

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНА: ФАКТОРНАЯ ДЕТАЛИЗАЦИЯ РИСКОВОЙ СПЕЦИФИКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Сорокин Виктор Иванович¹

¹ ФГАОУ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург (студент 1 курса магистратуры направления «Автоматизация статистических решений в организации»)

E-mail: vitya.soroka.02@mail.ru

***Аннотация:** В данной статье рассматривается экологическая категория региональных рисков и экологическая устойчивость в рамках региональной дифференциации. Оценка экологических рисков в рамках региональной дифференциации важна из-за уникальных характеристик каждого региона, позволяющих лучше понять угрозы и проблемы конкретной местности, а также она дает возможность разработать эффективные меры по защите окружающей среды и управлению рисками с учетом особенностей региона, определить приоритеты и основные направления деятельности в этой области. Основным методом исследования стала совокупность описательной статистики, кластеризации и классификации, в результате чего регионы были разделены на три группы по уровню экологической устойчивости.*

***Ключевые слова:** Экологическая устойчивость, экологические риски, региональная дифференциация, кластеризация, классификация.*

ECONOMIC SECURITY OF THE REGION: FACTOR DETAILING OF THE RISK SPECIFICITY OF THE STATE OF THE ECOLOGICAL ENVIRONMENT

Sorokin Viktor¹

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (1st year student of the Master's degree in Automation of statistical solutions in the organization)

***Abstract:** This article examines the environmental category of regional risks and environmental sustainability within the framework of regional differentiation. The assessment of environmental risks within the framework of regional differentiation is important because of the unique characteristics of each region, allowing a better understanding of the threats and problems of a particular area, and also provides an opportunity to develop effective measures for environmental protection and risk management taking into account the characteristics of the region, to determine priorities and main directions of activities in this area. The main research method was a combination of descriptive statistics, clustering and classification, as a result of which the regions were divided into three groups according to the level of environmental sustainability.*

***Keywords:** Environmental sustainability, environmental risks, regional differentiation, clustering, classification.*

Анализ экологической устойчивости – это процесс изучения и оценки состояния окружающей среды и ее способности поддерживать жизнеспособные экосистемы в долгосрочной перспективе в рамках определенной территории. Этот анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны, например, региона с точки зрения экологической устойчивости, а также определить стратегии и мероприятия для улучшения ситуации.

Основной целью анализа экологической устойчивости является определение уровня угроз и рисков для окружающей среды и выработка рекомендаций и мероприятий для их снижения или предотвращения, исходя из чего данное исследование будет основано на изучении возможных рисков, связанных с уровнями экологической устойчивости в рамках региональной дифференциации. Более того, анализ данного типа также позволит выявить возможности для улучшения экологической устойчивости региона.

В целом, экологические риски характеризуются большим разнообразием и спецификой, влияющей на устойчивость региона и окружающую среду: они могут быть вызваны различными факторами, причем каждый риск обладает уникальными особенностями, и взаимосвязь между ними может иметь довольно сложную структуру.

Одна из особенностей экологических рисков заключается в их множественности, то есть один и тот же регион может столкнуться с несколькими рисками одновременно. Например, изменение климата может способствовать повышению уровня моря и увеличению частоты и силы природных бедствий, таких как наводнения или ураганы. При этом загрязнение воздуха и воды также может происходить одновременно, создавая сложную ситуацию в плане региональной экологической устойчивости.

Кроме того, экологические риски характеризуются неопределенностью и сложностью, ведь из-за сложных взаимодействий факторов и задержки во времени между причинами и последствиями точная оценка и прогнозирование рисков станут сложной задачей. Также могут возникнуть различные сценарии, которые могут привести к разным последствиям, которые, в свою очередь, будут варьироваться в зависимости от конкретных условий определенного региона.

Для того чтобы измерить выделенный тип рисков и оценить экологическую устойчивость в целом, необходимо составить правильный набор показателей, основываясь на которых также необходимо определить возможные риски, которые несут их определенные уровни значений. Так, далее будут приведены работы авторов, где выделены факторы, влияющие на экологическую устойчивость региона, а также с помощью которых можно оценить уровень состояния экосистемы. К примеру, Валева Р.Р. в своей работе выделяет такой параметр, как *качество воздуха*. Автор определяет его специфику тем фактом, что он

оценивается на основе содержания различных загрязняющих веществ и токсичных газов в атмосфере [1]. Также в работе Зайцевой Н.В. отмечаются вредные вещества, определяющие качество воздуха, и их источники:

- 1) твердые частицы (PM) – мельчайшие частицы, присутствующие в воздухе, включая пыль, сажу, городской смог, выхлопные газы от автомобилей и промышленности;
- 2) диоксид серы (SO₂) – газ, происходящий от сжигания полного оксида серы, используемого в промышленных процессах и производстве электроэнергии;
- 3) диоксид азота (NO₂) – газ, образующийся в результате сжигания топлива; основным источником выделения которого является автотранспорт;
- 4) углекислый газ (CO₂) – парниковый газ, который производится в результате сжигания углеводородных топлив, таких как нефть, газ и уголь [2].

Как можно заметить из вышеприведенного списка, одним из главных источников загрязнения воздуха путем выделения вредных веществ является автомобильный транспорт. Некоторые авторы в своих исследованиях также приходят к выводу о значительном влиянии загрязняющих веществ, исходящих от автомобилей. Так, авторы работы, посвященной исследованию качества воздуха в Москве, в своем исследовании отмечают, что выделение выхлопных газов ведет не только к ухудшению качества воздуха и повышению концентрации вредных веществ, оказывая негативное влияние на здоровье людей, животных и растительность; но и оказывают влияние на изменение климата за счет выбросов углекислого газа: рост уровня CO₂ в атмосфере способствует глобальному потеплению, вызывая негативные последствия в виде изменения климатических условий, а также повышения уровня морей [3]. В свою очередь, Шульц А.С. развивает данную тематику, отмечая негативное влияние выхлопных газов и на загрязнение *водных ресурсов*, поясняя это возможными утечками нефтепродуктов и других загрязняющих веществ (к примеру, смазочных материалов) из автомобилей [4].

Качество водных ресурсов имеет существенное влияние на экологическую устойчивость региона: это связано с тем, что вода является одним из ключевых компонентов экосистемы, обеспечивающей жизнеспособность региона. В работе «A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality» авторы отмечают специфику данного параметра, выделяя высокое качество водных ресурсов как фактор сохранения биологического разнообразия и поддержания естественных экосистем, объясняя это тем, что вода предоставляет уникальные условия для разнообразных видов растений и животных, а также является основным источником пищи и местом обитания для многих организмов. Одним из выводов авторов исследования является оценка неблагоприятного качества воды: в этом случае ухудшаются условия для существования многих видов,

что может привести к сокращению биоразнообразия в рассматриваемом регионе [5].

Levallois P. и Villanueva C.M. отмечают влияние качества воды на здоровье людей. Авторы рассматривают негативный эффект загрязненной или нефilterованной воды, которая может содержать патогены, тяжелые металлы и химические вещества, вызывающие различные заболевания у людей [6].

