

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа экономики и управления
Кафедра «Информационные технологии в экономике»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН
Рецензент, начальник отдела
перспективных разработок
АО «НПО «Электромашина»

_____ (А.Ю. Селезнев)
«___» _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, д.т.н., с.н.с.

_____ (Б.М. Суховилов)
«___» _____ 2018 г.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ В
РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ДВИЖУЩАЯ СИЛА–ДАВЛЕНИЕ–СОСТОЯНИЕ–
ВОЗДЕЙСТВИЕ–РЕАКЦИЯ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
(МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)
ЮУрГУ–38.04.05.2018.516.ПЗ ВКР

Руководитель проекта, д.т.н.,
профессор
_____ (В.В. Мокеев)
«___» _____ 2018 г.

Автор проекта,
студент группы ЭУ– 312
_____ (А.А. Бурмистрова)
«___» _____ 2018 г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент
_____ (О.С. Буслаева)
«___» _____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Бурмистрова А.А. Построение моделей устойчивого развития регионов РФ в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция».
– Челябинск: ЮУрГУ, ЭУ-312, 2018.
– 92с., 11ил., 12табл., библиографический список – 31наим.

Работа посвящена построению моделей устойчивого развития регионов РФ в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» методом собственных состояний.

В работе рассмотрены теоретические основы устойчивого развития региональных социально-экономических систем.

Разработана методология анализа устойчивого экологического развития регионов РФ с помощью метода собственных состояний.

С помощью метода собственных состояний в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» была построена модель устойчивого экологического развития регионов РФ.

Были вычислены индикаторы устойчивого экологического развития регионов РФ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	11
1.1 Введение.....	11
1.2 Индикаторы устойчивого развития	17
1.3. Обзор методов построения моделей устойчивого экологического развития регионов	37
2 ОСНОВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ	44
2.2. Методология оценки экологически-устойчивого развития регионов с использованием DEA	49
2.2.1 Основные DEA-модели.....	51
2.3 Метод собственных состояний	53
2.3.1 Особенности вычисления коэффициентов собственных состояний	54
2.3.2 Выбор собственных состояний при построении эталонной модели	56
2.3.3 Алгоритм классификации социально-экономических систем с использованием эталонной модели	58
2.3.4 Алгоритм кластеризации состояний социально-экономических систем с использованием эталонной модели	60
2.3.5 Методология анализа экологически устойчивого развития регионов методом собственных состояний	61
2.4 Сравнение метода собственных состояний с методом DEA-анализа на примере экологической устойчивости регионов РФ	64

3 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ДВИЖУЩАЯ СИЛА–ДАВЛЕНИЕ–СОСТОЯНИЕ–ВОЗДЕЙСТВИЕ–РЕАКЦИЯ»	72
4 КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ.....	84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	89

ВВЕДЕНИЕ

Развитие РФ характеризуется интенсивным использованием природных ресурсов, поэтому в будущем могут появится проблемы с их рентабельными запасами. При этом не решена важная экологическая проблема, связанная с воздействием человека на природную среду: воздух, почва, растения и животных. Одной из важных задач современной экономики РФ является интенсивный рост ВВП при бережном отношении к природному капиталу. Приходит понимание того что без экологической устойчивости обеспечить в течение длительного времени рост экономических показателей невозможно.

Во многих регионах РФ наблюдается динамический рост основных показателей социально-экономического развития. Такой рост экономики сопровождается увеличением антропогенной нагрузки на окружающую природную среду, что приводит к обострению экологической ситуации, увеличивает вероятность возникновения техногенных аварий с негативными экологическими последствиями.

В этой связи встает вопрос статистического анализа устойчивого развития регионов РФ. Это требует применения новых подходов с привлечением современных статистических методов, что определяет актуальность темы, ее научную и практическую значимость.

Устойчивое развитие экономики региона, обеспечивающее сбалансированное решение всех поставленных социально-экономических проблем, является стратегической задачей государства, что отражено в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации». Это обуславливает необходимость теоретического осмыслиения объективных условий совершенствования подходов к формированию и обеспечению развития территорий, анализу реального состояния хозяйственных процессов и оценки степени их соответствия потребностям экономики.

Следует отметить, что в РФ на современном этапе не существует единой методики оценки уровня устойчивости экономического развития региона.

Используемые подходы не всегда предусматривают комплексный анализ региональных социально-экономических характеристик. Достигнутые результаты экономического развития субъекта Федерации зачастую оценивается только изменчивостью финансово-экономических показателей деятельности субъектов, отражающих отдельные составляющие экономической системы территории. Поэтому необходимым направлением научного поиска должна стать разработка методики анализа устойчивости социально-экономического развития региона, комплексно характеризующей эффективность решения им экономических, финансовых, социальных и экологических проблем.

Переход регионов на уровень устойчивого развития требует постоянного совершенствования системы управления ресурсами территории. Поэтому одной из ключевых задач на сегодняшний день является разработка методических подходов и инструментария, позволяющих формировать стратегические направления устойчивого развития экономики региона, а также уровень его ресурсного обеспечения.

Решение данных проблем позволит повысить обоснованность разрабатываемых региональных стратегий развития, выявить территориальные полюсы экономического роста, и, в конечном итоге, обеспечить устойчивость экономики субъекта Федерации. Поэтому уточнение теоретических основ и разработка практических рекомендаций по оценке и обеспечению устойчивости экономики в современных условиях является важной научной задачей. Все вышеизложенное определяет актуальность и практическую значимость проведенного исследования.

Цель работы – создать модель методом собственных состояний в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» для устойчивого экологического развития регионов РФ.

Задачи работы:

- проанализировать существующие подходы к оценке экологической устойчивости развития территории;

- разработать методологию анализа устойчивого экологического развития регионов РФ с помощью метода собственных состояний;
- сравнить методы анализа устойчивого экологического развития регионов РФ;
- построить модель устойчивого экологического развития регионов РФ;
- вычислить индикаторы устойчивого экологического развития регионов РФ.

Объектом работы является экология регионов РФ.

Предметом работы являются методы и критерии оценки устойчивого экологического развития регионов РФ.

В качестве статистического инструментария использовались метод собственных состояний и метод DEA-анализа.

Для решения задач работы применялись пакеты прикладных программ: «Midas», «MaxDEA Basic».

Информационную базу работы составили данные Федеральной службы государственной статистики, материалы периодической печати, официальных сайтов Internet и электронных СМИ по исследуемой тематике.

Научная новизна работы состоит в разработке новой модели устойчивого экологического развития регионов с помощью метода собственных состояний, а также в разработке новой методологии устойчивого экологического развития регионов в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» и формулировании рекомендаций по устойчивому экологическому развитию регионов РФ.

Практическая значимость результатов работы. Основные результаты исследования и полученные выводы могут быть использованы Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики и Федеральной службой по надзору в сфере природопользования для совершенствования статистической отчетности, связанной с природопользованием и экологическим контролем.

1ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1 Введение

Долгие годы человек чувствовал себя покорителем природы. Сформировалась модель экстенсивного наращивания масштабов вовлечения природных ресурсов в расширение промышленной деятельности, затем транспортных коммуникаций и жилищно-бытовой сферы. Социально-экономическое развитие общества в XX веке, в основном ориентированное на быстрые темпы экономического роста, вызвало причинение вреда окружающей природной среде. Человечество столкнулось с противоречиями между растущими потребностями мирового сообщества и невозможностью биосфера обеспечить эти потребности.

К концу 1960-х гг. в мировом научном сообществе сложилось представление о нарастании экологической напряженности. Многие исследователи пытались выявить тенденции социально-экономического развития и возможные экологические последствия как для отдельных регионов, так и для всего мира. В рамках этих тенденций стали разрабатываться глобальные и региональные модели развития, создавались международные неправительственные научные организации по изучению глобальных процессов на Земле.

В конце прошлого века международное сообщество пришло к идеи «устойчивого развития». Фактически концепция «устойчивого развития» былазвучена в докладе «Проблемы человеческого общества» Генерального секретаря ООН в 1969 г. В настоящее время теория устойчиворазвития социально-экономических систем находится в стадии становления. До сих пор остается много нерешенных и спорных вопросов. Научное сообщество, прежде всего, волнует вопрос о том, можно ли вообще говорить об устойчивости динамичной социально-экономической системы, если в философском понимании устойчивость представляется как неизменность, пребывание в состоянии постоянства.

В большинстве научных работ нетчтого обозначения взаимозависимостипонятий «устойчивое развитие» и «устойчивость». Ученые не пришли к единому мнению о понятии устойчивости социально-экономической системы, современной наукой не выработано общепринятое определения этой категории, не выявлена специфика устойчивости систем регионального уровня. Без создания прочного методологического и методического фундамента, без научного обоснования действий на всех иерархических уровнях управления не представляется возможным решить проблему устойчивости социально-экономической системы.

В контексте данной работы в качестве социально-экономической системы будет рассматриваться регион и одна из его характеристик – устойчивость. Анализ определений показал, что существует четыре различных подхода к трактовке определения устойчивости социально-экономических систем:

1. Л.И. Абалкин, А.Л. Бобров, Д.В. Гордиенко, А.Я. Лившиц, Т.М. Конопляник говорят о том, что устойчивость социально-экономической системы связывается с безопасностью, стабильностью, надёжностью, целостностью и прочностью системы;
2. А.Л. Гапоненко, Т.Г. Краснова, С.М. Ильясов, В.Е. Рохчин, В.Д. Калашников, О.В. Коломийченко рассматривают устойчивость как относительную неизменность основных параметров социально-экономической системы, способность системы оставаться неизменной в течение определённого времени;
3. Е.С. Бодряшов, В.А. Кретинин, Н.В. Чайковская определяют устойчивость как способность социально-экономической системы сохранять динамическое равновесие;
4. А.И. Дружинин, О.Н. Дунаев, М.Ю. Калинчиков, А.М. Озина, Б.К. Есекин связывают устойчивость социально-экономической системы со способностью системы стablyно функционировать, развиваться, сохранять движение по намеченной траектории, с саморазвитием.

Исходя из представленных подходов, под устойчивостью социально-экономической системы (региона) понимаем способность системы сохранять равновесие, стабильно функционировать в долгосрочной перспективе и развиваться в условиях меняющейся внешней и внутренней среды [1].

Социально-экономическая система способна эволюционировать, переходя в другой вид, при котором потреблённые ресурсы заменяются на другие, воспроизводятся или восстанавливаются, в случае, если непредставляется возможным дальнейшее развитие без невозобновляемых ресурсов, происходит сокращение или сведение к минимуму их потребления. В процессе развития системы претерпевают изменения в соотношениях между её элементами, ослабевают одни связи и усиливаются другие. Отсюда следует, что развитие может быть как устойчивым, так и неустойчивым.

Устойчивому развитию социально-экономической системы присущи такие характеристики, как динамичность и относительная неизменность её свойств. Поэтому свойства при устойчивом развитии системы остаются постоянными, но при этом в системе происходят качественные изменения.

Неустойчивое развитие характеризуется качественными изменениями в системе, сопровождающимися ухудшением её свойств, что может способствовать ликвидации всей системы.

С точки зрения системного подхода устойчивое развитие – это определенный вид прогрессивно направленных изменений, имеющих заранее обусловленный характер. Неустойчивым развитие становится при разрушении или переходе в новое качественное состояние, то есть при возникновении состояния кризиса системы.

Из вышеизложенного следуют выводы: во-первых, устойчивое развитие является следствием устойчивости самой системы; во-вторых, потеря устойчивости приводит к разрушению системы, то есть устойчивость является единственным условием её выживания.

В условиях процесса глобализации, которое определяет общественное развитие, проблема создания и поддержания устойчивого развития является одной из самых актуальных в настоящее время. Концепция устойчивого развития приобрела в последнее время широкое распространение в национальном масштабе. Правительством разрабатываются программы устойчивого развития страны, отдельных регионов и отдельных отраслей.

Существуют принципы устойчивого развития, на которых базируется создание устойчивой социально-экономической системы. Предлагаем использовать следующие основные принципы: удовлетворение основных потребностей общества, борьба с бедностью населения; повышение уровня качества жизни, сбалансированность структур производства и потребления, обеспечение и поддержание здоровья людей, рациональное пользование природными ресурсами, обеспечение экологической безопасности, сохранение экосистем, межсекторальное сотрудничество, формирование и развитие гражданского общества, глобальное партнерство, формирование экологического сознания и этики, ликвидация насилия над природой и человеком (устранение терроризма, экоцида, войн).

В литературе сформировалось несколько подходов к понятию устойчивого развития.

Первый подход связан с триединой концепцией устойчивого развития, где устойчивое региональное развитие рассматривается с позиции финансовой, общественной и экологической его составляющих.

Авторы второго подхода связывают устойчивое развитие региона с безопасностью, стабильностью, целостностью, возможностью системы быстро возвращаться в начальное состояние, адаптироваться к воздействию не очень благоприятных факторов.

Сторонники третьего подхода считают, словно устойчивое развитие региона связано с динамическим равновесием в большей степени за счет повышения конкурентоспособности региона.

Приверженцы четвертого подхода связывают устойчивое развитие региона с формированием особой институциональной среды.

Вместе с тем не существует общепринятой трактовки устойчивого развития.

В соответствии с определением, представленным в докладе МКОСР «Наше общее будущее», устойчивое развитие это такое развитие, при котором достигается удовлетворение житейских необходимостей ныне живущих людей и сохранение для грядущих поколений возможности удовлетворения собственных потребностей. Английский оригинал термина «устойчивое развитие» до сих пор подвергается критике в общем как сочетание слов, так как понятие «развитие» говорит об изменениях, тогда как понятие «устойчивость» – смысл неизменности и сохранности.

В формулировке Всемирного банка устойчивое развитие – это управление совокупным капиталом общества в интересах сохранения и приумножения человеческих возможностей. Устойчивое развитие (по законодательству РФ) – гармоничное развитие производства, социальной сферы, населения и окружающей природной среды [2].

Н.Н. Моисеев определяет устойчивое развитие как развитие общества, приемлемое для сохранения ниши человека и создания благоприятных условий для выживания цивилизации [3].

В работах ряда авторов вышеназванные подходы комбинированы между собой, так например, в работе А.Ю. Рожковой устойчивое развитие региона понимается как процесс постоянного преобразования качественных и количественных характеристик региональной социо-экологического-экономической системы, направленный на достижение динамического равновесия между обществом, экономикой и окружающей средой, которое обеспечивает при этом благосостояние нынешних и будущих поколений с соблюдением сбалансированности, гармоничности, стабильности, конкурентоспособности и безопасности [4].

Наиболее полно, понятие устойчивое развитие региона представлено в работе А.В. Золотухиной , которая считает, что «для устранения неоднозначности, размытости трактовки понятия «устойчивое развитие региона» необходимо, учитывать интенсивность экономического роста (положительную динамику промышленности региона при ограниченности ресурсов на основе оптимизации технологий производства и потребления); пропорциональность в развитии региональной экономики, сбалансированность её отдельных сфер (экономики, социальной сферы, экологической составляющей), эффективность отраслевой структуры; уровень жизни населения; солидарность, партнерство и сотрудничество между субъектами регионального хозяйствования; способность автономно (относительно обособленно) и стабильно функционировать (на основе использования существующих региональных особенностей и учета единых общегосударственных целей), развиваться в заданном (желаемом) направлении в обозримом (краткосрочном) периоде и на перспективу; способность функционировать в условиях неопределенности рыночной среды, разнообразных экономических тенденций(глобальных,национальных, собственно региональных), преодолевая возможные неблагоприятные воздействия и адаптируясь к изменяющимся условиям; коэволюцию (соразвитие), базирующуюся на ноосферной модели хозяйствования (производственно-хозяйственная деятельность, предполагающая разумное управление жизнедеятельностью человека и общества); эффективность и рациональность в использовании всех видов региональных ресурсов» [5].

На основе анализа существующих подходов нами предлагается собственное определение исследуемой категории. Устойчивое развитие региона – это сбалансированное гармоничное развитие, при котором снижается фактор неопределенности, и достигаются совершенствование институциональной среды, качество экономического роста, эффективное и рациональное использование ресурсов, инвестиционная привлекательность, всеобщая безопасность, конкурентоспособность за счет имеющегося потенциала собственных ресурсных

возможностей и доходных источников, и которое способствует повышению качества жизни текущего и будущего поколений в долгосрочной перспективе.

Анализ имеющихся определений устойчивого развития регионов показал, что общепринятого понятия современной наукой не выработано. Устойчивость является главнейшим и единственным критерием постоянного развития системы, обеспечивающим её целостность и дальнейшее развитие. Воздействие внутренних и внешних факторов, действующих на равновесное состояние системы, нейтрализуется маневренностью и гибкостью, которую обеспечивает системе устойчивость. На сегодняшний день при определении устойчивого развития как глобального процесса не возникает острых противоречий. Противоречия начинают возникать при определении того, что следует понимать под устойчивым развитием региона, а также при определении тех мероприятий, которые необходимо проводить на уровне региона для обеспечения его устойчивого развития. Это означает, что концепция устойчивого регионального развития, является теоретической по своей сути. Для того, чтобы она стала практически применимой, необходимо разработать систему индикаторов, наиболее полно характеризующих процесс устойчивого развития региона.

1.2 Индикаторы устойчивого развития

Индикаторы устойчивого развития –показатель (выводимый из первичных данных, которые обычно нельзя использовать для интерпретации изменений); позволяющий судить о состоянии или изменении экономической, социальной или экологической переменной. Основной целью введения индексов является оценка ситуации или события, для прогноза развития сложившейся ситуации и разработки её решения. На сегодняшний день отсутствуют обоснованные количественные критерии, позволяющие измерять степень устойчивости развития государств, отдельных регионов и территорий.

В мире активно идет разработка критериев и индикаторов устойчивого развития. Этим занимаются ведущие международные организации: ООН, Всемирный Банк, Организация стран экономического сотрудничества и развития

(ОЭСР), Европейская комиссия, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др. Хотя разработка индикаторов устойчивого развития ещё далека от завершения, однако уже предложены проекты индикаторов для систем разных масштабов: глобального, регионального, национального, локального, отраслевого, даже для отдельных населенных пунктов и предприятий [6].

Первым примером комплексной разработки системы индикаторов устойчивого развития стала работа Комиссии по устойчивому развитию ООН, представленная более 20 лет назад (в 1996 г.). Общее число предложенных индикаторов составляло 132. Все они были разделены на четыре группы: социальные (41 индикатор), экономические (26), экологические (55) и организационные (10).

