

УДК 330.38

UDC 330.38

08.00.00 Экономические науки

Economics sciences

**АНАЛИЗ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ВЫЯВЛЕНИЯ СМЕНЫ ТРЕНДОВ В САХАРНОМ ПОДКОМПЛЕКСЕ АПК****ANALYSIS OF HIERARCHICAL STRUCTURAL SHIFTS AS A TOOL TO IDENTIFY CHANGING TRENDS IN THE SUGAR SUBCOMPLEX OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX**

Жмурко Даниил Юрьевич  
канд. экон. наук, доцент  
РИНЦ SPIN-код автора: 1543-2028  
danis1982@list.ru  
ФКБОУ «Краснодарский университет МВД РФ»,  
350005 Россия Краснодар ул. Ярославская 128

Zhmurko Daniil Yurevich  
Cand.Econ.Sci., associate professor  
RISC SPIN-code: 1543-2028  
danis1982@list.ru  
Krasnodar University of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation. 128 Yaroslavsky st.,  
Krasnodar, Russia 350005.

Статья посвящена вопросам поиска и разработке новых моделей структурных сдвигов. Результаты таких исследований корректируют деятельность крупных сахарных интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК. Рассматривается проблема формирования комплексной методики анализа структурных сдвигов в экономике АПК, обозначаются показатели и параметры макроэкономики сахарного подкомплекса, которые необходимо учитывать при оценке структурных изменений. Ставится задача разработки нового инструмента математической статистики, решающего круг задач по выявлению в нестационарных временных рядах (НВР) «начала» новых суперциклов (комплектов циклов). В экономике классическое решение этой проблемы находится в плоскости выявления нарушений равновесия в силу запоздалой реакции на произошедшие ранее технологические изменения, изменением условий внешней торговли, низкой мобильностью труда и капитала, а также всевозможными барьерами для свободной конкуренции. С нашей точки зрения, решение идеально соответствует обнаружению канального смещения и проверке динамического ряда на однородность, т. е. нахождение фазовых переходов. Структурный сдвиг в экономике можно рассматривать как качественное изменение в системе, состоящее в замене существовавших ранее связей между ее составными частями новыми. Такие сдвиги обусловлены неравномерностью развития различных элементов экономической системы, они свидетельствуют об изменении в потребностях субъектов хозяйственной жизни и размещении экономических ресурсов. Автор предлагает управляющий параметр анализа, в котором используются методы определения структурных изменений (тесты *Петтитта*, *Буишанда* и *Александрссона*). В статье рассматриваются структурные сдвиги в сахарной отрасли АПК. Анализируемый период составляет по разным категориям от 60 до 180 лет. Наличие структурных сдвигов исследовано по таким показателям, как величина посевных площадей, валового сбора, урожайности сахарной свеклы и про-

The article is devoted to the search and development of new models of structural changes. The results of these studies correct the activity of the major sugar integrated production systems of sugar subcomplex in the agro industrial subcomplex. The article reveals the problem of formation of an integrated methodology for analysis of structural changes in the economy of AIC, denoted with indicators and macroeconomic parameters of the sugar subcomplex, which need to be considered in the evaluation of structural changes. We set the task of developing a new tool of mathematical statistics, solving a range of problems for identifying non-stationary time series (NSTS) of the “beginning” of new super cycles (sets of cycles). In the economy the classic solution to this problem is in the field of detection of non-equilibrium effect of delayed reaction to earlier technological change, changes in foreign trade conditions, low mobility of labor and capital, and the various barriers to free competition. From our point of view, the ideal solution corresponds to the detection channel offset and the verification of dynamic series for homogeneity, i.e. the presence of phase transitions. The structural shift in the economy can be seen as a qualitative change in the system, consisting in the replacement of the previously existing ties between its constituent parts with new ones. Such shifts are due to the uneven development of the various elements of the economic system, they indicate that there are changes in the needs of subjects of economic life and economic resources. The author proposes a control parameter of the analysis, which uses methods to determine structural changes (tests *Pettitte*, *Buishand* and *Alexandersson*). The article deals with structural changes in the sugar industry of agriculture. The analyzed period is according to different categories from 60 to 180 years. The presence of structural changes is investigated by indicators such as the amount of sown areas, gross harvest, yield of sugar beet and sugar production from sugar beets and cane. We have investigated the theoretical and methodological approaches, the existing methods for the analysis of structural shifts in the economy and their impact on reproductive pro-

изводства сахара из сахарной свеклы и тростника. Исследованы теоретико-методологические подходы, рассмотрены существующие методы анализа структурных сдвигов в экономике и их воздействия на воспроизводственные процессы, дана их классификация. Определены основные проблемы повышения эффективности и качества трансформирующейся структуры экономики сахарного подкомплекса АПК. Показана динамика показателей структуры экономики сахарного подкомплекса России и других стран мира за разные периоды времени и ее влияния на сахарный подкомплекс АПК. Автором предложены алгоритм и адаптивные модели теста на однородность (модели структурного сдвига) для интегрированных производственных систем, деятельность которых сосредоточена на сахарном подкомплексе АПК. Данная методика апробирована автором применительно к экономическим системам (различного уровня) сахарного подкомплекса АПК – России, других стран и мира в целом. Наряду с этим автором предложено (разработан анализ иерархических структурных сдвигов) осуществлять идентификацию кластеров по каждой категории сахарного подкомплекса с привлечением математического аппарата в виде тестов на однородность. Обозначены показатели и параметры анализа структурного сдвига, основные причины этого явления. Результаты проведенных эмпирических исследований подтвердили возможность практического использования разработанного анализа

Ключевые слова: СТРУКТУРНЫЕ СДВИГИ, МЕТОДЫ ДЕКОМПОЗИЦИИ РЯДОВ, АНАЛИЗ ТОЧКИ СТРУКТУРНОГО СДВИГА, ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ СДВИГИ, РАЗЛАДКИ, НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕСТЫ НА ОДНОРОДНОСТЬ

10.21515/1990-4665-122-041

Особое положение в любом исследовании, связанном с прогнозированием, отводится структурной перестройке экономических секторов народного хозяйства. Для этого с целью выявления последующих предкризисных ситуаций как в отдельном сегменте подкомплекса, так и отрасли в целом специально разрабатываются эконометрические модели обнаружения структурных сдвигов<sup>1</sup>.

cesses, their classification is given. We have identified key issues of improving efficiency and quality of transforming the economic structure of the sugar subcomplex. The article shows the dynamics of indicators of the economic structure of the sugar subcomplex of Russia and other countries of the world for different periods of time and its impact on sugar subcomplex of AIC. The author has proposed an adaptive algorithm and model test for homogeneity (structural shift) for integrated production systems that focus on sugar subcomplex of AIC. This method has been tested by the author in relation to economic systems (at various levels) of sugar subcomplex in agro industrial subcomplex of Russia, other countries and the world at large. Along with this, the author has proposed (we have developed a hierarchical analysis of structural changes) to use the identification of clusters for each category of sugar subcomplex with attraction of mathematical apparatus in the form of tests for homogeneity. We have marked indicators and parameters for the analysis of structural shift, the main reasons for this phenomenon. The results of empirical studies carried out have confirmed the possibility of practical use of the developed analysis

Keywords: STRUCTURAL SHIFTS, MARGINAL EFFECT, DECOMPOSITION METHODS OF SERIES ANALYSIS POINT OF STRUCTURAL SHIFT, SIGNIFICANT STRUCTURAL CHANGES, CHANGE POINT, NONPARAMETRIC AND PARAMETRIC TESTS FOR HOMOGENEITY

---

<sup>1</sup> Структурные сдвиги (изменения), интерпретируемые как технологические, могут быть также связаны с временным нарушением равновесия в силу запоздалой реакции на произошедшие ранее технологические изменения, изменением условий внешней торговли, низкой мобильностью труда и капитала, а также со всевозможными барьерами для свободной конкуренции [3, с. 7].

Основными показателями структуры экономики сахарного подкомплекса АПК, отражающими глубину и сложность изменений в производстве, а также в сфере распределения и потребления, являются макроэкономические показатели и их динамика. В исследовании таких изменений большое значение имеет структурный анализ. Он *проводится на основе данных временных рядов (ВР) отдельного показателя* (изменение во времени) и *данных по нескольким показателям за фиксированный момент времени* (различия между показателями) [17, с. 133].

В эконометрических моделях активно используется понятие структурных сдвигов, характеризующее моменты разладки<sup>2</sup> вероятностной модели экономической системы. В большинстве работ, посвященных их последовательному обнаружению, речь идет о резких *сдвигах* в характеристиках наблюдаемых случайных процессов. Гораздо меньшее внимание уделяется анализу задач, в которых статистические характеристики наблюдений в некоторый неизвестный момент начинают плавно изменяться. Между тем эти задачи представляют значительный практический интерес и интерпретируются как задачи «раннего обнаружения» предкризисных и других ситуаций.

Актуальность темы исследования определена необходимостью оценки влияния структурного сдвига на процессы экономического развития интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК (ИПС СП АПК) с учетом уже сложившихся в данном секторе экономики структурных пропорций [11, с. 4].

---

<sup>2</sup> Для многих практических целей обнаружение резкого изменения свойств наблюдаемого ряда, происходящего в неизвестный заранее момент времени (это явление иногда называют *разладкой*), является важной задачей.

## Теоретические основы анализа иерархических структурных сдвигов

При проведении обзора научной литературы и методов прогнозирования в части анализа временных рядов нами выявлен примечательный статистический инструмент – тест на однородность<sup>3</sup> (англ. *homogeneity test*), не нашедший применения в экономических науках. Однако в таких отраслях науки, как гидрология, климатология, метеорология и других без использования этого математического инструмента делать глобальные выводы считается некорректным и даже неприемлемым.

Основная задача работы – адаптация теста на однородность (анализ точки структурного сдвига – англ. *change point analysis*) к решению задач как в области экономики АПК, так и в других отраслях народного хозяйства, а также разработка на его базе анализа иерархических структурных сдвигов (АИСС).

*Анализ иерархических структурных сдвигов – это статистическая процедура, основанная на методе бинарной декомпозиции, которая заключается в сравнении системы тестов на однородность выборок, позволяющая обнаружить общую точку разрыва и соотнести ее с другими сдвигами в полученной иерархической структуре<sup>4</sup>.*

Тест на однородность – это, с одной стороны, нахождение двух выборок структурного сдвига<sup>5</sup>, которые соответствуют нормальному распре-

---

<sup>3</sup> Ряд ученых из Оксфорда (J. Castle, J. Doornik, D. Hendry, F. Pretis) решают данную проблему посредством анализа выявления местоположения сдвигов в процессе выбора модели: импульс показателя насыщения (англ. *impulse indicator saturation*) и пошагового показателя насыщения (англ. *step indicator saturation*).

<sup>4</sup> Определение, данное автором.

<sup>5</sup> В конце 1950-х гг. проводились комплексные исследования зависимости между структурой производства и региональным ростом. В ходе этих исследований был разработан получивший в дальнейшем широкую известность статистический метод определения факторов роста экономики региона – *метод анализа структурных сдвигов* (англ. *shift-share analysis*). В этом методе рассчитывается разница между национальным и региональным уровнем роста экономики, называемая «сдвигом» (*shift*), которая может зависеть от MIX-эффекта и DIF-эффекта.

Наряду с этим существует модель расчета индекса структурного сдвига, представляющая отношение массы структурного сдвига к базовому значению экономического показателя, характеризующего сдвиг:

лению (или кусочно-непрерывному среднему) некоторого временного ряда на отдельные циклы и подциклы (рисунок 1). С другой – промежуточное звено между теорией (экономических) циклов и введением в иерархический кластерный анализ (его обратное представление). Для нас это возможность определить, когда произошел агротехнологический передел (тот момент, в который, по академику С. Ю. Глазьеву, происходит смена технологического уклада в обществе или в конкретной отрасли) в сахарном подкомплексе АПК России.

