

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

\_\_\_\_\_ (Н.Г. Парыгин)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

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

\_\_\_\_\_ (Б.М. Суховилов)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ В  
РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ДАВЛЕНИЕ-СОСТОЯНИЕ-РЕАКЦИЯ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
(МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)  
ЮУрГУ–38.04.05.2017.421.ПЗ ВКР

Руководитель проекта, д.т.н.,  
профессор  
\_\_\_\_\_ (В.В. Мокеев)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта,  
студент группы ЭУ– 351  
\_\_\_\_\_ (В.А. Савиновских)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер, к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ (Е.В. Бунова)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## АННОТАЦИЯ

Савиновских В.А. Построение моделей устойчивого развития регионов РФ в рамках концепции «Давление-Состояние-Реакция». – Челябинск: ЮУрГУ, ЭУ-351, 2017. – 80с., 3ил., 13 табл., библиографический список – 25наим.

Работа посвящена построению моделей устойчивого развития регионов РФ в рамках концепции «Давление-Состояние-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 «Давление-Состояние-Реакция» была построена модель устойчивого экологического развития регионов РФ.

Были вычислены индикаторы устойчивого экологического развития регионов РФ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	9
1.1 Введение .....	9
1.2 Индикаторы устойчивого развития .....	14
1.3 Метод DEA-анализа .....	34
1.3.1 Основные модели метода .....	36
1.3.2 Базовая ССР-модель .....	38
2 ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ.....	41
2.1 Метод собственных состояний .....	41
2.1.1 Особенности вычисления коэффициентов собственных состояний.	42
2.1.2 Выбор собственных состояний при построении эталонной модели	44
2.1.3 Алгоритм классификации социально-экономических систем с использованием эталонной модели.....	46
2.1.4 Алгоритм кластеризации состояний социально-экономических систем с использованием эталонной модели .....	48
2.1.5 Метод анализа устойчивого развития регионов.....	49
2.2 Сравнение метода собственных состояний с методом DEA-анализа на примере экологической устойчивости регионов РФ с 5 показателями.....	52
3 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ДАВЛЕНИЕ-СОСТОЯНИЕ-РЕАКЦИЯ».....	58
4 КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ .....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	78

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие РФ характеризуется интенсивным использованием природных ресурсов, поэтому в будущем могут появиться проблемы с их рентабельными запасами. При этом нерешена 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 и методов с привлечением современных статистических методов, что определяет актуальность темы, ее научную и практическую значимость.

Цель работы – Создать модель методом собственных состояний 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», «Max DEA 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 анализа устойчивого экологического развития регионов РФ с помощью метода собственных состояний.

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.

# 1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

## 1.1 Введение

Неувязка устойчивости региональных социально-экономических систем на нынешний день остается нерешенной, несмотря на большое количество работ в данной области как российских, так и зарубежных исследователей. Остроту проблеме придает динамический характер устойчивого развития, представляющий собой процесс изменений, в котором масштабы эксплуатации ресурсов, направленность финансовложений, ориентация тех. развития и институциональные изменения согласуются с текущими и будущими нуждами.

Нужно подметить, что в научной литературе отсутствует целостность суждений по поводу сущности и содержания категории «устойчивое развитие региона».

В соответствии с определением, представленным в докладе МКОСР «Наше общее будущее», устойчивое развитие значит такое развитие, при котором достигается удовлетворение житейских потребностей ныне живущих людей и сохранение для грядущих поколений возможности удовлетворения собственных потребностей. Английский оригинал термина «устойчивое развитие» – до сих пор подвергается критике вообще как сочетание слов, так как понятие «развитие» говорит об изменениях, тогда как понятие «устойчивость» – смысл неизменности и сохранности. «Но, – как указывает В.И. Данилов-Данильян – важно не лингвистическое значение термина, а его понятийное содержание». Так как термин «устойчивое развитие» уже крепко вошел в научный оборот и практический быт, Н.Н. Моисеев предлагает не отрешаться от него. «Речь должна идти не о подмене термина, а о наполнении понятия «устойчивое развитие» единообразным научно обоснованным содержанием и его адаптации к прогрессивному научному мировоззрению», – пишет Н.Н. Моисеев [1].

Научное понимание проблемы устойчивости региона стартовало после приобретения региональными системами экономической самостоятельности в условиях рынка.

В литературе сформировалось несколько подходов к данному понятию. 1-ый подход связан с триединой концепцией устойчивого развития, где устойчивое региональное развитие рассматривается с позиции финансовой, общественной и экологической его составляющих.

К примеру, авторы работы [2] считают, что «устойчивое развитие региона (УРР) обязано при возможных воздействиях наружного окружения предоставлять всем его жителям достойные социальные, экономические и экологические услуги, не угрожая при этом среде обитания для следующих поколений. Иными словами, концепция УРР предполагает стабильное социально-экономическое развитие региона, не разрушающее окружающую среду и обеспечивающее постоянный прогресс» [2].

Г.В. Гутман с соавторами считает что, будто «устойчивое развитие региона – это такое состояние социо-эколого-экономической системы, при котором существуют нужные условия и предпосылки для современного движения вперед, для поддержания внутреннего и внешнего баланса, для обеспечения постепенного перехода экономики от обычных явлений к более трудным, тем самым происходит создание условий для её перехода в качественно новое состояние» [3].

В работе [4] предложено последующее определение устойчивого развития – это триединый процесс сбалансированного социо-эколого-экономического развития, главным ориентиром которого является обеспечение наиболее благоприятной экономики, основанной на усовершенствовании качества жизни населения региона [5].

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.

Отправной точкой современных исследований в РФ явилась статья Л. Абалкина «Экономическая безопасность России. Угрозы и их отражение» [6]. В статье устойчивость определяется, исходя из критерия её безопасности, стабильности, возможности к постоянному обновлению и самосовершенствованию.

В работе [7] под устойчивым развитием региона понимается «способность региона сохранять и совершенствовать значение необходимых характеристик качества жизни в пределах или выше порога сохранности при широких колебаниях внешних и внутренних воздействий (социально-политического, общественно-экономического, техногенного, естественно-климатического и иного характера), грозящих падением качества жизни, описывает устойчивость регионального развития».

Согласно мнению Хайруллова Д.С., устойчивость социально-экономического развития региона означает умение региона противодействовать отрицательным воздействиям различного характера (кризисы, социальная нестабильность и т.п.), к быстрому возврату к исходному состоянию, либо успехи более высокой точки своего развития, неуклонное увеличение качества жизни населения и обеспечение расширенного воспроизводства регионально-хозяйственного комплекса [8].

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

Таким образом, по мнению В.В. Жуковой, устойчивое экономическое развитие региона – это целенаправленный процесс наращивания потенциала региональной системы из-за поддержания её динамического равновесия, мотивации хозяйственных субъектов к расширенному воспроизводству, повышению конкурентоспособности и, с учетом этого, повышению уровня жизни населения [9].

Согласно мнению автора работы [10] устойчивое развитие означает, что социально-экономическая система обеспечивает динамическое постоянство своих



свойств путем совокупности факторов, воздействующих на уровень конкурентоспособности экономики региона.

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

В частности в работах А.И. Татаркина [11], [12] вводится понятие «институт развития» и обосновывается нужда «активного и целенаправленного формирования институциональной среды сквозь разные и более прогрессивные институты развития и нормы, способствующих созданию полицентричной пространственной структуры экономики страны». Это означает формирование не одного-двух, а многочисленного каркаса центров экономического роста, к числу которых следует отнести практически все крупнейшие и крупные регионы и города, что будет способствовать реализации сетевого эффекта вокруг этих центров. Толчок к развитию получают малые и средние города через развитие и введение их в агломерации, а также остальные глубинные и окраинные территории».

В исследовании А.А. Чуб [13] под устойчивым развитием региональной социально-экономической системы, понимается процесс её поступательного движения, в рамках которого на основе сбалансированного распределения полномочий и ресурсов между федеральным и региональным уровнями власти, с одной стороны, и организационно-экономических связей между экономическими субъектами – с иной, формируется институциональная среда адаптивного типа, обеспечивающая внутреннюю изгибаемость организационной структуры региональной системы, что позволяет ей (системе) в течение относительно длительного промежутка времени сохранять сбалансированное соотношение между экономической и социальной подсистемами.

В работах ряда авторов вышеназванные подходы комбинированы между собой (синтезированы), так например, в работе А.Ю. Рожковой устойчивое развитие региона понимается как процесс постоянного преобразования качественных и количественных характеристик региональной социо-эколого-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 [14].

В работе [15] предлагается рассматривать устойчивость развития региона как способность региональной социально-экономической системы стабильно нивелировать негативное влияние изменений внутренних и внешних факторов, а также трансформировать такого рода изменения в региональные конкурентные преимущества, при условии сбалансированного развития экономической, социальной и экологической подсистем региона.

Наиболее полно, на наш взгляд, 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» [16].

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. 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 – это количественные значения показателей, которые отражают позитивные изменения состояния региона и окружающей среды во времени. Улучшение качества жизни людей и гармоничного развития общества требует обеспечения баланса между

социальными потребностями, развитием экономики и возможностями окружающей среды.