В 2006 г. была подготовлена очередная новая модификация системы индикаторов. Следует также отметить исследования Всемирного Банка: предлагаемые индикаторы в рамках ежегодного доклада Всемирного Банка «Индикаторы мирового развития» (The World Development Indicators) [7]. Широкое признание в мире и отдельных странах получили система экологических индикаторов Организации экономического сотрудничества и развития, разработанная на основе структуры «давление – состояние – реакция», и ее модификации. Все шире в мире и отдельных странах используются индикаторы устойчивого развития, связанные с качеством среды обитания человека. Конструктивность отражения экологического фактора, ущербов для среды и здоровья населения в показателях устойчивого развития позволяет проводить эффективную политику.

Можно выделить два подхода к построению индикаторов устойчивости:

- 1) построение системы индикаторов, с помощью которых можно судить об отдельных аспектах развития: экологических, социальных, экономических и др.;
- 2) построение обобщенного (интегрального) индикатора, на основе которого можно комплексно судить о степени экологической устойчивости социально-экономического развития региона и его инновационной направленности;

Интегральный показатель уровня устойчивого развития региона определяется произведением индексов изменения частных критериев экономических, социальных, экологических и институциональных показателей (1.1):

$$K_{\text{инт}} = \sqrt[4]{K_{\text{экон}} * K_{\text{соц}} * K_{\text{экол}} * K_{\text{инст}}}, \quad (1.1)$$

где $K_{\text{инт}}$ – интегральный показатель уровня устойчивого развития региона; $K_{\text{экон}}$ – обобщающий показатель, характеризующий экономическую составляющую устойчивого регионального развития; $K_{\text{соц}}$ – обобщающий показатель социальной составляющей устойчивого развития; $K_{\text{экол}}$ – обобщающий показатель экологической составляющей устойчивого развития; $K_{\text{инст}}$ – обобщающий показатель, характеризующий институциональную составляющую устойчивого развития региона.

Использование данной системы показателей позволяет определить факторы перехода экономики региона к устойчивому развитию и оценить степень достижения устойчивости регионального развития.

Для определения обобщающих показателей, характеризующих отдельные составляющие региональной устойчивости и избегания проблем, связанных с приведением большого числа показателей к сопоставимому виду, воспользуемся методом относительных разностей.

Метод относительных разностей предполагает использование факторов как положительно влияющих на устойчивость региона (1.2), так и оказывающих негативное воздействие (1.3):

$$Z_i^+ = \frac{X_i - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}, \quad (1.2)$$

$$Z_i^- = \frac{\max(X_i) - X_i}{\max(X_i) - \min(X_i)}, \quad (1.3)$$

где Z_i^+ и Z_i^- – оценка уровня развития региона с положительным и отрицательным воздействием по фактору i ;

X_i – значение фактора в регионе;

$\max(X_i)$, $\min(X_i)$ – максимальные и минимальные значения i -го фактора по совокупности регионов.

На основе стандартизованных значений определяется обобщающий показатель по каждой составляющей устойчивого регионального развития (1.4):

$$K_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n Z_i^2}{n}}, \quad (1.4)$$

где K_i – обобщающий показатель по каждой составляющей устойчивости региона, n – число факторов.

Практически открытым остается вопрос о факторах и критериях региональной устойчивости.

Наиболее полный перечень факторов, обеспечивающих устойчивое развитие региона, представлен в работе Т.В. Усковой [6]. В данной работе для расчета интегрального показателя оценки устойчивости развития региональной системы, были использованы показатели, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень индикаторов для расчета интегрального показателя устойчивости региональной социально-экономической системы.

Экономические	Социальные	Экологические
Валовой региональный продукт, тыс. руб. на душу населения	Соотношение денежных доходов на душу населения и величины прожиточного минимума, раз	Удельный вес исследованных проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %
Объем промышленного производства, тыс. руб. на душу населения	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума, %	Удельный вес исследованных проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, %
Объем инвестиций в основной капитал, тыс. руб. на душу населения	Розничный товарооборот, рублей на душу населения	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тонн на 1000 чел. нас.

Продолжение таблицы 1

Налоговые и неналоговые доходы консолидированных бюджетов субъектов РФ, тыс. руб. на душу населения	Уровень зарегистрированной безработицы, %	Площадь зеленых массивов и насаждений в городах по субъектам РФ, кв. м в расчете на одного городского жителя
Доля налоговых и неналоговых доходов в консолидированных бюджетах субъекта РФ, %	Уровень экономической активности населения, %	-
Доля инновационных товаров, работ и услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	Доля занятых, имеющих высшее и незаконченное высшее профессиональное образование, в общей численности занятых, %	-
Доля предприятий, занимающихся инновациями, %	Коэффициент депопуляции населения	-
Степень износа основных производственных фондов, %	Удельный вес ветхого и аварийного жилищного фонда в общей площади всего жилищного фонда, %	-
Удельный вес убыточных организаций, %	Число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек населения	-
Доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП, %	-	-

В работе определены интегральные индексы устойчивости для регионов Северо-Западного федерального округа. Установлены пороговые значения индекса устойчивости, который находится в пределах от 0 до 1. Выделены шесть

уровней устойчивости региональной социально-экономической системы, которые объединены в четыре области устойчивости в таблице 2.

Таблица 2 – Интерпретация пороговых значений интегрального индекса устойчивости региональной социально-экономической системы.

Область устойчивости	Границы интервала Индекса	Степень устойчивости системы
1	$0,9 < I_{уст.} < 1,0$	Высокий уровень устойчивости
2	$0,75 < I_{уст.} < 0,9$	Устойчивое развитие
	$0,5 < I_{уст.} < 0,75$	Развитие, близкое к устойчивому
3	$0,25 < I_{уст.} < 0,5$	Развитие с признаками неустойчивости
	$0,1 < I_{уст.} < 0,25$	Неустойчивое, предкризисное развитие
4	$0 < I_{уст.} < 0,1$	Абсолютно неустойчивое развитие, кризис

Попытки создания методики оценки устойчивости развития, учитывающей воздействие экономических, социальных и экологических факторов, но и институциональных, предпринимаются в нынешнее время многими учеными. Об этом свидетельствуют работы Богомоловой И.В., Большакова Н.М., В.О. Мосейко, Чуб А.А. и др. [7–9].

В соответствии со мнением исследователей [7], институциональная среда определяет тип экономического роста, его качество и эффективность, является базисом условий, определяющих устойчивое развитие регионов. В исследовании И.В. Большакова [7] в качестве показателя, характеризующего институциональную среду устойчивого регионального развития, использовался такой фактор как существование сформулированных программ устойчивого развития.

Когда начинается разработка обобщающих показателей необходимо помнить, что выбор факторов и их слияние в критерии основывается на представлениях о жизнеспособности регионов как сложных систем.

Следовательно, окончательный рейтинг, кроме современных процессов и тенденций, должен отражать потенциал самосохранения отдельных оставляющих региона.

В текущее время общепринятой методики оценки уровня региональной устойчивости не имеется.

С точки зрения проработанности методологии, статистической обеспеченности можно выделить индекс скорректированных чистых накоплений, индекс истинных сбережений и индекс человеческого развития, которые рассчитываются Всемирным Банком ООН.

Индекс человеческого развития предложен в начале 90-х годов для сопоставительного межстранового анализа развития и использования человеческого фактора. ИЧР является комплексным показателем, оценивающим уровень достижений страны по трем основным направлениям в области развития человека: долголетие на основе здорового образа жизни, знания, измеряемые уровнем грамотности населения и совокупным валовым коэффициентом поступивших в начальные, средние и высшие учебные заведения; достойный уровень жизни. Суммарный индекс показывает степень достижения определенных общественных целей: продолжительности жизни 85 лет, 100 – процентной (необходимой) функциональной грамотности и высокого уровня жизни в соответствии с общепринятыми мировыми стандартами (1.5):

$$\text{ИЧР} = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}, \quad (1.5)$$

где $\max(x_i)$, $\min(x_i)$ – максимальное и минимальное значение соответствующих базовых показателей человеческого развития x_i ;

x_1 – ожидаемая продолжительность жизни ($\min(x) = 25\%$, $\max(x) = 85\%$);

x_2 – грамотность взрослого населения ($\min(x) = 0\%$, $\max(x) = 100\%$);

x_3 – полнота охвата обучения в начальной и высшей школах – отношение числа обучающихся к численности населения 5-24 лет (0 % и 100 %);

x_4 – специальный индикатор материального благосостояния, равный десятичному логарифму реального ВВП (ВРП) на душу населения;

α_i – весовой коэффициент i -го показателя ($\alpha_1 = 1/3$, $\alpha_2 = 2/9$, $\alpha_3 = 1/9$, $\alpha_4 = 1/3$).

В итоговом рейтинге все государства ранжируются на основе ИЧР и классифицируются на 4 категории:

- страны с очень высоким уровнем ИЧР;
- страны с высоким уровнем ИЧР;
- страны со средним уровнем ИЧР;
- страны с низким уровнем ИЧР.

Российская статистика использует ИЧР для оценки социально-экономического развития регионов с 1997 года. Поскольку при расчете ИЧР регионов России используются общие методические принципы (максимальное значение индекса стремится к единице), это позволяет провести позиционирование российских регионов в системе координат мирового рынка.

Значение индекса истинных сбережений дает четкое представление о том, действительно ли страна движется по пути устойчивого развития.

Индекс истинных сбережений характеризует скорость накопления национальных сбережений после учета истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды и измеряется в процентах от валового национального дохода. Положительный уровень истинных сбережений приведет к росту благосостояния, а отрицательные значения этого показателя будут свидетельствовать об «антиустойчивом» типе развития.

Индекс истинных сбережений (GenuineSavings) – результат коррекции валовых внутренних сбережений, т.е. валового накопления. Коррекция проводится в два этапа. На первом определяется величина чистых внутренних сбережений (NDS) как разница между валовыми внутренними сбережениями (GDS) и величиной обесценивания произведенных активов (CFC). На втором этапе чистые внутренние сбережения увеличиваются на сумму расходов на образование (EDE) и уменьшаются на величину истощения природных ресурсов (DPNR) и ущерба от загрязнения окружающей среды (DMGE) (1.6):

$$GS = (GDS - CFC) + EDE - DPNR - DMGE. \quad (1.6)$$

Все входящие в расчет величины берутся в процентах от ВВП (GDP).

Индекс истинных сбережений является проработанным в теоретическом плане, имеющим хорошую статистическую базу и возможность расчета на региональном уровне.

В работе [10] индекс истинных сбережений был адаптирован для отражения эколого-экономической устойчивости развития регионов Российской Федерации. Скорректированные чистые накопления для регионов России можно определить по формуле (1.7):

$$СЧН=ВН-ИД-ИПР-УЗОС+РЧК+ЗОС+ООПТ, \quad (1.7)$$

где СЧН – скорректированные чистые накопления;

ВН – валовые накопления основного капитала;

ИД – инвестиции в основной капитал по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых»;

ИПР – истощение природных ресурсов;

УЗОС – ущерб от загрязнения окружающей среды;

РЧК – расходы бюджета на развитие человеческого капитала; ЗОС – затраты на охрану окружающей среды;

ООПТ – оценка особо охраняемых природных территорий.

Под эколого-экономическим индексом, который называют так же индексом скорректированных чистых накоплений, подразумевают отношение скорректированных чистых накоплений к валовому региональному продукту (1.8):

$$ИСЧН=СЧН/ВРП*100\%, \quad (1.8)$$

где СЧН – скорректированные чистые накопления; ВРП – валовой региональный продукт.

В качестве информационной основы для построения эколого-экономического индекса для регионов (индекса скорректированных чистых накоплений) используются данные официальной статистики. Это позволяет использовать стандартизованные данные, единые для всех субъектов РФ. Данные официальной

статистики находятся в открытом доступе, что делает индекс абсолютно прозрачным.

Широкое признание в мире получила система экологических индикаторов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Членами этой организации являются 30 экономически развитых государств Европы, Северной Америки, Азиатско-Тихоокеанского региона (Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Дания, Испания, Италия, Австралия, Канада, США, Мексика, Польша и др.).

В основе индикаторов ОЭСР лежит модель ДСР (Давление–Состояние–Реакция). Модель ДСР выявляет причинно-следственные связи между экономической деятельностью и экологическими и социальными условиями и помогает лицам, принимающим решения, и общественности увидеть взаимосвязь этих сфер и выработать политику для решения возникающих проблем.

В результате своей деятельности человек оказывает «давление» на природную среду и влияет на качество и количество природных ресурсов («состояние»). Любое производство не является безотходным, следовательно, человеческая деятельность неизбежно связана с потреблением ресурсов и производством отходов. Показатели «давления» характеризуют эффективность применяемых технологий в стране, количество выбросов, энерго- и материалоёмкость производств и т.д.

Общество реагирует на эти изменения через природоохранную, общеэкономическую и отраслевую политику и через изменения в общественном сознании и поведении («реакция на давление»).

Модель ДСР представляет собой механизмбора и организации показателей в удобной форме.

Показатели давления тесно связаны с характером производства и потребления, они зачастую отражают интенсивность загрязнения или использования ресурсов, а также обусловленные этими процессами тенденции и изменения за определенный период времени.

Экологическое состояние связано с качеством окружающей среды и количеством и качеством природных ресурсов. Как таковые, они отражают конечную цель природоохранной политики. Показатели экологического состояния созданы с таким расчетом, чтобы давать обзор экологической ситуации и её развития во времени. Примерами являются: концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде; превышение критических нагрузок; влияние определенного уровня загрязнения на население или снижение качества окружающей среды и связанное с этим воздействие на здоровье людей; состояние флоры и фауны; запасы природных ресурсов.

Показатели реакции отражают ответ общества на экологические проблемы. Они связаны с коллективными и индивидуальными действиями и реакциями, направленными на смягчение, адаптацию или предотвращение отрицательного влияния на окружающую среду, вызванного человеческой деятельностью, или на сохранение природы и природных ресурсов. Примерами показателей реакции являются затраты на охрану окружающей среды; природоохранные налоги и субсидии; структура ценообразования; доля рынка, приходящаяся на экологически чистые товары и услуги; темпы сокращения загрязнения; уровень вторичной переработки продуктов.

Модель «Давление–Состояние–Реакция» ОЭСР легла в основу многих других систем индикаторов, в частности, Европейских индикаторов воздействия Евростата.

Система индикаторов для улучшения управления природопользованием в Центральной Америке, разработанная для улучшения управления природопользованием, построена аналогично схеме ОЭСР. Отличительная особенность проекта – представление индикаторов в виде геоинформационных систем, что делает материал более наглядным и облегчает планирование и принятие решений.

Анализ осуществляется в три этапа: использование индексов, затем базовых индикаторов, и, наконец, дополнительных индикаторов. Всего было выделено 11

индексов, 68 базовых индикаторов и 114 дополнительных индикаторов, которые должны способствовать анализу для принятия решений. Индексы фиксируют проблему и необходимость дальнейшего анализа.

Выделены следующие 11 индексов по проблемам и объектам:

- земля – индекс использования земли;
- леса – индекс риска для лесов;
- вода – индекс уязвимости водных ресурсов;
- биоразнообразие – степень освоенности земель;
- морские и прибрежные ресурсы – индекс риска для прибрежных территорий;
- атмосфера – индекс выбросов парниковых газов;
- энергия – использование электроэнергии на душу населения;
- социальное развитие – индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП);
- экономическое развитие – ВВП на душу населения;
- инфраструктура – индекс достижимости;
- природные катастрофы – индекс климатического риска.

Предложенные индексы используются в различных исследованиях, в частности, в ежегодном докладе Института мировых ресурсов (WorldResourcesInstitute).

Одна из самых масштабных систем индикаторов устойчивого развития разработана КУР ООН (Комиссией ООН по устойчивому развитию). В системе КУР были выделены четыре подсистемы индикаторов:

- индикаторы социальных аспектов устойчивого развития;
- индикаторы экономических аспектов устойчивого развития;
- индикаторы экологических аспектов устойчивого развития (включая характеристики воды, суши, атмосферы, других природных ресурсов, а также отходов);
- индикаторы институциональных аспектов устойчивого развития (программирование и планирование политики, научные разработки,

международные правовые инструменты, информационное обеспечение, усиление роли основных групп населения).

Первоначально КУР был сформирован список из 134 индикаторов. Однако, обсуждения и предварительная проработка показали, что список индикаторов излишне длинный. В итоге, схема индикаторов по типам была упрощена в пользу схемы «тема–подтема–индикатор». В каждой области определяются главные темы. Затем темы детализируются по подтемам и в дальнейшем сводятся минимальному набору индикаторов.

Пример структуры системы индикаторов приведен в таблице 3 [11].

Таблица 3 –Базовые индикаторы устойчивого развития

Тема	Подтема	Индикатор
Атмосфера	Изменение климата	1. Эмиссия CO ₂ при потреблении органического топлива 2. Эмиссия парниковых газов
	Качество воздуха	3. Концентрации приоритетных загрязняющих воздух веществ на городских территориях 4. Эмиссия вредных веществ, суммарная и по классам опасности
	Сельское хозяйство	5. Земли сельскохозяйственного назначения 6. Использование минеральных удобрений 7. Использование пестицидов
	Леса	8. Лесопокрытая площадь, в % к общей земельной площади 9. Площадь лесов по категориям 10. Интенсивность вырубок леса (использование расчетной лесосеки)
Земля	Опустынивание земель	11. Земли, подвергшиеся опустыниванию (региональные оценки, разовые оценки)
	Урбанизация	12. Земли населенных пунктов 13. Земли промышленности, транспорта и иного несельскохозяйственного назначения
	Рыболовство	14. Годовой вылов важнейших видов по основным бассейнам

Продолжение таблицы 3

Пресная вода	Количество воды	15. Годовой забор подземных и поверхностных вод, в % от общих запасов имеющейся воды
		16. Объем оборотной и последовательно используемой воды в процентах к забору воды из водных источников
	Качество воды	17. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы
		18. Сброс загрязняющих веществ в поверхностные водоемы
Биоразнообразие	Экосистемы	19. Земли особо охраняемых природных территорий (заповедники и национальные парки)
		20. Охраняемые территории, в % к общей площади
	Виды	21. Наличие основных выбранных видов (разовые оценки)
Экономическая структура	Экономические показатели/ Результаты	22. ВВП на душу населения
		23. Доля инвестиций в ВВП
		24. Коэффициент обновления основного капитала
		25. Производительность труда
		26. «Истинные сбережения» (оценка)
	Торговля	27. Торговый баланс в товарах и услугах
	Финансовое положение	28. Доля долга в ВНП
		29. Уровень инфляции

Окончание таблицы 3

Модели потребления и производства	Потребление материалов	30. Интенсивность использования материалов (материаляемкость)
	Использование энергии	31. Годовое потребление энергии на душу населения
		32. Доля возобновляемых источников энергии
		33. Интенсивность использования энергии (энергоемкость)
	Образование и управление отходами	34. Образование токсичных отходов (по классам)
		35. Использование и обезвреживание токсичных отходов
	Транспорт	36. Число легковых автомобилей на 1000 населения
Уровень благосостояния населения	Занятость	37. Уровень безработицы
	Распределение доходов	38. Коэффициент дифференциации доходов
		39. Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума
	Жилье	40. Обеспеченность населения жильем
		41. Удельный вес числа семей, состоящих на учете на получение жилья
	Рекреация	42. Детские оздоровительные учреждения

Всего для России выделено 42 индикатора, из которых подавляющее большинство рассчитывается на основе официальных статистических данных и небольшая часть основана на разовых обследованиях и оценках.