В свою очередь, Alcamo J. В своей работе выделяет параметр качества воды как фактор устойчивого развития региона. Автор приходит к такому выводу, исходя из ограничивающего свойства воды как ресурса для различных видов хозяйственной деятельности, способствующих развитию региона в целом: например, сельского хозяйства, производства пищевых продуктов, промышленности и энергетики. Также автор приводит тезис о рациональном и эффективном использовании водных ресурсов, что способствует поддержанию устойчивого развития региона и предотвращению истощения его водных запасов [7].

Следующим фактором, способствующим оценке экологической устойчивости, стоит выделить функционирование *лесного хозяйства*. Андреева Я.А. и Видякина А.А. выделяют леса как параметр поддержки уровней защиты почвы и качества водных ресурсов, аргументируя это плотно развитой корневой системой деревьев, удерживающей почву и предотвращающей ее эрозию, а также функцией лесов, связанной с естественной фильтрацией воды, в процессе которой загрязнения задерживаются, тем самым стимулируя приемлемое качество водных ресурсов [8].

Далее Володькин А.А. в своем исследовании говорит о роли лесного хозяйства, сохраняющей биологическое биоразнообразие, что необходимо для экосистемных функций, в том числе размножения животных и растений, разложения органического материала [9].

Постникова У.С. и Тасейко О. рассмотрели функционирование лесного хозяйства со стороны смягчения последствий природных бедствий. Они приводят тезис о том, что деревья являются естественными барьерами, которые удерживают почву, увеличивают водоудержание и снижают скорость стока воды, что помогает предотвратить разрушительные последствия от наводнений, оползней и селей [10].

Некоторые авторы также отмечают и влияние лесов на углеродный баланс и климатическую регуляцию. Так, Панявина Е.А. и Манмарева В.В. говорят о такой функции деревьев, как поглощение углекислого газа и его фиксация в своей биомассе и почве, исходя из чего функционирование лесного хозяйства способствует смягчению изменения климата и поддержанию климатической регуляции [11].

В свою очередь Лысюк Р.Н. отмечает экономический аспект лесов: они предоставляют множество продуктов и ресурсов, которые имеют экономическую ценность, куда входят древесина, пищевые продукты из леса, лекарства, а также материалы для строительства и промышленности. Также в работе автора отмечается тот факт, что управление лесными ресурсами с учетом экологической устойчивости способствует долгосрочному благополучию и экономическому развитию региона [12].

Далее авторы рассматривают влияние количества *несанкционированных свалок* на экологическую устойчивость в рамках региональной дифференциации. Так, Коробка Л.Е. определяет его как один из важных показателей для оценки экологической устойчивости региона и отражает уровень проблем, связанных с неправильной утилизацией отходов. Более того, в исследовании автора приводятся следующие аспекты, которые следует учитывать при глубоком рассмотрении данного параметра:

1. Масштаб проблемы: количество несанкционированных свалок позволяет оценить масштаб проблемы утилизации отходов в конкретном регионе. В своих выводах автор говорит о количественной специфике параметра: большое количество несанкционированных свалок указывает на неэффективность системы сбора, переработки и утилизации отходов и на недостаточное осведомление и сотрудничество со стороны органов власти и местного населения.

2. Потенциальные экологические последствия: несанкционированные свалки часто становятся источниками загрязнения почвы, воздуха и водных ресурсов. Таким образом, неправильная утилизация отходов может приводить к выделению токсичных веществ, плохому качеству воды и почвы, а также привлечению вредителей и распространению инфекционных заболеваний в регионе.

3. Нарушение экосистем: несанкционированные свалки могут приводить к нарушению и разрушению природных экосистем путем того, что они занимают природные территории, разрушая места обитания диких животных и растений, а также нарушая экосистемные функции, включая циклы питания и поллинизацию [13].

Kirilchuk I. и Rykunova V. тезисами в своей работе дополняют вышеприведенный список, рассматривая специфику количества несанкционированных свалок с социально-экономической стороны, выделяя особую угрозу для здоровья людей, социального благополучия региона, а также развития экономического потенциала региона за счет отталкивания инвесторов и туристов. Кроме этого, авторы отмечают рост затрат бюджета на уборку и преобразование свалок [14].

Так как мы уже начали рассматривать возможные риски некоторых из параметров, способных оценить экологическую устойчивость региона, продолжим

данную работу, проделывая тот же принцип исследования и с теми показателями, где не были упомянуты возможные риски, которые они могут нести.

Рассмотрим показатели доли населения, обеспеченного качественной питьевой водой, и количества источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующих нормам.

Как уже отмечалось, вода является ключевым параметром, уровень качества которого может значительно влиять на экологическую устойчивость региона. Исходя из данного тезиса, стоит выделить качество именно питьевой воды, ведь уровни ее доступности и качества напрямую связаны с объектом исследования данной работы.

Так, на основе этих двух показателей авторами работы, посвященной изучаемой тематике, выделяются следующие риски:

Во-первых, Зайцева Н.В. выделяет недостаточное обеспечение качественной питьевой водой как негативный аспект, который может привести к перегрузке природных водоемов [15].

Во-вторых, Новикова Ю.А. и др. оценивают в своей работе момент управления водными ресурсами, плохой уровень которого может привести к истощению водных запасов региона, что безусловно повлияет на живущие в регионе экосистемы, сельское хозяйство, промышленность и общество в целом [16].

В-третьих, Зайцева Н.В. в другой своей работе отмечает влияние факторов, исходящих от неправильного функционирования источников питьевого централизованного водоснабжения. Последствиями могут стать загрязнение водных ресурсов путем выбросов вредных веществ и ухудшение здоровья населения, исходя из чего увеличатся расходы на медицинскую помощь, а уровни продуктивности населения снизятся [17].

В качестве параметра, представляющего влияние лесного хозяйства на экологическую устойчивость, был выбран показатель искусственного лесовосстановления. Он относится к процессу создания новых лесных покровов на ранее вырубленных или деградированных участках, тем самым имеет положительный эффект на объект исследования, хотя при этом существуют и риски, которые следует учитывать. Например, в работе «Искусственное лесовосстановление: проблемы и перспективы развития» авторы отмечают, что искусственное лесовосстановление обычно осуществляется с помощью ограниченного числа коммерческих видов деревьев, которые обладают высокой экономической ценностью, при этом данная сторона вопроса приводит к снижению генетического разнообразия, особенно в случаях, когда выбирается узкая группа видов и семенного материала. Таким образом, недостаток генетического разнообразия может сделать лесные популяции более уязвимыми к болезням, вредителям и изменению климата [18].

Далее Бабич Н.А. и Мерзленко М.Д. упоминают высокую подверженность к пожарам искусственных лесных насаждений за счет их монотонного и однородного характера: они способствуют быстрому распространению пожаров и менее способны справиться с их последствиями [19].

В работе Короткова В.Н и др. отмечается ограниченное свойство процесса искусственного лесовосстановления. По мнению авторов, оно заключается в том, какие экосистемные услуги и функции могут быть восстановлены – некоторые аспекты оригинальной экосистемы, например, сложные взаимодействия между различными видами растений и животных, не всегда могут быть полностью восстановлены искусственным путем, что может создать определенные ограничения для достижения полной экологической устойчивости восстановленных лесов [20].