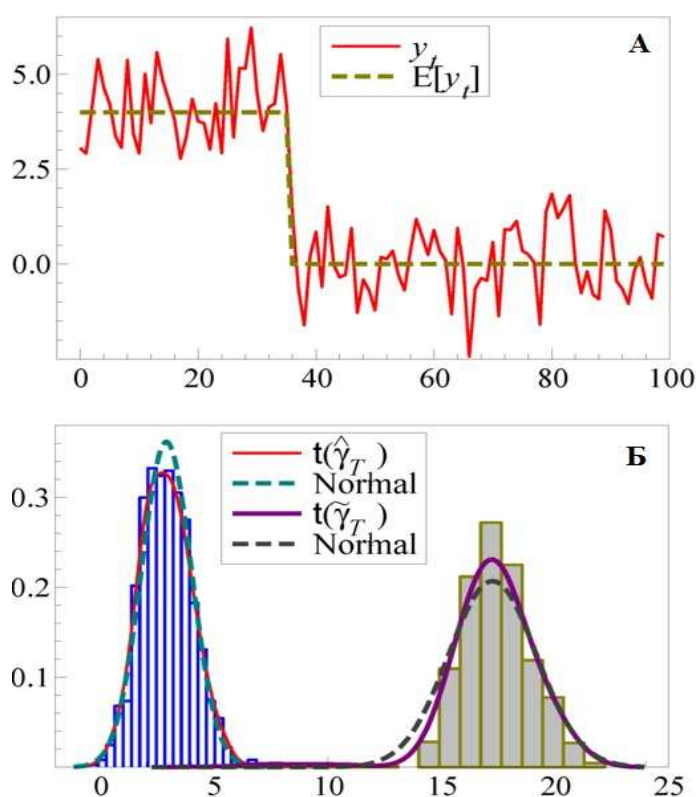


Рисунок 1 – Пример структурного сдвига и его нормальное распределение (по J. Castle)

В структуре экономики, отличающейся неоднородностью, существует определенная пропорциональность между составляющими ее элементами.

$$I = \sum_{i=1}^q [S(i, t) - S(i, O)] / (qT),$$

где  $S(i, t)$  – доля  $i$ -той отрасли в продукции, занятости или капитале в момент  $t$ ;  $O, T$  – обозначают начало и конец измеряемого периода;  $T$  – протяженность периода времени;  $q$  – число отраслей, увеличивших свою долю [13, с. 4].

Под структурными сдвигами (равнозначные термины: точки разладки, разрывы разного порядка, точки перегиба, точки разлома (перелома) и др.) в экономике понимают качественные преобразования, т. е. переход той или иной системы на новый уровень функционирования в процессе ее развития (рисунок 1А).

Многие исследователи под структурным сдвигом понимают:

– причинно-следственную связь циклических колебаний, т. е. полученные экстремумы (минимальное («дно») или максимальное («пик») значения) цикла – это и есть структурный сдвиг (можно рассматривать лишь как частный случай);

– экономический цикл, который представляет собой систему из нескольких структурных сдвигов; утверждение ученых, что первичной в экономике является не циклическая, а нелинейная структурная динамика, мы считаем ошибочным.

Профессор В. М. Макаров утверждает, что: «...динамика структурных сдвигов и длинных волн Н. Д. Кондратьева тесно взаимосвязаны по периодичности протекания и присущим им совпадениям поворотных точек. В период достижения длинной волной минимума интенсивность структурных сдвигов становится максимальной, а в период достижения длинной волной пика интенсивность структурных сдвигов становится минимальной».

Структурный сдвиг – это среднее значение, или так называемый стержень (стержневой аттрактор), вокруг которого происходят колебательные движения (см. рисунок 1);

Разрыв происходит в тот момент, когда цикл или комплекс циклов «закончились», а им на смену приходят другие (ослабление доминирующего цикла и усиление «второстепенных»). В качестве примера можно

привести эффект Денисона<sup>6</sup> и эффект реаллокации<sup>7</sup> из области производительности труда.

Часто основная проблема, которая возникает при выявлении смены тренда, заключается в том, что сами моменты структурных сдвигов были неизвестны и поэтому применяемые методы оценивания были полуэвристическими, интуитивными. С другой стороны, осознание важности проблемы анализа структурных сдвигов в эконометрическом моделировании стимулировало развитие новых методов статистического анализа данных в такого рода исследованиях [17, с. 132].

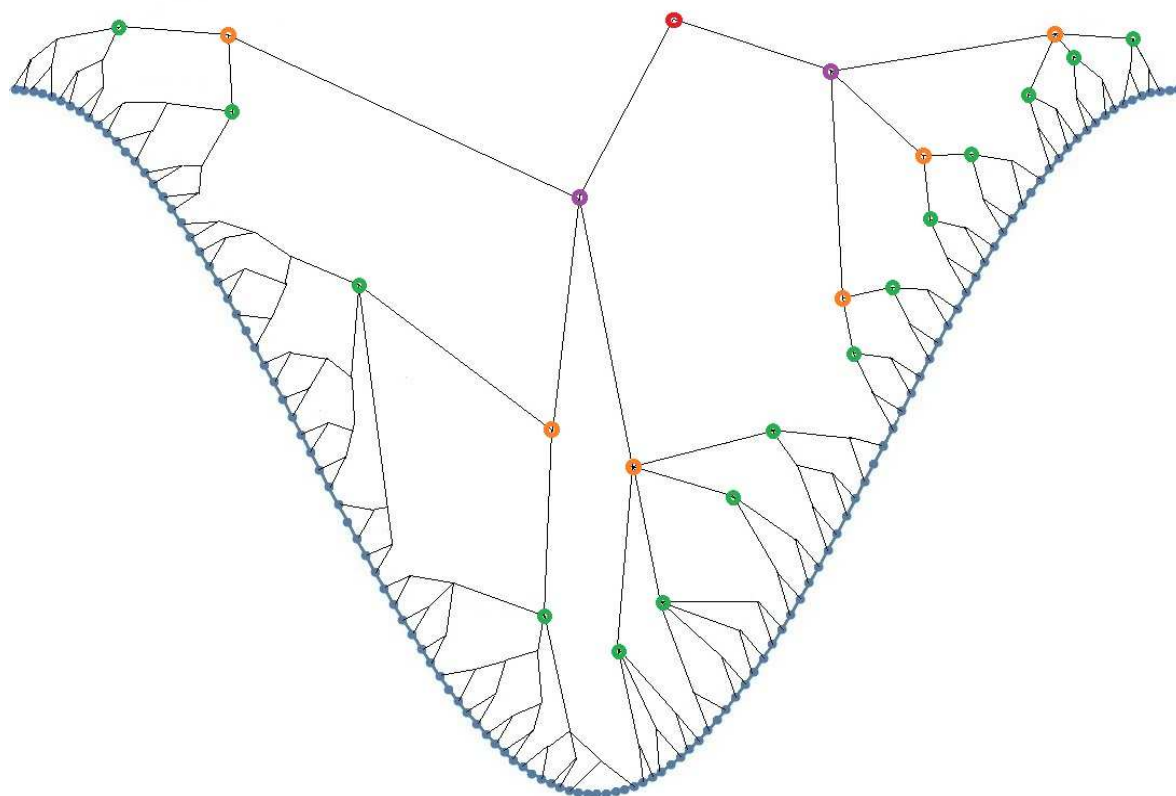


Рисунок 2 – Фрагмент структурных сдвигов, которые представляют собой полуволну синусоиды

---

<sup>6</sup> Эдвард Денисон установил, что движение рабочей силы из секторов низкопроизводительного сельского хозяйства в отрасли с высокой производительностью обуславливает рост производительности труда. Это явление назвали «эффектом Денисона». Эффект влияния перераспределения трудовых ресурсов между отраслями, имеющими различные уровни производительности, в расчете на одного работника).

<sup>7</sup> Эффект реаллокации связан исключительно с межотраслевым перераспределением труда.

Макроэкономический ряд рассматривается как кривая, которая отражает некую плотность событий, выстроенную в коинтегральную цепь со сменой фаз и противофаз и связанных динамических структур, представляющих собой иерархически рассредоточенные данные. На рисунке 2 показан абстрактный пример полуволны синусоиды в виде коинтеграции иерархической структуры сдвигов.

Любой макроэкономический временной ряд можно представить в виде кусочно-непрерывных кривых (однородных фрагментов). На рисунке 3 представлены некоторые виды (паттерны) структурных сдвигов.

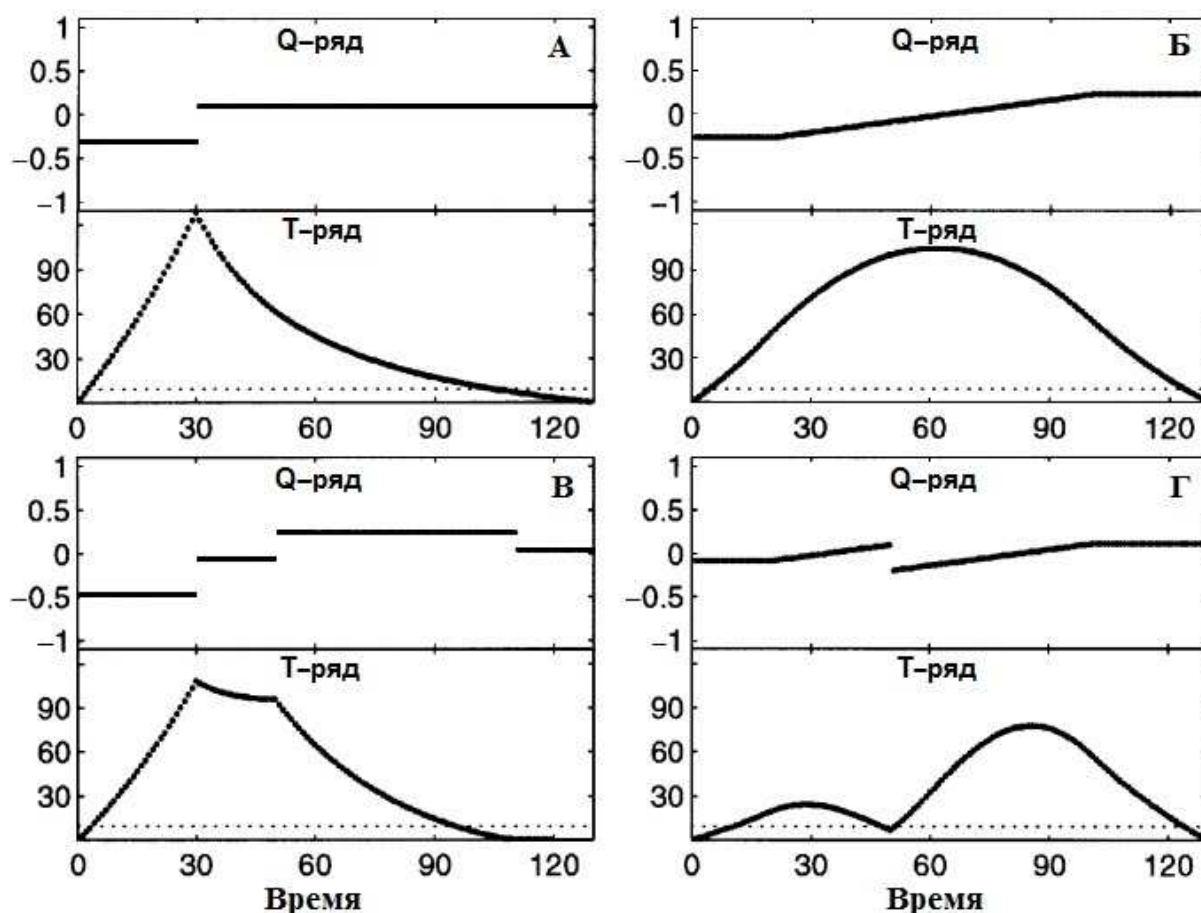


Рисунок 3 – Виды структурного сдвига (по *H. Alexandersson, A. Moberg*):  
 А) единственный сдвиг; Б) идеальный тренд (без разрывов);  
 В) четырехдиапазонный сдвиг; Г) тренд прерван одним сдвигом

Временные ряды проверяются тестами на однородность. Их разнообразие обусловлено тем, что существует множество возможных альтерна-



тивных гипотез, касающихся изменения: в распределении (дисперсии), в среднем (один или несколько раз), регрессии, зависимости и наличии тренда (рисунок 4).

