

УДК 330.38

UDC 330.38

08.00.00 Экономические науки

Economics sciences

**РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ САХАРНОЙ ОТРАСЛИ АПК (ЧАСТЬ 1 – ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ)****ELABORATION OF ADAPTIVE MODELS OF SPECTRAL ANALYSIS WITH APPLICATION OF METHODS OF FILTRATION WHEN PREDICTING THE DYNAMICS OF AIC SUGAR INDUSTRY (PART 1 – FORMULATION AND SIMULATION)**

Жмурко Даниил Юрьевич

канд. экон. наук, доцент

РИНЦ SPIN-код автора: 1543-2028

*danis1982@list.ru**Краснодарский университет МВД РФ, 350005**Россия, Краснодар, ул. Ярославская 128*

Zhmurko Daniil Yurievich

Cand.Econ.Sci., associate professor

RSCI SPIN-code: 1543-2028

*danis1982@list.ru**Krasnodar University of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation, Krasnodar, Russia*

**Цель:** Для повышения системности и эффективности стратегического планирования и прогнозирования в современных условиях требуется развитие существующих классификаций видов планирования, стратегий, прогнозов и методов прогнозирования. В работе рассматривается введение в проблематику спектрального анализа макроэкономической динамики мирового и российского сахарного подкомплекса АПК. Статья посвящена вопросам прогнозирования деятельности интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК. Рассмотрены аспекты практического применения экономико-математических методов (на основе спектрального анализа) для управления экономическими параметрами интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК, ориентированных на удовлетворение потребностей в сахарной продукции населения не только отдельных регионов, но и страны в целом. **Обсуждение:** Процедуры выявления и исследования периодических составляющих динамики развития агропромышленного сегмента АПК базируются на методах спектрального анализа случайных процессов. В работе описываются эксперименты с различного рода нестационарными временными рядами, относящимися к аграрному сектору и пищевой промышленности сахарного подкомплекса. Приведены результаты вычислительных экспериментов спектров временных рядов производства сахара, посевных площадей, валового сбора и урожайности сахарной свеклы и сахарного тростника по странам. Систематизированно изложены идеи и методы, лежащие в основе спектрального анализа. Дается оценка полученным результатам. **Результаты:** Разработанный автором алгоритм адаптивной методики спектрального анализа был реализован в рамках конкретного программного продукта в формате MS Excel. Результаты проведенных им эмпирических исследований подтвердили возможность практического использования разработанных моделей при прогнозировании вероятных сценариев развития сахарного подкомплекса при участии интегрированных производственных

**Objective:** To improve the consistency and effectiveness of strategic planning and forecasting in modern conditions it requires development of the existing classifications of types of planning, strategies, forecasts and forecast methods. This study examines the introduction to problems of spectral analysis of the macroeconomic dynamics of key world and Russian sugar subcomplex. The article is devoted to forecasting the activities of integrated manufacturing systems of sugar subcomplex in agro industrial subcomplex. As well as to the practical application of economic-mathematical methods (based on spectral analysis) to control the economic parameters of the integrated industrial systems of the sugar subcomplex, oriented to meet the needs of the sugar production of the population not only of individuals, but of the regions and the country as a whole. **Discussion:** Procedures to identify and study the dynamics of periodic components of the development of the agriculture segment agriculture are based on methods of spectral analysis of random processes. The article describes the performed experiments with various kinds of non-stationary time series of agricultural sector and food industry sugar subcomplex. The article presents results of numerical experiments with the spectra of time series of sugar production, sown areas, gross harvest and yield of sugar beet and sugar cane country. Systematic ideas and methods underlying the spectral analysis were shown. The article also assesses the results. **Results:** The algorithm developed by the author for the adaptive method of spectral analysis was implemented by the author in the context of a specific software product, namely in MS Excel format. The results of the empirical research confirmed the possibility of practical use of developed models in forecasting likely scenarios for the development of sugar sub-complex in the interests of integrated production systems. The results are illustrated by numerous graphs based on real data. We have also built projection of latent structures of sugar subcom-

систем. Изложенные результаты иллюстрируются многочисленными графиками, построенными на реальных данных. Выстроены проекции латентных структур сахарного подкомплекса АПК по макрорегионам. Установлено, что каждый макроэкономический временной ряд может содержать, по меньшей мере, от 2 до 9 гармоник (циклов) разного рода и силы воздействия на тренд

Ключевые слова: СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ, НАЛОЖЕНИЕ ЧАСТОТ, ГАРМОНИКИ, АГРАРНЫЕ ЦИКЛЫ, ЭФФЕКТ ПРОСАЧИВАНИЯ, МОДЕЛИ ФИЛЬТРАЦИИ, ОСТАТКИ, АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ

plex in the macroregions. It is revealed that each of the macroeconomic time series can contain at least from 2 to 9 harmonics (cycles) of different kind and strength of impact on the trend

Keywords: SPECTRAL ANALYSIS, CONVERSION OF FOURIER, OVERLAPPING FREQUENCIES, HARMONICS, AGRICULTURAL CYCLES, TRICKLE-DOWN EFFECT, FILTER MODEL, BALANCES, AMPLITUDE AND PHASE

Еще до появления санкций со стороны Запада Президентом и Правительством Российской Федерации была подготовлена программа (стратегия) социально-экономического развития России до 2030 г. (так называемая Стратегия-2030). В ней основная роль отводится отечественному производителю, деятельность которого охватывает так или иначе все отрасли народного хозяйства. Как известно, миссия бизнеса – удовлетворять потребности общества. В настоящее время по ряду товаров сделать это не представляется возможным: иногда обстоятельства складываются не в пользу товаропроизводителей. В этом случае приходится импортировать товары. Весь комплекс таких мероприятий по силам выполнить только крупным производственным объединениям, которые выпускают готовую продукцию из собственного сырья, а при необходимости смогут получить квоту на ввоз импортного. По сути, такие образования – «квазидостаточные» конгломераты, которые в стремлении получить сверхприбыль сами выбирают стратегии развития, тем самым частично выполняя функции государства.

Для того чтобы перейти к планированию устойчивого развития, необходимо иметь или разработать (адаптировать) методы и модели прогнозирования. Стратегическое планирование и прогнозирование как наиболее эффективные инструменты менеджмента сейчас активно используются на

всех уровнях управления: страны, регионов, отраслей, крупных предприятий и организаций.