Таким образом, были определены показатели, на основе которых будет проводиться процесс кластеризации регионов РФ, по итогам чего они будут распределены в зависимости от уровня экологической устойчивости. На рис. 1 представлена дендрограмма, полученная по результатам процедуры иерархической кластеризации. Также стоит отметить, что данные по показателям – это среднее значение каждого за период 2020-2022 гг.

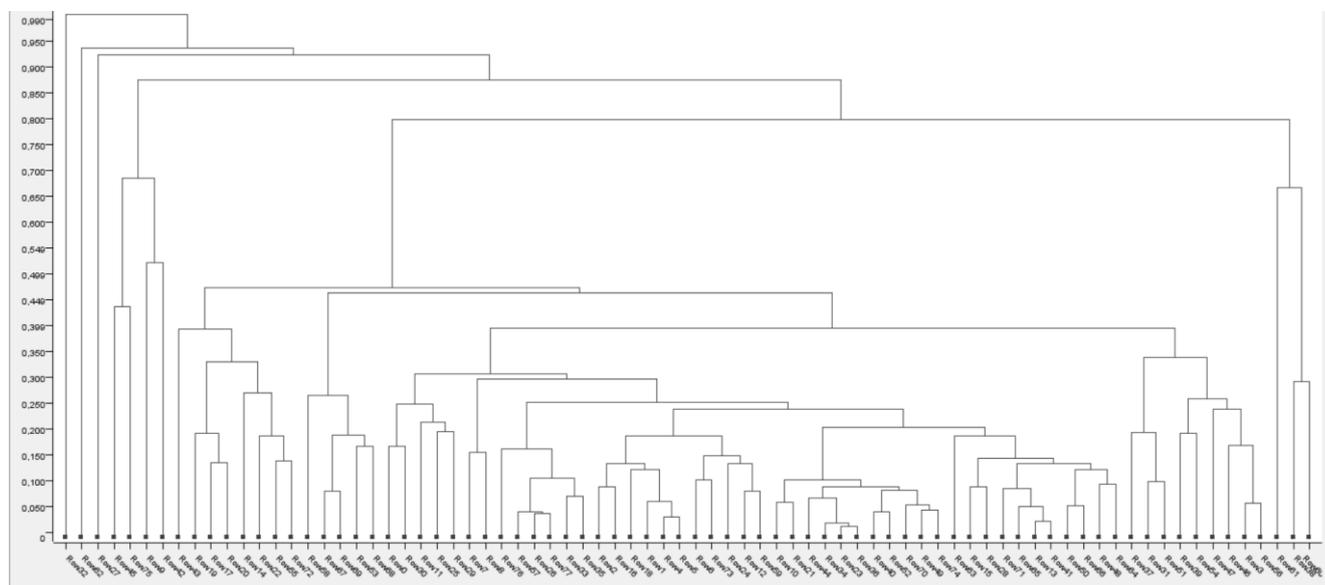


Рис. 1. Дендрограмма, описывающая результаты кластеризации

На рис. 2 представлены значения коэффициента силуэта при выделении трех кластеров (в качестве метрики расстояния между кластерами было использовано евклидово расстояние).

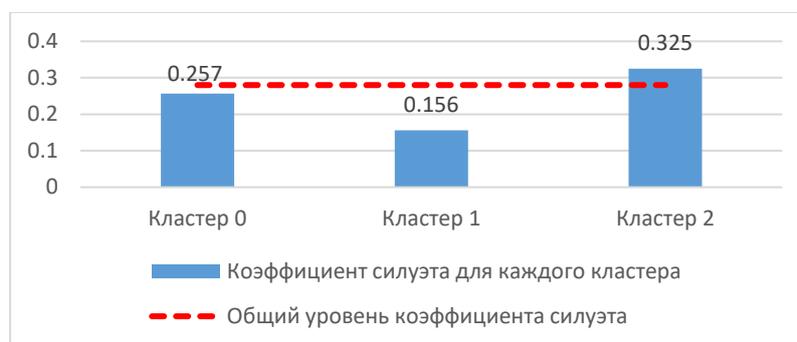


Рис. 2. Распределение значений коэффициента силуэта между кластерами

Как можно заметить, общий коэффициент силуэта составляет почти 30% (28%), что является допустимым уровнем для оценки качества проведенной кластеризации. Наименее выраженной спецификой обладает кластер 1, а наиболее выраженной – кластер 2. В соответствии с результатами статистической обработки были сформированы следующие кластеры (графически представлены на рис. 3-8):

Кластер 0: Московская и Сахалинская области, Республика Татарстан (Татарстан), Пермский край.

Кластер 1: Костромская, Смоленская, Тверская, Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Новгородская, Курганская, Тюменская, Иркутская, Амурская, Еврейская автономная области, Республика Карелия, Республика Калмыкия, Республика Тыва, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Забайкальский и Хабаровский края.

Кластер 2: Белгородская, Брянская, Владимирская, Воронежская, Ивановская, Калужская, Курская, Липецкая, Орловская, Рязанская, Тамбовская, Тульская, Ярославская, Калининградская, Мурманская, Псковская, Астраханская, Волгоградская, Ростовская, Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская, Свердловская, Челябинская, Новосибирская, Омская, Томская, Магаданская области, Кемеровская область – Кузбасс, Республика Коми, Республика Адыгея, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика – Чувашия, Республика Алтай, Республика Хакасия, Краснодарский, Ставропольский, Алтайский, Красноярский, Камчатский, Приморский края, Чукотский автономный округ.



Рис. 3. Кластерная модель регионов РФ в рамках уровней распределения показателей экологической устойчивости