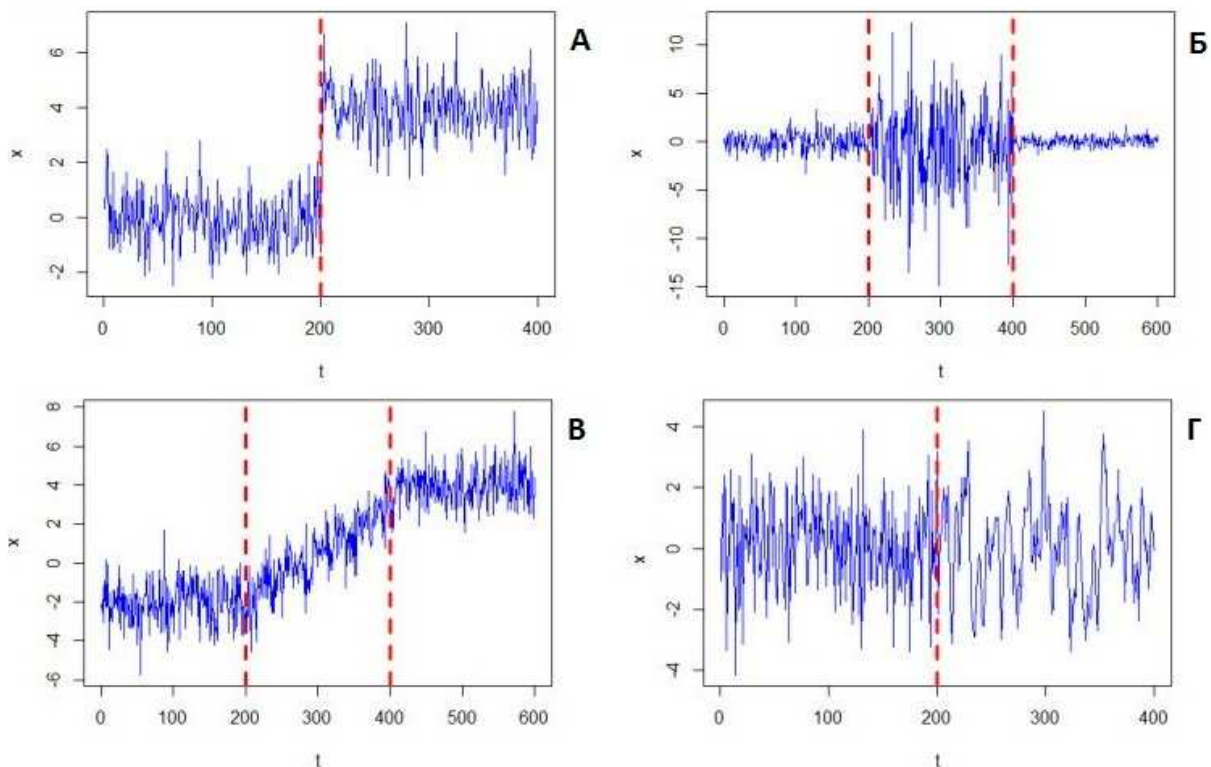


Рисунок 4 – Примеры моделей изменения структурной точки сдвига во временном ряду (по Paul Sharkey):  
 А) изменение среднего значения; Б) изменение дисперсии; В) изменение регрессии и Г) изменение зависимости

Выявление новых закономерностей проводили с использованием АИСС, специально построенной для решения задач прогнозирования показателей деятельности ИПС СП АПК. Кроме того, применялись следующие элементы статистического исследования: сбор, обработка и анализ данных, характеризующих состояние и развитие сельского хозяйства, а также пищевой промышленности. Информационными источниками статистики его сахарного подкомплекса АПК служили: отечественная и зарубежная периодическая отчётность, годовые отчёты международных агентств по сахарному рынку.

Решение задач строится на выявлении взаимосвязей между структурными изменениями системы и ее экономическими циклами, представляю-

щими собой набор из некоего множества структурных сдвигов. В то же время нельзя не признать, что на структурные сдвиги оказывают воздействие циклические колебания. Таким образом, проявляется двойственная природа структурных сдвигов – они являются и причиной, и следствием циклических колебаний [4, с. 97].

В современных условиях при решении задач управления сложными динамическими объектами, такими как ИПС СП АПК, используются математические методы и алгоритмы.

Разработанный автором алгоритм реализации АИСС для показателей сахарного подкомплекса АПК представлен на рисунке 5.

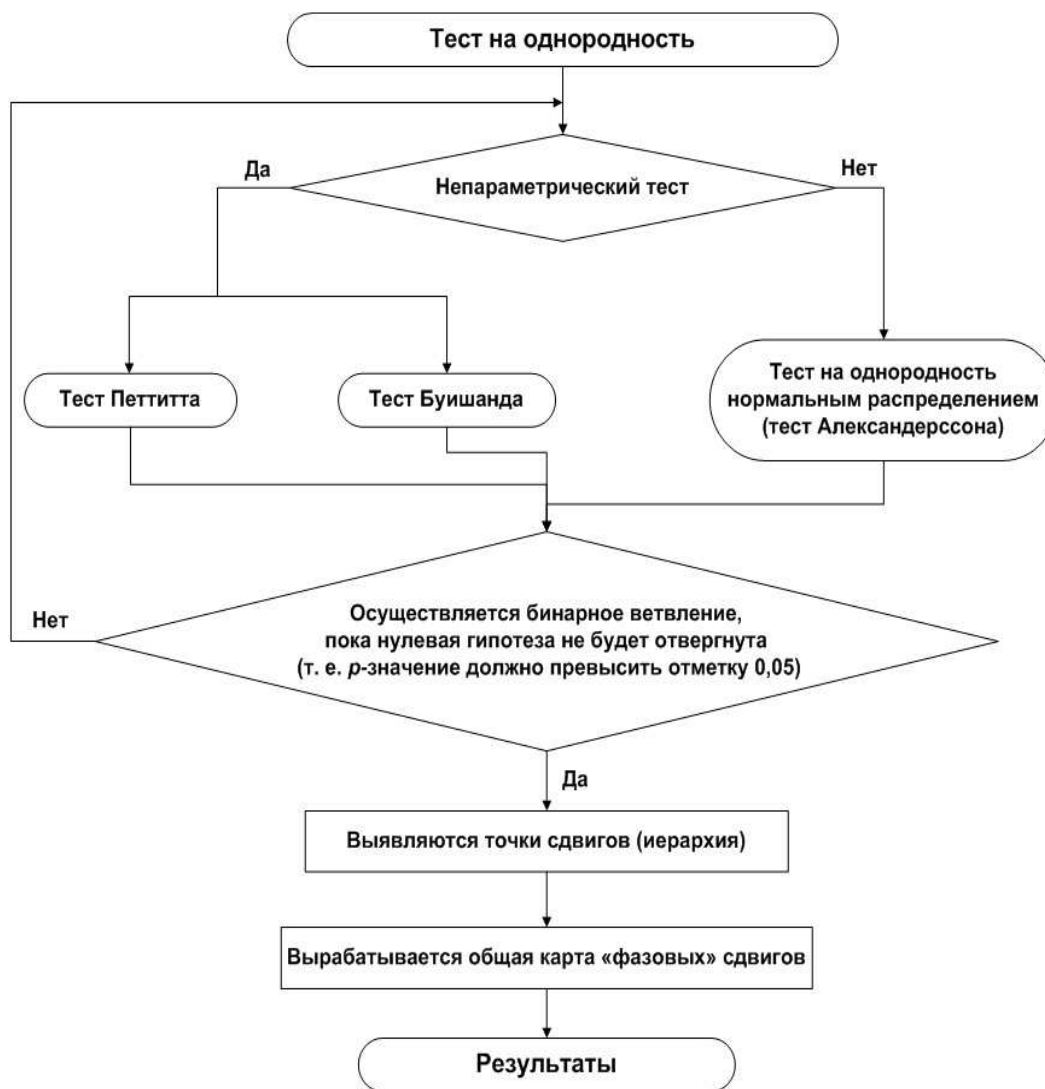


Рисунок 5 – Алгоритм реализации анализа иерархических структурных сдвигов для сахарного подкомплекса АПК

*Этап 1.* Выбор категории статистики (параметрической или непараметрической), к которым относится данный тест на однородность.

Таблица 1 – Математические модели по структурному сдвигу<sup>8</sup>

<i>Тест Петтитта</i>	<i>Тест Александерссона</i>	<i>Тест Бушанда</i>
$\text{sgn}(r) = \begin{cases} -1, & r < 0 \\ 0, & r = 0 \\ 1, & r > 0 \end{cases}$	$\bar{X}_1 = \frac{1}{t_c} \sum_{i=1}^{t_c} X_i \quad \text{и}$	$\bar{X}_T = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T X_i \quad \text{и} \quad (1)$
$D_{ij} = \text{sgn}(X_i - X_j);$	$\bar{X}_2 = \frac{1}{T - t_c} \sum_{i=t_c+1}^T X_i;$	$\bar{S}_T = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (X_i - \bar{X}_T)^2}; \quad (2)$
	где $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$ – средние значения наблюдаемых объектов до и после сдвига	где $\bar{X}_T$ – среднее выборочное; $\bar{S}_T$ – стандартное отклонение выборки
$U_{i,T} = \sum_{j=i+1}^T D_{ij};$	–	$S_t^* = \sum_{i=1}^t (X_i - \bar{X}_T), \quad (3)$
–	–	$t = 1, 2, \dots, T;$
–	–	$S_t^{**} = \frac{S_t^*}{S_n}; \quad (4)$
Сдвиг происходит тогда, когда нулевая гипотеза отклоняется, если значение $K$ , $T_0$ и $Q$ является максимальным (разрыв происходит в год $K$ , $T_0$ , и $Q$ , когда):		
$K_T = \max_{1 \leq t \leq T}  U_{t,T} ;$	$T_0 = \max_{1 \leq t \leq T} \left  t_c \bar{X}_1^2 + (T - t_c) \bar{X}_2^2 \right ;$	$R = \max_{j \leq t < T} (S_t^{**}) - \min_{j \leq t < T} (S_t^{**}) \quad \text{и} \quad (5)$
		$Q = \max_{j \leq t < T}  S_t^{**} .$
		где $R$ – коэффициент диапазона
Значение сравнивается с критическим значением по <i>Петтитту</i>	Превышает критическое значение, которое зависит от размера выборки	При однородности ряда, то значение $S$ будет подниматься и опускаться до нуля. Год $X$ имеет разрыв, когда $Q$ достигает максимума (отрицательное смещение) или минимума (положительный сдвиг)

*Этап 2.* Непосредственный выбор теста на однородность<sup>9</sup>. В нашем случае предполагается три его вида (таблица 1): Петтитта, Бушанда и те-

<sup>8</sup> Источник – <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2015/0354-98361500019R.pdf>

<sup>9</sup> Тест Петтитта – непараметрический тест, не требующий предположения о нормальном распределении данных. Он разработан в 1979 г. на базе теста Манна–Уитни, позволяющего определить время, при

ста на однородность нормальным распределением, или теста Александерсона<sup>10</sup>. Эти тесты относятся к классу асимптотически оптимальных методов для задач последовательного обнаружения разладок случайных процессов в непараметрической и параметрической постановке.