Индикаторы дают возможность осуществлять мониторинг эффективности движения по направлению к достижению целей устойчивого регионального развития, позволяют своевременно выявить несоответствия и скорректировать направление движения в русло, обеспечивающее его устойчивость.

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. Эта проблема рассматривается на различных международных конференциях и семинарах. 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 [17].

Впервые комплексную разработку системы индикаторов устойчивого развития разработала Комиссия по устойчивому развитию ООН (1996). Первоначально число предложенных индикаторов составляло 132. Все индикаторы были разделены на четыре группы: социальные, экономические, экологические и организационные.

Следует также отметить исследования Всемирного Банка: предлагаемые индикаторы в рамках ежегодного доклада Всемирного Банка «Индикаторы мирового развития» («TheWorldDevelopmentIndicators»).

Широкое признание в мире и отдельных странах получила система экологических индикаторов ОЭСР, разработанная на основе структуры «Давление–Состояние–Реакция» и её модификации.

Обобщая мировой и отечественный опыт в области разработки индикаторов, можно выделить два подхода к их построению:

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

2) построение системы блоков индикаторов, каждый из которых отражает отдельные аспекты устойчивого развития региона, с выделением экономической, экологической, социальной и институциональной подсистем показателей.

Однако, мнения исследователей, как правило, расходятся в вопросах построения интегрального показателя устойчивости, а также научном обосновании специальных индикаторов и их пороговых значений, в комплексе характеризующих экономическую, социальную и экологическую эффективность и устойчивость региона.

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 стандартизированных 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 [18]. 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	Соотношение денежных	Удельный вес

продукт, тыс. руб. на душу населения	доходов на душу населения и величины прожиточного минимума, раз	исследованных проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, %
--------------------------------------	---	---

Продолжение таблицы 1

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 товароборот, рублей на душу населения	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, тонн на 1000 чел. нас.
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,	Коэффициент	-

занимающихся инновациями, %	депопуляции населения	
-----------------------------	-----------------------	--

Окончание таблицы 1

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 < Iуст. < 1,0	Высокий уровень устойчивости
2	0,75 < Iуст. < 0,9	Устойчивое развитие
	0,5 < Iуст. < 0,75	Развитие, близкое к устойчивому
3	0,25 < Iуст. < 0,5	Развитие с признаками неустойчивости
	0,1 < Iуст. < 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. [19-21].

В соответствии со мнением исследователей [19], институциональная среда определяет тип экономического роста, его качество и эффективность, является базисом условий, определяющих устойчивое развитие регионов. В исследовании И.В. Большакова [19] в качестве показателя, характеризующего институциональную среду устойчивого регионального развития, использовался такой фактор как существование сформулированных программ устойчивого развития.

В работе [21] для расчета общего показателя, характеризующего институциональную составляющую устойчивого развития региона, были взяты следующие факторы:

- 1) численность работников государственной власти и органов местного самоуправления;
- 2) средняя длина периода с даты принятия решения о предоставлении земельного участка под строительство или подписание протокола о результатах торгов (конкурсов, аукционов) по предоставлению земельных участков до даты получения разрешения на строительство;
- 3) число организаций, использующих информационные и коммуникационные технологии;
- 4) средства связи (пользовательское оборудование) для оказания услуг передачи данных и телематических служб;

- 5) длина путей сообщения, а также: плотность железнодорожных путей общего пользования; плотность автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования; внутренние водные судоходные пути;
- б) число зарегистрированных преступлений.

В исследовании В.О. Мосейко [20] для характеристики институциональной составляющей устойчивого регионального развития авторы выделили такие факторы как число логистических центров, (ед.); число ежегодных международных выставок и ярмарок с участием как минимум 10 стран, (ед.); число международных бизнес-центров, (ед.); средние сроки приобретения земельных участков и получения разрешения на строительство, (дней); длина процедуры согласования строительной документации, (дней).

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 составляющих 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 развития человеческого потенциала, которые рассчитываются Всемирным Банком ООН.

Индекс развития человеческого потенциала предложен в начале 90-х годов для сопоставительного межстранового анализа развития и использования человеческого фактора. ИРЧП 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):

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

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;  $\alpha_i$  – 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 ИРЧП и классифицируются на 4 категории:

1. страны с очень высоким уровнем ИРЧП;
2. страны с высоким уровнем ИРЧП;
3. страны со средним уровнем ИРЧП;
4. страны с низким уровнем ИРЧП.

Российская статистика использует ИРЧП для оценки социально-экономического развития регионов с 1997 года. Поскольку при расчете ИРЧП 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 [22] 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):

$$\text{ИСЧН}=\text{СЧН}/\text{ВРП}*100\%, \quad (1.8)$$

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 материалоемкость 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 механизм отбора 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. Отбор индикаторов осуществлялся по схеме ОЭСР (модель «Давление–Состояние–Реакция»), где выделены 4 типа индикаторов: давление (на окружающую среду), состояние (окружающей среды), влияние (на окружающую среду), реакция (необходимые мероприятия). Однако обсуждения и предварительная проработка показали, что список индикаторов излишне длинный, что, соответственно, усложняет работу по оценке и анализу по данной системе на национальном уровне.

В итоге, схема индикаторов по типам была упрощена в пользу схемы «тема–подтема–индикатор» (IndicatorsofSustainableDevelopment, UN, 2001). В каждой области определяются главные темы. Затем темы детализируются по подтемам и в дальнейшем сводятся минимальному набору индикаторов.

Пример структуры системы индикаторов «тема–подтема–индикатор» для России приведен в таблице 3 [23].



Таблица 3 –Базовые индикаторы устойчивого развития

Тема	Подтема	Индикатор
Атмосфера	Изменение климата	1. Эмиссия CO <sub>2</sub> 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
Земля	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)
	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
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

Продолжение таблицы 3

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 ВВП
29. Уровень инфляции		

Окончание таблицы 3

Модели потребления и производства	Потребление материалов	30. Интенсивность использования материалов (материалоемкость)		
	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.

Система эколого-экономического учета (СЭЭУ) (A System for Integrated Environmental and Economic Accounting) 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 и экономикой в 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. Расширение экологически 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)

(Environmentally adjusted net domestic product, 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) [18].

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 Штудгардском 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 Штудгартского 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.

### 1.3 Метод DEA-анализа

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 соответствии с идеями, изложенными французом, нобелевским лауреатом Ж. Дебрè в известной работе «The coefficient of resource utilization» [24] и англичанином М. Фарреллом в статье «The measurement of Productive Efficiency» [25], 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.

### 1.3.1 Основные модели метода

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 отчета. 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 1). 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.

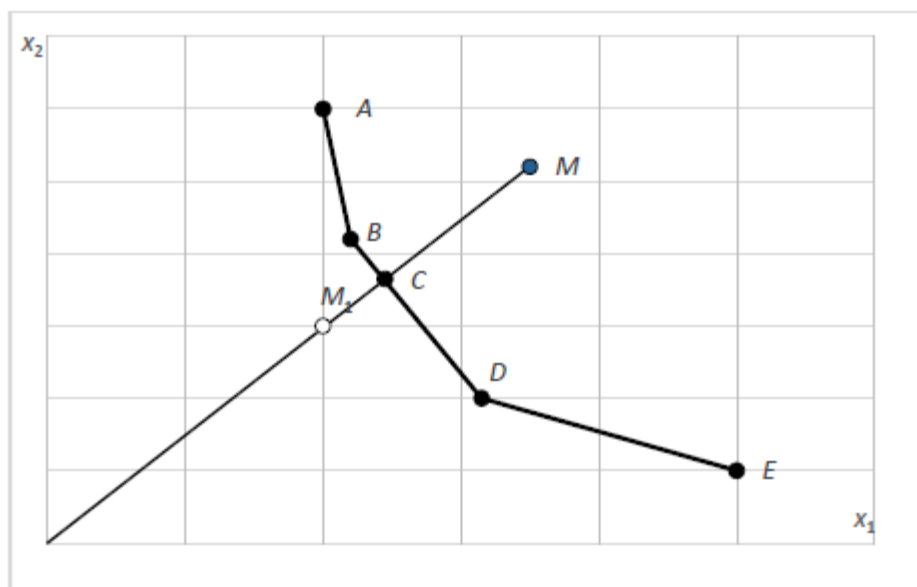


Рисунок 1 - Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях, ориентированных на «вход»

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 этот 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 (outputorientedModel). Графическая интерпретация такой модели (постоянного масштаба) с одним ресурсом  $x$  на входе и двумя продуктами  $y_1$  и  $y_2$  на выходе (рисунок 2). График построен в координатах выпуска соответствующего продукта в расчете на единицу ресурса.