Методы прогноза либо основываются на чисто статистических оценках, либо используют спектральное разложение. Отметим, что в разных прикладных областях применяют разные методы прогноза. Так, например, в гуманитарных (социология, психология, лингвистика и др.) предпочитают только статистические методы, а в инженерных и естественнонаучных областях (исследование сигналов физического и технического происхождения) – спектральные. Однако все методы прогнозирования имеют один существенный недостаток – они пытаются чисто формальными вычислениями восполнить недостаточность информации о сущности изучаемых процессов. Именно с этим связана слабая результативность всех известных формальных методов прогноза [2, 14].

Рассчитывать на повышение точности прогноза можно только при использовании методов, основанных на адаптированных математических моделях.

Происходящие в современной экономике перемены резко ограничивают возможность применения методов, которые основаны на идее экстраполяции стационарных процессов. Все чаще требуется, чтобы прогнозные модели отражали качественные изменения закономерностей развития изучаемых процессов. При этом требуемый уровень точности прогнозных оценок можно получить только с помощью моделей, обладающих адаптивными свойствами. В отличие от других, адаптивные модели при отражении текущего состояния исследуемого объекта способны учитывать особенности его динамических характеристик. Это делает их эффективным инструментом для прогнозирования и анализа процессов, характеризующих экономическую систему на любом этапе ее функционирования.

В последнее время все большее применение находят анализ и прогнозирование динамических рядов, что в определенной мере связано с интен-

сивным развитием информационных технологий. Благодаря их использованию в ряде вузов страны в учебные планы введена новая дисциплина «Анализ и прогнозирование временных рядов». Ее целью является изложение методов анализа и прогнозирования временных рядов с помощью современных технологий. Среди этих методов особое место занимают статистические системы анализа (спектральный анализ) и прогнозирования временных рядов.

Спектральный анализ был и является ключевым звеном в системе выявления циклических компонент. Одним из центральных вопросов спектрального анализа является вычисление преобразования Фурье.

В технических науках спектральный и гармонический анализ используется для решения различных классов задач. В гуманитарных науках, в экономике, есть устоявшее мнение, что для решения разных задач (проблем) может применяться и быть полезным корреляционный анализ, спектральный же считается отчасти «неработающим» инструментом. Последний постулат в ходе нашего исследования автор попытается опровергнуть.

*Объектом исследования* являются интегрированные производственные системы сахарного подкомплекса АПК.

*Предметом исследования* являются методы спектрального анализа сахарного подкомплекса АПК. Анализ будет проводиться на основе данных статистики Краснодарского края, России, а также Германии, Бразилии, Индии и США (дополнительно рассматривается мировое производство сахара). В дальнейшем спектральный анализ станет базисом для проведения других видов эконометрического анализа.

*Целью работы* является выявление новых закономерностей при использовании адаптивных моделей спектрального анализа в деятельности интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК.

Основные задачи статистического исследования: сбор, обработка и анализ статистических данных, характеризующих состояние, развитие

сельского хозяйства и пищевой промышленности сахарного подкомплекса АПК. Информационными источниками статистики для него служат: отчетственная и зарубежная периодическая отчетность, статистические материалы международных агентств, отслеживающие деятельность объектов сахарного рынка.

В статистике сахарного подкомплекса АПК применяется следующая система основных показателей: посевные площади; валовой сбор и урожайность сахарной свеклы и сахарного тростника; производство сахара (по видам).

Рассмотрим причины применимости спектрального анализа в физике, математике, радиотехнике и других сферах и невозможности его использования при решении социально-экономического блока задач.

1. Процессы в технических приборах (аппаратуре, стендах и т. п.) имеют характер волновой (циклической) природы и протекают, как правило, с огромной скоростью (со скоростью света), т. е. относятся к классу стационарного ряда (так как не «выходят» из строго заданных ограничений). Если же взять разные статистические графики (диаграммы) по экономике, социологии и другим гуманитарным наукам, то циклических колебаний можно не обнаружить, так как природа этих временных рядов относится к классу нестационарных (постоянно инфляцирующих).

2. В технических науках спектральный анализ применяют сразу после получения данных об исследуемом процессе или явлении. В социально-экономических науках все происходит иначе: полученную функцию разбивают на тренд, сезонную компоненту и нерегулярную (остатки, выбросы и т. п.) компоненту (рисунок 1). Ключевым звеном становится сезонная компонента, она и будет подвергаться исследованию, разложению на гармоники Фурье. Результаты этой процедуры будут относиться к классу статистики третьего порядка.

3. Отличие исследований в области техники от социально-экономических состоит в наличии проблемы полипериодичности (квази-периодичности), когда выявленные закономерности содержат одновременно несколько циклов (частот). В физике такое явление называется турбулентностью. Решение технических задач находят при помощи фильтров (окон). В экономике решение этой проблемы находится в разбиении временного ряда на две части: тренд и остатки. Именно остатки становятся основой для спектрального анализа. В дальнейшем их роль сводится к наложению полученных весовых коэффициентов на тренд.