*Этап 3.* Происходит разделение выборки на множество подвыборок, строятся регрессионные оценки коэффициентов исследуемой зависимости для каждой из них, а затем путем прямого перебора ведется поиск выборок, которые соответствуют среднему значению за определенный период. Границы этого разделения становятся искомыми оценками моментов структурных сдвигов [17, с. 133]. Здесь рассматривается  $m$  выборок объемов  $n_1, \dots, n_m$  из распределений  $\xi_1, \dots, \xi_m$ . Высказываемая нулевая гипотеза состоит в том, что временной ряд является однородным между двумя заданными диапазонами, т. е. все случайные величины имеют одно и то же распределение [5, с. 34]. Используемая здесь идея заключается в том, что если выборки действительно однородны, то, перемешав их, невозможно определить, из какой выборки было взято некоторое конкретное значение, т. е. номер выборки зависит от величины ее элемента [5, с. 35].

Цикл повторяется до того момента, пока найденные выборки не будут соответствовать нормальному распределению (а нулевая гипотеза не будет отвергнута).

---

котором происходит сдвиг. Тест является частным случаем критерия Вилкоксона, предназначенного для проверки нулевой гипотезы об однородности двух генеральных совокупностей (двух выборок). Это один из исторически первых ранговых критериев, предложенный в 1945 г. Ф. Вилкоксоном, а в 1947 г. существенно переработанный и расширенный Х. Б. Манном и Д. Р. Уитни. Поэтому чаще говорят не о двух критериях – Вилкоксона и Манна – Уитни, а об одном – критерии Вилкоксона, Манна и Уитни [Википедия].

Тесты Петтитта и Буишанда относятся к классу ранжированных непараметрических тестов (англ. non-parametric range test) – это означает, что для их применения не требуется делать никаких предположений о нормальном распределении данных в макроэкономическом ряду. Эти тесты дают оценку, исходя из нулевой гипотезы, при этом подразумевается, что данные однородны на протяжении всего периода наблюдения, т. е. что они были получены из одного или нескольких распределений с тем же самым «параметром» (средним значением).

Тест фон Неймана по ряду причин не рассматривается, так как не отражает объективности полученных результатов.

<sup>10</sup> Разработан в 1986 г., относится к классу параметрических, т. е. тестов отношения правдоподобия (англ. Likelihood-ratio test).

*Этап 4.* Выявляются структурные сдвиги по всем трем тестам согласно иерархии (см. таблицу 2). Особый интерес в этой иерархии вызывают первые три уровня структурных сдвигов (им соответствует наиболее глубокая структурная «ломка» экономических показателей сахарного подкомплекса АПК, а в качестве моделей для оценки таких «трансформационных процессов» используется агрегированная модель, основанная на данных статистики разных стран и регионов мира).

*Этап 5.* Строится общая иерархическая карта «фазовых» сдвигов по направлениям хозяйственной деятельности. Например, если это мировое производство сахара, то сравнению подлежат все выявленные точки – выбираются только общие разладки<sup>11</sup> (см. таблицы 3–4).

Из алгоритма можно вывести следующее. Решение сформулированной задачи вероятностной диагностики может быть получено в рамках параметрического подхода, т. е. при той или иной функциональной специфике моделей наблюдений, обусловленной различными вероятностными законами. Это решение возможно и в рамках непараметрического подхода, в котором любые структурные сдвиги интерпретируются как статистически значимые изменения некоторых интегральных характеристик наблюдений, т. е. диагностических параметров выборки [2, с. 46].

### **Анализ иерархических структурных сдвигов во временных рядах сахарного подкомплекса АПК**

Для решения проблем прогнозирования показателей деятельности ИПС СП АПК впервые предлагается применение *анализа иерархических структурных сдвигов*, основанного на системе тестов на однородность (в

---

<sup>11</sup> В эконометрике при управлении производством существуют задачи, решаемые методами обнаружения разладки. При выявлении момента разладки требуется оценить момент появления изменений как можно точнее. Алгоритмы, предназначенные для решения такого типа задач, называются *апостериорными*.

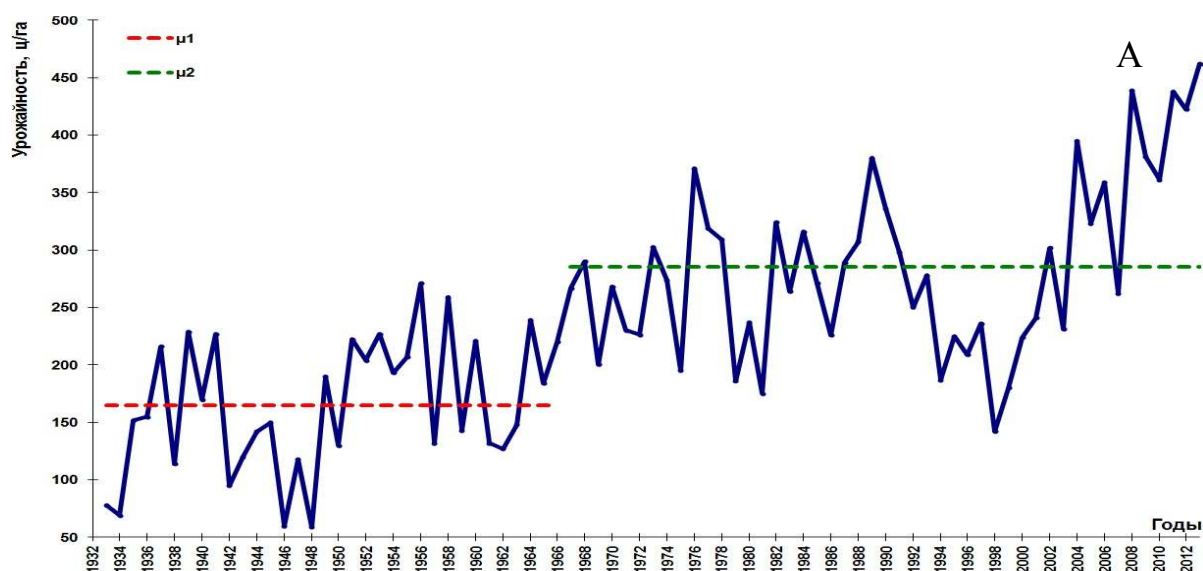
Впервые задача апостериорного (ретроспективного) обнаружения разладки была поставлена и решена Е. С. Пейджем в 1955 г. [9, с. 34].

математических моделях показателей деятельности сахарного подкомплекса).

Рассмотрим, как на практике выглядит реализация данного анализа.

Чтобы не затруднять восприятие, возьмем для наглядности один из тестов, к примеру, тест Петтитта. Выбор обусловлен тем, что этот тест более чувствителен к разрывам в середине временного ряда, чем другие.

На рисунке 6 графически представлены структурные сдвиги макроэкономического временного ряда урожайности сахарной свеклы на Кубани в период 1932–2014 гг. Этот ряд состоит из трех уровней структурных сдвигов (0, I и II). На рисунке 6А изображен один разрыв на участке в точке 1966 г. (относящийся к I уровню). Представленные графики имеют по одной точке разладки: на рисунке 6Б – 1950 г., на рисунке 6В – 2003 г. – и относятся к разрывам II уровня (каждый из них является продолжение рисунка 6А).



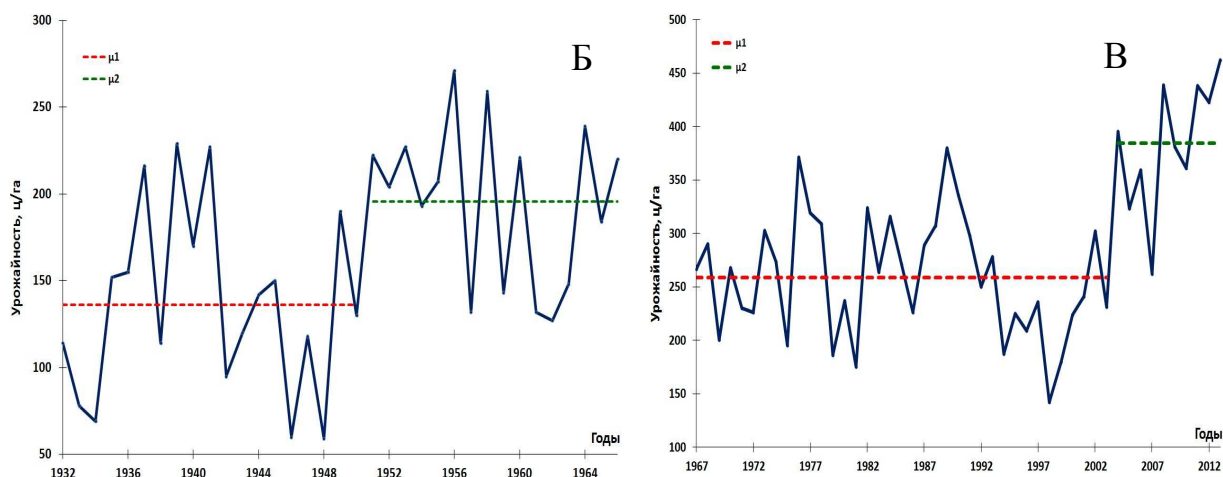


Рисунок 6 – Тест на однородность (Петтитта) урожайности сахарной свеклы на Кубани: А) 1932–2014 гг.; Б) 1932–1966 гг. и В) 1967–2014 гг.

В легенде рисунка 6 указаны символы, которые имеют общепризнанное обозначение при тестировании на однородность:  $\mu 1$  – среднее значение по первой выборке и  $\mu 2$  – среднее значение по второй выборке.

На рисунке 7 показаны графики нормального распределения, представленного на рисунках 6Б и 6В.

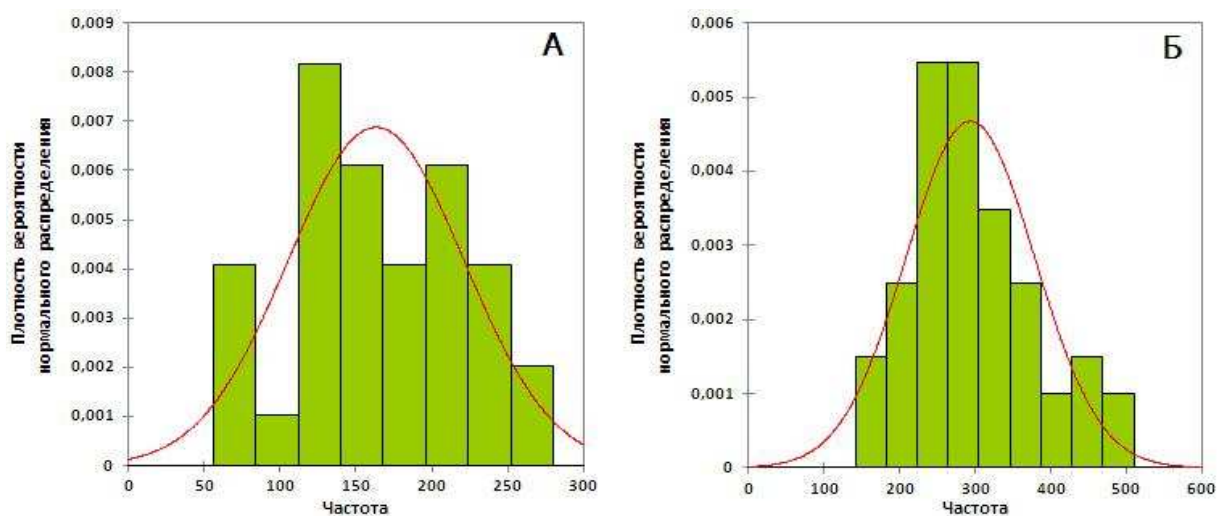


Рисунок 7 – Гистограмма и график плотности вероятности нормального распределения урожайности сахарной свеклы на Кубани, 1932–2014 гг.: А) для периода 1932–1966 гг. и Б) для периода 1967–2014 гг.