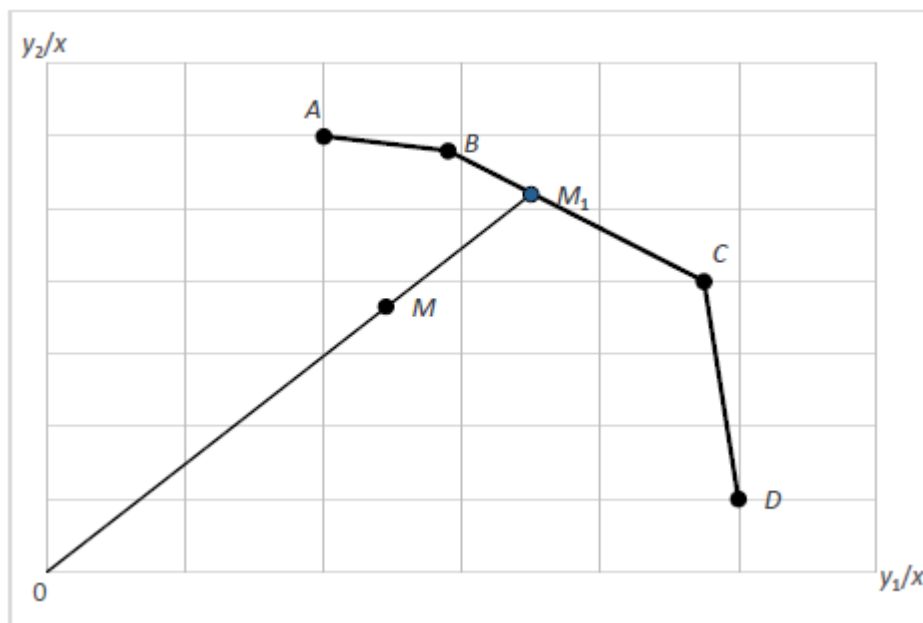


Рисунок 2 - Графическая иллюстрация технической эффективности в DEA-моделях ориентированных на «выход»

### 1.3.2 Базовая CCR-модель

Для каждой  $k$ -го субъекта управления формируются показатели «входа»(ресурсы) (1.12) и «выхода» (продукты) (1.13):

$$\text{«ВХОД»} = v_1 x_{1k} + \dots + v_m x_{mk}, \quad (1.12)$$

$$\text{«ВЫХОД»} = u_1 y_{1k} + \dots + u_s y_{sk}, \quad (1.13)$$

где  $m$  – порядковый номер ресурса;  $s$  – порядковый номер продукта;  $x_{mk}$  – цена-ого ресурса для  $k$ -го субъекта;  $y_{sk}$  – цена  $s$ -ого продукта для  $k$ -го субъекта;  $v_m, u_s$  – неизвестные весовые коэффициенты при переменных «входа» и «выхода» соответственно.

Далее необходимо найти значение весовых коэффициентов  $v_m$  и, максимизирующую отношение. Т.к. необходимо найти меру эффективности каждого субъекта управления, то решается  $t$  оптимизационных задач для каждого  $k$ -го субъекта ( $k = 1, \dots, t$ ) (1.4):

$$\theta_k = \frac{u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk}} \rightarrow \max, \quad (1.4)$$

при условии (1.15- 1.17):

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1, \quad (j = 1, \dots, t), \quad (1.15)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad (1.16)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \quad (1.17)$$

Однако в такой постановке (дробнолинейной) найти однозначное решение оптимизационной задачи не представлялось возможным, поэтому авторы (Чарнс и Купер) свели ее к задаче линейного программирования с помощью преобразования которое было разработано ими же в 1961 году (за 27 лет до создания модели) (1.18):

$$\theta_k = u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk} \rightarrow \max, \quad (1.18)$$

при условии (1.19- 1.22):

$$v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj} = 1, \quad (1.19)$$

$$u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}, \quad (j = 1, \dots, t), \quad (1.20)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad (1.21)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0. \quad (1.22)$$

Известно, что в линейном программировании для каждой задачи можно составить ей двойственную и обе будут иметь одинаковые решения. В DEA анализе чаще используют двойственную задачу. Решение двойственной задачи менее трудоемко, поскольку в ней меньше ограничений. В нашем случае, логика

двойственной задачи основана на том, что минимизируется взвешенная сумма переменных «входа» при текущем объеме переменных «выхода». Формулировка двойственной по отношению к (1.18- 1.22) задачи будет выглядеть так (1.23):

$$\min[\varphi_0 = \sum_{j=1}^s (\lambda_j x_{j_0})], \quad (1.23)$$

при условии (1.24-1.27):

$$\sum_{j=1}^s (\lambda_j x_{j_k}) - \sum_{j=1}^m (\mu_j y_{j_k}) \geq 0, \quad \forall k = 1 \dots t, \quad (1.24)$$

$$\sum_{j=1}^m (\mu_j y_{j_k}) = 1, \quad (1.25)$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m \geq 0, \quad (1.26)$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s \geq 0. \quad (1.27)$$

Обычно в таком виде формулируется задача при решении ее симплекс методом.

Выводы по разделу 1

Рассматриваются разные подходы к оценке устойчивого развития региональных социально-экономических систем. Выполняется 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. 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 ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

### 2.1 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. Эталонная 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.

### 2.1.1 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):

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

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):

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

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 внутриклассовые 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 внутриклассовые 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.

### 2.1.2 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 используются 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 состояний второй группы применяются только, если соответствующие им главные компоненты положительные, и, наконец, собственные состояния третьей группы используются только, если главные компоненты отрицательные (2.7):

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

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.

### 2.1.3 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):

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

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.

#### 2.1.4 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 дискриминантного 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  $x, y \in R^n$ ;

- 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 переычислении на каждом шаге центров каждого кластера, полученного на предыдущем шаге. Алгоритм останавливается, когда значения  $\mu_i$  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.

### 2.1.5 Метод анализа устойчивого развития регионов

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

Метод включает следующие этапы.

1. Формирование набора показателей, описывающих 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.

2. Формулировку требований устойчивого развития регионов, представляющие либо ограничения на изменения ряда показателей, либо набор коэффициентов устойчивого развития с их нормативными значениями. Требования зависят от концепции, которую мы используем при анализе

устойчивого развития регионов, например, «Давление–Состояние–Реакция» (ДСР), индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), модель «Экосенс».

3. Вычисление собственных состояний регионов. Весовые коэффициенты собственных состояний определяются по собственным векторам либо ковариационной матрицы, либо матрицы начальных вторых моментов набора показателей. При вычислении ковариационной матрицы используется центрированный набор показателей. В качестве центра распределения используются среднеарифметические значения показателей. При вычислении матрицы начальных вторых моментов используется исходный набор показателей без центрирования. 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 модели устойчивого развития регионов выполняется из собственных состояний, полученных на предыдущем шаге. В процессе построения модели выполняется проверка соответствия собственных состояний требованиям устойчивого развития регионов.

Если требования представлены в виде ограничений на изменения ряда показателей, то проверяется соответствие изменений исходных показателей в рамках каждого собственного состояния требованиям экономической устойчивости регионов, используя второе свойство собственных состояний.

Если требования устойчивого развития представлены в виде коэффициентов устойчивости с их нормативных значений, то для каждого собственного состояния вычисляются значения индикаторов. Пусть коэффициент устойчивого развития представляет отношение показателей  $x_i$  и  $x_j$ . В рамках  $h$ -го собственного

состояния, значения этих показателей определяются по формулам (2.13) и (2.14).

$$x_{ki}^h = V_{hi} z_{kh}, \quad (2.13)$$

$$x_{kj}^h = V_{hj} z_{kh}, \quad (2.14)$$

Где – коэффициент  $h$ -го собственного состояния  $i$ -го показателя,  $z_{kh}$  – главная компонента  $h$ -го собственного состояния для  $k$ -го наблюдения. Тогда коэффициент устойчивого развития регионального процесса, описываемого  $h$ -м собственным состоянием, вычисляется (2.15).

$$K_h = V_{hi} z_{kh} / V_{hj} z_{kh} = V_{hi} / V_{hj}. \quad (2.15)$$

Таким образом, показатель устойчивости  $h$ -го собственного состояния равен отношению весовых коэффициентов  $x_i$  и  $x_j$  переменных. Сравнивая значение показателя с его нормативным значением, принимается решение о выборе собственного состояния для модели устойчивого развития.

Выбранные собственные состояния используются для формирования модели экономической устойчивости регионов (эталонной модели). 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 классификацию или кластеризацию.

При использовании классификации вычисляются комплексные индикаторы устойчивости регионов. Значения комплексных индикаторов устойчивого развития определяются путем сравнения фактических и эталонных значений показателей с использованием метода штрафных функций. Значение штрафных функций зависит от типа показателей (затратные и результатные).

При использовании кластеризации все регионы делятся на заданное число классов. В качестве пространства кластеризации используются значения штрафных функций показателей.



## 2.2 Сравнение метода собственных состояний с методом DEA-анализа на примере экологической устойчивости регионов РФ с 5 показателями

Для анализа будем использовать 32 региона РФ. Для описания эколого-экономического развития регионов используются 5 показателей:

- затраты на охрану окружающей среды за 2014 год (ЗООС);
- коэффициент  $k$  за 2014 и 2015 года (2.16);
- коэффициент  $r$  за 2014 и 2015 года (2.17).

$$k = \frac{\text{ОП}}{\text{ВЗВ}}, \quad (2.16)$$

$$r = \frac{\text{ОП}}{\text{СЗСВ}}, \quad (2.17)$$

где ОП - обрабатывающее производство; ВЗВ - выбросы загрязняющих веществ; СЗСВ - сброс загрязненных сточных вод.