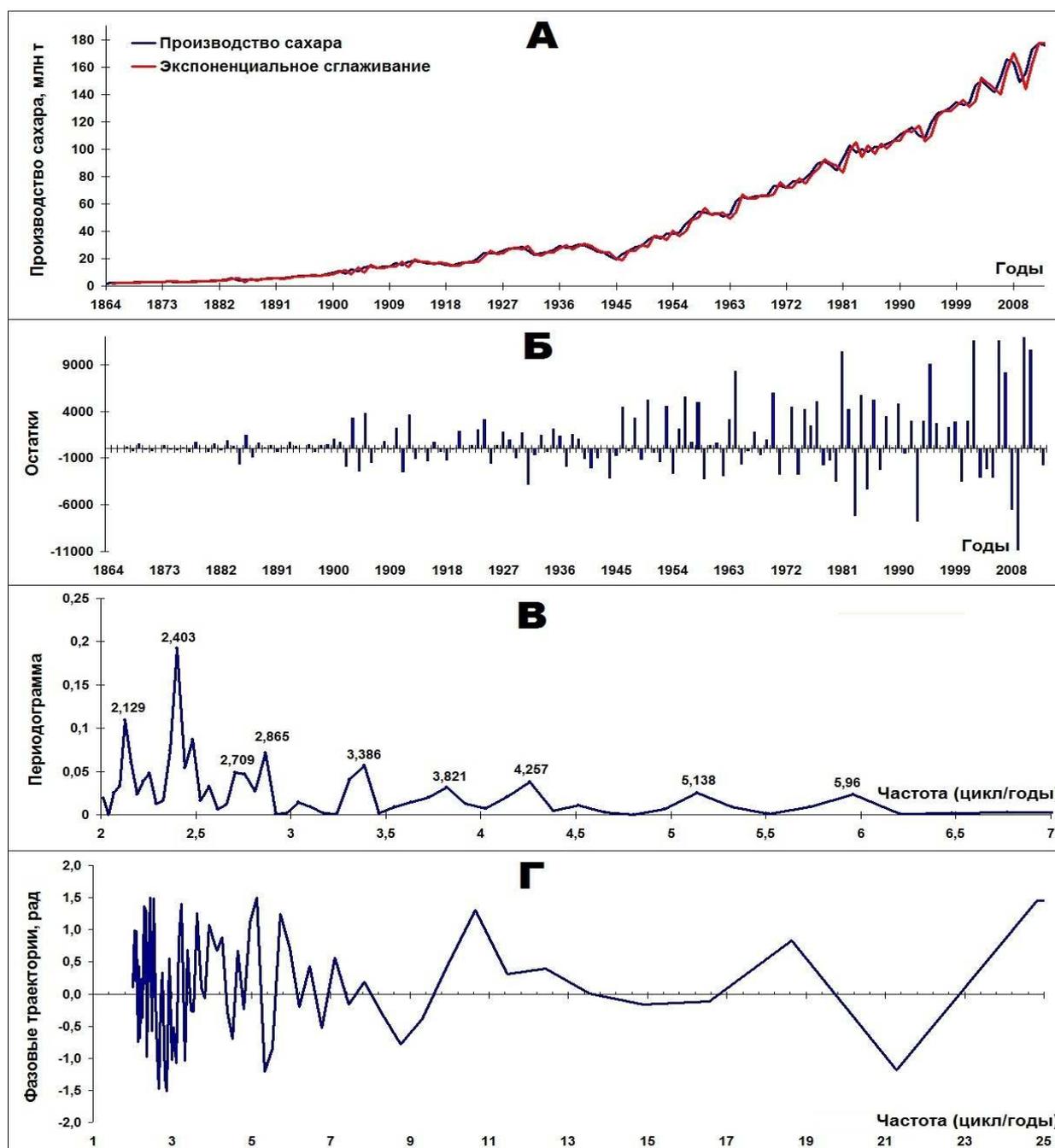


Рисунок 1 – Информационный портрет объемов мирового производства сахара, 1864–2013 гг. (А); остатки от экспоненциального сглаживания (Б); амплитудный портрет (В); фазовый портрет (Г)

На рисунке 1 представлены временной ряд (А), график остатков (Б), амплитудный спектр (В) и фазовый спектр (Г). Амплитудный спектр показан в виде периодограммы (рисунок 1В), т. е. графического изображения оценки (точнее, одной из нескольких возможных оценок) модуля преобразования Фурье автокорреляционной функции стационарного временного ряда или случайного процесса. Другими словами, это графическая форма

одной из оценок спектра функции автокорреляции. Ее еще можно рассматривать как график зависимости мощности процесса (или квадрата амплитуды) от частоты [2, с. 10].

При анализе периодограммы нужно обращать особое внимание на ее пики (величины, характеризующие «энергетический вклад»  $k$ -той гармоники в функцию  $\varphi(\tau)$  [2, с. 72]). Большой пик в области некоторой частоты  $\omega_0$  указывает на то, что в спектральном разложении автокорреляционной функции присутствует соответствующая гармоническая компонента. Чем выше и резче выражен пик, тем большая часть мощности сосредоточена около частоты  $\omega_n$  и тем большую роль играет эта частота в описании соответствующего случайного процесса или временного ряда [2, с. 10].

Фазовые траектории, представленные на рисунке 1Г, изображены в виде сложной «сжатой» кривой, состоящей из волн различных интегрированных частот (периодов) с меняющимися фазовыми отношениями. Ключевым на этом графике является фазовое ядро, показанное в диапазоне со 2-й по 4-ю единицу частоты, т. е. речь идет о том, что большинство циклов являются краткосрочными.

На рисунке 2 представлен спектр и его базовая «сжатая» часть.