Поскольку иерархическая матрица урожайности сахарной свеклы на Кубани имеет мало уровней (структурных сдвигов), целесообразно рассмотреть многоуровневый НВР мирового производства тростникового сахара, так как ряд состоит из наибольшего числа структурных сдвигов (в

исследовании рассматривается 38 объектов сахарного подкомплекса АПК) и имеет ярко выраженный экспоненциальный рост (см. рисунок 10).

*Задача обнаружения сдвига (расположения).* Иногда интересующий нас фактор приводит к сдвигу распределения в ту или иную сторону (причем не обязательно только к разрыву). Его направление может быть известным или неизвестным. В таких обстоятельствах возникает задача обнаружения сдвига, называемая иногда задачей расположения, или локализации [15, с. 43].

Прежде чем давать оценку достоверности исследования, необходимо посмотреть, как реализуются структурные сдвиги по фазе в спектральном анализе. Построим фазовый спектр (рисунок 8), на котором отчетливо прослеживаются траектории развития мирового производства тростникового сахара и его структурные сдвиги.

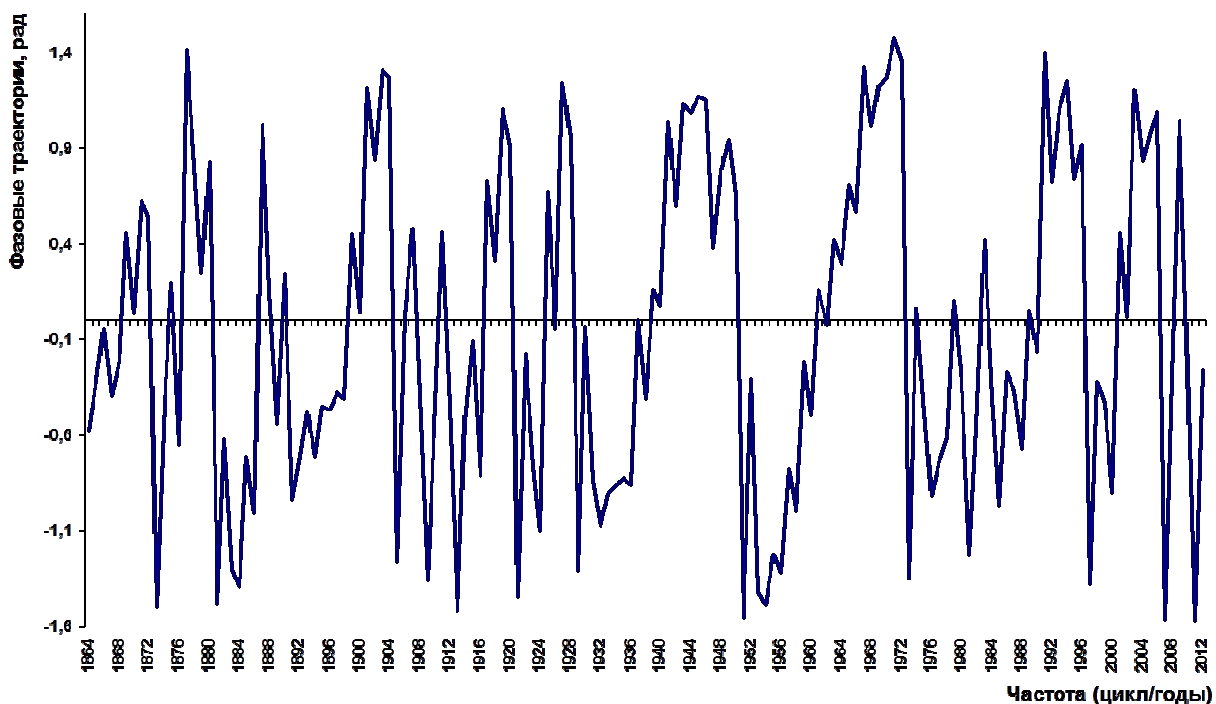


Рисунок 8 – Фазовый портрет мирового производства тростникового сахара в период 1864–2013 гг.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Жмурко Д. Ю. Разработка адаптивной модели спектрального анализа с применением методов фильтрации для прогнозирования динамики сахарной отрасли АПК (ч. 1 – постановка задачи и моделирование) // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – № 02(116). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/74.pdf>



Экспериментальные расчеты и верификация предложенных в исследовании математических моделей на реальных статистических данных России, отдельных стран и мира в целом подтверждают высокую точность полученных результатов и возможность использования адаптированных моделей анализа структурных сдвигов при решении конкретных задач макроэкономического уровня. Например, их можно применять при оценке долгосрочных прогнозов и построении управляющих алгоритмов по обеспечению задач агротехнологической и структурной сбалансированности сахарного подкомплекса АПК. Результаты исследования представлены в графическом (рисунки 9–11) и табличном (таблицы 3–4) виде.

Таблица 2 – Иерархическая матрица фазовых сдвигов по тесту Петтитта (мировое производство тростникового сахара, 1864–2013 гг.)

Уровень 0	Уровень I	Уровень II	Уровень III	Уровень IV	Уровень V	Уровень VI	
Мировое производство тростникового сахара, 1864–2013 гг.	1864–1946 гг. (83 года) [8061]*	1864–1881 гг. (18 лет) [1722]*	1864–1868 гг. (5 лет) [1452]*	1869–1881 гг. (13 лет) [1826]*	–	–	
			1882–1892 гг. (11 лет) [2271]*				
		1864–1904 гг. (41 год) [2436]*	1882–1904 гг. (23 года) [2994]*	1893–1899 гг. (7 лет) [2873]*	1900–1904 гг. (5 лет) [4754]*	1900–1901 гг. (2 года) [3863]*	1902–1904 гг. (3 года) [5348]*
				1893–1904 гг. (12 лет) [3657]*		1905–1908 гг. (4 года) [6669]*	1909–1913 гг. (5 лет) [8396]*
		1905–1946 гг. (42 года) [13395]*	1905–1923 гг. (19 лет) [9608]*	1905–1913 гг. (9 лет) [7629]*	1914–1923 гг. (10 лет) [11390]*	1914–1916 гг. (3 года) [10149]*	1917–1919 гг. (3 года) [11142]*
						1914–1919 гг. (6 лет) [10646]*	1920–1921 гг. (2 года) [11899]*
	1924–1946 гг. (23 года) [16524]*			–	–	–	
				–	–	–	
	1947–2013 гг. (67 лет) [64385]*	1947–1979 гг. (33 года) [34649]*	1947–1962 гг. (16 лет) [24729]*	1947–1954 гг. (8 лет) [20306]*	1947–1950 гг. (4 года) [18487]*	1951–1954 гг. (4 года) [22125]*	
				1955–1962 гг. (8 лет) [29151]*	1955–1957 гг. (3 года) [26557]*	1958–1962 гг. (5 лет) [30708]*	
			1963–1979 гг. (17 лет) [43985]*	1963–1970 гг. (8 лет) [36636]*	1963–1966 гг. (4 года) [35011]*	1967–1970 гг. (4 года) [38261]*	
				1971–1979 гг. (9 лет) [50518]*	1971–1974 гг. (4 года) [46920]*	1975–1979 гг. (5 лет) [53396]*	
		1980–2013 гг. (34 года) [93247]*	1980–1996 гг. (17 лет) [69233]*	1980–1987 гг. (8 лет) [63131]*	–	–	–
				1988–1996 гг. (9 лет) [74658]*			
1997–2013 гг. (17 лет) [117261]*			1997–2003 гг. (7 лет) [100222]*	1997–2000 гг. (4 года) [94098]*	2001–2003 гг. (3 года) [108388]*		
			2004–2013 гг. (10 лет) [129187]*	2004–2010 гг. (7 лет) [125093]*	2011–2013 гг. (3 года) [138742]*		

\* Среднее значение за период.

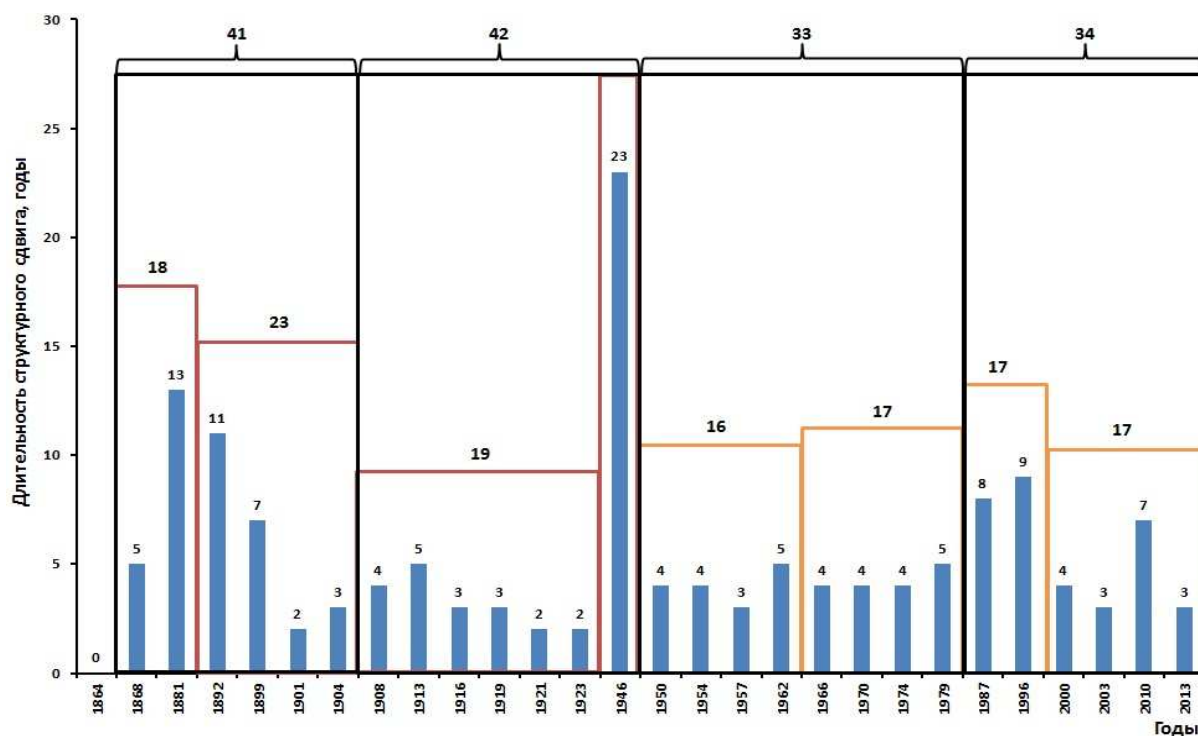


Рисунок 9 – Гистограмма структурных разрывов (построенная по тесту Петтитта) на примере мирового производства тростникового сахара, 1864–2013 гг.