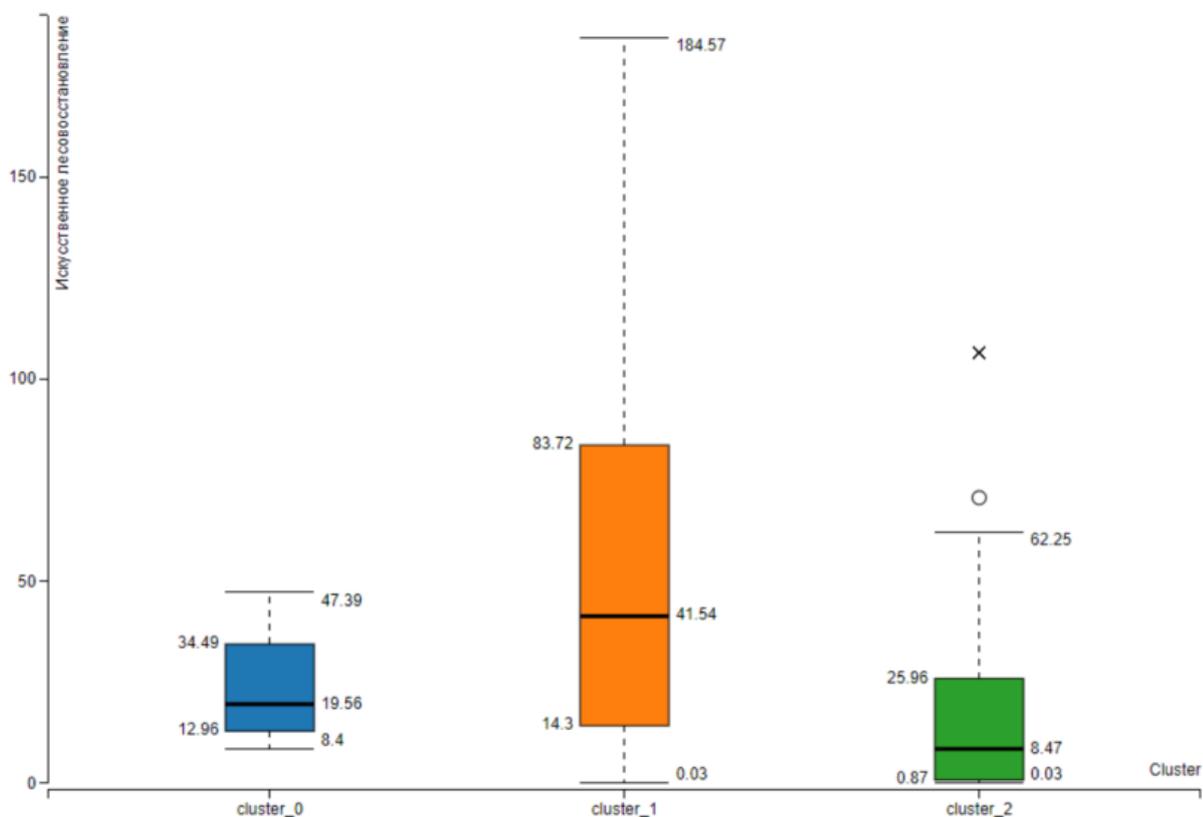


Рис. 4. Количественное выражение специфики кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения показателя искусственного лесовосстановления

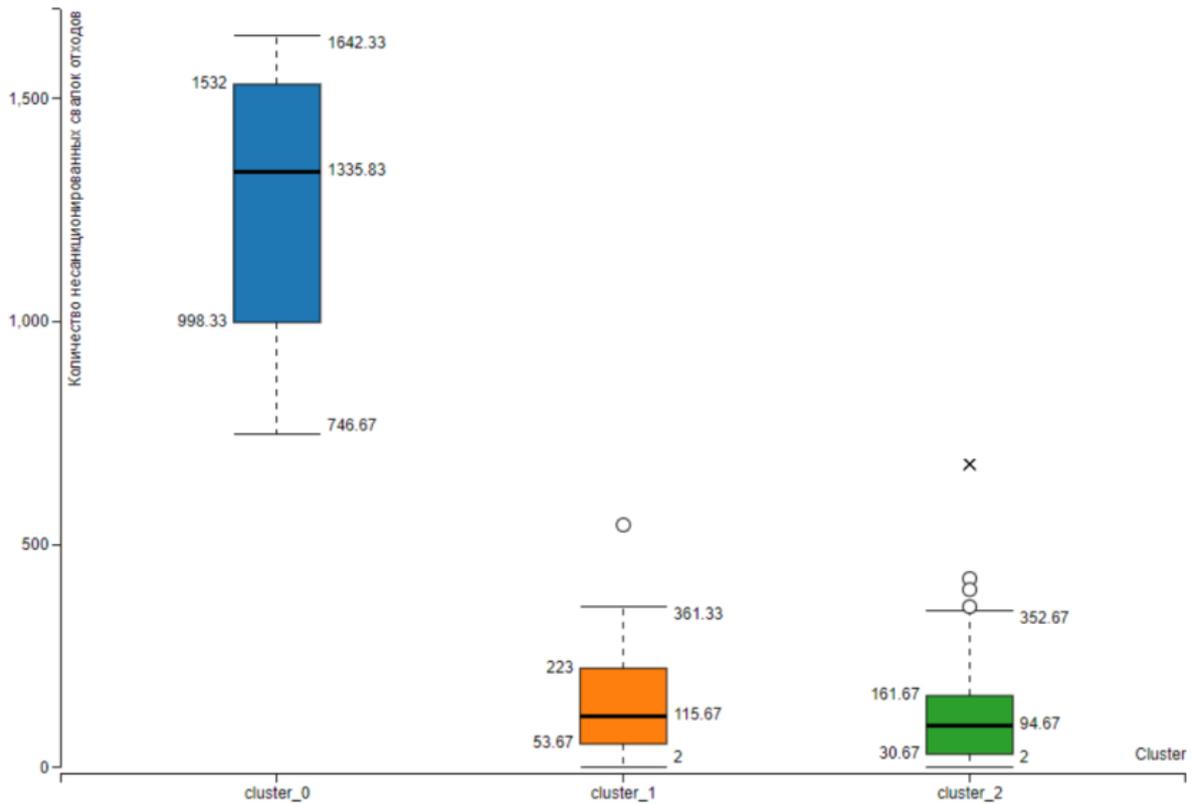


Рис. 5. Количественное выражение специфики кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения количества несанкционированных свалок отходов

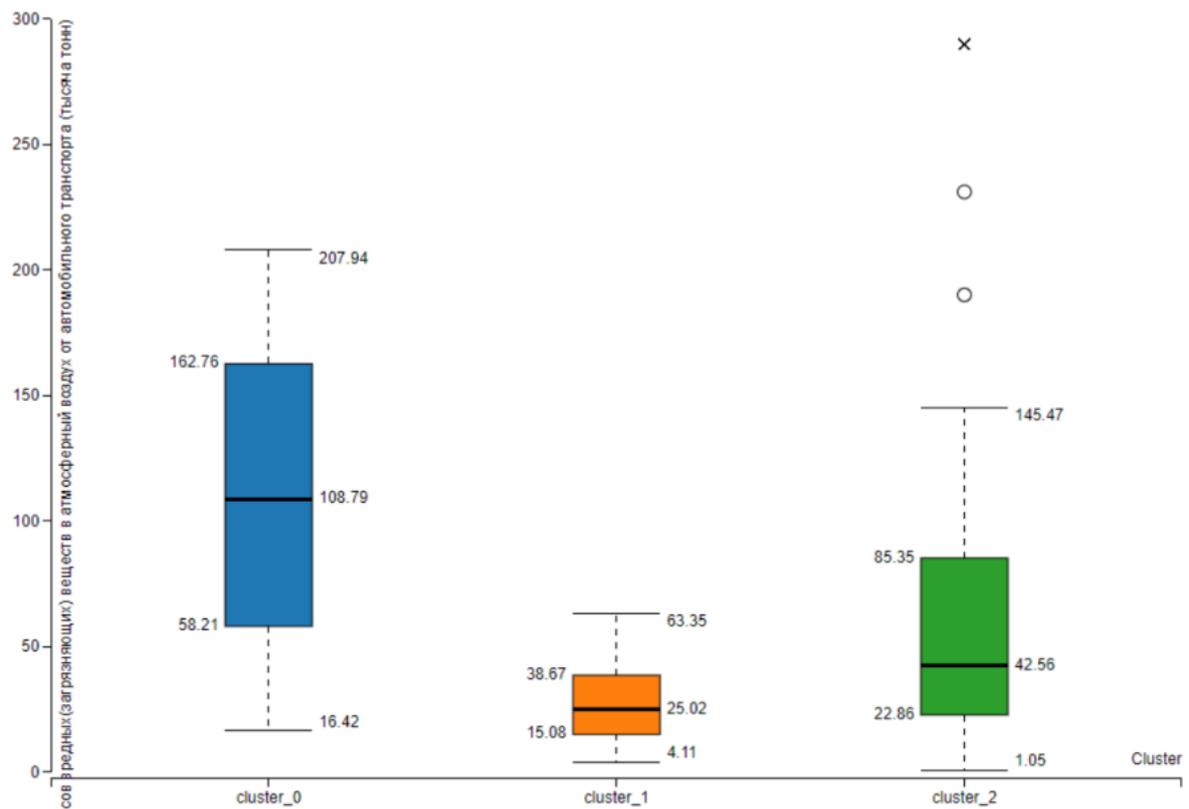


Рис. 6. Количественное выражение специфики кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения объема выбросов вредных веществ в атмосферу от автомобильного транспорта