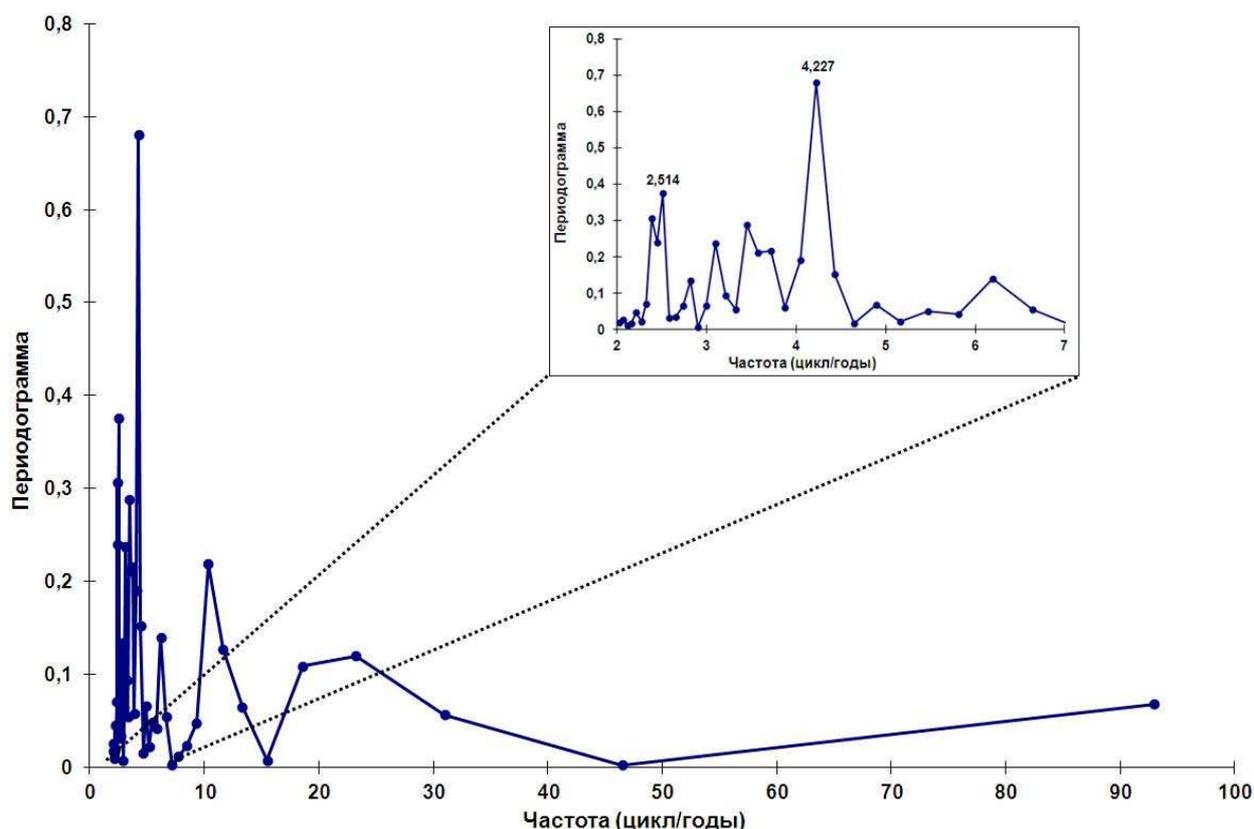


Рисунок 2 – Фрагмент амплитудного «растянутого» спектра

Такого рода временные ряды не являются чисто случайными, т. е. в них имеются некоторые, обычно не сразу замечаемые, закономерности. Здесь основным инструментом является периодограмма. Она позволяет более конкретно указать регулярные компоненты колебательного типа [2, с. 10].

При этом используются спектральная плотность (АЧХ – амплитудно-частотная характеристика) и ФЧХ (фазово-частотная характеристика). АЧХ показывает, на каких частотах исходного временного ряда сосредоточена основная «энергия» и где находятся области резонанса. Фазово-частотная характеристика является более изящным инструментом, она описывает сдвиги фаз отдельных гармоник и не носит явного энергетического характера [2, с. 10].

В современных условиях при решении задач управления сложными динамическими объектами используются математические методы и алгоритмы.

Алгоритм, по которому будет проходить исследование, представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Алгоритм адаптивной модели анализа Фурье для ИПС СП АПК

*Этап 1.* Сбор статистических данных за период от 60 до 180 лет. Построение макроэкономического ряда.

*Этап 2.* Полученные динамические ряды из нестационарного состояния<sup>1</sup> переводят в стационарное, производя сглаживание хронологических рядов (т. е. исследование переходит из параметрической в непараметрическую область). В научной работе используются две сезонные модели: мультипликативная и аддитивная, которые сочетаются с выбранными для сглаживания моделями – Хольта – Уинтера, скользящей средней, экспоненциальной и обратного быстрого преобразования Фурье (БПФ)<sup>2</sup>. Из полученных остатков (выбросов) также строятся динамические ряды.

*Этап 3.* Выбор оптимальных моделей траекторий по аппроксимации с помощью кросскорреляционного метода (таблицы 1–4).

*Этап 4.* Выявление базовых частот<sup>3</sup> временных рядов, полученных на шаге 3. Результаты получают по частотам, выявленным при использовании аддитивных и мультипликативных моделей остатков, конкретизируя после элиминирования, т. е. разности основного временного ряда и сглаживающей кривой. Далее остатки обрабатываются с помощью метода спектрального анализа.

*Этап 5.* Построение траекторий по четырем показателям: производство сахара, посевные площади сахарной свеклы (тростника), валовой сбор сахарной свеклы (тростника) и урожайность сахарной свеклы (тростника).

*Этап 6.* Наложение траекторий, полученных на этапе 5, на объективные прогнозные модели развития данного направления до 2030 г.

---

<sup>1</sup> Нестационарность экономических показателей приводит к тому, что спектр колебания таких величин одного и того же отраслевого сегмента будет зависеть от времени его вычисления. Если сравнить две оценки спектральной плотности мощности, вычисленные на разных интервалах времени, то можно заметить, что спектральные пики медленно «плывут» или «расщепляются». Этим объясняется известная нам из технического анализа концепция правого и левого смещения для трендовых рынков. Концепция является следствием характерного для любых волн (свет, звук и т. д.) эффекта, известного в физике под названием «эффект Доплера»: изменение длины волны гармонического колебания, наблюдаемое при движении источника волн относительно приемника. Иначе говоря, нестационарность анализируемых процессов не только не является помехой в определении направления тренда, но и служит прямым доказательством наличия трендового движения на финансовых и товарных рынках, в чем часто сомневаются ортодоксальные сторонники фундаментального анализа [6, с. 24].

<sup>2</sup> Для непериодических функций используется не ряд Фурье, а преобразование Фурье. Для таких функций преобразование Фурье называется спектральной плотностью стационарного случайного процесса.

<sup>3</sup> Выявленные коэффициенты амплитуды (гармоники), с точки зрения автора, правильнее называть весовыми коэффициентами (силами) тренда.

Таблица 1 – Мультипликативные оптимальные модели фильтрации временных рядов производства сахара

Исследуемый объект	Наилучшая модель при сглаживании с базовой
<i>Мировое производство сахара, 1864–2013 гг.</i>	
Общее	Скользящая средняя ( $R = 0,998$ )
Тростникового	Скользящая средняя ( $R = 0,998$ )
Свекловичного	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,992$ )
<i>Производство сахара в России (Российская империя, СССР и РФ), 1881–2013 гг.</i>	
Общее	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,993$ )
Свекловичного, 1871–2013 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,992$ )
Тростникового, 1901–2013 гг.	Экспоненциальная средняя $R = 0,971$
<i>Производство сахара в России (РСФСР и РФ), 1921–2013 гг.</i>	
Общее	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,99$ )
Тростникового, 1960–2013 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,981$ )
<i>Производство сахара на Кубани, 1921–2013 гг.</i>	
Общее	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,993$ )
Тростникового, 1960–2013 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,984$ )
<i>Производство сахара в США, 1832–2013 гг.</i>	
Общее	Скользящая средняя ( $R = 0,997$ )
Тростникового	Скользящая средняя ( $R = 0,995$ )
Свекловичного, 1864–2013 гг.	Скользящая средняя ( $R = 0,992$ )
<i>Производство сахара</i>	
Куба, 1849–2013 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,991$ )
Германия (свекловичного), 1911–2012 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,976$ )
Бразилия, 1949–2012 гг.	Скользящая средняя ( $R = 0,997$ )
Индия, 1949–2012 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,98$ )

Таблица 2 – Мультипликативные оптимальные модели фильтрации временных рядов производства сахарной свеклы и сахарного тростника