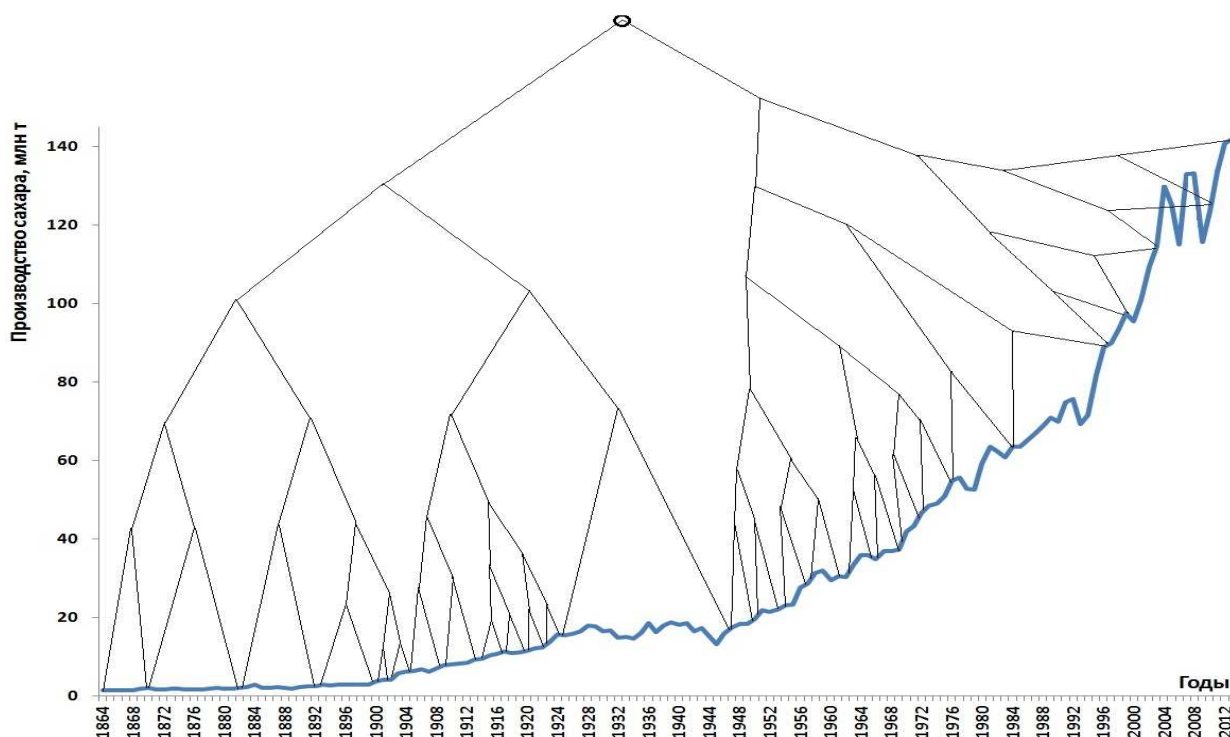


Рисунок 10 – Тест на однородность мирового производства тростникового сахара, 1864–2013 гг.

Полученные результаты можно также представить в виде дендрограммы (рисунок 11).

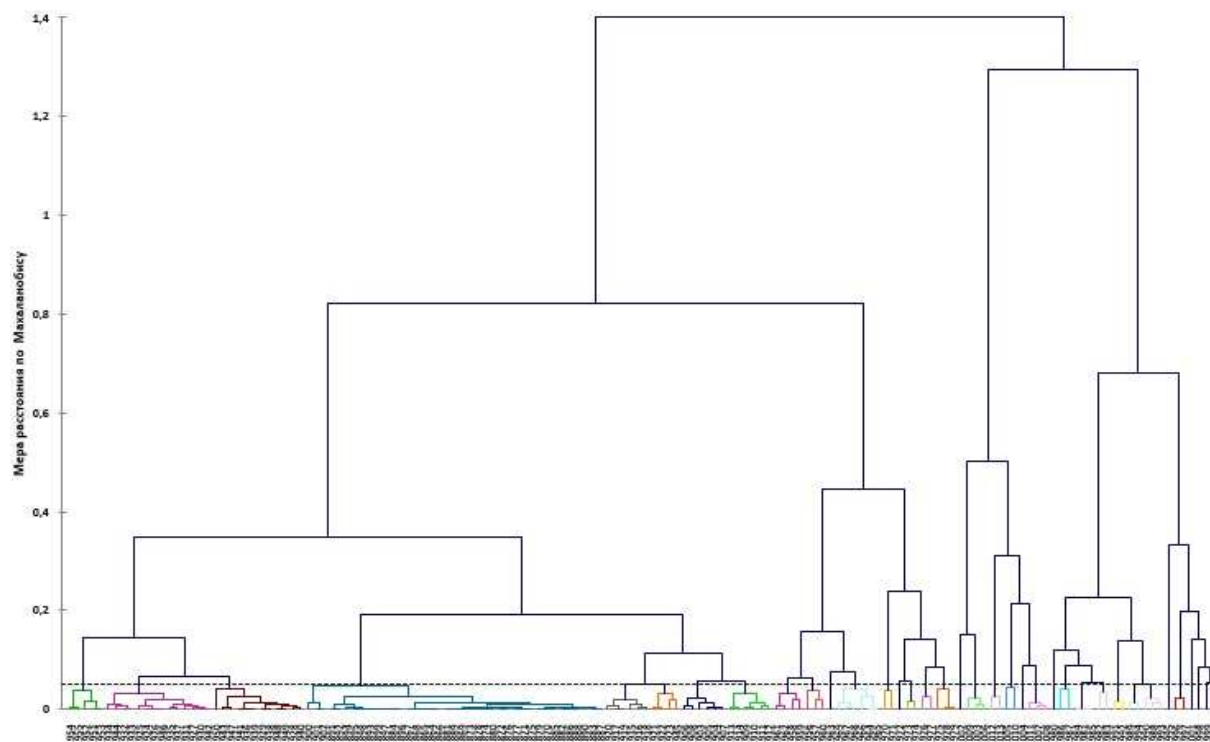


Рисунок 11 – Дендрограмма мирового производства тростникового сахара, 1864–2013 гг.

Представим обобщённые характеристики, полученные в ходе расчетов статистических данных (таблицы 3–4).

Таблица 3 – Результаты анализа иерархических структурных сдвигов по статистическим проверкам на однородность в блоке «производство сахара»

Исследуемый объект (ряд)	Общие точки структурных сдвигов
<i>Мировое, 1864–2014 гг.</i>	
общее	<b>1893 г.</b> , <b>1923 г.</b> , 1924 г., 1950 г., 1956 г., 1964 г., 1981 г., 1989 г., 1996 г., 2002 г., 2010 г. и 2011 г.
тростникового	1868 г., 1882 г., 1893 г., <b>1893 г.</b> , 1900 г., 1908 г., 1909 г., <b>1923 г.</b> , 1950 г., 1955 г., 1962 г., 1963 г., 1971 г., 1975 г., 1979 г., 1980 г. и 2003 г.
свекловичного	1866 г., 1867 г., 1871 г., 1872 г., 1880 г., 1881 г., 1888 г., 1889 г., <b>1893 г.</b> , 1894 г., 1915 г., <b>1923 г.</b> , 1956 г., 1963 г., 1964 г., 1976 г. и 1977 г.
<i>Россия (Российская империя, СССР и РФ), 1881–2015 гг.</i>	
общее	1894 г., 1895 г., <b>1898 г.</b> , 1901 г., 1949 г., 1957 г., <b>1964 г.</b> , 1965 г., 1981 г., 1982 г., <b>1990 г.</b> , <b>1991 г.</b> и 1998 г.
свекловичного, 1871–2015 гг.	1876 г., 1884 г., <b>1898 г.</b> , <b>1964 г.</b> , <b>1990 г.</b> , <b>1991 г.</b> , 2005 г., 2010 г. и 2011 г.
тростникового, 1956–2014 гг.	1960 г., 1961 г., 1974 г., 1975 г., 2008 г., 2011 г. и 2012 г.
<i>Россия (РСФСР и РФ), 1921–2014 гг.</i>	
общее	1960 г., 1964 г., 1981 г., 1982 г. и 1997 г.
тростникового 1960–2014 гг.	1974 г., 1975 г. и 1996 г.
<i>Кубань, 1921–2014 гг.</i>	

Исследуемый объект (ряд)	Общие точки структурных сдвигов
общее	1948 г., 1949 г., 1955 г., 1958 г., 1960 г., 1964 г., <b>1976 г.</b> , <b>1977 г.</b> , 1997 г. и 1998 г.
тростникового, 1960–2014 гг.	1974 г., <b>1976 г.</b> , <b>1977 г.</b> , 1981 г. и 1982 г.
<i>США, 1832–2015 гг.</i>	
общее	1843 г., 1844 г., 1861 г., 1862 г., 1869 г., <b>1892 г.</b> , 1897 г., 1900 г., 1901 г., 1904 г., 1905 г., 1910 г., 1923 г., 1924 г., 1927 г., 1948 г., 1949 г., 1957 г., 1958 г., 1962 г., 1963 г., 1986 г. и 1997 г.
тростникового	1843 г., 1844 г., 1861 г., 1862 г., 1869 г., <b>1892 г.</b> , <b>1893 г.</b> , 1897 г., 1898 г., 1904 г., 1907 г., 1924 г., 1925 г., 1931 г., 1932 г., 1947 г., 1948 г., 1967 г., 1968 г., 1981 г., 1990 г. и 1991 г.
свекловичного, 1864–2015 гг.	1887 г., 1888 г., 1891 г., <b>1893 г.</b> , 1894 г., 1900 г., 1905 г., 1906 г., 1910 г., 1911 г., 1919 г., 1920 г., 1929 г., 1930 г., 1956 г. и 1962 г.
<i>Производство сахара по отдельным странам</i>	
Куба, 1849–2014 гг.	1852 г., 1853 г., 1858 г., 1863 г., 1864 г., 1901 г., 1912 г., 1915, 1916, 1918 г., 1919 г., 1924 г., 1930 г., 1931 г., 1946 г., 1947 г., 1977 г., 1992 г., 1993 г., 2002 г. и 2003 г.
Германия, 1911–2014 гг.	1974 г., 1975 г., 1980 г. и 1981 г.
Бразилия, 1949–2015 гг.	1951 г., 1952 г., 1956 г., 1957 г., 1964 г., 1965 г., 1971 г., 1972 г., 1979 г., 1980 г., 1990 г., 1991 г., 1993 г., 1995 г., 2003 г., 2004 г. и 2009 г.
Индия, 1949–2015 гг.	1953 г., 1954 г., 1958 г., 1968 г., 1969 г., 2005 г. и 2006 г.
<b>Примечание</b> – Жирным шрифтом обозначены годы, которые являются наиболее существенными сдвигами по данной категории	

Таблица 4 – Результаты анализа иерархических структурных сдвигов по статистическим проверкам на однородность (тесты *Петтитта*, *Бушшанда* и *Александрссона*) в блоке «сельское хозяйство»

Исследуемый объект (ряд)	Общие точки структурных сдвигов
<i>Производство сахарной свеклы в России, 1881–2015 гг.</i>	
посевные площади	1897 г., 1898 г., 1953 г., 1982 г., 1989 г., <b>1990 г.</b> , 1992 г. и 1993 г.
валовой сбор	1892 г., 1893 г., 1898 г., 1899 г., 1949 г., 1955 г., 1963 г., 1964 г., <b>1991 г.</b> , 1992 г., 2010 г. и 2011 г.
урожайность	1912 г., 1913 г., <b>1990 г.</b> и <b>1991 г.</b>
<i>Производство сахарной свеклы на Кубани, 1932–2015 гг.</i>	
посевные площади, 1920–2015 гг.	1930 г., <b>1957 г.</b> , 1959 г., 1969 г., 1994 г. и 1995 г.
валовой сбор	1950 г., 1951 г., <b>1957 г.</b> , 1958 г., 1963 г. и 1964 г.
урожайность	2003 г. и 2004 г.
<i>Производство сахарной свеклы в США, 1903–2015 гг.</i>	
посевные площади	1905 г., 1906 г., 1908 г., 1909 г., 1911 г. и 1960 г.
валовой сбор	1905 г., 1906 г., 1911 г., 1912 г., 1919 г., 1920 г., 1929, 1930, 1958 г., 1959 г., 1967 г. и 1968 г.
урожайность	1946 г., 1947 г., 1952 г. и 1970 г.