По большей части показателей имеется информация на региональном уровне, следовательно, данную систему индикаторов можно использовать для оценки устойчивого развития региона.

Однако, эта модель не учитывала сложные экологическиепроцессы при взаимодействии человека и средыобитания, не давала полную характеристику элементам модели и, соответственно, не могла предоставить способы динамического и циклическоговлияния на систему.

Система эколого-экономического учета (СЭЭУ) (A SystemforIntegratedEnvironmentalandEconomicAccounting) была предложена Статистическим отделом Секретариата ООН в 1993 году.

Эколого-экономический учет расширяет потенциал национальных счетов, но не рассматривается в качестве замены национального счетоводства.

Система эколого-экономического учета состоит из нескольких крупных блоков. В первом блоке выделены потоки, относящиеся к природоэксплуатирующей и природоохранной деятельности. Второй блок описывает взаимодействия между природной средой иэкономикойв натуральных единицах. В третьем блоке рассматриваются различные подходы к оценке условно исчисляемых издержек с использованием природных активов. Четвертый блок касается расширенного толкования сферы производства в макроэкономическом анализе. В качестве отправной точки при разработке системы эколого-экономического учета используется метод межотраслевого баланса и счета нефинансовых активов.

Эколого-экономический учет затрагивает вопросы включения в национальное богатство наряду с капиталом, произведенным человеческим трудом, природного капитала, а также дает возможность оценить экологические затраты (истощение и воздействие на качество природных ресурсов). Природный капитал включает возобновляемые ресурсы (например, леса), и невозобновляемые (почва и подпочвенные активы), а также экологические услуги. Расширениеэкологически скорректированных макроэкономических агрегатов происходит за счет

рассмотрения природных активов: возможна корректировка не только ВВП, но и чистой добавленной стоимости и национального богатства.

При построении «зеленых» счетов традиционные экономические показатели корректируются за счет двух величин: стоимостной оценки истощения природных ресурсов и эколого-экономического ущерба от загрязнения. В основе экологической трансформации национальных счетов находится экологически адаптированный чистый внутренний продукт (ЭЧВП) (Environmentallyadjustednetdomesticproduct, EDP). Этот показатель получают из чистого внутреннего продукта в два этапа:

- 1) из чистого внутреннего продукта (NDP) вычитается стоимостная оценка истощения природных ресурсов (DPNA) (добыча нефти, минерального сырья, вырубка лесов и пр.);
- 2) из полученного показателя вычитается стоимостная оценка экологического ущерба (DGNA) (загрязнения воздуха и воды, размещения отходов, истощения почвы, использования подземных вод) (1.9):

$$EDP = (NDP - DPNA) - DGNA. \quad (1.9)$$

По предварительным оценкам статистического отдела ООН, в среднем величина ЭЧВП составляет около 60–70% от ВВП.

В 2000 г. вышла последняя версия СЭЭУ. В новом руководстве основной акцент сделан на стоимостные методы, позволяющие получить рыночные или близкие к рыночным оценки. Новая методика во многом посвящена детализации и углублению понимания идеологии, положенной в основу первоначального методического руководства.

Первый шаг в России по адаптации СЭЭУ был сделан в 1996 г. в рамках реализации проекта проанализирована система учета и оценок природных ресурсов на региональном уровне (в Ярославской области) [7].

Довольно активно в мире предпринимаются попытки рассчитать интегральные агрегированные индексы, базирующиеся прежде всего на экологических параметрах.

Агрегированный индекс «живой планеты» (ИЖП) (Living Planet Index) для оценки состояния природных экосистем планеты исчисляется в рамках ежегодного доклада Всемирного Фонда Дикой Природы (World Wild Fund).

Индекс живой планеты измеряет природный капитал лесов, водных и морских экосистем и рассчитывается как среднее из трех показателей: численность животных в лесах, в водных и морских экосистемах. Каждый показатель отражает изменение популяции наиболее представительной выборки организмов в экосистеме.

Проблема значительных экономических издержек для здоровья от деградации среды является общемировой. Для оценки ущерба для здоровья от загрязнения окружающей среды в Европейском сообществе использовалась модель «Экосенс» (EcoSense), разработанная в Штутгартском Университете. Эта модель была разработана специально для оценки воздействия (риска) загрязнения атмосферного воздуха и денежной оценки этого загрязнения на здоровье человека, сельское хозяйство (урожайность сельскохозяйственных культур), строительные (конструкционные) материалы и т.д.

Модель «Экосенс» использовалась экспертами из Штутгартского университета и МГУ им. М.В.Ломоносова. Для России данная модель впервые была применена в 2002 г. для нескольких российских регионов. Общий ущерб для здоровья населения с учетом заболеваемости и смертности дает весьма впечатляющие цифры. В Свердловской и Челябинской области ущерб составил 8% ВРП, для республики Башкортостан – 7% и 6% ВРП – для Нижегородской области.

Недоучет воздействия экологического фактора на здоровье может привести и к существенному ущербу в будущем.

Проанализировав многочисленные исследования, мы пришли к выводу, что, во-первых, универсального индикатора, который бы отражал все аспекты устойчивого развития, и признанного мировым сообществом пока нет.

Во-вторых, индикаторы устойчивого развития региона должны удовлетворять следующим критериям:

- иметь количественное выражение;
- возможность оценки в динамике;
- иметь однозначную интерпретацию;
- опираться на систему национальной статистики;
- иметь низкие издержки для сбора информации и расчетов;
- быть репрезентативными.

В-третьих, перечень индикаторов устойчивого развития региона не может быть неизменным, а должен корректироваться при изменении тенденций и проблем.

Изначально разные базовые условия развития регионов, обусловленные социальными, природно-климатическими, экономическими, демографическими и иными факторами, порождают проблемы диспропорций и необходимость поиска перспективных вариантов формирования устойчивой политики регионального развития.

Потенциал развития региона во многом определяется географическим положением региона, его природными ресурсами. Наличие полезных ископаемых зачастую определяет хозяйственную специализацию региона. Безусловным преимуществом является привлекательная природная среда и климатические условия, позволяющие эффективно функционировать сельскому хозяйству, туризму и т.п. Определяющим фактором могут стать приграничные территории, дающие шансы на развитие международных связей, участие в международном разделении труда.

С начала XXI века ситуация стала меняться в сторону повсеместного признания важности комплексного (интегративного) подхода в экологогигиенических исследованиях. Появилась новая концептуальная модель «Движущие Силы – Давление – Состояние – Воздействие – Реакция» (Driving Forces – Pressure – State – Impact – Response, DPSIR). Она была основана

на идеопризнания неблагоприятного влияния, с одной стороны, антропогенной деятельности на ОС, а с другой – экологическом воздействии на все стороны жизни человека. Новый системный подход подразумевал не только выявление и изучение влияния, но и управление системой.

Концепция DPSIR строится на том допущении, что социальные, экономические и природные системы взаимосвязаны. Концептуальной иллюстрацией этих связей являются движущие факторы изменения окружающей среды, которые создают нагрузки для окружающей среды. Эти нагрузки, в свою очередь, отражаются на состоянии окружающей среды. Затем в результате «воздействий» изменяется состояние экосистемы, экономики и сообществ. Негативные воздействия, в конечном счете, вызывают реакцию со стороны общества, например, побуждают его к выработке политики, направленной на защиту речных бассейнов. Если политика дает ожидаемый эффект, то ее практическое осуществление влияет на движущие факторы, нагрузки, состояние (положение) и воздействия.

Таким образом, новая модель DPSIR, по сравнению с устаревшей, вводит две дополнительных концепции: 1 – благополучие человека связано с качеством ОС и 2 – люди и их экономическая деятельность оказывают давление на ОС, что неблагоприятно отражается на благосостоянии общества в целом.

Движущая сила – социально-экономические факторы, которые вызывают изменения ОС.

Давление – давление естественных или антропогенных факторов, которые напрямую влияют на состояние ОС.

Состояние – качество ОС и природных ресурсов по отдельным параметрам и загрязнителям.

Воздействие – влияние ОС на состояние здоровья людей, животных и экологические процессы.

Реакция – действия, предпринимаемые обществом на изменения ОС, в т.ч. экологические программы.

Действие – экономическая и социальная политика, мониторинг, контроль загрязнений ОС, изучение рисков.

Модель DPSIR позволяет системно описать причины, обуславливающие текущие тенденции, воздействия, а также политические меры реагирования.

В «Докладе об оценке Глобальной экологической перспективы ГЭП-6 по Паньевропейскому региону»[12] оценки ГЭП (глобальной экологической перспективы) опираются на аналитическую структуру и показатели модели DPSIR. В докладе представлено пять региональных приоритетов: изменение климата, качество воздуха, биологическое разнообразие, химические вещества и отходы, а также пресная вода; и две дополнительные тематические области: «прибрежные зоны, моря и океаны» и «земли»; представление этих разделов организовано в соответствии со структурой модели DPSIR. В рамках целей устойчивого развития, все страны паньевропейского региона прямым образом согласились на реализацию комплексного набора измеримых целей и задач, которые были поставлены на глобальном уровне. 11 марта 2016 г., Статистическая комиссия Организации Объединенных Наций (СК ООН) согласовала предложенный глобальный набор показателей достижения этих целей и задач, что стало практической отправной точкой. Комиссия признала, что разработка надежной и высококачественной системы является техническим процессом, который потребуется реализовывать в течение определенного времени, а также подчеркнула, что предложенные глобальные показатели предназначены для глобального наблюдения и анализа хода работ по Повестке дня в области устойчивого развития до 2030 года, и не обязательно применимы ко всем национальным контекстам. Конкретные региональные, национальные и субнациональные показатели будут разрабатываться на региональных и национальных уровнях, соответственно.

1.3. Обзор методов построения моделей устойчивого экологического развития регионов

Формирование эффективных методов и инструментов измерения устойчивости социально-экономического развития, позволяющих получить однозначную трактовку полученных результатов, представляет высокую ценность как с исследовательской, так и с управленческой точек зрения. На протяжении уже более двадцати лет, прошедших после Конференции ООН по устойчивому развитию в 1992 г., ведущие международные организации и отдельные исследовательские коллективы разрабатывают и предлагают различные методологические подходы к количественной оценке устойчивости.

К настоящему времени сформировались два основных методологических подхода к измерению устойчивости развития [13]:

1) построение системы индикаторов, с помощью которых можно судить об отдельных аспектах развития: экологических, социальных, экономических и др. [14-15]. Примерами реализации этого подхода являются системы показателей ООН, ЕС, Всемирного Банка и др.

2) построение обобщенного (интегрального) индикатора, на основе которого можно комплексно судить о степени экологической устойчивости социально-экономического развития региона и его инновационной направленности;

Для построения обобщенного индикатора используют модели устойчивого экологического развития регионов. Чаще всего такая модель строится с использованием метода анализа среды функционирования(DataEnvelopmentanalysis, DEA).DEA является одним из общепризнанных во всем мире инструментом для анализа деятельности сложных экономических и социальных систем. История методологии DEA берет свое начало в 70-х годах XX века. Основоположниками этой методологии являются американские ученые А. Чарнес и В. Купер.

Метод DEA относится к граничным методам, так как этот метод основан на построении так называемой границы эффективности и анализа расположения исследуемых объектов относительно этой границы. Если точка, соответствующая исследуемому объекту, расположена на границе эффективности, то

функционирование такого объекта считается эффективным. Объекты, у которых соответствующие им точки расположены не на границе эффективности, считаются неэффективными. Степень "неэффективности" такого объекта определяется степенью удаленности точки от полученной границы эффективности.

Преимущество DEA состоит в том, что данный метод позволяет оценивать эффективность функционирования системы не по какому-то одному выбранному критерию или искусственно созданному коэффициенту, а по всем факторам, влияющим на систему в совокупности. Кроме того, данный метод позволяет не только оценить эффективность функционирования системы, но и наглядно увидеть какие входные/выходные показатели необходимо скорректировать, для выхода системы на границу эффективности.

Метод использовался для оценки эффективности реализации бюджета на развитие образования в регионах России. Исходные данные были взяты из сборника «Регионы России» за 2012г. Метод впервые применяется для анализа эффективности регионов России. В качестве входной переменной был взят бюджет региона, выделенный на образование, в качестве выходных переменных: количество построенных дошкольных образовательных учреждений, количество построенных школ, количество выпускников специалистов из ВУЗов и учреждений профессионального образования.

В работе [16] была произведена оценка технической эффективности российских банков с помощью метода DEA. Банки с участием иностранного капитала оказались эффективней «домашних». Были сделаны следующие выводы: с ростом активов банки становятся менее эффективными, но при этом увеличивается конкуренция между похожими банками; сравнение московских и региональных банков не выявило различий именно в территориальном аспекте, скорее различия состоят в размере банков; оценки, полученные методом DEA, оказались близки к оценкам технической эффективности, полученным методом стохастической производственной функции.

В работе [17] предложена модель DEA для оценки эффективности деятельности научно-преподавательского состава вуза.

Широкое распространение в последние годы получил метод главных компонент. Вместе с множественной регрессией метод главных компонент применяется для прогнозирования энергопотребления, анализа финансовой состоятельности предприятий, прогнозирования объемов продаж [18–21]. Метод собственных состояний является развитием метода главных компонент [22–28]. Суть метода главных компонент заключается в том, что поведение социально-экономической системы описывается суммой собственных состояний, каждое из которых можно анализировать независимо от других. В рамках этой модели показатели социально-экономической системы изменяются пропорционально весовым коэффициентам собственного состояния и их значения зависят от одного фактора. Теоретический базис метода собственных состояний излагается в работах [22–23].

В настоящее время метод собственных состояний используется при анализе таких сложных систем, как компания (предприятие), город, регион. В работе [23] метод собственных состояний используется для оценки эффективности работы энергосбытовых предприятий. В результате получены коэффициенты эффективности филиалов, а также показаны источники их неэффективной деятельности. В работе [24] задача анализа финансовой устойчивости компании решается с помощью метода собственных состояний. Деятельность предприятия представляется в виде набора различных процессов, одни из которых обладают финансовой устойчивостью, другие наоборот, дестабилизируют работы предприятия. Основной задачей управления финансовой устойчивостью является ограничение влияние дестабилизирующих процессов. Для решения задачи формируется модель, которая использует только собственные состояния, удовлетворяющие условиям финансовой устойчивости компании. В работе [25] метод собственных состояний используется для интерпретации бизнес-процессов предприятия и их анализа в зависимости от целевых установок и параметров

производственной деятельности. Инвестиционная привлекательность региона исследуется методом собственных состояний в работе [26], а в работе [27] предлагается методика оценки устойчивого развития регионов РФ, апробация которой на тестируемой группе регионов позволила определить их параметры приближенности к траектории устойчивого развития. В работе [28] исследуется эффективность процессов развития города, которая базируется на методе собственных состояний.

Анализ устойчивого развития регионов в рамках концепции «Давление–Состояние–Реакция» выполняется по показателям, описывающим деятельность регионов в различные периоды наблюдений [29]. При использовании МСС методология анализа экологического состояний регионов включает следующие этапы:

На первом этапе формируется набор показателей, описывающих устойчивое развитие регионов. В рамках концепции «Давление – Состояние – Реакция» используется конкретный набор показателей для оценки устойчивого развития региона, построенный на основе фиксируемых российской статистикой показателей.

На втором этапе формулируются требования устойчивого развития регионов, представляющие либо ограничения на изменения ряда показателей, либо набор коэффициентов устойчивого развития с их нормативными значениями.

На третьем этапе вычисляются коэффициенты собственных состояний регионов путем решением задачи собственных значений ковариационной матрицы.

На четвертом этапе выполняется построение модели устойчивого развития регионов (эталонной модели) из собственных состояний, полученных на предыдущем шаге. Основным критерием построения модели является то, что деятельность, описываемая эталонной модели, должна соответствовать требованиям устойчивого развития.

На пятом этапе для оценки устойчивости развития регионов предлагается использовать комплексные индикаторы устойчивости регионов, значения которых определяются путем сравнения фактических и эталонных значений показателей с использованием метода штрафных функций.

Таким образом, рассмотрены два метода анализа устойчивого экологического развития регионов. Следует отметить, что метод собственных состояний имеет ряд преимуществ перед DEA. Во-первых, МСС позволяет строить модели с большим числом показателей, в то время как модели, построенные с использованием DEA, становятся не эффективными. Это связано с тем, что при оптимизации многие весовые коэффициенты DEA обращаются в нуль. В результате, многие объекты оцениваются DEA моделью как эффективные. С управлеченческой точки зрения, наилучшим решением является такое, в котором только один объект является эффективным. Именно такие решения дает МСС.

Выводы по разделу 1

1. Рассмотрены основные понятия теории устойчивого развития. Выполнен анализ имеющихся определений устойчивого развития регионов, который показывает, что хотя и существует большое число определений понятия устойчивого развития регионов, но его определение вызывает разногласие только при определении тех мероприятий, которые необходимо проводить на уровне региона для обеспечения его устойчивого развития;
2. Рассмотрены разные подходы к оценке устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Определены индикаторы устойчивого развития;
3. Выполнен обзор методов построения моделей устойчивого экологического развития регионов. Определены преимущества МСС перед методом DEA;

Таким образом, для того, чтобы концепция устойчивого регионального развития перешла из плоскости теоретической в практическую, необходимо

разработать метод анализа процесса устойчивого развития региона и представляющих результаты в виде понятной и наглядной системы индикаторов.