Наименование	Наилучшая модель при сглаживании с базовой
<i>Россия (Российская империя, СССР и РФ), 1881–2013 гг.</i>	
Посевная площадь сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,998$ )
Урожайность сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,959$ )
Валовой сбор сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,992$ )
<i>Кубань, 1932–2013 гг.</i>	
Посевная площадь сахарной свеклы, 1920–2013 гг.	Скользящая средняя ( $R = 0,996$ )
Урожайность сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,913$ )
Валовой сбор сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,97$ )
<i>США, 1903–2012 гг.</i>	
Посевная площадь сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,981$ )
Урожайность сахарной свеклы	Скользящая средняя ( $R = 0,985$ )
Валовой сбор сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,983$ )
<i>США, 1909–2012 гг.</i>	
Посевная площадь сахарного тростника	Скользящая средняя ( $R = 0,996$ )
Урожайность сахарного тростника	Обратное преобразование Фурье ( $R = 0,985$ )
Валовой сбор сахарного тростника	Скользящая средняя ( $R = 0,993$ )

Наименование	Наилучшая модель при сглаживании с базовой
<i>Германия, 1909–2013 гг.</i>	
Посевная площадь сахарной свеклы	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,978$ )
Урожайность сахарной свеклы, 1909–2012 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,976$ )
Валовой сбор сахарной свеклы, 1836–2012 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,986$ )
<i>Бразилия, 1960–2012 гг.</i>	
Посевная площадь сахарного тростника	Скользкая средняя ( $R= 0,9985$ )
Урожайность сахарного тростника	Скользкая средняя ( $R= 0,995$ )
Валовой сбор сахарного тростника	Скользкая средняя ( $R= 0,998$ )
<i>Индия, 1949–2012 гг.</i>	
Посевная площадь сахарного тростника	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,974$ )
Урожайность сахарного тростника	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,98$ )
Валовой сбор сахарного тростника, 1950 – 2012 гг.	Обратное преобразование Фурье ( $R= 0,982$ )

Рассмотрим на рисунках 4–80 диаграммы циклических траекторий и графики с наложенными на тренд частотами в виде целостной картины структурной динамики цикла.

### Блок «Пищевая промышленность»

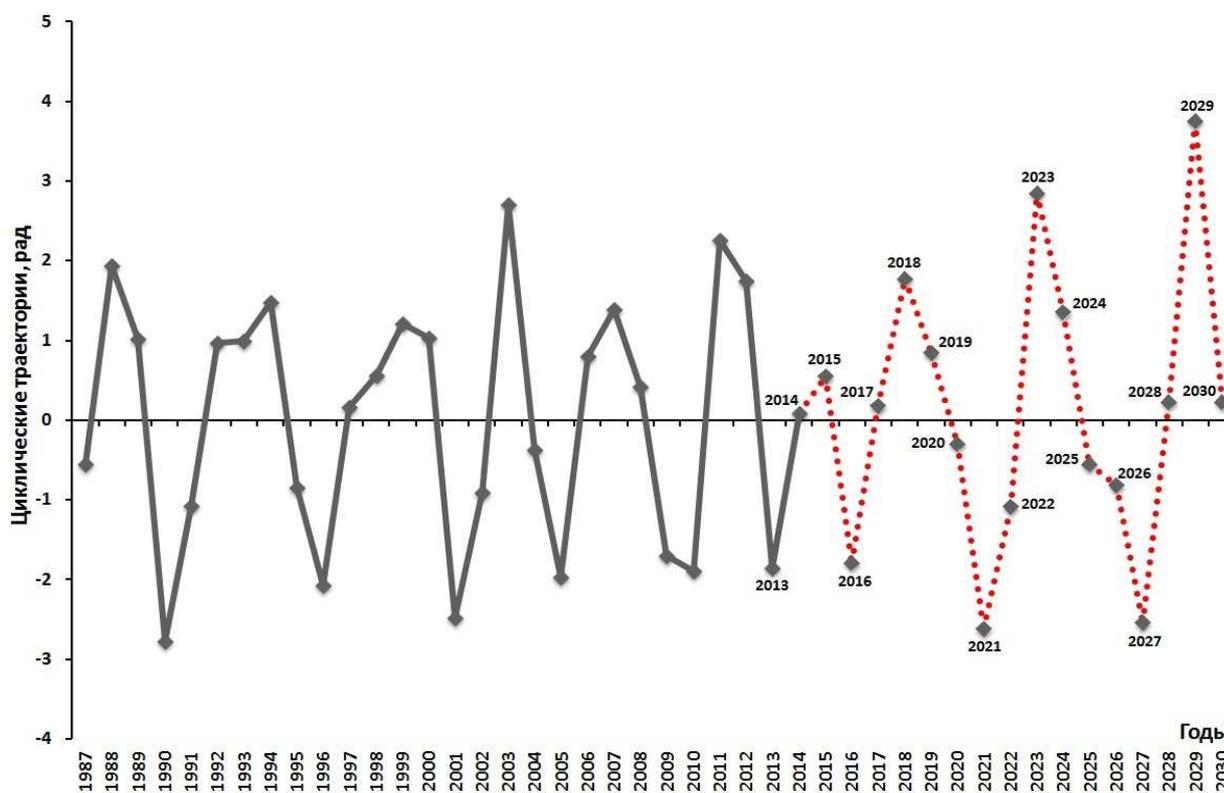


Рисунок 4 – Циклические колебания во временных рядах мирового производства сахара относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