Исследуемый объект (ряд)	Общие точки структурных сдвигов
<i>Производство сахарного тростника в США, 1909–2015 гг.</i>	
посевные площади	1933 г., 1934 г., 1971 г., 1972 г. и <b>1986 г.</b>
валовой сбор	1922 г., 1923 г., 1933 г., 1934 г., 1960 г., 1961 г., 1971 г., 1972 г., 1985 г. и <b>1986 г.</b>
урожайность	1953 г., <b>1986 г.</b> и 1987 г.
<i>Производство сахарной свеклы в Германии, 1909–2015 гг.</i>	
посевные площади	1972 г., 1973 г., 1999 г. и 2005 г.
валовой сбор, 1836–2014 гг.	1846 г., 1847 г., 1855 г., 1862 г., 1863 г., 1868 г., 1874 г., 1875 г., 1881 г., 1882 г. и 1973 г.
урожайность	1966 г., 1980 г., 1998 г. и 1999 г.
<i>Производство сахарного тростника в Индии, 1949–2015 гг.</i>	
посевные площади	2005 г. и 2006 г.
валовой сбор, 1950–2015 гг.	1956 г., 1957 г., 1958 г., 1960 г., 1961 г., 1973 г., 1974 г., 1981 г., 1982 г., 1988 г., 1995 г., 2006 г. и 2007 г.
урожайность	1967 г., 1968 г., 1980 г., 1981 г., 1986 г. и 1989 г.
<i>Производство сахарного тростника в Бразилии, 1960–2015 гг.</i>	
посевные площади	1964 г., <b>1965 г.</b> , 1972 г., 1980 г., <b>1984 г.</b> , 1985 г., 1996 г., 2006 г. и 2007 г.
валовой сбор	1961 г., 1962 г., 1964 г., <b>1965 г.</b> , 1972 г., 1977 г., 1981 г., <b>1982 г.</b> , <b>1984 г.</b> , 1985 г., 1993 г., 1994 г., 1996 г., 1997 г., 2001 г., 2002 г., 2006 г. и 2007 г.
урожайность	<b>1965 г.</b> , 1976 г., 1977 г., <b>1982 г.</b> , 1993 г. и 1994 г.
<i>Примечание</i> – Жирным шрифтом обозначены годы, которые являются наиболее существенными сдвигами по данной категории	

Построена система математических моделей, позволяющая обеспечить прикладное исследование структурных изменений, оценить направленность и качество разрывов, а также получить конкретные числовые параметры структурных изменений агротехнологического передела с целью достижения сбалансированности на макроэкономическом уровне ИПС СП АПК.

На практике это реализуется по методу, изложенному в работе [6, с. 15]. Результаты спектрального анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Иерархия базовых частот остатков НВР мирового производства тростникового сахара по значимости, 1864–2013 гг.

Модель	Частоты
<i>Аддитивная</i>	
скользящая средняя	3,947; 3,061; 7,895 и 5,172
экспоненциальная скользящая средняя	4,139; 4,806; 5,96 и 3,465
ARIMA	3,947; 3,061; 7,895 и 5,357
<i>Мультипликативная</i>	
скользящая средняя	4,286; 3,333; 3; 2,679; 3,488 и 7,895
экспоненциальная скользящая средняя	11,462; 4,027; 7,842; 3,821; 4,257; 2,661; 3,465 и 5,138
ARIMA	4,286; 2,542; 2,679; 11,538; 3,333; 7,895 и 3,061

Таблица 6 – Частоты (циклы) по самым мощным структурным сдвигам в мировом производстве тростникового сахара

Период	Скользящая средняя	Экспоненциальная скользящая средняя	Модель ARIMA
<i>Аддитивная модель</i>			
1864–1946 гг.	3,773; 2,515; 6,385 и 11,857	2,485; 11,714; 3,727 и 6,308	2,515; 3,773; 11,857 и 5,929
1864–1904 гг.	3,417	3,333	3,417
1905–1946 гг.	3,818 и 2,471	2,471; 14 и 3,818	2,471; 3,818 и 14
1947–2013 гг.	3,941	3,941 и 7,444	3,941
1947–1979 гг.	4,714	6,6	6,6 и 2,75
1980–2013 гг.	3,778	3,778	3,4
<i>Мультипликативная модель</i>			
1864–1946 гг.	4,368; 3,32 и 11,857	11,714; 4,316 и 2,563	3,32; 4,611 и 11,857
1864–1904 гг.	3,417	3,333	3,417
1905–1946 гг.	3,818	3,727	2,471 и 3,818
1947–2013 гг.	3,722 и 5,583	3,722 и 6,7	3,35 и 6,7
1947–1979 гг.	4,125	6,6 и 2,75	2,75 и 6,6
1980–2013 гг.	3,778	3,778 и 8,5	3,778

Целесообразно рассмотреть только мультипликативную модель остатков скользящей средней, так как она является лучшей аппроксимацией кривой мирового производства тростникового сахара ( $R = 0,998$ ).

Из таблиц 5–6 видно, насколько сужается идентификация циклических частот. Это также подтверждает значимость исследования оценок прогнозных моделей при построении циклических траекторий. Отметим,

что коэффициенты корреляции (частной)<sup>13</sup> примечательны тем, что они тоже показывают некоторую периодичность (таблица 7).

Таблица 7 – Выявленные коэффициенты корреляции<sup>14</sup> в разных структурных сдвигах (мировое производство тростникового сахара)

Период	Скольльзящая средняя	Экспоненциальная скользящая средняя	Модель ARIMA
<i>Аддитивная модель</i>			
1864–1946 гг.	2, 6 и 9	6, 9 и 12	6 и 9
1864–1904 гг.	2	–	–
1905–1946 гг.	6 и 9	6 и 11	6
1947–2013 гг.	2, 4 и 6	2 и 3	2 и 3
1947–1979 гг.	2	–	10
1980–2013 гг.	2	2	2
<i>Мультипликативная модель</i>			
1864–1946 гг.	2, 6 и 8	–	–
1864–1904 гг.	2 и 8	–	–
1905–1946 гг.	2, 6 и 9	6	6
1947–2013 гг.	2, 4 и 6	2 и 14	2 и 14
1947–1979 гг.	2 и 4	–	4
1980–2013 гг.	2, 4 и 6	2 и 13	2 и 14

По указанным параметрам мирового производства тростникового сахара получим следующие итоговые характеристики структурных сдвигов:

- 1) при спектральном анализе базовая частота соответствует значению 3,778 (первоначально было 6 частот, имеющих значения: 4,286; 3,333; 3; 2,679; 3,488 и 7,895);
- 2) при корреляционном анализе три частоты соответствуют значениям 2, 4 и 6 (первоначально было 4 частоты со значениями: 2, 3, 8 и 16).

Исходя из этого, укажем положительные и отрицательные стороны АИСС.

Достоинства:

1. Обеспечивает быструю и точную визуализацию прогноза сахарного подкомплекса АПК.

<sup>13</sup> Жмурко Д.Ю. Применение корреляционного анализа в сахарной отрасли АПК (ч. 1 – автокорреляция и частная автокорреляция) // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1073 – 1109. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/72.pdf>

<sup>14</sup> Отличие коэффициентов корреляции от коэффициентов (гармоник) спектрального анализа состоит в том, что первые могут быть только целыми числами, а вторые – любой природы.

2. Способствует развитию таких научных направлений, как:

- построение индексной сезонности (метод DHSY и Census Method II);
- проверка «границ» кластеров и их идентификации с помощью иерархической кластеризации (кластерный анализ);
- прогнозирование с учетом новых параметров макроэкономических временных рядов с применением амплитудных частот (спектральный анализ).

3. Позволяет выявить структурные сдвиги в отрасли без его подтверждения показателями из других секторов экономики<sup>15</sup>.

Недостатки:

1. Для расчета требуется много времени.

2. Данный математический инструмент не может быть реализован в рамках теории вероятностей (теории больших чисел или комбинаторного взрыва), так как в них используются вычисления с помощью закона двойного логарифма (рисунок 12).

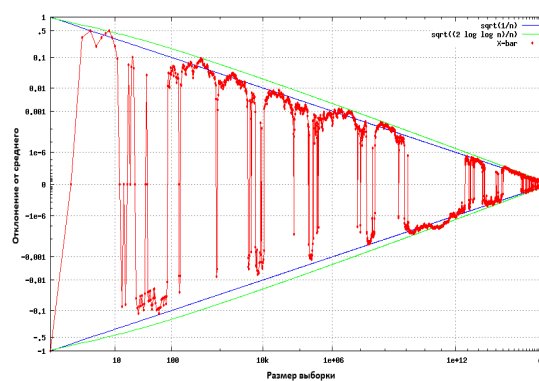


Рисунок 12 – Пример закона двойного логарифма

## Выводы

Подводя итоги, можно сказать, что различия в уровнях производительности труда связаны с отставанием в технологиях, приводящим к временным дисбалансам (таким как лаги в реакции на изменения в техноло-

<sup>15</sup> Это удобно представить в пространстве двух продуктов. Определяются две кривые – граница производственных возможностей (ГПВ) и кривая безразличия (КБ). Каждая точка ГПВ соответствует двум продуктам, которые могут быть произведены с использованием всех имеющихся факторов производства. Развитие технологий позволяет производить большее количество при тех же затратах факторов, поэтому технологический рост удобно представить как сдвиг границы производственных возможностей вверх и вправо. В свою очередь, КБ определяет множество всевозможных наборов из двух продуктов с одинаковой полезностью. Равновесие (в замкнутой экономике) достигается в точке касания ГПВ [3, с. 17].



гии), ограничением возможностей для торговли, медленной мобильностью капитала и труда.

Основным результатом представленной работы является анализ иерархических структурных сдвигов, разработанный для прогнозной оценки влияния изменений на рост/падение показателей ИПС СП АПК (на примере мирового производства тростникового сахара).

1. Дано определение анализу иерархических структурных сдвигов, как новому элементу эконометрики.

2. Движение различного рода ресурсов (трудовых, финансовых и пр.) внутри отрасли с разными уровнями продуктивности, вызывающее структурные сдвиги в совокупной производительности, не может быть объяснено с помощью математических формул, которые описывают протекающие процессы роста производительности труда только в пределах заданной отрасли. Полученные результаты позволили разработать анализ иерархических структурных сдвигов для сахарного подкомплекса АПК.

3. Полученные результаты в сочетании с классическими методами декомпозиции (спектральный анализ) позволили выявить совершенно иные динамические структуры при прогнозировании деятельности ИПС СП АПК.

4. Основным отличием АИСС (анализа иерархической однородности) от кластерного анализа служит формирование «неразрывных» («непрерывных») последовательных кластеров.

5. Разработанный анализ дает возможность делать прогноз, существенно уменьшив, «сгладив» краевой эффект, т. е. сдвинуть область неточной оценки тренда вправо, за пределы исследуемого ряда при спектральном анализе.

6. По мере развития экономических систем структурные изменения становятся особым объектом исследования процессов на макроэкономическом уровне. В качестве основного инструментария были использованы

тесты на однородность, которые значительно отличаются от общепризнанных статистических (индексных) методов. Применение разработанного анализа позволит в дальнейшем значительно уменьшить глубину ретроспективного периода исследования и расширить временные горизонты прогнозной оценки изменения структуры сахарного подкомплекса АПК.