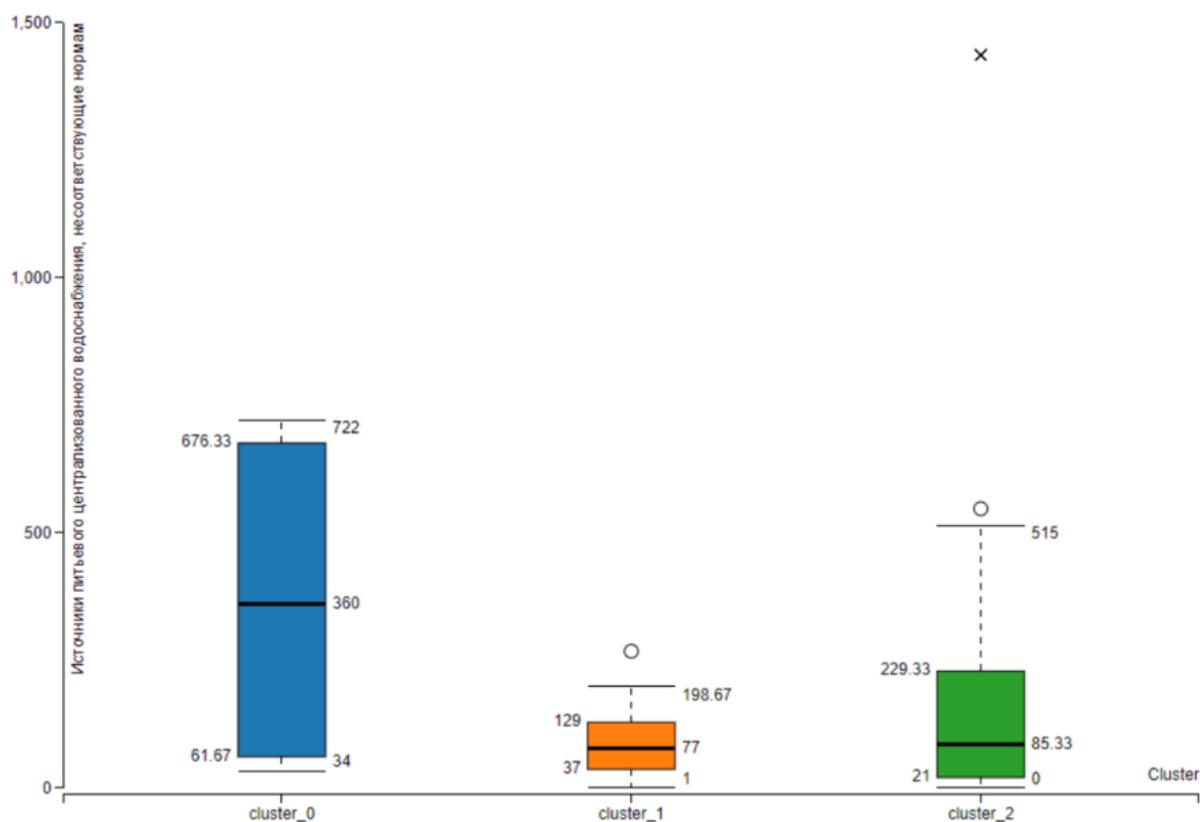


Рис. 7. Количественное выражение специфики кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения количества источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующих нормам

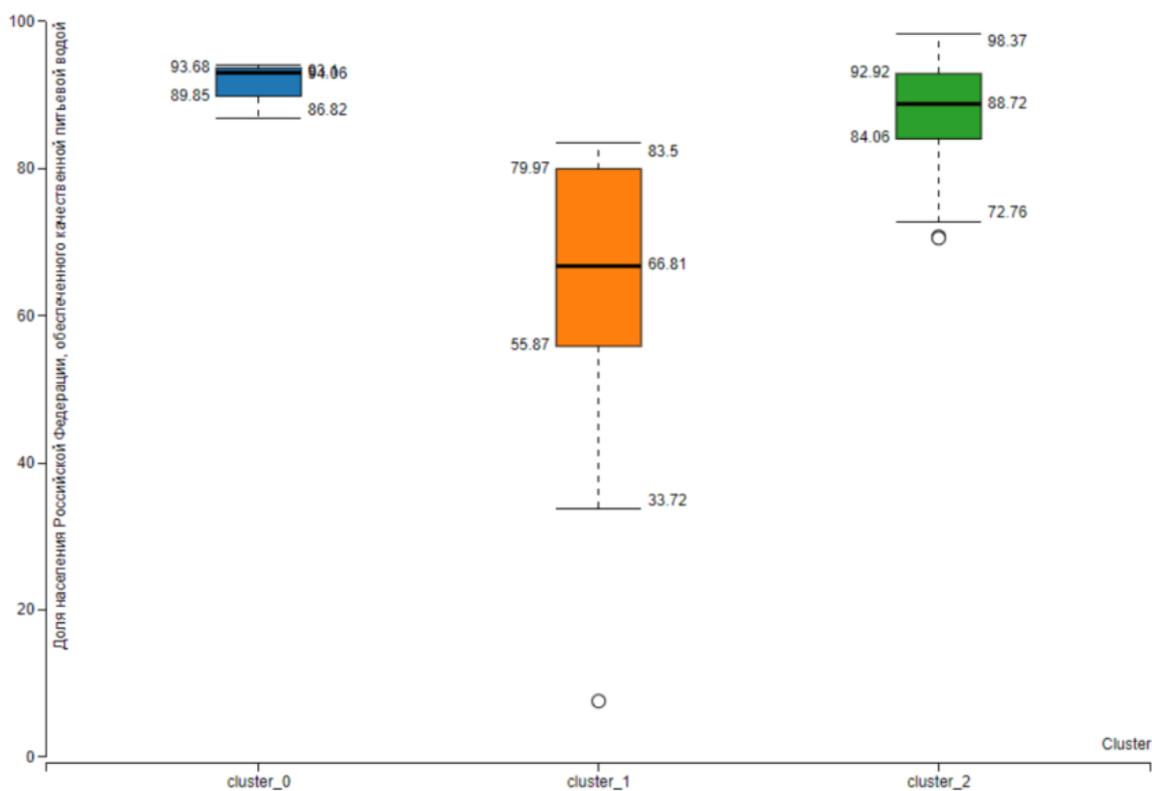


Рис. 8. Количественное выражение специфики кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения долей населения РФ, обеспеченного качественной питьевой водой