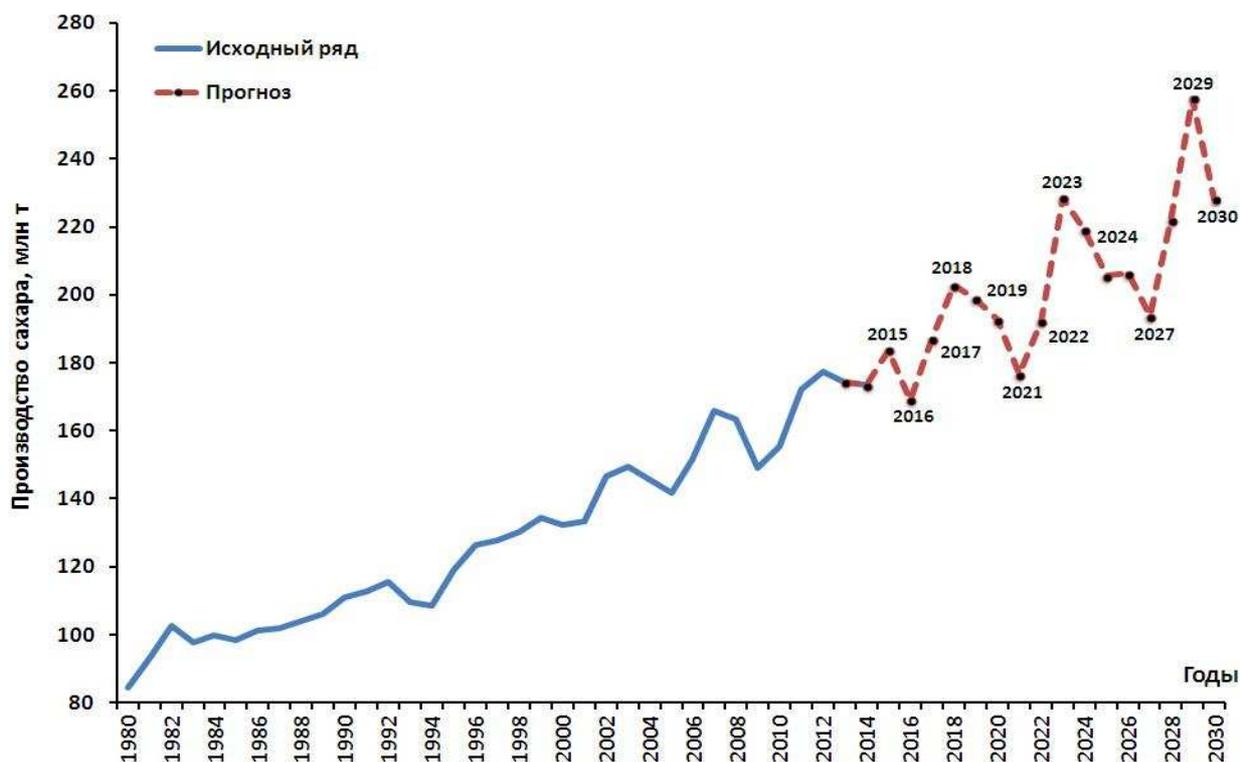


Рисунок 5 – Оценочный прогноз мирового производства сахара на период до 2030 г.

На рисунке 4 представлена траектория возможного развития показателей мирового производства сахара. Ее базовые частоты: 4,286; 5,172; 3,75; 6 и 2,885. Из рисунка 5 видно, что в целом тренд развивается на повышение с тремя существенными точками понижения: в 2016 (169,064 млн т), 2021 (176,549 млн т) и 2027 (193,564 млн т) годах.

На рисунке 6 представлена траектория возможного развития показателей мирового производства тростникового сахара. Ее базовые частоты: 4,286; 3,333; 3; 2,679 и 3,488. Из рисунка 7 видно, что в целом тренд развивается на понижение с четырьмя существенными пиками падения: в 2018 (159,816 млн т), 2021 (172,1 млн т), 2024 (179,132 млн т) и 2027 (172,285 млн т) годах.

На рисунке 8 представлена траектория возможного развития показателей мирового производства свекловичного сахара. Ее базовые частоты: 13,636; 2,055; 4,839; 2,83 и 3,409. Из рисунка 9 видно, что в целом тренд развивается на понижение с тремя низовыми точками в 2017 (30,95 млн т), 2026 (32,18 млн т) и 2028 (34,07 млн т) годах.

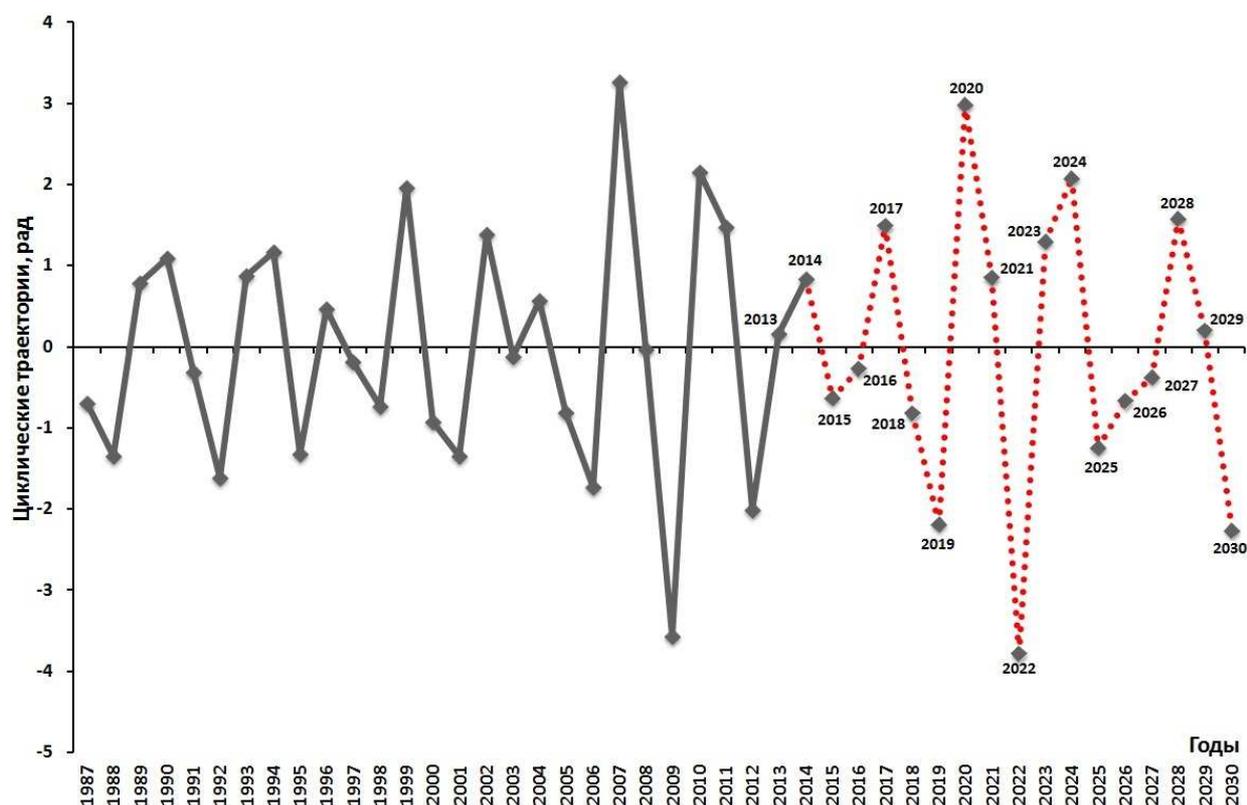


Рисунок 6 – Циклические колебания во временных рядах мирового производства тростникового сахара относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