Для анализа методом собственных состояний использовался программный продукт «Midas».

В таблице 4 представлены исходные данные для анализа, найденные коэффициенты и вычисленные индикаторы экологической устойчивости.

Таблица 4 - Данные для анализа.

-	ЗООС-2014	k-2014	r-2014	k-2015	r-2015	Индикаторы
Курганская область	879,84	158,26	178,22	135,76	185,53	0,10
Оренбургская область	4408,01	89,52	317,09	60,52	270,98	0,10
Пермский край	8580,70	115,61	90,82	132,56	103,36	0,07
Свердловская область	14852,47	49,39	75,61	49,78	74,19	0,04
Челябинская область	10303,93	72,11	69,40	84,00	72,59	0,05
Республика Башкортостан	15209,15	90,85	140,11	114,76	180,12	0,09
Удмуртская Республика	2139,87	150,74	228,33	156,44	173,69	0,10
Алтайский край	1184,17	127,86	2420,22	173,57	2185,28	0,73

Кемеровская область	12012,30	28,25	78,66	26,95	78,41	0,03
Новосибирская область	1249,57	277,81	527,94	372,26	642,76	0,31
Омская область	3782,22	123,04	165,32	141,35	204,31	0,11
Томская область	4416,77	57,55	634,30	59,97	743,17	0,25
Тюменская область	41625,98	39,55	131,47	35,71	133,79	0,05
Республика Алтай	65,75	175,46	4045,68	67,27	1417,77	0,46
Архангельская область	5229,17	46,18	36,02	47,06	37,04	0,03
Вологодская область	2802,74	42,35	151,35	45,63	145,06	0,06
Мурманская область	6357,35	86,01	71,93	56,88	47,80	0,03
Республика Карелия	2168,07	138,92	59,30	97,02	45,33	0,04
Республика Коми	3484,72	24,86	163,34	27,16	141,79	0,05
Астраханская область	3729,36	47,05	110,84	60,64	176,57	0,07
Волгоградская область	4901,02	207,19	259,40	197,82	303,65	0,15
Самарская область	11905,45	250,35	192,48	276,00	196,78	0,15
Пензенская область	1556,41	426,27	149,55	413,46	174,60	0,18
Саратовская область	4564,85	325,93	2367,40	318,62	2930,79	1,00
Ульяновская область	1969,92	542,91	184,73	598,39	162,97	0,23
Республика Калмыкия	30,11	260,75	83,08	660,22	186,61	0,26
Республика Татарстан	17509,67	308,71	206,32	295,68	226,96	0,16
Нижегородская область	3229,43	438,83	127,04	613,00	151,19	0,24
Кировская область	8456,16	135,24	116,15	160,61	161,50	0,10
Республика Марий Эл	622,83	445,06	220,25	534,14	243,28	0,24
Республика Мордовия	2697,77	396,03	409,86	399,79	428,96	0,26
Чувашская Республика	1373,80	484,97	1937,71	640,53	459,09	0,34

В таблице 5 представлены главные компоненты.

Таблица 5 - Главные компоненты.

-	1 -я компонента	2 -я компонента	3 -я компонента	4 -я компонента	5 -я компонента
Курганская область	-5,46E+03	-5,62E+02	4,14E+00	-1,43E+02	2,87E+01
Оренбургская область	-1,93E+03	-2,84E+02	-8,10E+00	-2,09E+02	1,47E+01
Пермский край	2,24E+03	-4,29E+02	-2,88E+01	-8,96E+01	-4,86E+00
Свердловская область	8,51E+03	-2,55E+02	-5,71E+01	-1,29E+02	-1,09E+01
Челябинская	3,97E+03	-4,09E+02	-4,71E+01	-1,36E+02	-1,14E+01

область					
Республика Башкортостан	8,87E+03	-1,31E+02	-2,12E+00	-5,09E+01	-1,67E+01
Удмуртская Республика	-4,20E+03	-4,85E+02	-3,45E+01	-1,17E+02	9,09E+00
Алтайский край	-5,25E+03	2,42E+03	4,53E+02	-1,57E+02	-4,89E+01
Кемеровская область	5,68E+03	-3,42E+02	-5,17E+01	-1,90E+02	-1,37E+01
Новосибирская область	-5,11E+03	-6,17E+00	2,03E+02	1,14E+02	-1,92E+01
Омская область	-2,56E+03	-4,68E+02	2,25E+01	-1,30E+02	-3,55E+00
Томская область	-1,94E+03	2,39E+02	2,13E+02	-2,37E+02	-1,43E+01
Тюменская область	3,53E+04	6,96E+02	-7,86E+01	1,32E+02	-1,90E+01
Республика Алтай	-6,40E+03	3,32E+03	-1,08E+03	-1,91E+02	2,11E+01
Архангельская область	-1,10E+03	-6,21E+02	-5,21E+01	-2,33E+02	-8,59E+00
Вологодская область	-3,53E+03	-5,45E+02	-2,11E+01	-2,64E+02	-1,17E+01
Мурманская область	2,40E+01	-5,48E+02	-6,39E+01	-1,90E+02	1,68E+01
Республика Карелия	-4,16E+03	-6,96E+02	-5,14E+01	-1,70E+02	3,71E+01
Республика Коми	-2,85E+03	-5,15E+02	-3,21E+01	-2,82E+02	-1,53E+01
Астраханская область	-2,61E+03	-5,31E+02	2,64E+01	-2,40E+02	-1,62E+01

Окончание таблицы 5

Волгоградская область	-1,44E+03	-2,98E+02	5,46E+01	-2,47E+01	2,93E+01
Самарская область	5,56E+03	-1,84E+02	-6,33E+00	1,39E+02	1,65E+01
Пензенская область	-4,78E+03	-5,67E+02	1,91E+01	2,46E+02	8,07E+01
Саратовская область	-1,88E+03	2,89E+03	1,11E+03	9,36E+01	2,80E+01
Ульяновская область	-4,37E+03	-5,29E+02	-4,57E+00	4,69E+02	6,45E+01
Республика Калмыкия	-6,31E+03	-6,68E+02	7,41E+01	3,30E+02	-1,97E+02
Республика Татарстан	1,12E+04	2,74E+01	3,78E+00	2,47E+02	5,02E+01
Нижегородская область	-3,11E+03	-5,44E+02	1,51E+01	4,32E+02	-2,75E+01
Кировская область	2,12E+03	-3,80E+02	7,14E+00	-5,80E+01	-5,79E+00

Республика Марий Эл	-5,72E+03	-5,01E+02	4,29E+01	3,43E+02	2,37E+01
Республика Мордовия	-3,65E+03	-1,73E+02	8,74E+01	2,25E+02	6,06E+01
Чувашская Республика	-5,02E+03	1,08E+03	-7,13E+02	4,72E+02	-3,63E+01

Проанализировав главные компоненты и результаты построенных моделей была найдена наилучшая эталонная модель экологической устойчивости развития регионов (таблица 6).

Таблица 6 - Эталонная модель экологической устойчивости развития регионов.

-	3ООС-2014	k-14	r-14	k-15	r-15	Индикаторы
Курганская область	899,63	227,37	649,96	266,65	488,71	0,23
Оренбургская область	4419,44	204,93	552,97	236,77	427,92	0,20
Пермский край	6353,11	188,69	498,52	223,30	396,41	0,19
Свердловская область	6353,11	183,80	498,63	226,89	396,39	0,19
Челябинская область	6353,11	183,39	498,63	227,20	396,39	0,19
Республика Башкортостан	6353,12	179,11	498,73	230,33	396,36	0,19
Удмуртская Республика	2156,84	219,34	616,77	255,90	464,77	0,22
Алтайский край	1185,80	220,46	2421,73	299,67	2181,34	0,76
Кемеровская область	6353,11	181,58	498,67	228,52	396,38	0,19
Новосибирская область	1249,77	277,89	533,10	372,24	646,13	0,31
Омская область	3798,82	206,13	558,22	244,77	456,86	0,21
Томская область	4419,24	197,68	636,59	250,76	737,20	0,30
Тюменская область	6377,16	264,49	1082,57	335,97	773,54	0,34
Республика Алтай	66,12	276,74	3458,06	264,63	2316,00	0,79

Окончание таблицы 6

Архангельская область	5251,76	192,70	529,64	234,82	414,33	0,20
Вологодская область	2823,20	205,68	598,19	257,18	453,87	0,22
Мурманская область	6353,11	192,61	498,44	220,42	396,43	0,19
Республика Карелия	2192,44	219,12	615,77	255,60	464,19	0,22
Республика Коми	3504,37	198,45	579,04	253,54	442,76	0,21
Астраханская область	3749,16	196,27	557,70	252,79	460,89	0,22
Волгоградская область	4910,97	202,08	509,25	234,20	465,62	0,21
Самарская область	6354,56	274,85	499,78	332,40	392,94	0,22
Пензенская область	1574,88	368,66	625,21	459,50	484,05	0,29

Саратовская область	4564,86	303,39	2367,89	335,17	2930,68	1,00
Ульяновская область	1987,16	497,87	626,23	635,10	455,81	0,33
Республика Калмыкия	51,87	269,49	642,37	658,24	551,94	0,37
Республика Татарстан	6356,58	339,30	521,72	419,66	408,37	0,25
Нижегородская область	3247,15	445,94	582,55	611,39	448,73	0,32
Кировская область	6353,10	187,98	494,64	224,06	402,38	0,19
Республика Марий Эл	639,13	432,46	639,54	546,70	516,80	0,33
Республика Мордовия	2703,42	349,46	555,83	435,11	523,37	0,29
Чувашская Республика	1372,72	488,61	1547,97	661,19	1055,84	0,53

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

Исходные данные для анализа см. в таблице 4.