2 ОСНОВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

2.1 Концепция «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция»

В рекомендациях Европейскому агентству по окружающей среде (EAOC) о том, как они должны действовать с разработкой стратегии комплексной экологической оценки, Национальный институт здоровья и экологии Нидерландов предложил использовать структуру, в которой были отмечены следующие компоненты: движущие силы, давления, состояния, воздействия и реакции. Структура стала известна как DPSIR и действует в качестве интегрированного подхода к представлению отчетности (например: «Отчеты о состоянии окружающей среды EAOC»). Модель DPSIR рассматривается как создание структуры, внутри которой должны содержаться индикаторы, необходимые для обеспечения обратной связи с политическим влиянием на качество окружающей среды и вытекающими из этого результатами принятых политических решений.

Согласно структуре DPSIR(рисунок 1) существует цепочка причинно-следственных связей, начиная с «движущей силы» (секторы экономики, деятельность человека) через «давление» (выбросы, отходы) в «состояние», (физическое, химическое и биологическое) и «воздействие» на экосистемы, здоровье и функции человека, в конечном итоге приводя к политическим «реакциям» (установление приоритетов, установление целевых показателей, индикаторы). Описание причинной цепи от движущих сил к воздействиям и реакциям является сложной задачей, и имеет тенденцию разбиваться на подзадачи, например, отдельно рассматривая связь давление–состояние.

Компоненты структуры DPSIR («Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция») определены ниже. Классы данных на прошлые и настоящие ситуации перечислены после каждого определения.

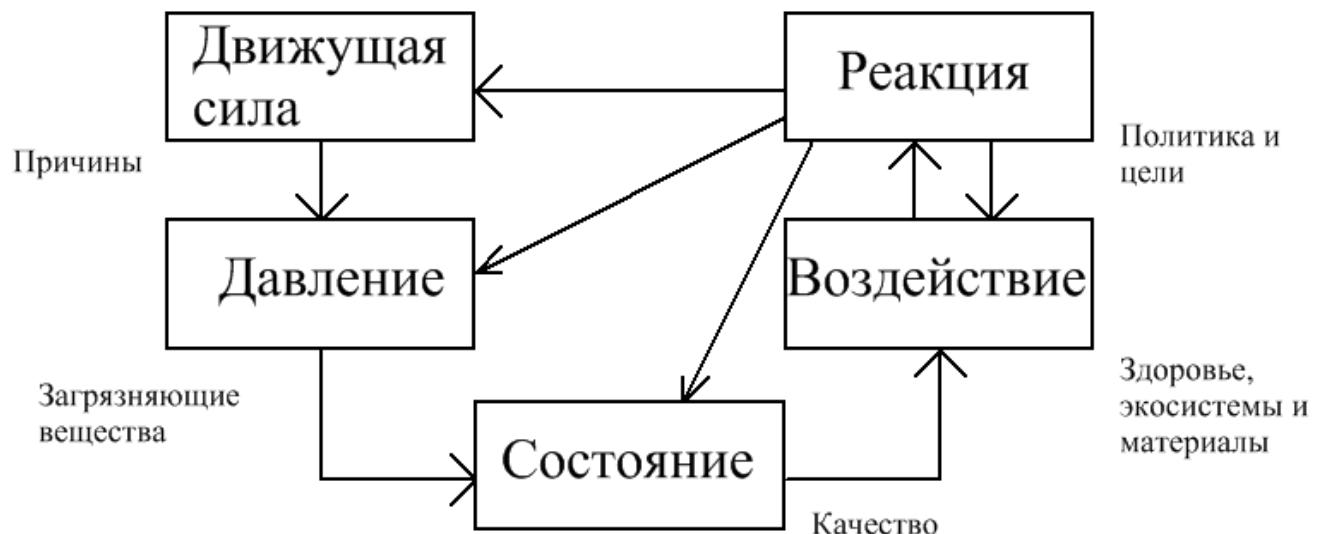


Рисунок 1 – Структура DPSIR

1. Движущие силы

Необходима «движущая сила». Примерами первичных движущих сил для индивида являются необходимость жилья, продовольствия и воды, в то время как примерами второстепенных движущих сил являются необходимость развлечений и культуры. Для промышленного сектора движущей силой может быть необходимость быть прибыльным и производить товары по низким ценам, тогда как для нации движущей силой может быть необходимость поддерживать низкий уровень безработицы. В макроэкономическом контексте производство или процессы потребления структурированы в соответствии с секторами экономики (например, сельское хозяйство, энергетика, промышленность, транспорт, домашнее хозяйство).

- население (количество, возрастная структура, уровень образования);
- транспорт (товары, дороги, вода, воздух, бездорожье);
- использование энергии (виды топлива, технология);
- электростанции (типы);
- промышленность (типы растений, возрастная структура, типы ресурсов);
- нефтеперерабатывающие заводы / добыча;
- сельское хозяйство;
- канализационные системы (типы);

- непромышленные сектора;
- землепользование.

2. Давление

Движущие силы приводят к человеческой деятельности, такой как передвижение или производство продуктов питания, то есть приводят к удовлетворению потребностей. Эти действия человека оказывают «давление» на окружающую среду, в результате производства или потребления, которые можно разделить на три основных типа: (1) чрезмерное использование экологических ресурсов, (2) изменения в землепользовании и (3) выбросы в воздух, воду и почву.

- использование ресурсов;
- выбросы;
- прямые выбросы в атмосферу, воду и почву;
- косвенные выбросы в атмосферу, воду и почву;
- производство отходов;
- производство шума;
- излучение;
- вибрация;
- опасности (риски).

3. Состояние

Давление влияет на «состояние» окружающей среды, то есть качество различных экологических компонентов (воздух, вода, почва и т. д.) в отношении функций, которые эти компоненты выполняют. Таким образом, «состояние окружающей среды» представляет собой комбинацию физических, химических и биологических условий.

- качество воздуха (национальный, региональный, местный, городской и т. д.);
- качество воды (реки, озера, моря, прибрежные зоны, грунтовые воды);
- качество почвы;
- экосистемы (биоразнообразие, растительность, почвенные организмы, водные организмы);

- люди (здоровье);
- использование почвы.

4. Воздействие

Изменения физического, химического или биологического состояния окружающей среды определяют качество экосистем и благосостояние людей. Другими словами, изменения в состоянии могут иметь экологические или экономические «воздействия» на функционирование экосистем, их жизнеспособность и, в конечном счете, на здоровье человека и на экономическую и социальную производительность общества.

5. Реакция

«Реакция» со стороны общества или лиц, определяющих политику, является результатом нежелательного воздействия и может находиться в любой части цепи между движущими силами и воздействиями. Пример «реакции», связанной с «движущими силами» - это политика изменения режима перевозки, например, от частных (автомобилей) до общественных (поездов), в то время как пример «реакции», связанной с «давлением», является допустимые уровни SO₂ в дымовых газах.

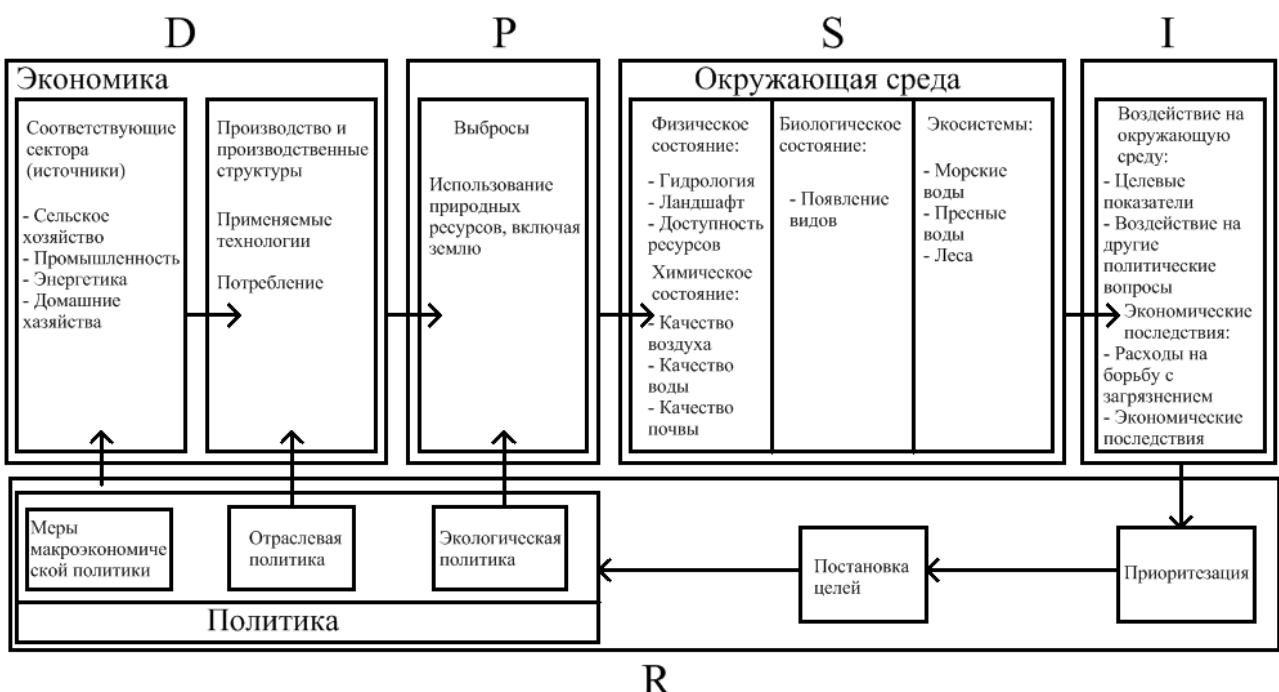


Рисунок 2 – Полная структура DPSIR

На рисунке 2 изображена полная структура DPSIR.

В дополнение к определению компонентов DPSIR, полезно описать различные причинно-следственные связи (потому что часто бывает трудно однозначно приписывать экосистемные изменения человеческому давлению).

Национальный экологический исследовательский институт Денмарка предложил методологию, в которой экологические проблемы определяются и структурируются таким образом, что возникает четкая связь с давлением. Часто используют физические или химические индикаторы состояния в качестве целевой переменной, тогда как соответствующие изменения в биологическом состоянии рассматриваются как производные эффекты. Аналогичный аргумент может быть представлен для связи между движущими силами (т. е. основное социально-экономическое развитие в различных секторах общества) и воздействие на окружающую среду с точки зрения выбросов, использования ресурсов и землепользования.

Связывание элементов DPSIR

Структура «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» полезна для описания отношений между истоками и последствиями экологических проблем, но для того, чтобы понять их динамику, полезно сосредоточиться на связях между элементами DPSIR. Например, взаимосвязь между «D» и «P» экономической деятельностью является функцией экоэффективности используемой технологии и связанных с ней систем, при этом меньшее «P» поступает из большего «D», если экоэффективность улучшается. Точно так же взаимосвязь между Воздействиями на людей или экосистемы и «S» зависят от пропускной способности и пороговых значений для этих систем. Независимо от того, зависит ли общество от последствий воздействия, как воспринимаются эти воздействия и оценки, результаты «R» на «D» зависят от эффективности «реакции».

На рисунке 3 показаны связи между элементами структуры DPSIR.

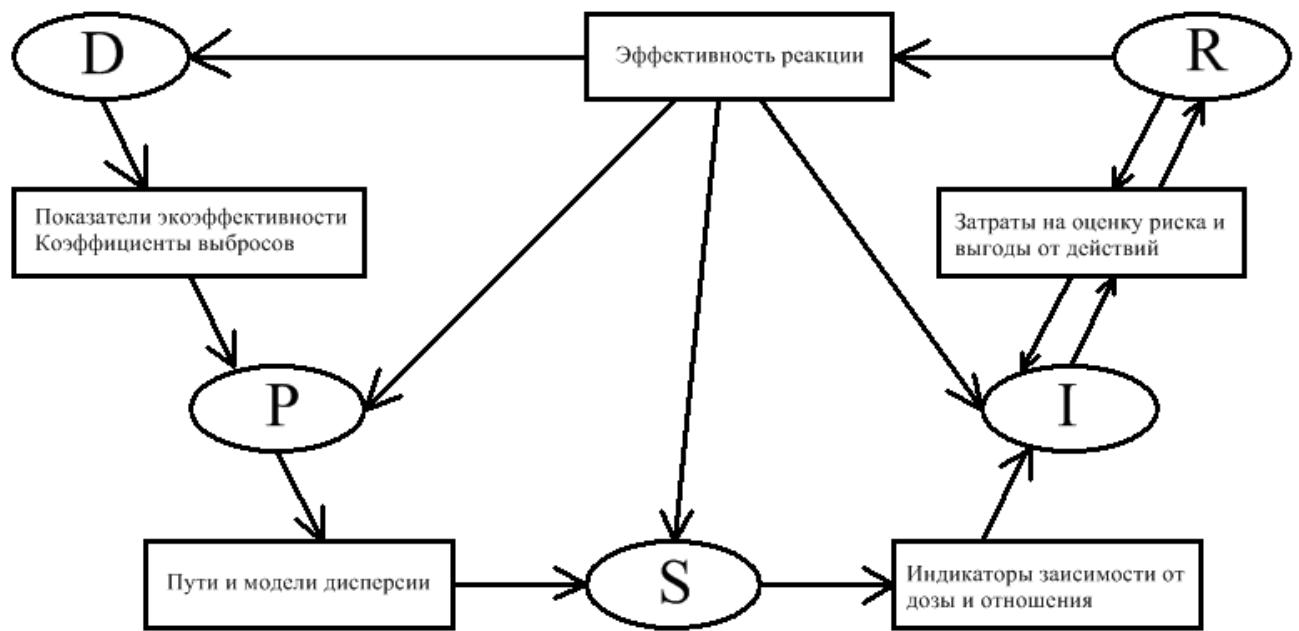


Рисунок 3 – Связи между элементами структуры DPSIR

Отношения «Движущая сила» – «Давление»

Воздействие на окружающую среду в результате деятельности человека (выбросы, использование ресурсов и землепользование) являются функцией двух типов переменных: (1) уровня этих видов деятельности и (2) технологий, применяемых в этих мероприятиях. Например, эмиссия данного соединения из экономической деятельности является продуктом уровня активности и коэффициента выбросов, который отражает технологии процесса под пристальным наблюдением. Сброс сточных вод из бытовых источников, например, зависит от численности населения и его потребления (активности). Технологические переменные будут отражены факторами выбросов, факторами использования ресурсов. Переменные, учитывающие уровень деятельности, носят экономический характер, потому что они отражают уровень производства и потребления.

2.2. Методология оценки экологически-устойчивого развития регионов с использованием DEA

Сегодня одним из самых востребованных методов оценки социально-экономических систем становится DEA-анализ (DataEnvelopmentAnalysis). В

отечественной академической литературе он известен также как фронтальный, оболочечный или граничный анализ. Этот метод, появившийся, по меркам науки, сравнительно недавно, позволяет определить эффективность управления одного субъекта относительно аналогичной деятельности другого субъекта или группы субъектов, т.е. речь идет о оценке сравнительной эффективности управления. DEA-анализ основан на непараметрической методологии, ибо не подразумевает и не определяет какую-либо форму производственной функции. Он реализуется посредством решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП). В DEA-моделях устанавливается ограничение, что все субъекты, осуществляющие эффективное управление располагаются на линии фронта эффективности, а неэффективное внутри фронта. Линия фронта является «точкой отсчета» для определения меры сравнительной эффективности управления в исследуемой группе (выборке). Тем ближе к фронту эффективности расположен субъект, тем выше значение эффективности его управленческой деятельности. Сама же линия фронта находится в многомерном пространстве «входы»/«выходы» путем многократного решения оптимизационной задачи линейного программирования (ЗЛП).

Первые разработчики DEA-анализа – американские исследователи А. Чарнез, Е. Родес и У. Купер, в соответствие с идеями, изложенными французом, нобелевским лауреатом Ж. Дебрè в известной работе «The coefficient of resource utilization» [30] и англичанином М. Фарреллом в статье «The measurement of Productive Efficiency» [31], разработали первую DEA-модель. Эта модель стала известной в мире с 1978 года по первым буквам фамилий своих создателей (Charnes, Cooper, Rhodes) как CCR модель. Важнейшее достоинство CCR-модели заключается в том, что она дает возможность произвести по каждому субъекту свертку множественных ресурсов и множественных результативных показателей в пару величин: одного «виртуального» выпуска и одного «виртуального» показателя использованных ресурсов. Фаррелл, в свое время, был близок к решению этой проблемы (свертки множества данных), но это

удалось только американцам. Показатель сравнительной эффективности складывается из двух составляющих – технической эффективности, отражающей способность субъекта максимизировать результат своей деятельности,- выпуск (output) располагая набором ресурсов (input), и, так называемой, аллокативной эффективности, показывающей насколько оптимальна комбинация используемых ресурсов при существующих затратах на эти ресурсы. Две составляющие образуют общую оценку эффективности какой-либо деятельности. В DEA-анализе строятся два вида моделей:

- модели оценки эффективности «входа» (т.е. использования ресурсов), называемые моделями, ориентированными на вход (input-oriented);
- модели оценки эффективности «выхода» (т.е. выпуска продукции или услуг), называемые моделями, ориентированными на выход (output-oriented).

И те, и другие подразделяются на модели постоянного и переменного масштабов.

2.2.1 Основные DEA-модели

Рассмотрим на условном примере основные DEA-модели. Пусть выборка представлена пятью субъектами управления A, B, C, D, M , управляющими каким-либо процессом в своей системе отсчета. Например, 5 региональных министерств, каждое в своем регионе управляет одним и тем же процессом, – охраной окружающей среды. На выходе процесса продукт («чистая» или «грязная» окружающая среда), а для его производства используется два вида ресурсов. И пусть эффект масштаба постоянен, т.е. с увеличением использования ресурсов в такой же мере увеличивается выход продукта или улучшается его качество. Причем одно и то же количество (качество) продукта можно производить при разных сочетаниях ресурсов (рисунок 4). График на этом рисунке построен в координатах затратности каждого из ресурсов в расчете на единицу продукта. А кривая $ABCD$ в этом случае будет единичной изоквантой. Четыре субъекта управления из пяти: A, B, C, D наиболее близко расположенные (по радиусу) к

началу координат, образовали своего рода фронтальную линию эффективности использования ресурсов. Пятый субъект управления, занимающий позицию M , оказался внутри этого фронта.