### Список литературы

1. Барашов Н. Г. Циклическая динамика структурно-технологических сдвигов в развитии экономических систем: дисс. ... д-ра экон. наук / Н. Г. Барашов. – Саратов: СГСЭУ, 2010. – 371 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/tsiklicheskaya-dinamika-strukturno-tekhnologicheskikh-sdvigov-v-razvitiiekonomicheskikh-sis>

2. Бродский Б. Е. Методы вероятностной диагностики изменений структурных характеристик стохастических процессов и моделей: дисс. ... д-ра физ.-мат. наук / Б. Е. Бродский. – М.: ЦЭМИ РАН, 2003. – 207 с.

3. Воскобойников И. Б. Рост производительности труда, структурные сдвиги и неформальная занятость в российской экономике: препринт WP3/2015/04 / И. Б. Воскобойников, В. Е. Гимпельсон. – М.: Высш. школа экономики, 2015. – 47 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.hse.ru/data/2015/07/17/1085497876/WP3\\_2015\\_04\\_FFF.pdf](https://www.hse.ru/data/2015/07/17/1085497876/WP3_2015_04_FFF.pdf)

4. Демченко С. К. Структурные сдвиги и проблемы экономического роста национальной экономики / С. К. Демченко, М. А. Юдина // Вопросы экономической теории. – 2014. – № 50. – С. 96–99.

5. Дронов С. В. Многомерный статистический анализ: учеб. пособие / С. В. Дронов. – Барнаул: Алт. гос. ун-т, 2003. – 213 с.

6. Жмурко Д. Ю. Разработка адаптивной модели спектрального анализа с применением методов фильтрации для прогнозирования динамики сахарной отрасли АПК (ч. 1 – постановка задачи и моделирование) / Д. Ю. Жмурко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02 (116). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/74.pdf>

7. Жмурко Д. Ю. Применение корреляционного анализа в сахарной отрасли АПК (ч. 1 – автокорреляция и частная автокорреляция) / Д. Ю. Жмурко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02 (116). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/72.pdf>

8. Красильников О. Ю. Теоретико-методологические основы исследования структурных сдвигов в современной российской экономике: дисс. ... д-ра экон. наук / О. Ю. Красильников. – Саратов: СГУ, 2001. – 318 с.

9. Никифоров И. В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов / И. В. Никифоров. – М.: Наука, 1983. – 199 с.

10. Реброва И. А. Планирование эксперимента: учеб. пособие / И. А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.

11. Сарагулов А. И. Моделирование структурной динамики макроэкономических систем: автореф. ... дисс д-ра экон. наук / А. И. Сарагулов. – СПб: СПбГУ, 2012. – 36 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vak1.ed.gov.ru/ru/dissertation/subscription/index.php?id54=14008>

12. Строев А. А. Идентификация структурных сдвигов в экономических процессах: дисс. ... канд. экон. наук / А. А. Строев. – М.: МФЗИ, 1984. – 216 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economy-lib.com/identifikatsiya-strukturnyh-sdvigov-v-ekonomicheskikh-protsessah>

13. Сухарев О. С. Оценка структурных сдвигов в экономике России: докл. / О. С. Сухарев. – М.: Ин-т экономики РАН. 2013 – 28 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://inecon.org/docs/Sukharev\\_seminar\\_20131024.pdf](http://inecon.org/docs/Sukharev_seminar_20131024.pdf)

14. Тарасенко Ф. П. Непараметрическая статистика / Ф. П. Тарасенко. – Томск: ТГУ, 1976. – 294 с.

15. Часть III. Эконометрия – I: Анализ временных рядов / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bseu.by/russian/faculty5/stat/docs/4/EconometricsBook3.pdf>

16. Энциклопедия статистических терминов. В 8 т. – Т. 2. Инструментальные методы статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/rosstat/stbook11/tom2.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/rosstat/stbook11/tom2.pdf) – М.: ФСГС. – 2011. – 474 с.

17. Юдина М. А. Структурные сдвиги и их влияние на развитие Российской экономики // М. А. Юдина. // Проблемы современной экономики: Макроэкономика. – 2013. № 3 (47). – С. 132–136. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/strukturnye-sdvigi-i-ih-vliyanie-na-razvitie-rossiyskoj-ekonomiki>

18. Alexandersson H. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends // H. Alexandersson, A. Mobergh. – International journal of climatology, Vol. 17, 1997. – p. 25–34. – Electronic resource. – [Mode of access]: [http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Method\\_Description/Climat e/alexandersson\\_moberg.pdf](http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Method_Description/Climat e/alexandersson_moberg.pdf)

19. Castle J. Detecting location shifts during model selection by step-indicator saturation / J. Castle, J. Doornik, D. Hendry, F. Pretis // – Basel, Switzerland: MDPI AG. – Econometrics 2015, 3(2), 240-264 p. – Electronic resource. – [Mode of access]: <http://www.mdpi.com/2225-1146/3/2/240/htm>

20. Radivojevic A. R., et al. Statistical analysis of temperature regime change on the example of Sokonja basin in eastern Serbia / A. R. Radivojevi, N. M. Marti, M. J. Goci, I. M. Filipovi, M. A. Pavlovi, M. M. Radovanovi, L. S. Strievi, M. R. Puni // Thermal science: Year 2015, Vol. 19, Suppl. 2, pp. S323-S330 Electronic resource. – [Access mode]: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2015/0354-98361500019R.pdf>

21. Sharkey P. Nonparametric Methods for Online Change point Detection // Электронный ресурс. – [Режим доступа]: <http://www.lancaster.ac.uk/pg/sharkeyp/PaulRT2.pdf> – 23 p.

## Reference

1. Barashov N. G. TSiklicheskaya dinamika strukturno-tekhnologicheskikh sdvigov v razvitii ehkonomicheskikh sistem: diss ... d-ra ehkon. nauk / N. G. Barashov. – Saratov: SGSEHU, 2010. – 371 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.dissercat.com/content/tsiklicheskaya-dinamika-strukturno-tekhnologicheskikh-sdvigov-v-razvitii-ekonomicheskikh-sis>

2. Brodskij B. E. Metody veroyatnostnoj diagnostiki izmenenij strukturnykh kharakteristik stokhasticheskikh protsessov i modelej: diss. ... d-ra fiz.-mat. nauk / B. E. Brodskij. – М.: TSEHMI RAN, 2003. – 207 s.

3. Voskoboynikov I. B. Rost proizvoditel'nosti truda, strukturnye sdvigi i neformal'naya zanyatost' v rossijskoj ehkonomie: preprint WP3/2015/04 / I. B. Voskoboynikov, V. E.

Gimpel'son. – M.: Vyssh. shkola ehkonomiki, 2015. – 47 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://www.hse.ru/data/2015/07/17/1085497876/WP3\\_2015\\_04\\_FFF.pdf](https://www.hse.ru/data/2015/07/17/1085497876/WP3_2015_04_FFF.pdf)

4. Demchenko S. K. Strukturnye sdvigi i problemy ehkonomicheskogo rosta natsional'noj ehkonomiki / S. K. Demchenko, M. A. Yudina // Voprosy ehkonomicheskoy teorii. – 2014. – № 50. – S. 96–99.

5. Dronov S. V. Mnogomernyj statisticheskij analiz: ucheb. posobie / S. V. Dronov. – Barnaul: Alt. gos. un-t, 2003. – 213 s.

6. Zhmurko D. Yu. Razrabotka adaptivnoj modeli spektral'nogo analiza s primeneniem metodov fil'tratsii dlya prognozirovaniya dinamiki sakharnoj otrasli APK (ch. 1 – postanovka zadachi i modelirovanie) / D. Yu. Zhmurko // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02 (116). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/74.pdf>

7. Zhmurko D. Yu. Primenenie korrelyatsionnogo analiza v sakharnoj otrasli APK (ch. 1 – avtokorrelyatsiya i chastnaya avtokorrelyatsiya) / D. Yu. Zhmurko // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02 (116). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/72.pdf>

8. Krasil'nikov O. YU. Teoretiko-metodologicheskie osnovy issledovaniya strukturnykh sdvigov v sovremennoj rossijskoj ehkonomike: diss. ... d-ra ehkon. nauk / O. Yu. Krasil'nikov. – Saratov: SGU, 2001. – 318 s.

9. Nikiforov I. V. Posledovatel'noe obnaruzhenie izmeneniya svojstv vremennykh ryadov / I. V. Nikiforov. – M.: Nauka, 1983. – 199 s.

10. Rebrova I. A. Planirovanie ehksperimenta: ucheb. posobie / I. A. Rebrova. – Omsk: SibADI, 2010. – 105 s.

11. Saragulov A. I. Modelirovanie strukturnoj dinamiki makroehkonomicheskikh sistem: avtoref. ... diss d-ra ehkon. nauk / A. I. Saragulov. – SPb: SPbGPU, 2012. – 36 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://vak1.ed.gov.ru/ru/dissertation/subscription/index.php?id54=14008>

12. Stroeв A. A. Identifikatsiya strukturnykh sdvigov v ehkonomicheskikh protsessakh: diss. ... kand. ehkon. nauk / A. A. Stroeв. – M.: MFZI, 1984. – 216 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://economy-lib.com/identifikatsiya-strukturnyh-sdvigov-v-ekonomicheskikh-protsessah>

13. Sukharev O. S. Otsenka strukturnykh sdvigov v ehkonomike Rossii: dokl. / O. S. Sukharev. – M.: In-t ehkonomiki RAN. 2013 – 28 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://inecon.org/docs/Sukharev\\_seminar\\_20131024.pdf](http://inecon.org/docs/Sukharev_seminar_20131024.pdf)

14. Tarasenko F. P. Neparаметричeskaya statistika / F. P. Tarasenko. – Tomsk: TGU, 1976. – 294 s.

15. Chast' III. Ekonometriya – I: Analiz vremennykh ryadov / [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.bseu.by/russian/faculty5/stat/docs/4/EconometricsBook3.pdf>

16. Entsiklopediya statisticheskikh terminov. V 8 t. – T. 2. Instrumental'nye metody statistiki [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/rosstat/stbook11/tom2.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/rosstat/stbook11/tom2.pdf) – M.: FSGS. – 2011. – 474 s.

17. Yudina M. A. Strukturnye sdvigi i ikh vliyanie na razvitie Rossijskoj ehkonomiki // M. A. Yudina. // Problemy sovremennoj ehkonomiki: Makroehkonomika. – 2013. № 3 (47). – S. 132–136. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://cyberleninka.ru/article/n/strukturnye-sdvigi-i-ih-vliyanie-na-razvitie-rossijskoj-ekonomiki>

18. Alexandersson H. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends // H. Alexandersson, A. Mobergh. – International journal of climatology, Vol. 17, 1997. – p. 25–34. – Electronic resource. – [Mode of access]: [http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Method\\_Description/Climat e/alexandersson\\_moberg.pdf](http://www.homogenisation.org/files/private/WG1/Bibliography/Method_Description/Climat e/alexandersson_moberg.pdf)

19. Castle J. Detecting location shifts during model selection by step-indicator saturation / J. Castle, J. Doornik, D. Hendry, F. Pretis // – Basel, Switzerland: MDPI AG. – *Econometrics* 2015, 3(2), 240-264 p. – Electronic resource. – [Mode of access]: <http://www.mdpi.com/2225-1146/3/2/240/htm>

20. Radivojevic A. R., et al. Statistical analysis of temperature regime change on the example of Sokonja basin in eastern Serbia / A. R. Radivojevi, N. M. Marti, M. J. Goci, I. M. Filipovi, M. A. Pavlovi, M. M. Radovanovi, L. S. Strievi, M. R. Puni // *Thermal science: Year 2015*, Vol. 19, Suppl. 2, pp. S323-S330 Electronic resource. – [Access mode]: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2015/0354-98361500019R.pdf>

21. Sharkey P. Nonparametric Methods for Online Change point Detection // Электронный ресурс. – [Режим доступа]: <http://www.lancaster.ac.uk/pg/sharkey/PaulRT2.pdf> – 23 p.