Для построения модели использовалась модель ориентированная на «Вход». Показатель ЗООС и коэффициенты  $k$ ,  $r$  за 2014 год использовались как вход, а коэффициенты  $k$ ,  $r$  за 2015 год 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.

-	Индикаторы
Курганская область	0,68
Оренбургская область	0,61
Пермский край	0,63
Свердловская область	0,59

Окончание таблицы 7

Челябинская область	0,60
Республика Башкортостан	0,78
Удмуртская Республика	0,51
Алтайский край	1
Кемеровская область	0,67
Новосибирская область	0,88
Омская область	0,76
Томская область	1

Тюменская область	0,70
Республика Алтай	1
Архангельская область	0,57
Вологодская область	0,70
Мурманская область	0,37
Республика Карелия	0,37
Республика Коми	0,71
Астраханская область	1
Волгоградская область	0,73
Самарская область	0,56
Пензенская область	0,53
Саратовская область	1
Ульяновская область	0,43
Республика Калмыкия	1
Республика Татарстан	0,59
Нижегородская область	0,60
Кировская область	0,78
Республика Марий Эл	0,58
Республика Мордовия	0,67
Чувашская Республика	0,53

Проанализировав полученные результаты обоих методов, выяснилось что метод ДЕА-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

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).

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 «ДАВЛЕНИЕ-СОСТОЯНИЕ-РЕАКЦИЯ»

Объекты анализа представляют собой 32 региона Российской Федерации. Для описания эколого-экономического развития регионов используются 13 показателей, которые в соответствии с концепцией ДСР объединены в три группы (таблица 8). Показатели, характеризующие уровень заболеваний, включены в группу «Состояние», так как по данным Всемирной организации здравоохранения на возникновение болезней крови, эндокринной системы, врожденных аномалий

и младенческую смертность большое влияние оказывают экологические факторы. Показатели по всем группам собраны за 2014 год. Для того чтобы оценить эффективность реакции к показателям 2014 года, добавляются показатели группы «Давление» и «Состояние» за 2015 год. Таким образом, общее число показателей возрастает до 25.

Цель моделирования заключается в оценке эффективности реакции в 2014 году на улучшение состояния в 2015 году с учетом изменения давления в 2015 году.

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.

Таблица 8 – Показатели субъектов РФ.

Группа	Показатели	Сокращение
Давление	Обрабатывающие производства (млн. руб.)	ОП
	Мощность электростанций (мегаватт)	ВРП
	Отправление грузов а/м транспортом (тыс. тонн)	ООРТ
Состояние	Выбросы загрязняющих веществ (тыс. тонн.)	ВЗВ
	Сброс загрязненных сточных вод (млн. м3)	СЗСВ
	Использование чистой воды (млн. м3)	ИЧВ
	Болезни крови и сопутствующие заболевания (на 1 млн.	БК



	чел.)	
	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
	Повторно использованная вода (м3)	ПИВ
	Улавливание загрязняющих атмосферу веществ (тыс. тонн.)	УЗВ
Реакция	Затраты на охрану окружающей среды (млн. руб.)	ЗООС

Ответной мерой на давление является реакция, показатели которой отражают реакцию 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. В группу «Реакция» включается показатель «Затраты на охрану окружающей среды».

В основе модели будет лежать следующее условие: затраты на охрану окружающей среды в 2014 году должны снижать выбросы загрязняющих веществ и сброс загрязненных сточных вод в 2015 году.

Для оценки этого требования предлагается использовать относительные коэффициенты эффективности затрат на охрану окружающей среды, которые определяются по формулам (3.1-3.2):

$$k_{2015} = \frac{(ВЗВ_{2014} \frac{ОП_{2015}}{ОП_{2014}} - ВЗВ_{2015})}{ЗООС_{2014}}, \quad (3.1)$$

$$r_{2015} = \frac{(СЗСВ_{2014} \frac{ОП_{2015}}{ОП_{2014}} - СЗСВ_{2015})}{ЗООС_{2014}}. \quad (3.2)$$

Показатель k представляет разницу выбросов загрязняющих веществ в 2014 и 2015 году деленную на затраты на охрану окружающей среды. Выбросы загрязняющих веществ в 2014 скорректированы с учетом уровня обрабатывающего производства 2015 года. Показатель k показывает объем снижения выбросов загрязняющих веществ в кг на 1 рубль затрат на охрану

окружающей среды и представляет индикатор эффективности использования затрат.

Показатель  $r$  представляет разницу сброса загрязненных сточных вод в 2014 и 2015 году деленную на затраты на охрану окружающей среды. Сброс загрязненных сточных вод в 2014 году скорректирован с учетом уровня обрабатывающего производства 2015 году. Показатель  $r$  показывает объем снижения сброса загрязненных сточных вод в кубических метрах на 1 рубль затрат на охрану окружающей среды.

При построении модели требования к модели устойчивого развития формулируются в виде ограничений на относительные коэффициенты эффективности затрат на охрану окружающей среды (3.3):

$$k_{2015} > 4 \text{ кг/руб} \text{ и } r_{2015} > 4 \text{ м}^3/\text{руб}. \quad (3.3)$$

По данным Всемирной организации здравоохранения на возникновение болезней крови, эндокринной системы, врожденных аномалий и младенческую смертность оказывают влияние экологические факторы. Поэтому при анализе устойчивого развития регионов необходимо учитывать уровень заболеваний и младенческой смертности.

В таблице 9 представлены значения затрат на охрану окружающей среды, выбросов загрязняющих веществ, сброса загрязненных сточных вод, а также значения коэффициентов эффективности затрат на охрану окружающей среды  $k_{2015}$  и  $r_{2015}$  для исследуемых регионов.

Таблица 9 - Затраты на охрану окружающей среды и относительные коэффициенты эффективности затрат.

-	ОП-2014	ВЗВ-2014	СЗСВ-2014	ОП-2015	ВЗВ-2015	СЗСВ-2015	k	r
Курганская область	6 868,6	43,4	38,5	7024,2	51,7	37,9	-8,4	1,8
Оренбургская область	36753,9	410,6	115,9	29667,2	490,2	109,5	-36,0	-3,6
Пермский край	36128,0	312,5	397,8	39583,7	298,6	383,0	5,1	6,2

Свердловская область	50431,4	1021,2	667,0	48977,7	983,9	660,2	0,5	-0,8
Челябинская область	47119,3	653,4	678,9	52656,2	626,9	725,4	10,0	3,2
Республика Башкортостан	41733,8	459,4	297,9	49912,2	434,9	277,1	7,5	5,2
Удмуртская Республика	26502,3	175,8	116,1	23145,5	148,0	133,3	2,6	-14,9
Алтайский край	25969,0	203,1	10,7	35488,9	204,5	16,2	61,7	-1,3
Кемеровская область	37617,9	1331,7	478,3	36234,2	1344,5	462,1	-5,1	-0,1
Новосибирская область	57729,8	207,8	109,4	68749,4	184,7	107,0	50,2	18,6
Омская область	25094,7	204,0	151,8	28483,0	201,5	139,4	7,9	8,7
Томская область	16669,4	289,6	26,3	17575,9	293,1	23,7	2,8	0,9
Тюменская область	86273,5	2181,5	656,2	76624,1	2145,8	572,7	-5,0	0,2
Республика Алтай	1416,0	8,1	0,4	552,9	8,2	0,4	-77,1	-3,9
Архангельская область	12097,5	262,0	335,9	12216,1	259,6	329,8	0,9	1,8
Вологодская область	20792,7	491,0	137,4	21045,5	461,2	145,1	12,7	-2,2
Мурманская область	23773,7	276,4	330,5	15690,7	275,8	328,3	-14,7	-17,3

Окончание таблицы 9

Республика Карелия	13188,1	94,9	222,4	9304,8	95,9	205,3	-13,3	-22,3
Республика Коми	17575,3	707,0	107,6	16625,8	612,2	117,3	16,2	-4,4
Астраханская область	5558,6	118,2	50,2	7193,5	118,6	40,7	9,2	6,5
Волгоградская область	31807,6	153,5	122,6	31643,9	160,0	104,2	-1,5	3,6
Самарская область	66689,9	266,4	346,5	72074,4	261,1	366,3	2,2	0,7
Пензенская область	14271,5	33,5	95,4	16067,1	38,9	92,0	-0,8	9,9
Саратовская область	39085,9	119,9	16,5	37660,7	118,2	12,9	-0,6	0,7

Ульяновская область	18556,6	34,2	100,5	19866,5	33,2	121,9	1,7	-7,3
Республика Калмыкия	1183,8	4,5	14,3	2258,0	3,4	12,1	174,0	500,9
Республика Татарстан	90662,4	293,7	439,4	86809,0	293,6	382,5	-0,7	2,2
Нижегородская область	50425,6	114,9	396,9	58903,4	96,1	389,6	11,8	22,9
Кировская область	16993,2	125,7	146,3	21306,4	132,7	131,9	2,9	6,1
Республика Марий Эл	10957,4	24,6	49,8	11937,9	22,4	49,1	7,2	8,2
Республика Мордовия	13845,2	35,0	33,8	12697,3	31,8	29,6	0,1	0,5
Чувашская Республика	17400,6	35,9	9,0	17211,1	26,9	37,5	6,3	-20,8

Как видно из таблицы, уровень затрат на охрану окружающей среды сильно отличается для регионов, также как и отличаются и значения коэффициентов эффективности использования этих затрат.