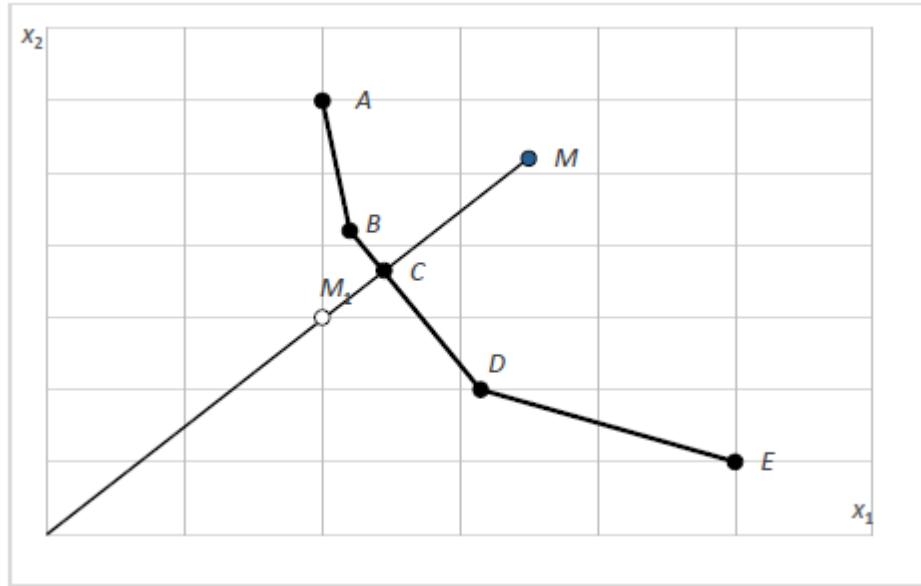


Рисунок 4 – Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях, ориентированных на «вход»

Тогда мера технической эффективности управления этого субъекта TE_m будет определяться из отношения (1.10):

$$TE_m: 0 \leq \frac{d(0, M_1)}{d(0, M)} \leq 1, \quad (1.10)$$

где позиция M_1 есть проекция (по направлению к началу координат) позиции субъекта M на линию фронта эффективности. Поскольку позиция субъекта M удалена от фронта эффективности ее следует классифицировать как неэффективную.

Позиции субъектов управления A, B, C, D образуют фронт эффективности, позиция субъекта M находится внутри этого фронта, т.е. относительно фронта она не эффективна. Мера ее эффективности будет измеряться отношением (1.11):

$$TE_m: 0 \leq \frac{d(0, M)}{d(0, M_1)} \leq 1. \quad (1.11)$$

Такой подход к определению сравнительной эффективности в DEA-анализе называют ориентированным на «вход», а DEA-модели входоориентированными (inputorientedModel).

Второй тип моделей – модели ориентированные на выход (output-oriented Model). Графическая интерпретация такой модели (постоянного масштаба) с одним ресурсом x на входе и двумя продуктами y_1 и y_2 на выходе (рисунок 5). График построен в координатах выпуска соответствующего продукта в расчете на единицу ресурса.

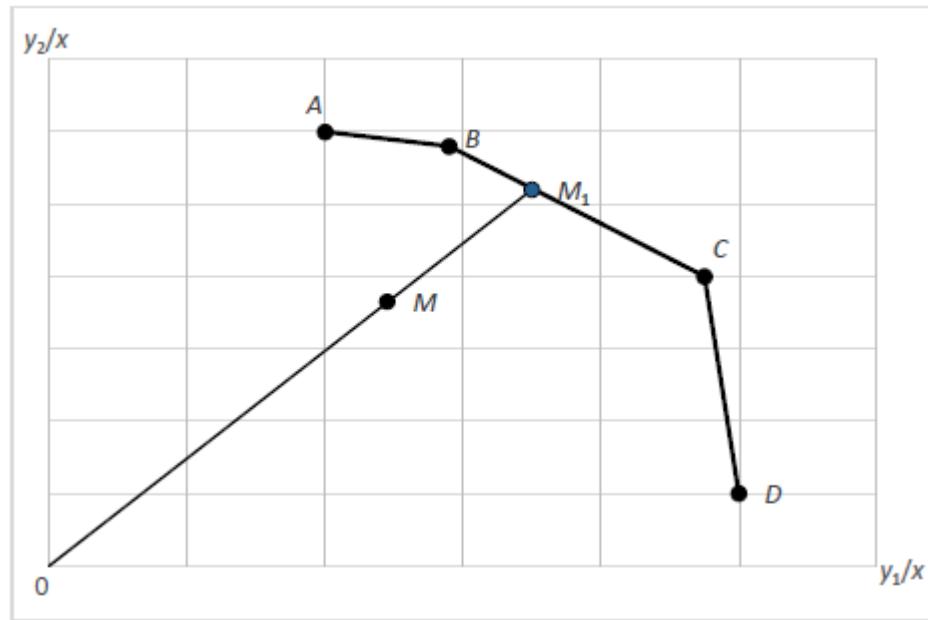


Рисунок 5 – Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях ориентированных на «выход»

2.3 Метод собственных состояний

Метод собственных состояний представляет развитие метода главных компонент применительно к анализу социально-экономических систем. Однако в отличие от метода главных компонент основной целью метода собственных состояний является построение эталонной модели. Для построения эталонной модели необходимо сформулировать требования к эталонной деятельности социально-экономической системы. Эти требования могут накладывать ограничение на изменения некоторых (базовых) показателей. Этапонная деятельность социально-экономической системы представляет деятельность, в рамках которой изменение базовых показателей полностью соответствует сформулированным требованиям.

Метод собственных состояний также как и метод главных компонент формирует главные компоненты. Но каждая главная компонента интерпретируется как однофакторная модель, описывающая некоторую тенденцию или процесс развития социально-экономической системы. Таким образом, весовые коэффициенты главных компонент интерпретируются как характеристики собственного состояния социально-экономической системы. Собственные состояния обладают двумя свойствами.

Свойство 1. При описании состояния экономического объекта в виде взвешенной суммы собственных состояний главные компоненты собственных состояний являются независимыми.

Свойство 2. Изменения состояния объекта, связанное с изменением главной компоненты j -го собственного состояния, может происходить только пропорционально коэффициентам j -го собственного состояния.

Таким образом, поведение социально-экономической системы представляется взвешенной комбинацией собственных состояний. Это означает, что поведение социально-экономической системы описывается уже не набором исходных показателей, а набором новых факторов (главных компонент), каждый из которых уже отражает не отдельный исходный показатель, а группу исходных показателей (собственное состояние социально-экономической системы).

Первое свойство позволяет формировать эталонную модель, отбрасывая собственные состояния, которые не удовлетворяют сформулированным требованиям. Удаление любого собственного состояния не приводит к изменению оставшихся собственных состояний. Второе собственное состояние позволяет выполнить проверку собственных состояний на соответствие сформулированным требованиям.

2.3.1 Особенности вычисления коэффициентов собственных состояний

Метод собственных состояний выполняет построение модели по схеме аналогичной той, что использует метод главных компонент. Однако схема метода собственных состояний имеет особенности. При вычислении весовых

коэффициентов собственных состояний наряду с ковариационной матрицей может использоваться матрица начальных вторых моментов и матрицы меж- и внутриклассовых различий. Центрирование данных не всегда удобно при построении моделей. В этом случае удобно использовать матрицу начальных вторых моментов, которая определяется по формуле (2.1):

$$A = \frac{1}{m} (X^0) X^0. \quad (2.1)$$

Если наблюдения группируются в классы и построение модели необходимо провести с учетом внутри или межклассовых различий, то используются матрицы меж- и внутриклассовых различий. Обозначим средний вектор объектов, принадлежащих классу k , как v_k , а среднее значение всех объектов как v (2.2):

$$v_k = \frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} x_k^i, \quad v = \frac{1}{K} \sum_k^K \frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} x_k^i. \quad (2.2)$$

Здесь K – число классов; а m_k – число объектов в классе k .

Матрица межклассовых различий может быть вычислена как (2.3):

$$A_\omega = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{m_k} (x_i^k - v_k)(x_i^k - v_k)^T. \quad (2.3)$$

Матрица внутриклассовых различий определяется как (2.4):

$$A_b = \frac{1}{m} \sum_k^K m_k (v_k - v)(v_k - v)^T. \quad (2.4)$$

Здесь x_i^k представляет вектор показателей, описывающих состояние объекта, принадлежащего классу k .

Для определения весовых коэффициентов собственных состояний по ковариационной матрице, матрице начальных вторых моментов, матрице межклассовых различий решается стандартная задача собственных значений. В этом случае собственные состояния наиболее хорошо описывают либо изменения показателей (матрица начальных вторых моментов), либо отклонения показателей от их средних значений (ковариационная матрица), либо внутриклассовые различия показателей (матрица внутри классовых различий), либо межклассовые различия (матрица межклассовых различий).

Однако, если нужно получить собственные состояния, которые максимизируют внутрикласовые различия и минимизируют межклассовые различия, то необходимо решать обобщенную задачу собственных значений (2.5):

$$(A_\omega - \lambda A_b) v_\omega = 0. \quad (2.5)$$

Как видно, такое же уравнение решается при использовании линейного дискриминантного анализа. Однако, цель дискриминантного анализа противоположная, т.е. минимизировать внутрикласовые различия и максимизировать межклассовые различия. Поэтому для дискриминантного анализа интерес представляют собственные векторы уравнения (2.5) с минимальными собственными значениями, а для метода собственных состояний – собственные векторы с максимальными собственными значениями.

Если собственные векторы вычисляются по ковариационной матрице, то собственные значения показывают изменчивость собственного состояния в общем состоянии экономического объекта и численно равны дисперсии, которая аккумулирует собственное состояние.

2.3.2 Выбор собственных состояний при построении эталонной модели

Для построения эталонной модели необходимо сформулировать требования к эталонной деятельности социально-экономической системы. Эти требования могут представлять либо ограничения на изменения показателей, либо набор целевых индикаторов с их нормативными значениями. Выбор целевых индикаторов зависит от аспекта оценки социально-экономической системы. Например, если анализируется финансовая устойчивость предприятия, то в набор целевых индикаторов могут входить такие относительные коэффициенты финансовой устойчивости как коэффициенты ликвидности и платежеспособности, финансовой устойчивости, деловой активности, рентабельности.

Выбор собственных состояний объекта базируется на результатах проверки того, удовлетворяют ли собственные состояния требованиям эффективности. Собственные состояния, которые не удовлетворяют этим требованиям,

отбрасываются, оставшиеся собственные состояния используется для построения эталонной модели.

Выбранные собственные состояния используются для формирования эталонной модели, описывающей деятельность социально-экономической системы, отвечающей условиям эффективного функционирования. Полученная модель является идеализацией реальной деятельности и служит эталоном для исследуемой социально-экономической системы.

Таким образом, одним из принципов выбора собственного состояния является то, что изменение показателей в рамках данного собственного состояния должно соответствовать требованиям эффективного функционирования социально-экономической системы.

Характер изменения показателей в рамках собственного состояния зависит от знака главной компоненты. В зависимости от знака главной компоненты собственное состояние может соответствовать или не соответствовать требованиям эталонной деятельности социально-экономической системы. Поэтому вторым принципом выбора собственных состояний является то, что собственные состояния должны выбираться с учетом знака главной компоненты собственного состояния.

В связи с этим эталонные модели можно разделить на модели с постоянным и переменным числом собственных состояний. Модель с постоянным числом собственных состояний использует при вычислении значений показателей для любого наблюдения одно и то же число собственных состояний (2.6):

$$x_{ki}^{et} = \bar{x}_i + \sum_{j=1}^p V_{hi} z_{kh}, \quad (2.6)$$

где $h = l(f)$, $l(\dots)$ – список номеров собственных состояний; p – число собственных состояний, используемых для построения модели.

Модель с переменным числом собственных состояний меняет число собственных состояний в зависимости от знака главных компонент. При этом различаются три группы собственных состояний:

- группа постоянных собственных состояний;

- группа собственных состояний с положительными главными компонентами;
- группа собственных состояний с отрицательными главными компонентами.

Собственные состояния первой группы используются независимо от знака главной компоненты, собственные состояния второй группы применяются только, если соответствующие им главные компоненты положительные, и, наконец, собственные состояния третьей группы используются только, если главные компоненты отрицательные (2.7):

$$x_{ki}^{et} = \bar{x}_i + \sum_{f=1}^{p_1} V_{h_1 i} z_{kh_2} + \sum_{f=1}^{p_2} \begin{cases} V_{h_2 i} z_{kh_2} & \text{если } z_{kh_2} \geq 0 \\ 0 & \text{если } z_{kh_2} \leq 0 \end{cases} + \\ + \sum_{f=1}^{p_3} \begin{cases} V_{h_3 i} z_{kh_3} & \text{если } z_{kh_3} \geq 0 \\ 0 & \text{если } z_{kh_3} \leq 0 \end{cases}. \quad (2.7)$$

Здесь $h_1 = l_1(f), h_2 = l_2(f), h_3 = l_3(f)$ где $l_1(\dots), l_2(\dots), l_3(\dots)$ представляют списки собственных состояний первой, второй и третьей группы $-p_1, p_2, p_3$ – число главных компонент первой, второй и третьей группы.

2.3.3 Алгоритм классификации социально-экономических систем с использованием эталонной модели

Классификацию состояний социально-экономических систем, исходя из сформулированных требований их эффективного развития, предлагается осуществлять путем сравнения эталонной и фактической деятельности социально-экономической системы. В процессе классификации предлагается вычислять комплексный индикатор, который может использоваться для составления классификаций состояний социально-экономической системы.

Алгоритм вычисления комплексного индикатора базируется на методе штрафных функций. Значения штрафных функций зависят от принципа сравнения эталонных и фактических значений показателей социально-экономической системы. Принципы сравнения делятся на нормативный, затратно-результатный и смешанный.

При нормативном принципе значение штрафной функции показателя вычисляется следующим образом. Если относительное отклонение фактического значения показателя от его эталонного значения по абсолютной величине больше величины допустимого отклонения $\varepsilon_{\text{доп}}$, то значение штрафной функции вычисляется по формуле (2.8):

$$f_{kj} = |(x_{kj} - x_{kj}^{et}) / x_{kj}| - \varepsilon_{\text{доп}}, \quad (2.8)$$

где j – индекс показателя;

k – номер наблюдений;

$\varepsilon_{\text{доп}}$ – допустимые отклонения.

В противном случае значение штрафной функции показателя равняется нулю.

При затратно-результатном принципе значение штрафной функции зависит от типа показателей (затратные и результатные). Если относительное отклонение фактического значения затратного показателя от его эталонного значения больше величины допустимого отклонения $\varepsilon_{\text{доп}}$, то значение штрафной функции вычисляется по формуле (2.8). В противном случае значение штрафной функции показателя равняется нулю.

При смешанном подходе все показатели делятся на нормативные, затратные и результатные. Величина штрафной функции определяется в зависимости от типа показателя.

Комплексный индикатор социально-экономической системы вычисляется по формуле (2.9):

$$I_y = 1 - \bar{f}_k. \quad (2.9)$$

Здесь \bar{f}_k – среднеквадратическое значение штрафных функций показателей, которое определяется по формуле (2.10):

$$\bar{f}_k = \sqrt{\frac{1}{r} \sum_{j=1}^r f_{kj}^2}. \quad (2.10)$$

Здесь f_{kj} обозначает значение штрафной функции j -го показателя для k -го наблюдения; r – число показателей, используемых для построения комплексного индикатора.

2.3.4 Алгоритм кластеризации состояний социально-экономических систем с использованием эталонной модели

Кластеризацию состояний социально-экономических систем, исходя из требований их эффективного развития, предлагается осуществлять в пространстве штрафных функций, полученных путем сравнения фактической и эталонной развития социально-экономической системы. Значения штрафных функций зависят от принципа сравнения эталонных и фактических значений показателей социально-экономической системы.

Принципы сравнения делятся на нормативный, затратно-результатный и смешанный. В процессе кластеризации выполняется формирование классов. Принадлежность каждого состояния к тому или иному классу уточняется с помощью линейного дискrimинантного анализа.

Для кластеризации может использоваться метод k -средних. Метод k -средних – это метод кластерного анализа, целью которого является разделение m наблюдений (из пространства (R^n)) на k кластеров, при этом каждое наблюдение относится к тому кластеру, к центру которого оно ближе всего.

Особенности метода k -средних:

- в качестве метрики используется Евклидово расстояние, таким образом, что мера близости вычисляется по формуле (2.11):

$$p(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{p=1}^n (x_p - y_p)^2}, \quad (2.11)$$

где, $y \in R^n$;

- число кластеров заранее не известно и выбирается аналитиком заранее;
- качество кластеризации зависит от первоначального разбиения.

Итак, если мера близости до центра определена, то разбиение объектов на кластеры сводится к определению центров этих кластеров. Число кластеров k задается исследователем заранее.

Рассмотрим первоначальный набор k средних (центров) $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ в кластерах S_1, S_2, \dots, S_k . На первом этапе, центры кластеров выбираются

случайно или по определенному правилу (например, выбрать центры, максимально увеличивающие начальные расстояния между кластерами).

Относим наблюдения к тем кластерам, чье среднее к ним ближе всего. Каждое наблюдение принадлежит только к одному кластеру, даже если его можно отнести к двум и более кластерам.

Затем центр каждого i -го кластера повторно вычисляется по следующему правилу (2.12):

$$\mu_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} f^{(j)}, \quad (2.12)$$

где $f^{(j)} \in S_i$.

Таким образом, алгоритм k -средних заключается в пересчете на каждом шаге центров каждого кластера, полученного на предыдущем шаге. Алгоритм останавливается, когда значения μ_i не меняются $\mu_i^t = \mu_i^{t+1}$.

Полученные классы интерпретируются и далее могут использоваться в качестве базовых для отнесения новых наблюдений к одному из них.

2.3.5 Методология анализа экологически устойчивого развития регионов методом собственных состояний

Анализ устойчивого развития регионов выполняется по показателям, описывающим деятельность регионов в различные периоды наблюдений.

Метод включает следующие этапы.

1. Формируем набора показателей на основе используемой концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция», описывающих экологическое развитие регионов.