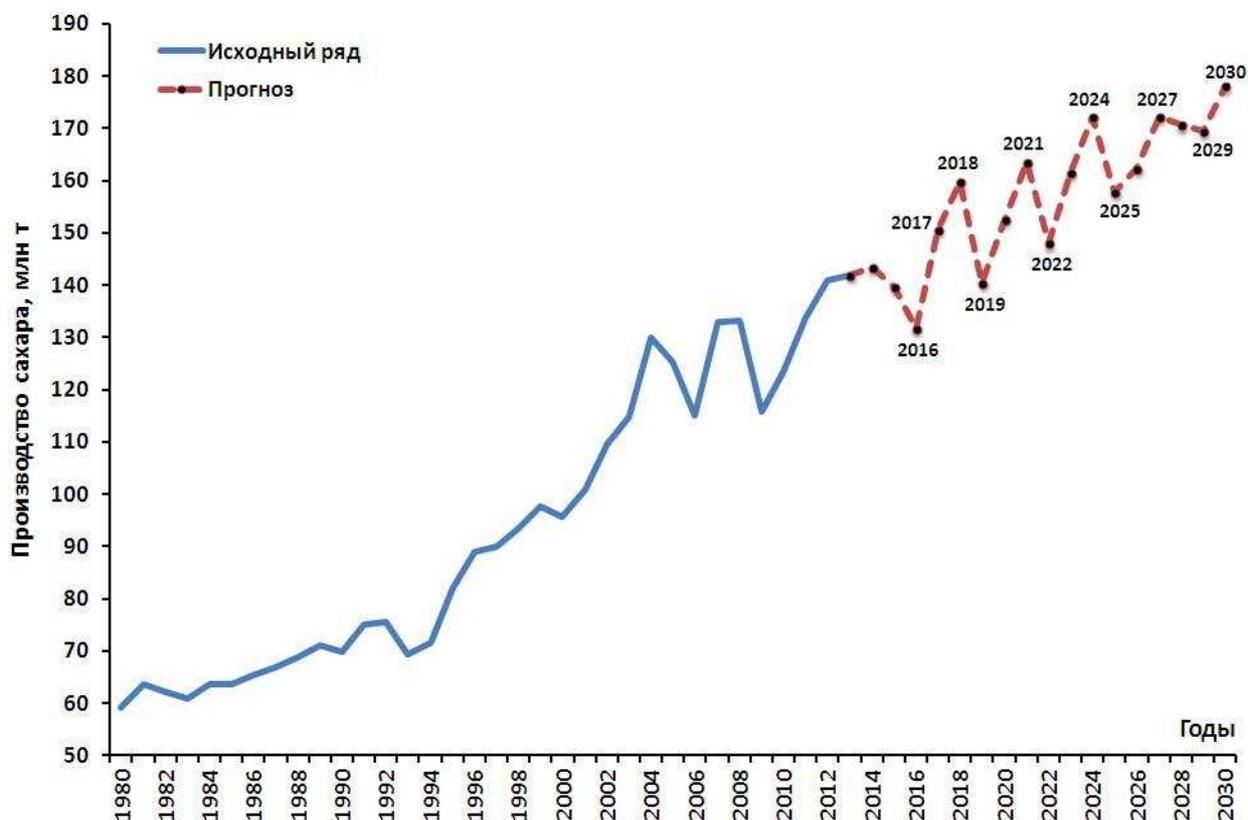


Рисунок 7 – Оценочный прогноз мирового производства тростникового сахара на период до 2030 г.

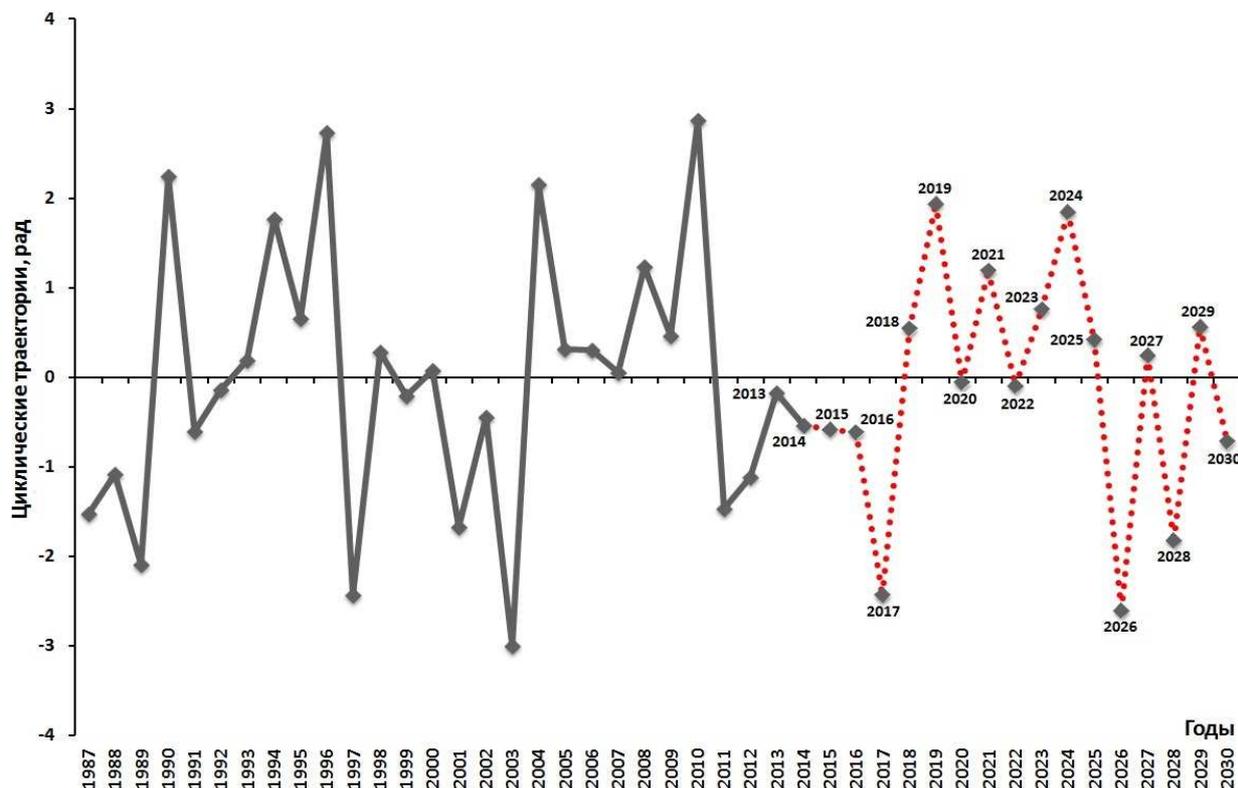


Рисунок 8 – Циклические колебания во временных рядах мирового производства свекловичного сахара относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