Основная цель исследования заключается в том, чтобы построить такую модель, в рамках которой средства, выделяемые на охрану окружающей среды, приводят к снижению выбросов загрязняющих веществ и сбросу сточных вод. Такую модель в дальнейшем будем называть эталонной. В рамках методологии анализа устойчивого развития регионов, описанной выше, для построения эталонной модели необходимо построить собственные состояния регионов. Для этого будем использовать матрицу начальных вторых моментов. Для ее построения используются данные регионов с высокими достаточно значениями коэффициентов эффективность затрат. В таблице 10 представлены коэффициенты первых десяти собственных состояний.

Таблица 10 - Коэффициенты собственных состояний.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОП-2014	0,6368	0,0950	0,0082	0,0239	0,2069	0,0056	0,3880	0,5147	0,3048	0,1739
ВРП-2014	0,0551	0,1382	0,2378	0,3147	0,2071	0,0878	0,4312	0,1750	0,0414	0,1601
ООРТ-2014	0,0876	0,1673	0,2544	0,3236	0,4479	0,0037	0,4026	0,3115	0,4319	0,0275

ВЗВ-2014	0,0046	0,0131	0,0215	-	-	-	-	-	-	-
СЗСВ-2014	0,0048	0,0127	0,0137	-	-	-	-	-	-	-
ИЧВ-2014	0,0121	0,0345	0,0114	0,1904	0,0303	0,0742	0,1697	0,3988	0,3819	0,0234
ПИВ-2014	0,0449	0,1575	0,2710	0,4800	0,1404	0,1972	0,0349	0,0247	0,0098	0,0628
УЗВ-2014	0,0089	0,0335	0,0582	0,0541	0,1415	0,0684	0,0018	0,0117	0,0286	0,3451
БК-2014	0,0344	0,1216	0,1348	0,1408	0,2412	0,5769	0,0836	0,0787	0,2996	0,1993
БЭС-2014	0,0099	0,0353	0,0490	0,0225	0,0255	0,1572	0,0782	0,1386	0,3017	0,0558
ВА-2014	0,0011	0,0054	0,0012	0,0101	0,0009	0,0300	0,0138	0,0149	0,0183	0,1370
МС-2014	0,0885	0,5768	0,4084	0,0089	0,1511	0,1400	0,0100	0,0164	0,1870	0,1359
ЗООС-2014	0,0969	0,4303	0,5059	0,1309	0,6353	0,2828	0,1651	0,0613	0,0421	0,0178
ОП-2015	0,7382	0,1857	0,0817	0,0455	0,2112	0,0516	0,3232	0,4135	0,2389	0,1664
ВРП-2015	0,0545	0,1382	0,2350	0,3536	0,2045	0,0648	0,4350	0,1705	0,1084	0,0170
ООРТ-2015	0,0718	0,1232	0,2605	0,2906	0,1320	0,1703	0,2349	0,1385	0,0219	0,4510
ВЗВ-2015	0,0043	0,0131	0,0210	0,0124	0,0033	0,0306	0,0215	0,0480	0,1303	0,1475
СЗСВ-2015	0,0048	0,0127	0,0148	0,0183	0,0353	0,0180	0,1082	0,0546	0,0377	0,2288

Окончание таблицы 10

ИЧВ-2015	0,0116	0,0315	0,0094	0,1687	0,0214	0,0747	0,1462	0,3950	0,3930	0,1216
ПИВ-2015	0,0442	0,1566	0,2635	0,4536	0,0882	0,2128	0,0615	0,0341	0,0475	0,2115
УЗВ-2015	0,0078	0,0265	0,0516	0,0316	0,1064	0,0831	0,0144	0,0091	0,0569	0,2608
БК-2015	0,0352	0,1245	-	0,1472	0,2393	-	-	-	0,0182	0,2618

			0,1401			0,5798	0,0857	0,1024		
БЭС-2015	0,0107	0,0354	-	0,0258	0,0269	-	0,1709	0,1018	0,1447	0,2216
ВА-2015	0,0012	0,0057	-	0,0097	0,0004	-	0,0327	0,0138	0,0135	0,0201
МС-2015	0,0795	0,5200	-	0,1361	0,0642	-	0,1510	0,1182	0,0007	0,2065

Первое собственное состояние обладает максимальной вариативностью при описании показателей регионов и описывает процесс, в рамках которого рост на 96 тысяч рублей затрат на охрану окружающей среды приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ с 4,6 тонн в 2014 году до 4,3 тонн в 2015 году и уменьшению объемов загрязненных сточных вод с 481 кубических метров в 2014 году до 480 кубических метров в 2015 году. Аналогичным образом можно интерпретировать коэффициенты остальных собственных состояний.

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что первое собственное состояние наиболее полно удовлетворяет требованиям устойчивого развития регионов. Поэтому эталонная модель является однофакторной и состоит из одного (первого) собственного состояния. Состояние регионов, описываемых эталонной моделью, в дальнейшем будем называть эталонным состоянием. Коэффициенты эффективности использования средств, выделяемых на охрану окружающей среды, для всех регионов будут одинаковыми и равными коэффициенты эффективности первого собственного состояния, т.е. для всех регионов  $k_{2015} = 10,3$  кг/руб и  $r_{2015} = 7,9$  м<sup>3</sup>/руб. Эталонные значения показателей развития регионов не являются наилучшими с точки зрения экологии, а представляют лишь те значения показателей развития регионов, в рамках которых снижение удельных выбросов загрязняющих веществ и сброса сточных вод выше допустимых.

На рисунке 3 представлено сопоставление эталонных (черная маркировка) и фактических (серая маркировка) затрат на охрану окружающей среды.

Из рисунков видно, что, как правило, фактические затраты на охрану окружающей среды в несколько раз меньше эталонных затрат регионов. Это

означает, что с точки зрения эколого-устойчивого развития затраты на охрану окружающей среды недостаточны .

Для построения комплексного индикатора устойчивого развития регионов предлагается использовать затратно-результатный принцип. В связи с тем, что устойчивое развитие регионов рассматривается в рамках концепции ДСР, при вычислении комплексного индикатора устойчивого развития регионов будем использовать значения штрафных функций показателей группы «Состояние» за 2015 год.