Показатели должны описывать как финансовые, так и производственные, экологические процессы. Все показатели должны быть нормализованы. Нормализация включает устранение ошибок, пропущенных данных, а также выравнивание диапазонов изменения показателей.

Показатели субъектов РФ в рамках концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели субъектов РФ в рамках используемой концепции.

Группа	Показатели	Сокращение
Движущая сила	Численность населения	ЧН
	Иновационная активность организаций (%)	ИАО
Давление	Обрабатывающие производства (млн. руб.)	ОП
	Мощность электростанций (мегаватт)	МЭ
	Отправление грузов а/м транспортом (тыс. тонн)	ОГТ
Состояние	Выбросы загрязняющих веществ (тыс. тонн.)	ВЗВ
	Сброс загрязненных сточных вод (млн. м3)	СЗСВ
	Использование чистой воды (млн. м3)	ИЧВ
	Повторно использованная вода (м3)	ПИВ
	Улавливание загрязняющих атмосферу веществ (тыс. тонн.)	УЗВ
Воздействие	Болезни крови и сопутствующие заболевания (на 1 млн. чел.)	БК
	Болезни эндокринной системы и сопутствующие заболевания (на 1 млн. чел.)	БЭС
	Врожденные аномалии (на 1 млн. чел.)	ВА
	Младенческая смертность (умерших до 1 года на 1 млн. родившихся)	МС
Реакция	Затраты на охрану окружающей среды (млн. руб.)	ЗООС

2. Формулируем требования устойчивого экологического развития регионов, на основе используемой концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция».

Для анализа будем использовать 30 регионов РФ. Для описания эколого-экономического развития регионов используются 4 показателя:

- коэффициент k_1 – темпы роста производства (2.13);
- коэффициент k_2 – темпы роста выбросов загрязняющих веществ (2.14);
- коэффициент k_3 – темпы роста сброса загрязненных сточных вод (2.15);
- коэффициент k_4 – темпы роста мощности электростанций (2.16);

$$k_1 = \frac{\Pi_{2015}}{\Pi_{2014}}, \quad (2.13)$$

$$k_2 = \frac{B3B_{2015}}{B3B_{2014}}, \quad (2.14)$$

$$k_3 = \frac{C3CB_{2015}}{C3CB_{2014}}, \quad (2.15)$$

$$k_4 = \frac{M\mathcal{E}_{2015}}{M\mathcal{E}_{2014}}, \quad (2.16)$$

где ОП – обрабатывающее производство;

ВЗВ – выбросы загрязняющих веществ;

СЗСВ – сброс загрязненных сточных вод;

МЭ – мощность электростанций.

В основе модели будет лежать следующее условие: максимизировать критерий F , который равен отношению суммы темпов роста ОП и МЭ к сумме темпов роста ВЗВ и СЗСВ:

$$F = \frac{k_1+k_4}{k_2+k_3} \quad (2.17)$$

Критерий Фобозначает, что темпы роста ОП и МЭ должны опережать темпы роста ВЗВ и СЗСВ.

3. Вычисляем собственные состояния регионов.

Весовые коэффициенты собственных состояний определяем по собственным векторам ковариационной матрицы. При вычислении ковариационной матрицы используем центрированный набор показателей. В качестве центра распределения используем среднеарифметические значения показателей. Все выделенные собственные состояния являются независимыми (первое свойство собственных состояний), т.е. развитие одной тенденции (собственного состояния) не влияет на развитие других тенденций (собственных состояний). Поэтому, удаление одних собственных состояний не приведет к изменению других собственных состояний. В рамках каждой тенденции (собственного состояния) показатели меняются пропорционально весовым коэффициентам собственного состояния (второе свойство собственных состояний).

4. Построение эталонной модели экологическиустойчивого развития регионов выполняем из собственных состояний, полученных на предыдущем шаге.

Алгоритм построения эталонной модели состоит из следующих шагов:

- 1) построение эталонной модели на основе средних значений показателей и вычисление критерия F_0 для каждого региона;
- 2) построение эталонной модели на основе средних значений и первого собственного состояния и вычисление критерия F_1 для каждого региона. Сравнение F_0 и F_1 и определение знака главной компоненты, при которой F_1 всегда больше F_0 . Если знак главной компоненты «+», то данное собственное состояние относится к группе Б, иначе, к группе С.
- 3) проделываем шаг 2 для всех оставшихся собственных состояний, в результате чего определяем к каким группам относятся испытуемые собственные состояния.

Полученная модель является идеализацией реальной деятельности регионов и служит эталоном для исследуемых регионов с точки зрения устойчивости их развития.

5. Для оценки устойчивости развития регионов предлагается использовать индикаторы штрафных функций для каждой группы показателей концепции DPSIR.

При построении индикаторов штрафных функций используется затратно-результатный принцип. Значение штрафных функций зависит от типа показателей (затратные и результатные).

Все регионы делятся на классы в пространстве значений индикаторов штрафных функций.

Для каждого класса регионов даются рекомендации по улучшению экологического развития регионов.

2.4 Сравнение метода собственных состояний с методом DEA-анализа на примере экологической устойчивости регионов РФ

Для анализа будем использовать показатели 30-ти регионов Российской Федерации за 2014 и 2015 годы.

Показатели взяты с сайта Федеральной Службы Статистики РФ.

Для анализа экологической эффективности регионов используются 4 показателя, характеризующие темпы развития ОП (обрабатывающие производства), МЭ (мощность электростанций), ВЗВ (выбросы загрязняющих веществ), СЗСВ (сброс загрязненных сточных вод).

В качестве критерия эффективности используется критерий F (формула 2.17).

Для анализа эффективности экологического развития регионов методом собственных состояний использовался программный продукт «Midas».

Для анализа методом DEA-анализа использовался программный продукт «MaxDEA Basic».

В таблице 5 представлены исходные данные для анализа.

Таблица 5 – Данные для анализа.

Регион	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	F
Курганская область	1,02	1,19	0,98	0,99	0,93
Оренбургская область	0,8	1,19	0,94	1,01	0,85
Пермский край	1,09	0,95	0,96	1,03	1,11
Свердловская область	0,97	0,96	0,99	0,95	0,98
Челябинская область	1,12	0,96	1,07	0,96	1,02
Республика Башкортостан	1,19	0,95	0,93	0,99	1,16
Удмуртская Республика	0,87	0,84	1,15	1,01	0,94
Алтайский край	1,37	1,01	1,51	0,99	0,94
Кемеровская область	0,96	1,01	0,97	1,01	0,99
Новосибирская область	1,19	0,89	0,98	0,99	1,17
Омская область	1,14	0,99	0,92	0,98	1,11
Томская область	1,05	1,01	0,89	0,92	1,04
Тюменская область	0,89	0,98	0,87	1,06	1,05
Республика Алтай	0,39	1,02	1,11	1,41	1,59
Архангельская область	1,01	0,99	0,98	0,93	0,98
Вологодская область	1,01	0,94	1,06	1,00	1,01
Мурманская область	0,66	0,99	0,99	0,99	0,83
Республика Карелия	0,71	1,01	0,92	1,00	0,89
Республика Коми	0,94	0,87	1,09	0,99	0,98

Окончание таблицы 5

Астраханская область	1,29	1,00	0,81	1,00	1,27
Волгоградская область	0,99	1,04	0,85	1,01	1,06
Самарская область	1,08	0,98	1,06	1,01	1,02
Пензенская область	1,13	1,1	0,97	1,04	1,05
Саратовская область	0,96	0,98	0,78	1,00	1,11
Ульяновская область	1,07	0,97	1,21	1,02	0,96
Республика Калмыкия	1,91	0,75	0,85	0,66	1,61
Республика Татарстан	0,96	0,99	0,87	1,00	1,05
Нижегородская область	1,17	0,84	0,98	0,96	1,17
Кировская область	1,25	1,06	0,90	0,99	1,14
Республика Марий Эл	1,09	0,91	0,99	1,00	1,10

Проанализировав главные компоненты и результаты построенных моделей, была найдена наилучшая эталонная модель экологической устойчивости развития регионов (таблица 6). Первое и четвертое собственные состояния относятся к группе собственных состояний с положительными главными компонентами, а второе и третье собственные состояния относятся к группе собственных состояний с отрицательными главными компонентами.

Таблица 6 – Эталонная модель экологической устойчивости развития регионов.

Регион	k_1	k_2	k_3	k_4	F
Курганская область	1,040422	0,981555	0,95854	0,99278	0,594556
Оренбургская область	1,036068	0,986512	0,905272	0,985241	0,569475
Пермский край	1,09	0,95	0,96	1,03	0,690618
Свердловская область	1,033321	0,939593	0,977497	0,988357	0,631613
Челябинская область	1,11941	0,962556	0,981941	0,970212	0,641298
Республика Башкортостан	1,19	0,95	0,93	0,99	0,721497
Удмуртская Республика	1,008871	0,825505	0,978487	0,968346	0,611645
Алтайский край	1,305561	0,937782	0,97297	0,909802	0,586787
Кемеровская область	1,040791	0,981135	0,963057	0,99342	0,623935

Окончание таблицы 6

Новосибирская область	1,188944	0,891203	0,967076	0,988171	0,724517
Омская область	1,134698	0,96592	0,918821	0,975557	0,688367
Томская область	1,06271	0,984316	0,879172	0,972279	0,659019
Тюменская область	1,03786	0,956818	0,862671	1,011145	0,648003
Республика Алтай	1,085794	0,920623	0,953969	1,159695	0,490045
Архангельская область	1,039373	0,972621	0,967128	0,992558	0,628704
Вологодская область	1,034152	0,940329	0,984107	0,989532	0,629892
Мурманская область	1,025282	0,913155	0,954402	0,980035	0,546109
Республика Карелия	1,026015	0,946244	0,891638	0,975969	0,570881
Республика Коми	1,016742	0,861254	0,980237	0,974942	0,630694
Астраханская область	1,27631	0,937823	0,806957	0,988528	0,782306
Волгоградская область	1,03354	0,990066	0,845348	0,984894	0,66133
Самарская область	1,07067	0,972982	0,983158	0,99662	0,633496
Пензенская область	1,100078	0,964099	0,963348	1,014926	0,639263
Саратовская область	1,024877	0,969828	0,776784	0,978563	0,690005
Ульяновская область	1,051408	0,977629	0,985567	0,993778	0,587588
Республика Калмыкия	1,912562	0,747853	0,848313	0,669027	1
Республика Татарстан	1,030443	0,978779	0,86635	0,977725	0,653012
Нижегородская область	1,169041	0,841092	0,968262	0,958339	0,727549
Кировская область	1,225401	0,948277	0,894531	0,969387	0,701034
Республика Марий Эл	1,088835	0,911327	0,975743	0,997982	0,683459

Для анализа методом DEA-анализа использовался программный продукт «MaxDEA Basic».

Исходные данные для анализа см. в таблице 5.

Для построения модели методом DEA использовалась модель ориентированная на «Выход». Коэффициенты k_2 и k_3 использовались как вход, а коэффициенты k_1 и k_4 использовались как выход.

В результате анализа была построена модель экологической устойчивости развития регионов с помощью метода DEA-анализа (таблица 7).

Таблица 7 – Индикаторы экологической устойчивости развития регионов.

Регион	Масштаб			
	CRS	VRS	NIRS	NDRS
Курганская область	0,801286	0,913882	0,913882	0,801286
Оренбургская область	0,838085	0,86554	0,86554	0,838085
Пермский край	0,953544	0,968727	0,968727	0,953544
Свердловская область	0,856869	0,881417	0,881417	0,856869
Челябинская область	0,863838	0,928477	0,928477	0,863838
Республика Башкортостан	0,954246	0,971814	0,971814	0,954246
Удмуртская Республика	0,980748	1	0,980748	1
Алтайский край	0,880319	1	1	0,880319
Кемеровская область	0,878886	0,909907	0,909907	0,878886
Новосибирская область	0,970099	0,981288	0,981288	0,970099
Омская область	0,918465	0,944755	0,944755	0,918465
Томская область	0,858878	0,879783	0,879783	0,858878
Тюменская область	0,967671	0,977853	0,967671	0,977853
Республика Алтай	1	1	1	1
Архангельская область	0,837608	0,875366	0,875366	0,837608
Вологодская область	0,89268	0,926663	0,926663	0,89268
Мурманская область	0,816133	0,816478	0,816133	0,816478
Республика Карелия	0,85767	0,859541	0,859541	0,85767

Окончание таблицы 7

Республика Коми	0,943997	0,948966	0,943997	0,948966
Астраханская область	1	1	1	1
Волгоградская область	0,935769	0,946754	0,946754	0,935769
Самарская область	0,882996	0,946076	0,946076	0,882996
Пензенская область	0,881909	0,976696	0,976696	0,881909
Саратовская область	1	1	1	1
Ульяновская область	0,888847	0,948435	0,948435	0,888847
Республика Калмыкия	1	1	1	1
Республика Татарстан	0,921603	0,928316	0,921603	0,928316
Нижегородская область	0,996635	1	0,996635	1
Кировская область	0,913538	0,980313	0,980313	0,913538
Республика Марий Эл	0,942951	0,955671	0,955671	0,942951

В таблице 8 приведено сравнение результатов полученных методом МСС и методом DEA.

Таблица 8 – Сравнение МСС и метода DEA

Регион	F (МСС)	F (DEA)			
Курганская область	0,594556	0,801286	0,913882	0,913882	0,801286
Оренбургская область	0,569475	0,838085	0,86554	0,86554	0,838085
Пермский край	0,690618	0,953544	0,968727	0,968727	0,953544
Свердловская область	0,631613	0,856869	0,881417	0,881417	0,856869
Челябинская область	0,641298	0,863838	0,928477	0,928477	0,863838
Республика Башкортостан	0,721497	0,954246	0,971814	0,971814	0,954246
Удмуртская Республика	0,611645	0,980748	1	0,980748	1
Алтайский край	0,586787	0,880319	1	1	0,880319

Окончание таблицы 8

Кемеровская область	0,623935	0,878886	0,909907	0,909907	0,878886
Новосибирская область	0,724517	0,970099	0,981288	0,981288	0,970099
Омская область	0,688367	0,918465	0,944755	0,944755	0,918465
Томская область	0,659019	0,858878	0,879783	0,879783	0,858878
Тюменская область	0,648003	0,967671	0,977853	0,967671	0,977853
Республика Алтай	0,490045	1	1	1	1
Архангельская область	0,628704	0,837608	0,875366	0,875366	0,837608
Вологодская область	0,629892	0,89268	0,926663	0,926663	0,89268
Мурманская область	0,546109	0,816133	0,816478	0,816133	0,816478
Республика Карелия	0,570881	0,85767	0,859541	0,859541	0,85767
Республика Коми	0,630694	0,943997	0,948966	0,943997	0,948966
Астраханская область	0,782306	1	1	1	1
Волгоградская область	0,66133	0,935769	0,946754	0,946754	0,935769
Самарская область	0,633496	0,882996	0,946076	0,946076	0,882996
Пензенская область	0,639263	0,881909	0,976696	0,976696	0,881909
Саратовская область	0,690005	1	1	1	1
Ульяновская область	0,587588	0,888847	0,948435	0,948435	0,888847
Республика Калмыкия	1	1	1	1	1
Республика Татарстан	0,653012	0,921603	0,928316	0,921603	0,928316
Нижегородская область	0,727549	0,996635	1	0,996635	1
Кировская область	0,701034	0,913538	0,980313	0,980313	0,913538
Республика Марий Эл	0,683459	0,942951	0,955671	0,955671	0,942951

Проанализировав полученные результаты обоих методов, выяснилось, что метод DEA-анализа при маленьком количестве показателей дает завышенные результаты, что не совсем правильно, а метод собственных состояний более точно

описывает эталонную модель устойчивого развития регионов. Также методом собственных состояний можно более детально проанализировать зависимости изменений эталонной модели что является большим плюсом.

Выводы по разделу 2

1. Метод собственных состояний рассматривается как дальнейшее развитие метода главных компонент применительно к анализу социально-экономических систем. Состояние социально-экономической системы в любой момент времени описывается взвешенной комбинацией собственных состояний. Каждое собственное состояние представляет однофакторную модель процесса (тенденции) социально-экономической системы, в рамках которого показатели меняются строго определенным образом (пропорционально коэффициентам собственного состояния).

2. Сформулированы основные принципы выбора собственных состояний для формирования эталонной модели. Во-первых, собственные состояния должны удовлетворять ограничениям, накладываемым требованиям эффективности развития социально-экономических систем. Во-вторых, выбор собственных состояний должен осуществляться с учетом знака главной компоненты данного собственного состояния. В рамках разработанных принципов выполняется построение моделей с переменным и постоянным числом собственных состояний. Модель с постоянным числом собственных состояний использует при вычислении значений показателей для любого наблюдения одно и то же число собственных состояний. Модель с переменным числом собственных состояний меняет число собственных состояний в зависимости от знака главных компонент наблюдения социально-экономической системы.

3 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ДВИЖУЩАЯ СИЛА–ДАВЛЕНИЕ–СОСТОЯНИЕ–ВОЗДЕЙСТВИЕ–РЕАКЦИЯ»

Объекты анализа представляют собой 30 регионов Российской Федерации. На первом этапе формируем набор показателей описывающих эколого-экономическое развитие регионов. В нашей работе используются 15 показателей, которые в соответствии с концепцией DPSIR объединены в пять групп (таблица 9).

Показатели группы «Движущая сила» это социально-экономические факторы, которые вызывают изменения ОС. Примерами их являются: инновационная активность организаций, численность населения.

Показатели группы «Давление» тесно связаны с характером производства и потребления, поэтому в эту группу включен показатель «Обрабатывающие производства», так как он во многом определяет интенсивность загрязнения.

«Состояние» связано с качеством окружающей среды и описывается показателями, которые описывают экологическую ситуацию и ее развитие во времени. Примерами их являются: концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде; снижение качества окружающей среды и связанное с этим воздействие на здоровье людей.

«Воздействие» это влияние ОС на состояние здоровья людей, животных и экологические процессы.

«Реакция» это действия, предпринимаемые обществом на изменения ОС, в т.ч. экологические программы. Примерами являются: затраты на охрану окружающей среды.

Таблица 9 – Показатели субъектов РФ.

