian).
- Antipov S.K. (2022). Modeling the sustainable development of the Arctic regions of the Russian Federation (using the example of the Murmansk Region). *π-Economy*, 15(6), 146–159. DOI: 10.18721/πE.15610 (in Russian).
- Didenko N., Kunze K. (2014). relationship between energy policies and quality of life in Russia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 3(1), 186.
- Didenko N.I., Skripnyuk D.F. (2014). Modeling of sustainable socio-economic development of the Arctic regions of the Russian Federation using a system of econometric equations. In: *Strategicheskie priority razvitiya Rossiiskoi Arktiki: sbornik nauchnykh trudov* [Strategic Priorities for the Development of the Russian Arctic: Collection of Scientific Papers]. Moscow: FGAV VPO SPbGPU (in Russian).
- Dmitrieva T.E., Buryi O.V. (2019). Reference zones for the development of the Russian Arctic: Content, ratings, and projects. *EKO=ECO Journal*, 1, 41–59 DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-1-41-59 (in Russian).
- Fauzer V.V., Smirnov A.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. (2019). Methodology for determining pivotal settlements of the Russian Arctic. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz=Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 12(5), 25–43. DOI: 10.15838/esc.2019.5.65.2 (in Russian).
- Goryunov A., Ageshina E., Lavrentev I., Peretyatko P. (2023). Estimating the effect of Russia's development policy in the Far Eastern region: The synthetic control approach. *Applied Econometrics*, 4(72), 59–73. DOI: 10.22394/1993-7601-2023-72-58-72. EDN: MZPYWQ
- Greaves W. (2016) Securing sustainability: The case for critical environmental security in the Arctic. *Polar Record*, 52(6), 660–671. DOI: 10.1017/S 0032247416000218
- Ivanter V.V. (Ed.). (2016). *Arkticheskoe prostranstvo v XXI veke: faktory razvitiya, organizatsii upravleniya* [Arctic Space in the 21st Century: Development Factors, Management Organizations]. Saint Petersburg: Izdatel'skii dom "Nauka".

- Khaininen L. (2020). Review of Arctic policy and strategies. *Arktika i Sever*, 39, 195–202. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.39.195 (in Russian).
- Kikkas K.N. (2015). Modeling the sustainable development of the Russian Arctic region. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie)*, 6(4), 142–147. DOI: 10.18184/2079-4665.2015.6.4.142.147 (in Russian).
- Klößner S., Kaul A., Pfeifer G., Schieler M. (2018). Comparative politics and the synthetic control method revisited: A note on Abadie et al. (2015). *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 154, 1. DOI: 10.1186/s41937-017-0004-9
- Kryukov V.A., Skuf'ina T.P., Korchak E.A (Eds.). (2020). *Ekonomika sovremennoi Arktiki: v osnove uspeshnosti effektivnoe vzaimodeistvie i upravlenie integral'nymi riskami: monografiya* [The Economy of the Modern Arctic: Effective Interaction and Integrated Risk Management at the Heart of Success: Monograph]. Apatity: FITS KNTS RAN. DOI: 10.37614/978.5.91137.416.7 (in Russian).
- Kuklina E.A. (2025). Russia's Arctic Agenda: Projects, problems, digital solutions. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie=Administrative Consulting*, 5, 170–186 (in Russian).
- Kuklina E.A., Borshcheva E.D. (2025). Development of forms of tourism organization in China based on a spatial approach: Implementation of Russia's experience. *Evraziiskaya integratsiya: ekonomika, pravo, politika=Eurasian Integration: Economics, Law, Politics*, 19(1), 56–70. DOI: 10.22394/2073-2929-2025-01-56-70 (in Russian).
- Maikova A.A., Starchenkova O.D., Skhvediani A.E. (2025). Gross regional product modeling with machine learning methods. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Ekonomika"=Perm University Herald. Economy*, 20(4), 449–467. DOI: 10.17072/1994-9960-2025-4-449-467 (in Russian).
- Maracha V.G., Krasnikova T.S. (2024). Supporting settlements in the Arctic zone of Russia: Their main functions and the content of comprehensive long-term development plans. *Arktika 2035: aktual'nye voprosy, problemy, resheniya*, 1(17), 32–50 (in Russian).
- Podkorytova E.V. (2019). Application of the synthetic control method on the example of the special economic zone "Titanium Valley". *Nauchnyi al'manakh*, 12-1(62), 87–90 (in Russian).
- Potekhina E.V., Faminskaya M.V. (2019). Assessment of the impact of the "anti-smoking" law on the smoking rate in Russia: Synthetic control method. *Sotsial'naya politika i sotsiologiya*, 18, 4(133), 73–85. DOI: 10.17922/2071-3665-2019-18-4-73-85 (in Russian).
- Romashkina G.F., Didenko N.I., Skripnuk D.F. (2017). Socioeconomic modernization of Russia and its Arctic regions. *Studies on Russian Economic Development*, 28(1), 22–30.
- Schach M., Madlener R. (2018). Impact of an ice-free northeast passage on LNG markets and geopolitics. *Energy Policy*, 122, 433–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.009>
- Skufina T., Baranov S., Samarina V. (2018). Differentiation of socioeconomical environment as factors of regional development (the case study of Murmansk Region, Russia). *Advanced Science Letters*, 24(9), 6329–6331. DOI: 10.1166/asl.2018.13045
- Smirennikova E.V., Ukhanova A.V., Voronina L.V. (2019). A system of models for forecasting the socio-economic development of the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie=Administrative Consulting*, 12, 142–157. DOI: 10.22394/1726-1139-2019-12-142-157 (in Russian).
- Zeijl-Rozema A., Ferraguto L., Caratti P. (2011). Comparing region-specific sustainability assessments through indicator systems: Feasible or not? *Ecological Economics [Elsevier]*, 70(3), 475–486.
- Zemskov V.V., Prasolov V.I., Khudyakov D.S., Kanashina A.I., Timofeev E.A. (2022). Assessment of the contribution of the Arctic zone to the economic development of the country. *Finansy: teoriya i praktika=Finance: Theory and Practice*, 26(2), 160–174. DOI: 10.26794/2587 5671-2022-26-2-160-174 (in Russian).

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeniya A. Kuklina – Doctor of Sciences (Economics), Professor, professor of department, North-West Institute of Management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (57/34, Sredny Avenue, Saint Petersburg, 199178, Russian Federation); Chief Researcher, Institute for Regional Economic Studies, Russian Academy of Sciences (38, Serpukhovskaya Street, Saint Petersburg, 190013, Russian Federation; e-mail: kuklina-ea@ranepa.ru)

Darima D. Ulzetueva – Candidate of Sciences (Engineering), associate professor of department, North-West Institute of Management, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (57/34, Sredny Avenue, Saint Petersburg, 199178, Russian Federation; e-mail: ulzetueva-dd@ranepa.ru)