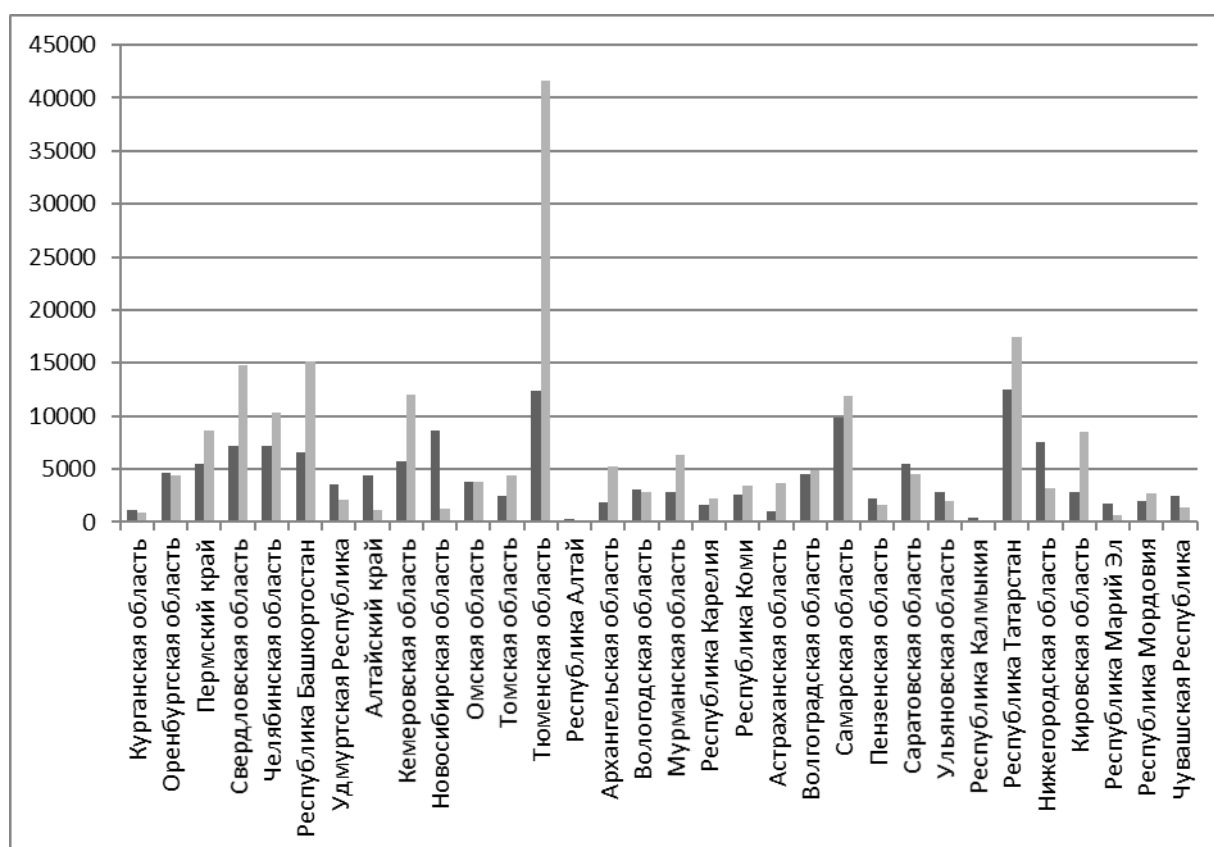


Рисунок 3 - Эталонные (серая маркировка) и фактические затраты (черная маркировка) на охрану окружающей среды

Таблица 11 содержит значение штрафных функций показателей выбросы загрязняющих веществ, сброс загрязненных сточных вод, использование чистой воды, болезни крови, болезни эндокринной системы, врожденные аномалии, младенческая смертность.

Таблица 11 - Значения штрафных функций для регионов

Регион	ВЗВ-	СЗСВ-	ИЧВ-	БК-	БЭС-	ВА-	МС-
--------	------	-------	------	-----	------	-----	-----

	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Курганская область	0	0	0	0,7132	0,7627	0,6234	0,7409
Оренбургская область	0,4748	0	0,4737	0,3333	0,35	0,4317	0,3338
Пермский край	0,0855	0,1915	0,562	0,069	0,0183	0,4397	0,1254
Свердловская область	0,5751	0,3598	0	0	0	0	0
Челябинская область	0,3915	0,4097	0	0	0	0,11	0
Республика Башкортостан	0,2235	0	0	0	0	0	0,1555
Удмуртская Республика	0	0	0	0,3088	0,1917	0,4549	0,3877
Алтайский край	0	0	0	0,5316	0,619	0,1892	0,4101
Кемеровская область	0,712	0,2899	0,5086	0,0129	0	0,2223	0,2032
Новосибирская область	0	0	0	0	0	0	0
Омская область	0,057	0	0	0,413	0,2683	0,3947	0,4246
Томская область	0,5234	0	0,1427	0,373	0,5135	0,4366	0,4662
Тюменская область	0,6431	0	0,476	0	0	0	0

Окончание таблицы 11

Республика Алтай	0	0	0	0,8602	0,8573	0,8651	0,7959
Архангельская область	0,5907	0,6284	0,53	0,6335	0,6278	0,7447	0
Вологодская область	0,6094	0	0	0,3562	0,4651	0,3449	0,4731
Мурманская область	0,4442	0,4727	0,6537	0,4594	0,5578	0,3158	0,5063
Республика Карелия	0,1281	0,4977	0	0,7172	0,7272	0,7868	0,6601



Республика Коми	0,7142	0	0,2701	0,535	0,6179	0,6398	0,4433
Астраханская область	0,5428	0	0,744	0,7954	0,7625	0,8182	0
Волгоградская область	0	0	0	0,1949	0,2178	0,1583	0,3368
Самарская область	0	0	0	0	0	0	0
Пензенская область	0	0	0	0,5682	0,5124	0,1836	0,4842
Саратовская область	0	0	0	0,149	0,1786	0,4463	0,2493
Ульяновская область	0	0	0	0,5607	0,551	0,5622	0,5455
Республика Калмыкия	0	0	0,7786	0,8424	0,8581	0,824	0,8615
Республика Татарстан	0	0	0	0	0	0	0
Нижегородская область	0	0	0	0	0	0	0
Кировская область	0	0	0	0,478	0,4363	0,5564	0,3502
Республика Марий Эл	0	0	0	0,6179	0,6364	0,581	0,7149
Республика Мордовия	0	0	0	0,5679	0,5593	0,6544	0,532
Чувашская Республика	0	0	0	0,6464	0,5941	0,7544	0,292

С помощью процедуры кластеризации в пространстве штрафных функций семи показателей (выбросы загрязняющих веществ, сброс загрязненных сточных вод, использование чистой воды, болезни крови, болезни эндокринной системы, врожденные аномалии, младенческая смертность) было выделено четыре класса эколого-устойчивого развития регионов. В таблице 12 показывается рейтинг эколого-устойчивого развития регионов.

Таблица 12 - Рейтинг эколого-устойчивого развития регионов

Номер класса	Регион	Индикатор экологически-устойчивого развития	Рейтинг
Высокое экологически-устойчивое развитие	Новосибирская область	1	A+
	Самарская	1	A+

	область		
	Республика Татарстан	1	A+
	Нижегородская область	1	A+
	Республика Башкортостан	0,8971	A
	Волгоградская область	0,8211	A-
Нормальное экологически-устойчивое развитие	Саратовская область	0,7877	B+
	Челябинская область	0,7818	B+
	Свердловская область	0,7436	B
	Удмуртская Республика	0,7356	B
	Пермский край	0,7136	B
	Омская область	0,7117	B
	Тюменская область	0,6976	B-
	Кировская область	0,6513	B-
	Пензенская область	0,6508	B-
	Алтайский край	0,6475	B-

Окончание таблицы 12

Низкое экологически-устойчивое развитие	Кемеровская область	0,6334	C+
	Оренбургская область	0,6256	C+

	Вологодская область	0,6114	C+
	Томская область	0,6027	C+
	Ульяновская область	0,5805	C
	Республика Мордовия	0,5614	C
	Чувашская Республика	0,5488	C
	Республика Марий Эл	0,5166	C-
	Мурманская область	0,5034	C-
	Республика Коми	0,485	C-
	Курганская область	0,4618	C-
Слабое экологически-устойчивое развитие	Республика Карелия	0,4191	D+
	Архангельская область	0,4176	D+
	Астраханская область	0,3753	D
	Республика Алтай	0,3612	D
	Республика Калмыкия	0,2956	D-

Первый класс представляет регионы с высоким экологически-устойчивым развитием, он состоит из шести регионов. Первый класс очень хорошо отделен от других классов. Регионы данного класса можно охарактеризовать как высоко-устойчивые не только с точки зрения использования средств на охрану окружающей среды, но и по уровню заболеваний. Регионы с высоко-устойчивым развитием имеют, как правило, небольшие признаки неустойчивого развития по одному-двум показателям.

Второй класс представляет регионы с нормальным экологически-устойчивым развитием. В отличие от регионов с высоким устойчивым развитием регионы с

нормальным устойчивым развитием имеют признаки неустойчивого развития по показателям болезни крови, болезни эндокринной системы, врожденные аномалии и младенческая смертность. Признаки неустойчивости по экологическим показателям, как правило, отсутствуют.

В третий класс входят регионы с низким устойчивым развитием. Регионы данного класса имеют как существенные признаки неустойчивости по показателям заболеваний так и по экологическим показателям (сброс загрязненных сточных вод, использование чистой воды).

И, наконец, четвертый класс представляет регионы со слабым экологически-устойчивым развитием. В отличие от регионов с низким устойчивым развитием регионы со слабым устойчивым развитием имеют существенные признаки неустойчивого развития по уровню заболеваний и сбросу загрязненных сточных вод.

На основе 4-х классов и комплексного индикатора устойчивого развития предлагается рейтинг экологически устойчивого развития регионов, который включает следующие категории (таблица 8):

«А+» – регионы показывают наивысшую степень экологически-устойчивого развития по сравнению с другими регионами. Признаки неустойчивости регионов этой категории либо отсутствуют, либо имеются по одному-двум показателям и являются несущественными. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов меняется от 1 до 0,94.

«А» – регионы показывают весьма высокий уровень экологически-устойчивого развития по сравнению с другими регионами. Регионы имеют средние признаки неустойчивости лишь по одному-двум показателям. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов меняется от 0,94 до 0,88.

«А-» – регионы имеют уровень экологически устойчивого развития выше среднего по сравнению с другими регионами. У регионов этой категории появляются существенные признаки неустойчивости по одному из показателей,

либо средние признаки неустойчивости по двум показателям. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов лежит ниже 0,88.