Таблица 1

Описательная статистика кластерной модели регионов РФ в рамках уровней распределения показателей, оценивающих экологическую устойчивость

Параметр	Группа	Количество регионов в кластере	Среднее значение	Стандартное отклонение
Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой (%)	Кластер 0	4	91,7655	3,3351
	Кластер 1	19	63,7766	19,295
	Кластер 2	55	87,5393	6,8715
	Всего	78	81,9677	15,1457
Источники питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующие нормам (ед.)	Кластер 0	4	369	357,5457
	Кластер 1	19	74,672	17,1309
	Кластер 2	55	157,8364	225,9389
	Всего	78	153,3291	212,9747
Объем выбросов вредных(загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тысяча тонн)	Кластер 0	4	110,484	78,54
	Кластер 1	19	27,5683	15,4126
	Кластер 2	55	62,2376	56,9654
	Всего	78	56,2667	54,3416
Количество несанкционированных свалок отходов (ед.)	Кластер 0	4	1 265,1667	381,1471
	Кластер 1	19	153,4912	135,8649
	Кластер 2	55	121,5152	129,2761
	Всего	78	187,953	292,2693
Искусственное лесовосстановление (сот. га)	Кластер 0	4	23,7259	16,7107
	Кластер 1	19	53,7475	46,8733
	Кластер 2	55	17,0327	21,4766
	Всего	78	26,3193	33,099

Далее рассмотрим специфику каждого кластера более подробно.

Кластер 0. В данную группу входит всего 4 региона. Она характеризуется как наименее экологически устойчивая в рамках показателей, которые были выбраны для проведения кластеризации. Так, несмотря на то, что данный кластер является лидером по параметру доли населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой (%), он занимает последние места по объему выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тысяча тонн), количеству источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующих нормам (ед.), и несанкционированных свалок отходов (ед.). Такую специфику можно объяснить большой

численностью населения, проживающего на территории регионов, вошедших в кластер 0 (особенно Московская область).

Кластер 1. Данный кластер составляет уже 19 регионов, и его специфика состоит в наибольшем уровне экологической устойчивости по сравнению с остальными группами, так как исходя из полученных результатов кластеризации видно, что в данном кластере наблюдается:

- самый высокий показатель по искусственному восстановлению леса;
- наименьшее значение объема выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта;
- показатель источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующие нормам имеет наименьшее значение среди всех представленных кластеров.

Лидерство данного кластера по данным показателям можно объяснить с помощью вспомогательных параметров, представленных в табл. 2. Так, мы видим, что площадь лесов в среднем составляет 2241,27 тыс. га, исходя из чего для регионов рассматриваемой группы имеется больше возможностей для искусственного лесовосстановления за счет разнообразия видов деревьев. Также стоит выдвинуть предположение, что данный параметр имеет наибольшее значение ввиду вырубki лесов в более значительной степени, чем в остальных кластерах. Далее объясним минимальное значение кластера 1 в рамках показателя выбросов загрязняющих веществ от автомобилей: несмотря на то, что среднее количество автомобильного транспорта в выделяемых регионах не самое низкое, среднее значение объемов выбросов в данном кластере имеет минимальный уровень – здесь следует сделать предположение о минимальной частоте пользования автомобильным транспортом со стороны населения регионов.

Таблица 2

Вспомогательные показатели, способствующие оценке специфики параметров экологической устойчивости

Показатель	Кластер 0	Кластер 1	Кластер 2
Количество автомобилей (тыс. ед.)	1476,52350	1237,539101	654,2455
Протяженность водопроводной сети (тыс. км)	11,954203	3,4773886	7,788706
Площадь лесов (тыс. га)	5101,4917	22413,2684	5460,253
Численность населения (тыс. чел)	3890,562	1085,76147	1619,571

Что касается количества несанкционированных свалок (ниже только у кластера 2), то, предположительно, данный показатель зависит от численности населения: чем оно больше, тем больше свалок в регионе, в том числе и несанкционированного типа. Таким образом, в кластере 1 средняя численность населения

минимальна среди остальных групп, тем самым, вероятность создания нелегальной свалки естественным образом снижается.

Далее. Кластер 1 имеет наименьшее количество источников питьевой воды, которые не соответствуют нормам, – это объясняется минимальным значением протяженности водопроводной сети; в свою очередь, это детерминирует и наиболее ограниченное значение доступности питьевой воды для населения в регионах, составляющих кластер 1.

Кластер 2. Данная группа является самой объемной по сравнению с остальными, так как включает в себя 55 регионов РФ. Их специфика в рамках кластера 2 заключается в среднем уровне экологической устойчивости. Единственное, что можно отметить – это лидерство данного кластера по количеству несанкционированных свалок отходов, при этом у кластера 1 этот показатель составил 153 единицы (всего на 32 единицы больше). Также кластер 2 является аутсайдером по показателю искусственного лесовосстановления (17 сот. га), что сравнимо с соответствующим значением кластера 0 (23 сот. га), к слову, параметры площади лесов у данных кластеров также имеют сравнимое количественное выражение.

Статистическая значимость описанной специфики определяется результатами дисперсионного анализа (табл. 3).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

Параметр	F	p-value
Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой	33,84187	3,36E-11
Источники питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующие нормам	2,917251	0,060245
Объем выбросов вредных(загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта (тысяча тонн)	5,56158	0,005595
Количество несанкционированных свалок отходов	110,1484	0
Искусственное лесовосстановление	10,9491	6,73E-05

Как можно видеть, каждый из выделенных параметров в соответствии с показателем P-value является уникальным, в связи с чем в рамках завершающей части исследования построение модели классификации на основе результатов кластеризации является целесообразным. В качестве инструмента кластеризации используется алгоритм деревьев решений. На рис. 9 и 10 представлено дерево решений, описывающее прогностическую структуру результатов кластерного анализа.