Группа	Показатели	Сокращение
Движущая сила	Численность населения	ЧН
	Инновационная активность организаций (%)	ИАО

Окончание таблицы 9

Давление	Обрабатывающие производства (млн. руб.)	ОП
	Мощность электростанций (мегаватт)	МЭ
	Отправление грузов а/м транспортом (тыс. тонн)	ОГТ
Состояние	Выбросы загрязняющих веществ (тыс. тонн.)	ВЗВ
	Сброс загрязненных сточных вод (млн. м3)	СЗСВ
	Использование чистой воды (млн. м3)	ИЧВ
	Повторно использованная вода (м3)	ПИВ
	Улавливание загрязняющих атмосферу веществ (тыс. тонн.)	УЗВ
Воздействие	Болезни крови и сопутствующие заболевания (на 1 млн. чел.)	БК
	Болезни эндокринной системы и сопутствующие заболевания (на 1 млн. чел.)	БЭС
	Врожденные аномалии (на 1 млн. чел.)	ВА
	Младенческая смертность (умерших до 1 года на 1 млн. родившихся)	МС
Реакция	Затраты на охрану окружающей среды (млн. руб.)	ЗООС

На втором этапе формулируем требования устойчивого развития регионов. Требования формулируются на основе выбранной концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция».

В основе модели будет лежать следующее условие: максимизировать критерий F.

Критерий F определяется по формуле (3.1):

$$F = \frac{k_1+k_4}{k_2+k_3} \quad (3.1)$$

На третьем этапе для построения эталонной модели необходимо построить собственные состояния регионов. Для этого будем использовать ковариационную матрицу.

В таблице 10 показано, как меняется критерий F от числа собственных состояний.

Таблица 10 – Критерий F, в зависимости от количества собственных состояний.

Регион	Число собственных состояний			
	1	10	20	27
Курганская область	0,926998	1,081307	1,133005	1,1616
Оренбургская область	0,849052	1,03337	1,097995	1,115002
Пермский край	1,106704	1,081542	1,204109	1,20862
Свердловская область	0,984241	1,084174	1,098376	1,11227
Челябинская область	1,022885	1,107499	1,108241	1,116278
Республика Башкортостан	1,168013	1,204915	1,273511	1,322954
Удмуртская Республика	0,946913	1,063994	1,111983	1,151832
Алтайский край	0,93556	1,172167	1,155951	1,104121
Кемеровская область	0,997187	1,146796	1,170044	1,188683
Новосибирская область	1,168418	1,943848	1,791217	1,961492
Омская область	1,107989	1,097911	1,251878	1,292387
Томская область	1,032605	1,095007	1,180096	1,191348
Тюменская область	1,047224	1,0943	1,104978	1,107239
Республика Алтай	0,844033	1,051197	1,085797	1,119455
Архангельская область	0,982606	1,149334	1,172953	1,181548
Вологодская область	1,008905	1,064316	1,204904	1,214589
Мурманская область	0,830239	1,04603	1,062242	1,085828
Республика Карелия	0,883167	1,032042	1,083013	1,149978
Республика Коми	0,993974	1,073913	1,187151	1,226454
Астраханская область	1,263312	1,138075	1,235306	1,229482
Волгоградская область	1,058808	1,068734	1,218869	1,272957

Продолжение таблицы 10

Самарская область	1,02747	1,07696	1,113159	1,135511
Пензенская область	1,020718	1,084764	1,106923	1,168056
Саратовская область	1,11394	1,071529	1,102957	1,14615
Ульяновская область	0,95885	1,077382	1,116501	1,125601
Республика Калмыкия	1,603656	1,132104	1,183454	1,216273
Республика Татарстан	1,04874	1,06455	1,126119	1,131854
Нижегородская область	1,170947	1,201604	1,349374	1,527257
Кировская область	1,150996	1,187508	1,277741	1,371126
Республика Марий Эл	1,104677	1,107498	1,160827	1,191534

На следующем этапе выполняем построение эталонной модели.

Построение эталонной модели экологически устойчивого развития регионов Российской Федерации выполняем из собственных состояний, полученных на предыдущем этапе.

Проанализировав каждую главную компоненту, выяснилось:

- главные компоненты 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26 относятся к группе положительных(имеют знак «+»);
- главные компоненты 2, 3, 10, 11, 17, 23, 27 относятся к группе отрицательных имеют знак «–».

Полученная модель является идеализацией реальной деятельности регионов Российской Федерации.

Данная модель служит эталоном для исследуемых регионов с точки зрения устойчивости их развития.

На рисунке 6 представлено сравнение фактического (серая маркировка) и эталонного (черная маркировка) критерия F для 30-ти регионов Российской Федерации.

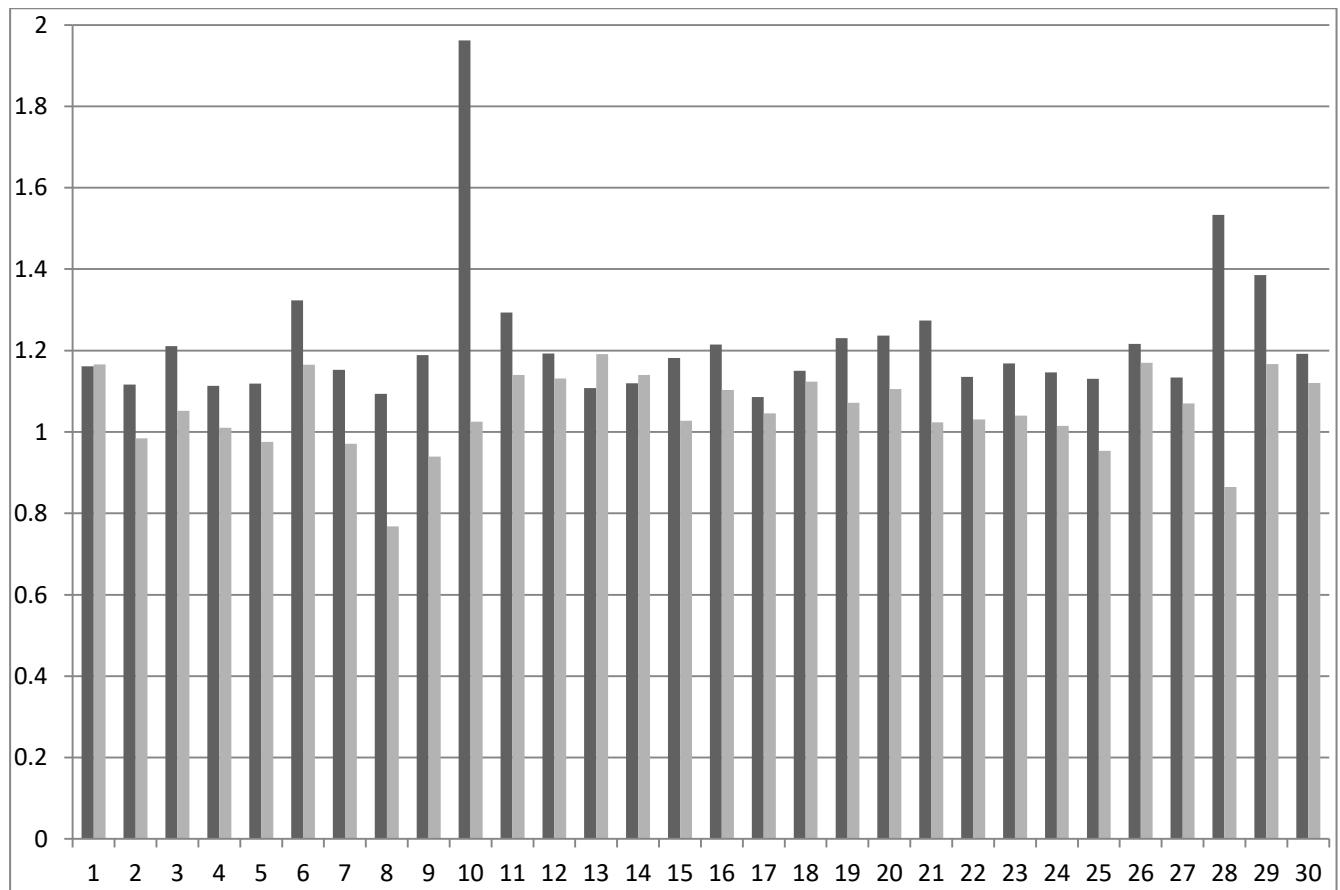


Рисунок 6—Фактический (серая маркировка) и эталонный (черная маркировка) критерий F

Для оценки устойчивости развития регионов предлагается использовать индикаторы штрафных функций для каждой группы показателей концепции DPSIR.

При построении индикаторов штрафных функций используется затратно-результатный принцип.

Значение штрафных функций зависит от типа показателей (затратные и результатные).

Показатели ОП, МЭ, ОГТ, ВЗВ, СЗСВ, БК, БЭС, ВА и МС относятся к группе затратных, а показатели ЧН, ИАО, ИЧВ, ПИВ, УЗВ и ЗООС относятся к группе результатных.

Индикаторы штрафных функций для каждой группы показателей представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Индикаторы штрафных функций

Регион	Driving forces	Pressure	State	Impact	Response
Курганская область	0,5124	1	0,3829	0,8959	0,1419
Оренбургская область	0,891	0,9037	0,9316	0,8193	0,969
Пермский край	1	0,8695	0,6989	0,9209	1
Свердловская область	1	0,7867	0,7592	0,9451	1
Челябинская область	0,9828	0,9532	0,7761	0,825	1
Республика Башкортостан	1	0,9721	0,7657	0,9728	1
Удмуртская Республика	0,7785	1	0,4822	0,8789	0,4412
Алтайский край	1	1	0,3676	0,7929	0,5336
Кемеровская область	0,898	0,6068	0,6207	0,8375	1
Новосибирская область	0,8864	0,97	0,6031	1	0,4523
Омская область	0,7879	1	0,6773	0,9349	0,6968
Томская область	0,7151	1	0,4749	0,8739	0,6382
Тюменская область	0,7638	0,6796	0,7426	1	1
Республика Алтай	0,3847	1	0,24	0,8471	0,021
Архангельская область	0,5839	1	0,698	0,8371	0,664
Вологодская область	0,6737	1	0,8143	0,9579	0,5047
Мурманская область	0,5824	1	0,6856	0,9507	0,979
Республика Карелия	0,5148	1	0,4727	0,7737	0,3471
Республика Коми	0,6274	1	0,8097	0,8953	0,6454
Астраханская область	0,6126	1	0,4108	0,8072	0,4562
Волгоградская область	0,7991	0,9636	0,8583	0,9386	1
Самарская область	0,6965	0,9683	0,9352	0,7773	1

Продолжение таблицы 11

Пензенская область	0,7869	1	0,469	1	0,2743
Саратовская область	0,9489	0,8063	0,4932	0,8611	1
Ульяновская область	0,6101	1	0,6077	0,8796	0,3666
Республика Калмыкия	0,2599	1	0,3611	0,8431	0,0142
Республика Татарстан	0,9028	0,9775	0,6045	0,9256	1
Нижегородская область	1	0,9983	0,7067	0,9165	0,9327
Кировская область	0,743	1	0,7049	0,9259	0,8632
Республика Марий Эл	0,559	1	0,4514	0,88	0,1049

С помощью процедуры кластеризации в пространстве значений индикаторов штрафных функций пяти показателей (из таблицы 11) было выделено пять классов эколого-устойчивого развития регионов. В таблице 12 показывается рейтинг эколого-устойчивого развития регионов.

Таблица 12– Рейтинг эколого-устойчивого развития регионов

Номер класса	Регион	Driving forces	Pressure	State	Impact	Response
1	Оренбургская область	0,891	0,9037	0,9316	0,8193	0,969
	Челябинская область	0,9828	0,9532	0,7761	0,825	1
	Республика Башкортостан	1	0,9721	0,7657	0,9728	1
	Волгоградская область	0,7991	0,9636	0,8583	0,9386	1
	Самарская область	0,6965	0,9683	0,9352	0,7773	1
	Республика Татарстан	0,9028	0,9775	0,6045	0,9256	1
	Нижегородская область	1	0,9983	0,7067	0,9165	0,9327
2	Пермский край	1	0,8695	0,6989	0,9209	1
	Свердловская область	1	0,7867	0,7592	0,9451	1

Продолжение таблицы 12

2	Кемеровская область	0,898	0,6068	0,6207	0,8375	1
	Тюменская область	0,7638	0,6796	0,7426	1	1
	Саратовская область	0,9489	0,8063	0,4932	0,8611	1
3	Омская область	0,7879		1	0,6773	0,9349
	Архангельская область	0,5839		1	0,698	0,8371
	Вологодская область	0,6737		1	0,8143	0,9579
	Мурманская область	0,5824		1	0,6856	0,9507
	Республика Коми	0,6274		1	0,8097	0,8953
	Кировская область	0,743		1	0,7049	0,9259
4	Удмуртская Республика	0,7785		1	0,4822	0,8789
	Алтайский край	1		1	0,3676	0,7929
	Новосибирская область	0,8864	0,97	0,6031		1
	Томская область	0,7151		1	0,4749	0,8739
	Астраханская область	0,6126		1	0,4108	0,8072
	Пензенская область	0,7869		1	0,469	1
	Ульяновская область	0,6101		1	0,6077	0,8796
5	Курганская область	0,5124		1	0,3829	0,8959
	Республика Алтай	0,3847		1	0,24	0,8471
	Республика Карелия	0,5148		1	0,4727	0,7737
	Республика Калмыкия	0,2599		1	0,3611	0,8431
	Республика Марий Эл	0,559		1	0,4514	0,88

На рисунках 7–11 представлены усредненные индикаторы штрафных функций для каждого класса регионов.