«В+» – регионы обладают уровнем экологически-устойчивого развития выше нормального. Регионы данной категории имеют либо существенные признаки неустойчивости по одному показателю и/или средние признаки неустойчивости по двум показателям. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов второго класса лежит выше 0,76.

«В» – регионы данной категории демонстрируют нормальное экологически-устойчивое развитие. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов меняется от 0,76 до 0,70.

«В-» – регионы демонстрируют экологически-устойчивое развитие ниже нормального по сравнению с другими регионами. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов лежит ниже 0,70.

«С+» – регионы показывают уровень экологически-устойчивого развития выше низкого. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов третьего класса лежит выше 0,58.

«С» – регионы демонстрируют низкое экологически-устойчивое развитие. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов четвертого класса меняется в диапазоне от 0,58 до 0,52.

«С-» – регионы оказывают самый низкий уровень экологически-устойчивого развития. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов лежит ниже 0,52.

«D+» – регионы демонстрируют экологически-устойчивое развитие с уровнем выше слабого. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов четвертого класса лежит выше 0,40.

«D» – регионы показывают слабое экологически-устойчивое развитие. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов четвертого класса меняется в диапазоне от 0,40 до 0,34.

«D–» – регионы крайне неустойчивы и показывают самое слабое экологически-устойчивое развитие. Комплексный индикатор экологически-устойчивого развития регионов лежит ниже 0,34.

### Выводы по разделу 3

Выполняется исследование экологически устойчивого развития 32 регионов Российской Федерации в соответствии с концепцией «Давление–Состояние–Реакция». Для описания устойчивого экологического развития регионов используются три группы показателей. Показатели, характеризующие уровень заболеваний, включены в группу «Состояние», так как по данным Всемирной Организации Здравоохранения на возникновение ряда болезней большое влияние оказывают экологические факторы. Для того чтобы оценить эффективность реакции к показателям 2014 года добавляются показатели групп «Давления» и «Состояние» за 2015 год. В качестве критериев экологической устойчивости регионов предлагается использовать относительные коэффициенты эффективности средств на охрану окружающей среды. Выполняется построение эталонной модели на основе собственных состояний, описывающих изменчивость регионов, имеющих наилучшие значения относительных коэффициентов эффективности затрат на охрану окружающей среды. Для классификации устойчивого развития регионов используются комплексные индикаторы. Комплексный индикатор эколого-устойчивого развития учитывает уровень заболеваний, которые обычно связываются с плохой экологией регионов. Поэтому комплексный индикатор эколого-устойчивого развития, вычисленный по экологическим показателям и показателям, характеризующим уровень заболеваний, более полно отражает экологическую устойчивость развития регионов. С помощью процедуры кластеризации в пространстве штрафных функций показателей были выделены классы эффективного использования средств на охрану окружающей среды и эколого-устойчивого развития регионов. На основе комплексного индикатора и классов эколого-устойчивого развития определены категории устойчивого развития. В результате получено, что

регионы, имеющие низкий уровень выбросов загрязняющих веществ и малый объем сброса загрязненных сточных вод, демонстрирую низкую эффективность использования затрат на охрану окружающей среды на улучшение экологии регионов и снижения уровня болезней, связанных с плохой экологией. Это обусловлено, тем, что при плохой экологии региона затраты на охрану дают больший эффект, чем в регионах с хорошей экологией. Поэтому модель, построенная с использованием собственных состояний, вычисленных по матрице вторых моментов или ковариационной матрице, будет адекватно описывать экологически-устойчивую деятельность только однотипных по уровню промышленного развития регионов

#### 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

В результате проведенной работы были рассмотрены теоретические основы устойчивого развития региональных социально-экономических систем, индикаторы устойчивости. Рассмотрена концепция «Давление-Состояние-

Реакция». Выявлены проблемы оценки устойчивости экологического развития регионов. Рассмотрен метод DEA-анализа.

Выполнен анализ работ посвященных оценке устойчивости экологического развития регионов. Произвели сравнение методологии DEA-анализа с методом собственных состояний на примере 5 показателей.

Разработана методология анализа устойчивого экологического развития регионов РФ с помощью концепции «Давление-Состояние-Реакция» методом собственных состояний.

Построена модель устойчивого экологического развития регионов РФ и вычислены индикаторы устойчивого экологического развития регионов РФ. Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моисеев, Н.Н. Быть или не быть человечеству? [Текст] М.: Россия молодая, 1999. – 352 с.

2. Муромцев, Д.Ю. Концептуальное моделирование в задачах экономической эффективности, конкурентоспособности и устойчивого развития [Текст]: монография /Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев, В.А. Погонин, В.Н. Шамкин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 176с.
3. Гутман, Г.В., Мироедов А.А., Федин С.В. Управление региональной экономикой [Текст] монография: М.: Финансы и статистика, 2001. – 176 с.
4. Хуранова З. Б. Обеспечение устойчивого социо-эколого-экономического развития региона [Текст]: монография / З.Б. Хуранова. – Нальчик, – 2011. – 162 с.
5. Абалкин, Л.И. Экономическая безопасность России. Угрозы и их отражение [Текст] / Л.И. Абалкин // Вопросы экономики. – 1994. – № 12.– С. 4-13
6. Цапиева О.К. Устойчивое развитие региона: теоретические основы и модель: / О.К. Цапиева // Проблемы современной экономики. – 2010. – №2. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3140> (дата обращения – 05.09.2015 г.).
7. Хайруллов Д.С. Устойчивое развитие региона как основа безопасности национальной экономики [Текст] /Д.С. Хайруллов // Труды IV Всероссийской научной конференции «Информационные технологии в системе социально-экономической безопасности России и ее регионов». – Казань. 23-26 апреля 2012. КФУ. – С. 41-49
8. Жукова, В.В. Анализ факторов, влияющих на устойчивое развитие региона [Текст] / В.В. Жукова // Вестник ТИУиЭ. – 2011. – № 1. – С. 15-18
9. Карачурина Г.Г. Оценка конкурентоспособности регионов Российской Федерации [Текст] / Г.Г. Карачурина // Инновации и инвестиции. – 2011. – № 2 – С. 196-200
10. Татаркин, А.И. Программно-проектное развитие регионов как условие устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации [Текст] / А.И. Татаркин // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – 2011. – № 4. С. 46-55

11. Татаркин, А.И. Формирование региональных институтов пространственного развития Российской Федерации [Текст] / А.И. Татаркин // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2012. – №6 (24). – С. 42-59
12. Чуб, А.А. Автореферат на соискание степени доктора экономических наук регион как социально-экономическое образование: факторы устойчивости и институциональные предпосылки развития [Текст] Чуб А.А. Владимир 2012.
13. Рожкова, А.Ю. Устойчивое развитие региона как предмет исследования [Текст] / А.Ю. Рожкова // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2011. – №1. – С. 11- 15
14. Перфилов, В.А. Сущность и типы устойчивости развития региональных социально-экономических систем [Текст] / В.А. Перфилов // Проблемы современной экономики.– 2012. – № 2. – С. 264-266
15. Золотухина, А. В. Иерархизация научно-технического потенциала региона в контексте устойчивого развития [Текст] / А.В. Золотухина // Регионология. – 2012. – №1. – С. 144-151
16. Бобылев, С.Н. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) [Текст]: монография / Под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко – М.: ЦИРП, 2001. – 220с.
17. Ускова, Т.В. Управление устойчивым развитием региона [Текст]: монография / Т.В. Ускова. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. – 355 с.
18. Большаков, Н. М. Концептуальные основы устойчивого развития регионального лесного сектора: теория, методология, практика [Текст] /Большаков Н. М., Жиделева В. В. // Известия Коми научного центра УРО РАН. – 2012. – № 4 (12). – С. 89-92
19. Мосейко, В.О. Система индикаторов устойчивого развития как инструмент управления муниципальным образованием [Текст] / В.О. Мосейко, В.В. Фесенко, И.В. Богомоллова // Вестник Волгоградского гос. университета Серия 3 Экономика. – 2008. – № 2. – С. 78-85

20. Чуб, А.А. Статистические показатели для оценки уровня развития региональных социально-экономических систем [Текст] / А.А. Чуб, А.А. Мироедов // Вопросы статистики. – 2007. – № 9. – С. 80-84
21. Бобылев, С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение [Текст] Пособие по региональной экологической политике. – М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. – 60 с.
22. Веселов Д. В. Корпоративное управление и инвестиционная привлекательность предприятия // Финансы. 2009. № 1. С. 70-74.
23. Иванов В.А., Авакян К.Г. Сравнительный анализ методик оценки инвестиционной привлекательности предприятия / В.А. Иванов, К.Г. Авакян // Вестник Удмуртского университета. – 2010.- Вып.3. – С. 22-28.
24. Debreu G. 1951. The coefficient of resource utilization. *Econometrica* 19 (3): 273–292.
25. Farrell, M.J. The measurement of Productive Efficiency / M.J. Farrell // *Journal of Royal Statistical Society*. – 1957. – V. 120, Part III
26. История экономических учений в вопросах и ответах. <http://www.bibliotekar.ru/istoria-economicheskikh-ucheni-1/61.htm> (дата обращения 05.04.2015).