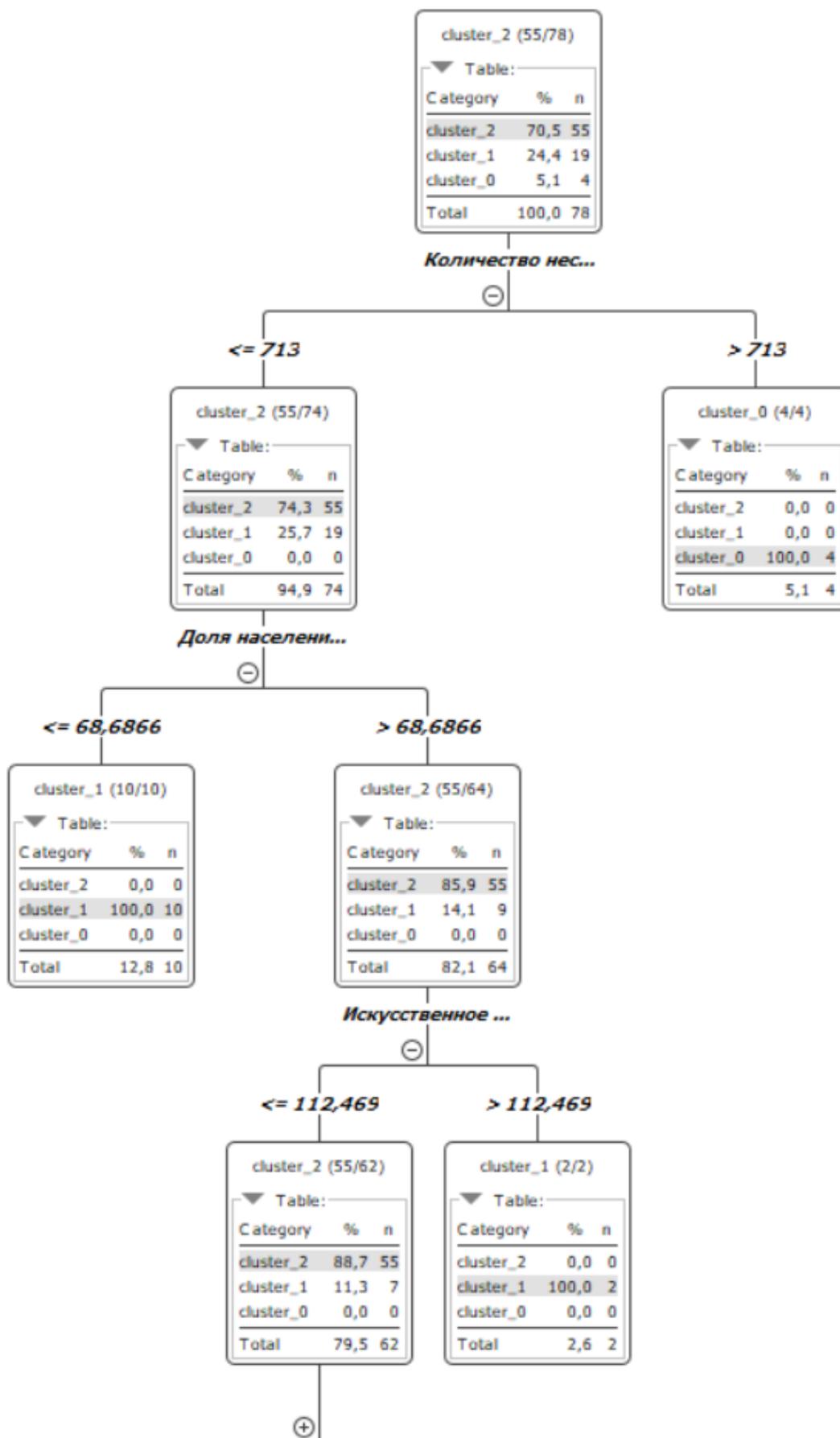


Рис. 9. Первые три уровня классификационного дерева решений, описывающего логику формирования результатов кластеризации

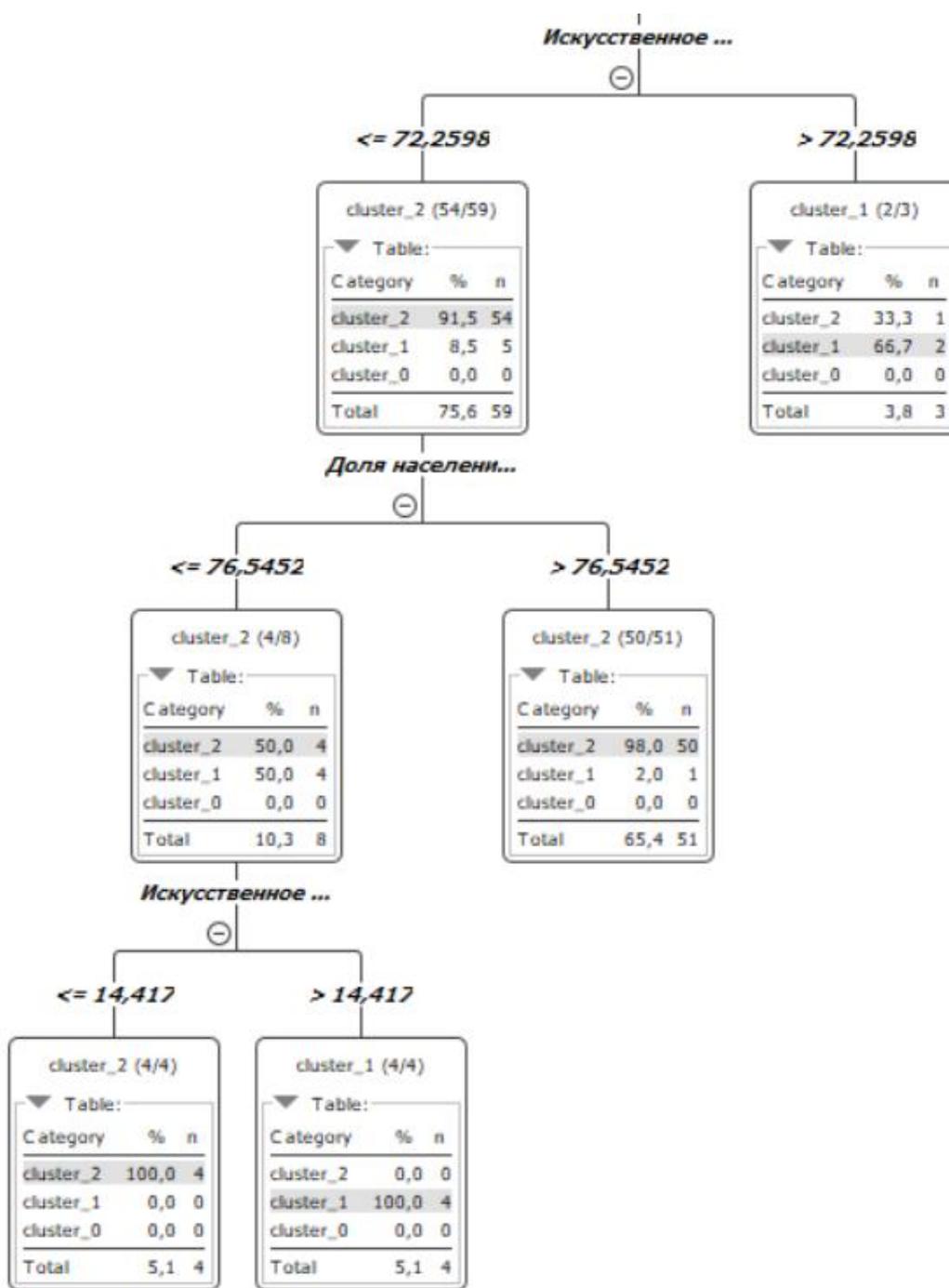


Рис. 10. Последние три уровня классификационного дерева решений, описывающего логику формирования результатов кластеризации

Как можно видеть, на первом уровне разделение осуществляется в соответствии с показателем количества несанкционированных свалок отходов. На данном уровне идентифицируются 4 региона, неизменно входящих в кластер 1, характеризующийся низким уровнем экологической устойчивости. Таким образом, количество несанкционированных свалок отходов можно считать первичным параметром в контексте региональной дифференциации.

На втором уровне разделение производится в соответствии с долями населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой, посредством чего выделяются 55 регионов, формирующих кластер 2.