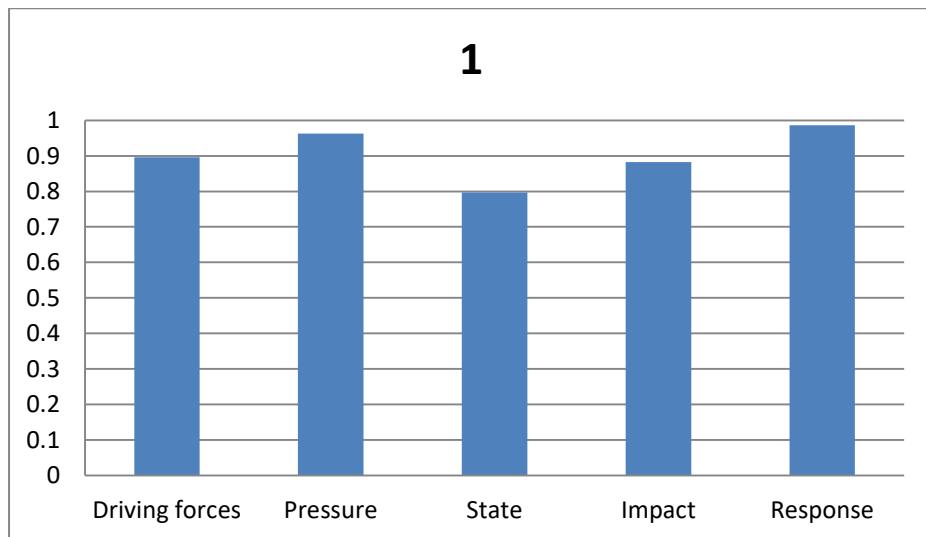


Рисунок 7 – Усредненные индикаторы штрафных функций для класса 1

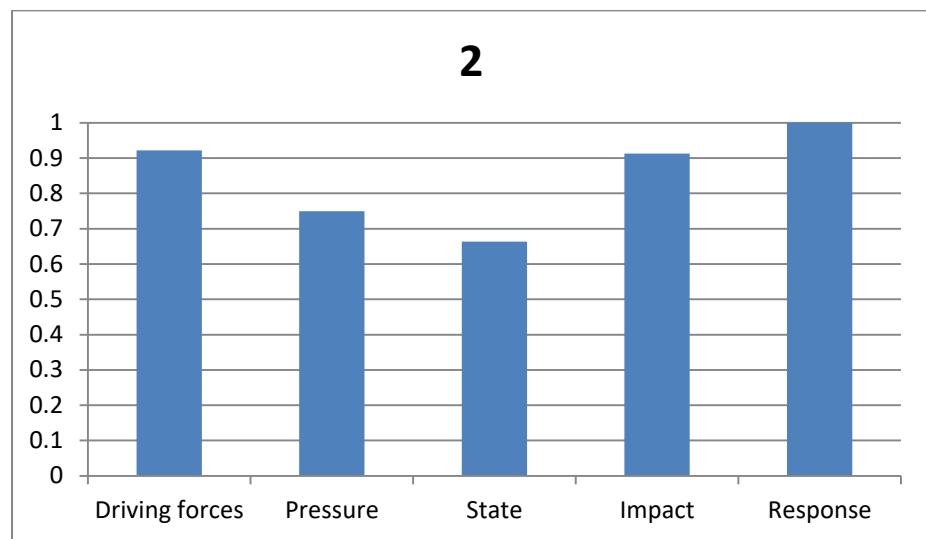


Рисунок 8 – Усредненные индикаторы штрафных функций для класса 2

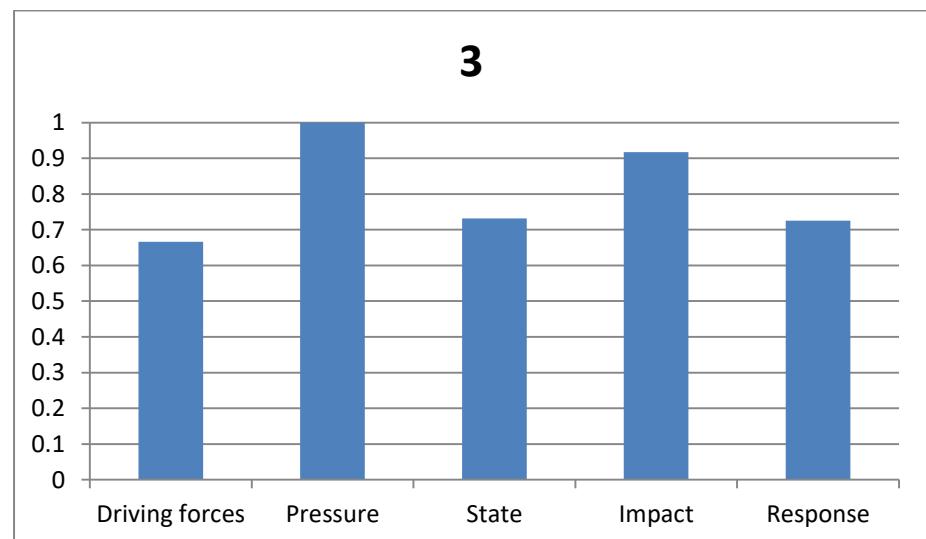


Рисунок 9 – Усредненные индикаторы штрафных функций для класса 3

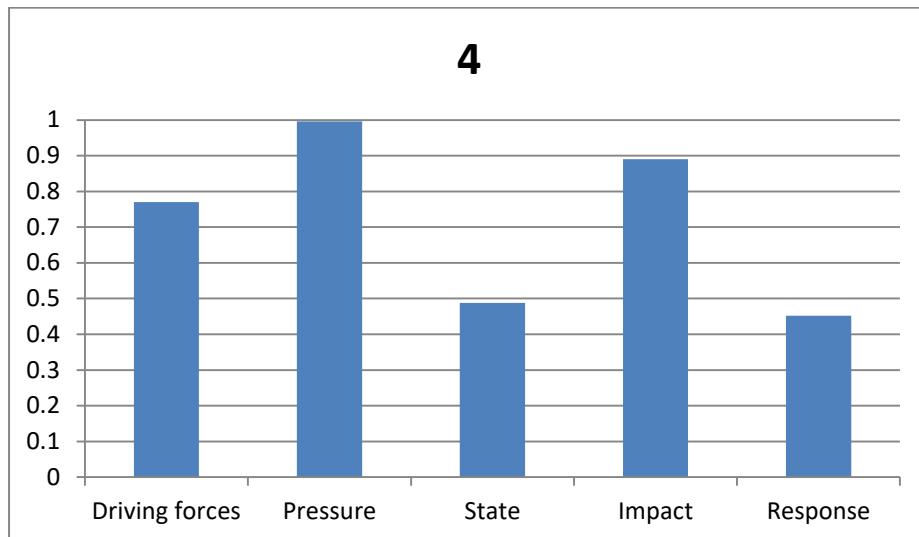


Рисунок 10 – Усредненные индикаторы штрафных функций для класса 4

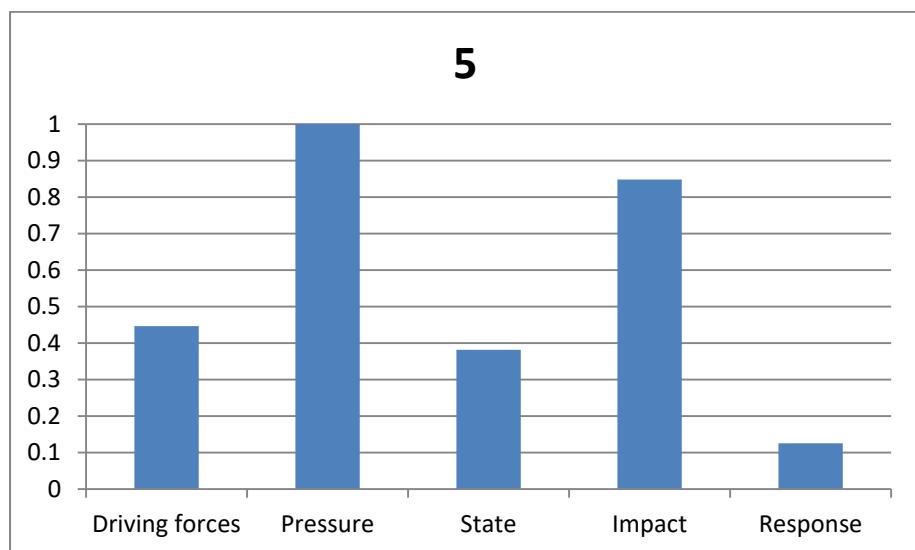


Рисунок 11 – Усредненные индикаторы штрафных функций для класса 5

Для каждого класса регионов даются рекомендации по улучшению экологического развития регионов:

– регионы класса 1 характеризуются высоким уровнем эколого-устойчивого развития;

Регионы данного класса характеризуются повышенным давлением на экологию региона, при этом затраты на экологию позволяют поддерживать хорошую экологическую обстановку в регионе.

– регионы класса 2 характеризуются пониженным уровнем эколого-устойчивого развития.

Регионы данного класса характеризуются высоким давлением на экологию региона, при этом стандартный уровень затрат на экологию не позволяет поддерживать экологическую ситуацию на хорошем уровне. Сточки зрения взаимосвязи между «D» и «P», можно сделать вывод, что экоэффективность регионов ухудшается.

Для улучшения экологии регионов рекомендуется повышение затрат на охрану окружающей среды, что приведет к улучшению состояния воды и воздуха, и снижению числа заболевших.

– регионы класса 3 характеризуются средним уровнем эколого-устойчивого развития.

Они характеризуются средней экологической обстановкой в регионах при нормативных уровнях давления на экологию.

Для улучшения экологического уровня регионов рекомендуется увеличить затраты на охрану окружающей среды, что приведет к сокращению количества заболевших и улучшит состояние воды и воздуха;

– регионы класса 4 характеризуются удовлетворительным уровнем эколого-устойчивого развития.

Причиной является плохая реакция на ухудшение экологии регионов при нормативном уровне давление на экологию.

Для улучшения экологического уровня регионов рекомендуется увеличить затраты на охрану окружающей среды, что приведет к уменьшению количества заболевших и повысит численность населения, что, в свою очередь, приведет к повышению уровня «движущих сил».

– регионы класса 5 характеризуются низким уровнем эколого-устойчивого развития.

Причиной является слабая реакция на ухудшение экологии регионов при нормативном уровне давление на экологию.

Для повышения уровня рекомендуется существенное увеличение затрат на охрану окружающей среды, что приведет к улучшению состояния воздуха, почвы и воды, и снизит количество заболевших. Также рекомендуется повысить инновационную активность предприятий.

4 КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ

Современный этап экономического развития характеризуется возрастающей сложностью объектов и систем управления, ростом сложности задач во всех сферах жизнедеятельности человека. На современном этапе в РФ и во всем мире актуализируется развитие инновационных процессов по приоритетным и иным направлениям развития науки, технологий и техники. В свою очередь, привлечение инвестиций в регион следует рассматривать как одно из ключевых условий инновационного развития региональной экономики. Сегодня наиболее актуальными являются проблемы оптимального управления инвестиционными процессами на региональном уровне в интересах инновационного развития.

Основная цель региональной инновационно-инвестиционной политики - формирование инновационно-инвестиционной привлекательности региона в контексте стратегических, долговременных целей и задач развития и повышения конкурентоспособности региональной экономики с учетом ее роли и места в национальном и мировом хозяйстве. Важным является, что региональная инновационно-инвестиционная политика должна отвечать основным принципам устойчивого развития, подразумевающим сохранение природного капитала территории и достижение баланса экономических, социальных и экологических интересов. В свою очередь, экологический фактор является весьма значимым в управлении региональными инновационно-инвестиционными процессами, поскольку оказывает решающее влияние на инновационно-инвестиционную привлекательность региона через ее составляющие. Повышение инновационно-инвестиционной привлекательности региона без учета экологического фактора, по определению, приведет в долгосрочной перспективе к катастрофическому снижению инновационно-инвестиционной привлекательности территории и, как следствие, активности инвесторов. Обеспечение экологической безопасности региона необходимо для повышения его инновационно-инвестиционной привлекательности при реализации стратегий инновационного развития.

В рамках коммерциализации будет создан сервис «Экологическая устойчивость регионов», который будет описывать экологическую безопасность регионов. Система будет привлекательна инвесторам которые хотят вложить капитал. т.к. экологический фактор является весьма значимым в управлении региональными инновационно-инвестиционными процессами, поскольку оказывает решающее влияние на инновационно-инвестиционную привлекательность региона через ее составляющие.

В дальнейшем расширить сервис и анализировать весь спектр инновационно-инвестиционной привлекательности региона.

Другое направление это экологический туризм. Повышение уровня экономической устойчивости регионов, вовлеченных в туристский процесс - явление достаточно общее, однако в экологическом туризме оно приобретает особое звучание, так как экотуризм развивается в экономически отсталых регионах, мало затронутых современной хозяйственной деятельностью. Такие территории крайне слабо обеспечены рабочими местами и являются поставщиками неквалифицированной рабочей силы в города. Организация новых рабочих мест может иметь серьезные экономические и социальные последствия. Именно поэтому организаторы экологического туризма рассматривают вовлечение местного населения в туристский процесс как один из важнейших элементов его планирования и проведения. Участие местных жителей предусматривается в таких сферах туризма, как сфера гостеприимства, производство и сбыт сувенирной продукции, производство и поставка продуктов питания, обслуживание туристских маршрутов, участие в анимационных мероприятиях, выполнение охранных функций и т.д. Предоставление работы местным жителям позволяет не только повысить уровень их занятости, но и способствует их закреплению на исконной территории, а также возвращению из городов. Совершенно очевидно, что увеличения числа рабочих мест в экономически неразвитых регионах мира можно добиться и другими путями, например, привлечением на территорию транснациональных корпораций,

которые активно практикуют вывод некоторых производств в страны третьего мира. Однако общеизвестно, что снижение себестоимости продукции, производимой на территории стран третьего мира, связано не только с низкой заработной платой, но и со снижением экологических требований к производителям этой продукции, а значит, к возможной утрате территорией своего рекреационного потенциала.

Повышение экологической культуры участников экотуристской деятельности осуществляется по нескольким направлениям. Население рекреационных территорий, вовлеченное в туристский процесс и получающее от него экономические преимущества, осознает, что природа, привлекающая туристов, должна сохраняться, так как именно она и есть основная ценность территории – источник их собственного дохода. Туристы, участвующие в экологических турах, – это, в любом случае, люди, не безразличные к экологическим проблемам, однако и они повышают уровень экологической грамотности путем получения информации, которую предоставляют им организаторы и исполнители эколого-туристских программ.

Сервис «Экологическая устойчивость регионов» будет интересен туристическим компаниям и людям, которые хотят организовать этот бизнес, т.к. для экологического туризма очень важна экологическая устойчивость региона, а сервис "Экологическая устойчивость регионов" будет описывать и визуализировать нужные им данные по регионам.

Выводы по разделу 4

В разделе была рассмотрена коммерциализация проекта в рамках которой будет создана система "Экологическая устойчивость регионов" которая будет визуализировать результаты анализа регионов и будет повышать инновационно-инвестиционную привлекательность при реализации стратегий инновационного развития. Это весьма привлекательно для инвесторов, которые хотят заработать на своих инвестициях. Также сервис будет привлекателен для экотуризма, для которого важна экологическая устойчивость регионов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенной работы были рассмотрены теоретические основы устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Рассмотрены основные понятия теории устойчивого развития. Выполнен анализ имеющихся определений устойчивого развития регионов, который показывает, что хотя и существует большое число определений понятия устойчивого развития регионов, но его определение вызывает разногласие только при определении тех мероприятий, которые необходимо проводить на уровне региона для обеспечения его эколого-устойчивого развития. Рассмотрены разные подходы к оценке устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Определены индикаторы устойчивости.

2. Проведен обзор методов для построения моделей устойчивого экологического развития регионов, определены преимущества метода МСС перед методом DEA. Выявлены проблемы оценки устойчивости экологического развития регионов.

3. Рассмотрена концепция «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция». Определены компоненты структуры DPSIR. Описана полная структура концепции. Приведены примеры показателей для каждой группы концепции. Сформирован набор показателей на основе используемой концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция», описывающих экологическое развитие регионов.

4. Разработана и описана методология анализа устойчивого экологического развития регионов РФ с помощью концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция» методом собственных состояний. Сформулированы требования устойчивого экологического развития регионов, на основе используемой концепции «Движущая сила–Давление–Состояние–Воздействие–Реакция».

5. Проведено сравнение методологии DEA-анализа с методом собственных состояний. Проанализированы полученные результаты и определено, что

результаты метода DEA удовлетворительно согласуются с решением, полученным МСС. Отмечается, что МСС позволяет построить эталонную модель устойчивого развития регионов и более детально проанализировать экологическое развитие регионов, что является большим плюсом

6. Построена модель устойчивого экологического развития регионов РФ и вычислены индикаторы устойчивого экологического развития регионов РФ. С помощью процедуры кластеризации в пространстве значений индикаторов штрафных функций было выделено пять классов эколого-устойчивого развития регионов. Для каждого класса выданы рекомендации по улучшению экологического состояния.

7. Рассмотрена коммерциализация проекта, в рамках которой будет создана система "Экологическая устойчивость регионов", которая будет визуализировать результаты анализа регионов, и будет повышать инновационно-инвестиционную привлекательность при реализации стратегий инновационного развития.

8. Результаты работы рекомендуется использовать для совершенствования статистической отчетности, связанной с природопользованием и экологическим контролем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Часовников, С.Н. Перспективы экологизации экономического развития Кемеровской области: монография / С.Н. Часовников, Е.Н. Старченко. – Саарбрюккен, 2013. – 161 с.
2. Указ Президента РФ «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» 1440 от 1 апреля 1996.
3. Моисеев, Н.Н. Быть или не быть человечеству? М.: Россия молодая, 1999. – 352 с.
4. Рожкова, А.Ю. Устойчивое развитие региона как предмет исследования / А.Ю. Рожкова // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2011. – №1. – С. 11–15.
5. Золотухина, А.В. Иерархизация научно-технического потенциала региона в контексте устойчивого развития / А.В. Золотухина // Регионология. – 2012. – №1. – С. 144–151.
6. Ускова, Т.В. Управление устойчивым развитием региона: монография / Т.В. Ускова. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. – 355 с.
7. Большаков, Н.М. Концептуальные основы устойчивого развития регионального лесного сектора: теория, методология, практика /Большаков Н. М., Жиделева В. В. // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2012. – № 4 (12). – С. 89–92
8. Мосейко, В.О. Система индикаторов устойчивого развития как инструмент управления муниципальным образованием / В.О. Мосейко, В.В. Фесенко, И.В. Богомолова // Вестник Волгоградского гос. университета Серия 3 Экономика. – 2008. – № 2. – С. 78–85
9. Чуб, А.А. Статистические показатели для оценки уровня развития региональных социально-экономических систем / А.А. Чуб, А.А. Мироедов // Вопросы статистики. – 2007. – № 9. – С. 80–84.

10. Веселов, Д.В. Корпоративное управление и инвестиционная привлекательность предприятия // Финансы. 2009. № 1. С. 70–74.
11. Татаркин, А.И. Формирование региональных институтов пространственного развития Российской Федерации / А.И. Татаркин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2012. – №6 (24). – С. 42–59
12. Иванов, В.А., Авакян К.Г. Сравнительный анализ методик оценки инвестиционной привлекательности предприятия / В.А. Иванов, К.Г. 2 Авакян // Вестник Удмуртского университета. – 2010.– Вып.3. – С. 22–28.
13. Василенко, В.А. Устойчивое развитие регионов: подходы и принципы / В. А. Василенко; под ред. А. С. Новоселова. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. – 208 с.3.
14. Герасенко, В.П. Формирование механизма устойчивого развития региона: моногр. / В. П. Герасенко. – Минск: БГЭУ, 2005. – 224 с.
15. Зубарев, С.Ф. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса региона / С.Ф. Зубарев. – Новосибирск: СО РАСХН, 2005. – 160 с.
16. Головань, С.В., Назин В.В, Пересецкий А.А. Непараметрические оценки эффективности российских банков – С. 382–392.
17. Добряк, В. С. Модель оценки компетентности преподавателей высшего учебного заведения на основе метода охвата данных / В. С. Добряк, М. С. Мазорчук // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2011. – №3(51). – С. 80–83.
18. Мокеев, В.В. Анализ главных компонент как средство повышения эффективности управленческих решений в предпринимательских структурах / В.В. Мокеев, В.Г Плужников // Вестник Южно-Уральского государственного университета, Экономика и менеджмент. – 2011 – № 41(258), вып. 20. – С. 149–154.
19. Мокеев, В.В. Технология принятия управленческих решений в предпринимательских структурах на основе регрессионных моделей / В.В.

Мокеев, К.Л. Соломахо // Управление инвестициями. – 2011 .– № 4. – С. 26–33

20. Глухих, И.Ю. Разработка моделей экспресс анализа финансовой состоятельности организаций на базе методов многомерного регрессионного анализа / И. Ю. Глухих // Управленческое консультирование. – 2011. – № 3. – С. 185–195.
21. Мокеев, В.В. Решение проблемы собственных значений в задачах многофакторного анализа экономических систем / В.В. Мокеев // Экономика и математические методы. – 2010. – № 4. – С. 82–90.
22. Мокеев, В.В. Анализ эффективности процессов в социально-экономических системах методом собственных состояний / В.В. Мокеев, Д.А. Воробьев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 31–40.
23. Mokeev, V.V. On enterprise performance evaluation based on the method of eigenstates / Mokeev V.V. // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2014. – Vol. 48, No 5. – P. 235–245.
24. Мокеев, В.В. Анализ экономической устойчивости динамической системы на основе метода собственных состояний / В.В. Мокеев, Е.В. Бунова, Н.А. Крепак // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 73–81.
25. Шикина, С.А. К вопросу об анализе параметров бизнес процессов производства методом собственных состояний на примере промышленного предприятия / С.А. Шикина, В.Г. Плужников // Управление экономическими системами. – 2014. – № 10 (70). – С. 56–64.
26. Буслаева, О.С. Использование метода собственных состояний для оценки инвестиционной привлекательности региона / О.С. Буслаева // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 3. – С. 6–24.

- 27.Карпушкина, А.В. Устойчивое развитие региона: теоретические и методические аспекты / А.В. Карпушкина, С.В. Воронина // Управление экономическими системами. – 2014. – № 10. – С. 9–16.
- 28.Mokeyev, V.V. Analysis of socio-economic system processes performance with the help of eigenstate models / V.V. Mokeyev, D.A. Vorobiev // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modeling, Programming and Computer Software. – 2015. – Vol. 8, No. 1. – P. 47–56.
- 29.Мокеев, В.В. О разработке модели устойчивого развития регионов в рамках концепции «Давление-Состояние-Реакция». В сборнике: Наука ЮУрГУ Материалы 68-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет . 2016. С. 403-406.
- 30.Debreu, G. 1951. The coefficient of resource utilization.Econometrica 19 (3): 273–292.
31. Farrell, M.J. The measurement of Productive Efficiency / M.J. Farrell // Journal of Royal Statistical Society. – 1957. – V. 120, Part III.