Разделение на третьем уровне происходит на основании показателя искусственного лесовосстановления – полностью выделяется кластер 2 (55 регионов, входящих в него) как группа, где среднее значение рассматриваемого параметра ниже, чем 112,469. К слову, четвертый уровень так же характеризуется разделением на основе показателя искусственного лесовосстановления – выделяется 54 из 55 регионов, составляющих кластер 2.

В рамках последующих уровней ветвления модели наблюдается неопределенность в процессе выделения кластеров. Разделение в них происходит на основании параметров искусственного лесовосстановления и доли населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой, что говорит об их второстепенном значении в рамках региональной дифференциации. Также стоит отметить, что в приведенном алгоритме показатели количества источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующих нормам, и объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта не встречаются ни на одном уровне.

Качество полученной модели классификации может быть описано матрицей ошибок (табл. 4).

Таблица 4

Матрица ошибок

Кластер 0	Кластер 1	Кластер 2
4	0	0
0	18	1
0	1	54

Как можно видеть, в соответствии с матрицей ошибок некорректно определёнными являются лишь два региона (один в кластере 1 и один в кластере 2). Сводный уровень точности модели составляет 97,436%, что является необходимым и достаточным результатом.

Таким образом, логика формирования решений по управлению экологической устойчивостью и рисками, должна строиться на учете параметра количества несанкционированных свалок.

Так, на основе проведенного анализа были выделены показатели, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Комплекс показателей, отражающих региональный уровень экологической устойчивости и рисков

Показатель	Описание	Единица измерения
Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой	Данный параметр является индикатором для оценки экологических рисков в регионе. Он отражает уровень доступности и безопасности питьевой воды для населения и может указывать на наличие или отсутствие проблем в сфере водоснабжения и санитарии	%
Количество источников питьевого централизованного водоснабжения, несоответствующих нормам	Этот показатель является важным, поскольку качество питьевой воды имеет непосредственное влияние на здоровье людей и экологическую устойчивость региона. Если большое количество источников питьевой воды не соответствует нормам, это может указывать на широкие проблемы в сфере водоснабжения, санитарии и управления ресурсами, которые могут иметь негативные последствия, такие как потеря биоразнообразия, загрязнение водных систем и воздействие на экосистемные услуги	Ед.
Объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта	Главная функция данного показателя – оценка воздействия автотранспорта на окружающую среду. Выбросы вредных веществ, таких как углекислый газ, оксиды азота, углеводороды, а также твердые частицы и другие загрязняющие вещества, могут иметь негативные экологические последствия	Тыс. тонн
Количество несанкционированных свалок отходов	Главный риск от роста количества несанкционированных свалок – выделение вредных химических веществ, из-за которого качество почвы и воды может значительно снизиться, также увеличение мест для отходов приводит к загрязнению воздуха из-за выбросов газов и аэрозолей, что негативно сказывается на окружающей среде, животных, растениях и человеческом здоровье	Ед.
Искусственное лесовосстановление	Искусственное лесовосстановление – это процесс восстановления леса путем насаждения или сеяния деревьев на участках, где до этого лес был уничтожен или сильно деградировал. Специфика данного процесса способствует постоянному улучшению практики	Сот. га

	лесовосстановления и обеспечению более устойчивого и эффективного использования лесных ресурсов	
--	---	--

Таким образом, оценка экологических рисков в рамках региональной дифференциации имеет большое значение из-за нескольких причин. Прежде всего, каждый регион обладает своими уникальными характеристиками, такими как природная среда, население, индустрия и социально-экономический статус. Поэтому, оценивая экологические риски внутри конкретного региона, можно лучше понять, какие угрозы и проблемы существуют именно в этой местности. Следовательно, анализ экологических рисков дает возможность разработать наиболее эффективные меры по защите окружающей среды и управлению рисками, учитывая особенности определенного региона.

Кроме этого, оценка экологических рисков помогает определить приоритеты и основные направления деятельности в области охраны окружающей среды. С помощью анализа представленного типа можно определить, на какие проблемы необходимо срочно обратить внимание и принять наиболее приоритетные меры – это позволяет оптимизировать использование ресурсов и сосредоточиться на тех аспектах охраны окружающей среды, которые требуют наибольшего внимания и решения.

Литература

1. Валеева Р. Р. Устойчивое развитие территорий: от основных понятий до факторов, на него влияющих //Проблемы развития национальной экономики в условиях глобальных инновационных преобразований. – 2021. – С. 103-109.
2. Зайцева Н. В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха //Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – Т. 30. – №. 10. – С. 7-15.
3. Черногаева Г. М., Жадановская Е. А., Малеванов Ю. А. Источники загрязнения и качество атмосферного воздуха Московского региона //Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2019. – №. 2. – С. 109-116.
4. Шульц А. С. Экологические подходы к проектированию устойчивой городской среды //Architecture and Modern Information Technologies. – 2021. – №. 1 (54). – С. 227-235.
5. Uddin M. G., Nash S., Olbert A. I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality //Ecological Indicators. – 2021. – Т. 122. – С. 107218.
6. Levallois P., Villanueva C. M. Drinking water quality and human health: an editorial //International journal of environmental research and public health. – 2019. – Т. 16. – №. 4. – С. 631.

7. Alcamo J. Water quality and its interlinkages with the Sustainable Development Goals //Current opinion in environmental sustainability. – 2019. – Т. 36. – С. 126-140.
8. Андреева Я. А., Видякина А. А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА //МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ НАУКИ. – 2022. – С. 715-717.
9. Володькин А. А. Экологическая роль лесных насаждений Пензенской области //Инновации природообустройства и защиты окружающей среды. – 2019. – С. 617-622.
10. Постникова У. С., Тасейко О. В. АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА //ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ. – С. 130.
11. Панявина Е. А., Манмарева В. В. К ВОПРОСУ ОБ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ПО СНИЖЕНИЮ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ //Проблемы устойчивости развития социально-экономических систем. – 2022. – С. 572-578.
12. Лысюк Р. Н. Экономические и экологические аспекты непрерывного лесопользования. – 2023.
13. Коробка Л. Е. Правовые проблемы экологической информации при обращении с твердыми коммунальными отходами //Вестник Университета имени ОЕ Кутафина. – 2023. – №. 3 (103). – С. 183-192.
14. Kirilchuk I., Rykunova V. Unauthorized dumps: socio-economic aspects of the problem //Economic Annals-XXI. – 2019. – Т. 180.
15. Зайцева Н. В. и др. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора //Анализ риска здоровью. – 2019. – №. 2. – С. 44-55.
16. Новикова Ю. А. и др. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях //Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99. – №. 6. – С. 563-568.
17. Зайцева Н. В. и др. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения //Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. – 2020. – С. 491-498.
18. Жаркова Ю. А., Алексейчиков В. С., Антошина О. А. Искусственное лесовосстановление: проблемы и перспективы развития //Теоретический и практический потенциал в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства:

Материалы Национальной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – 2021. – С. 51.

19. Бабич Н. А., Мерзленко М. Д. Лесоводство. Искусственное лесовосстановление. – 2019.
20. Коротков В. Н., Шанин В. Н., Фролов П. В. Всегда ли искусственное лесовосстановление может быть лесоклиматическим проектом? //ББК 28в6 М34. – 2021. – С.