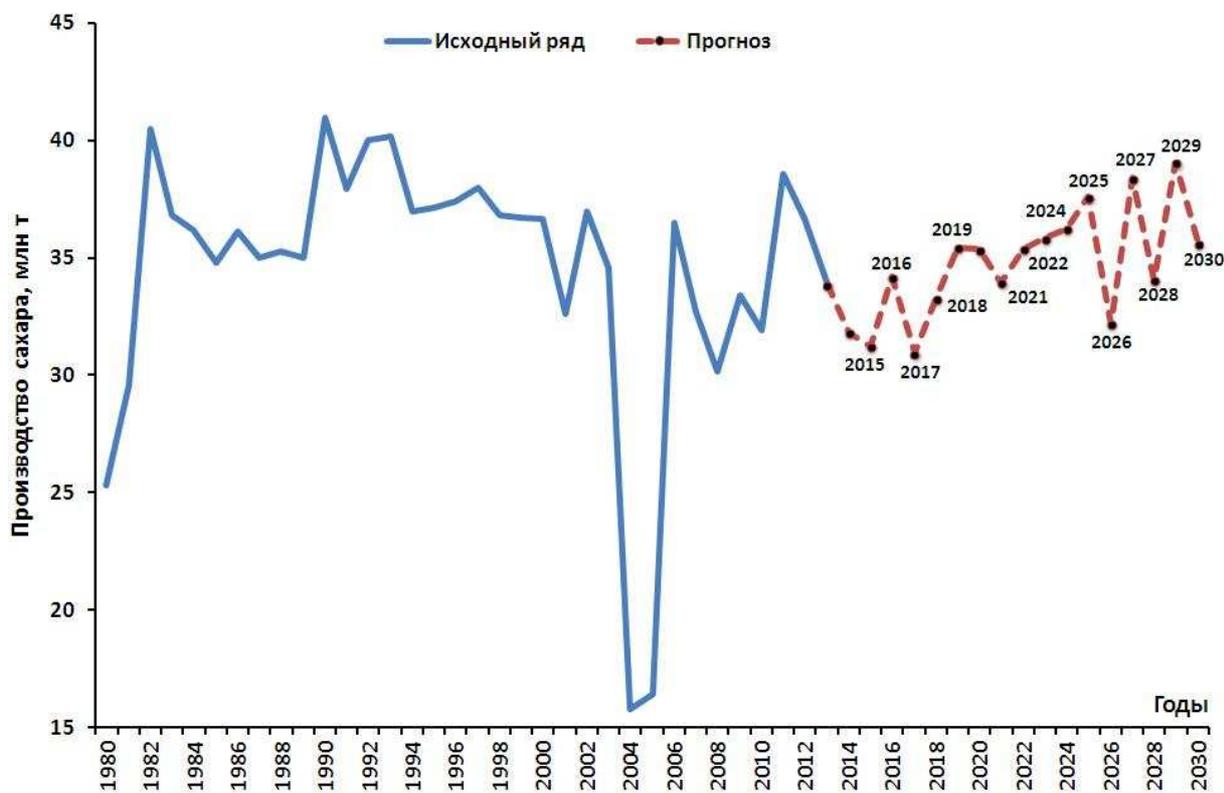


Рисунок 9 – Оценочный прогноз мирового производства свекловичного сахара на период до 2030 г.

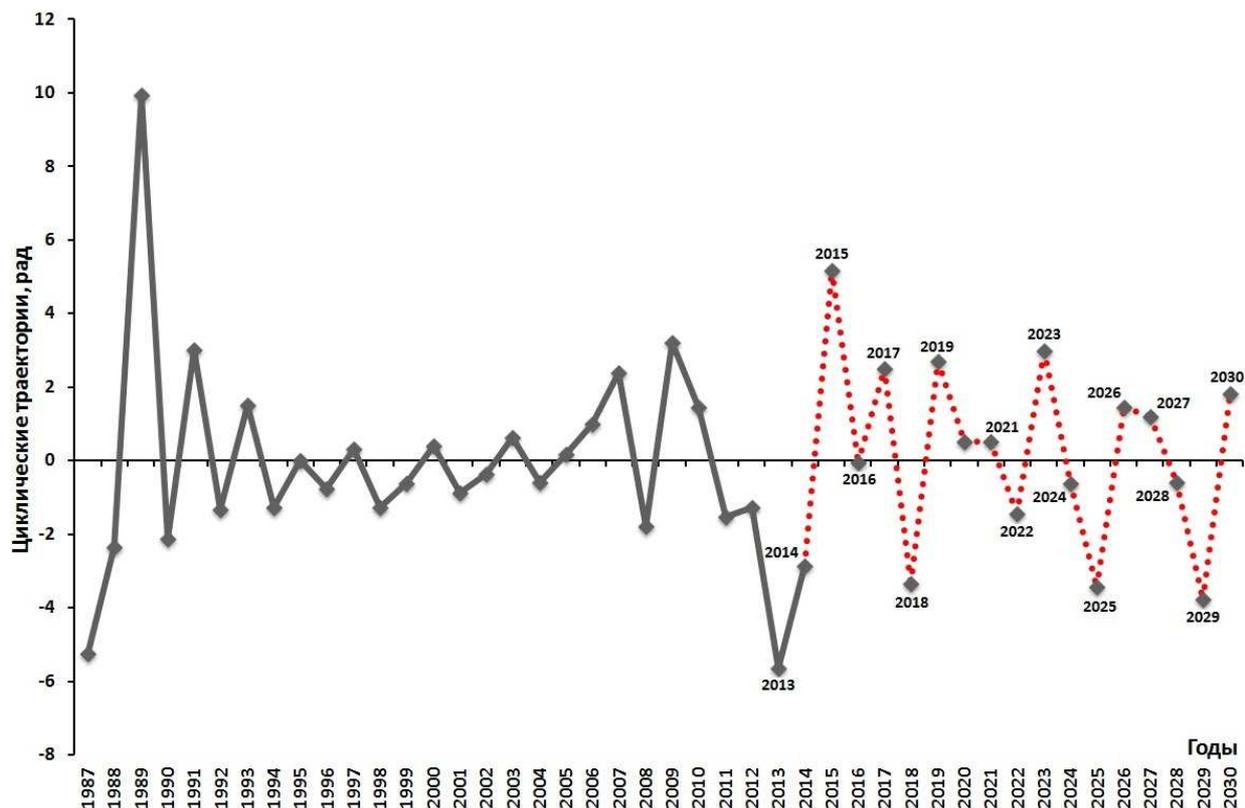


Рисунок 10 – Циклические колебания во временных рядах производства свекловичного сахара в России относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

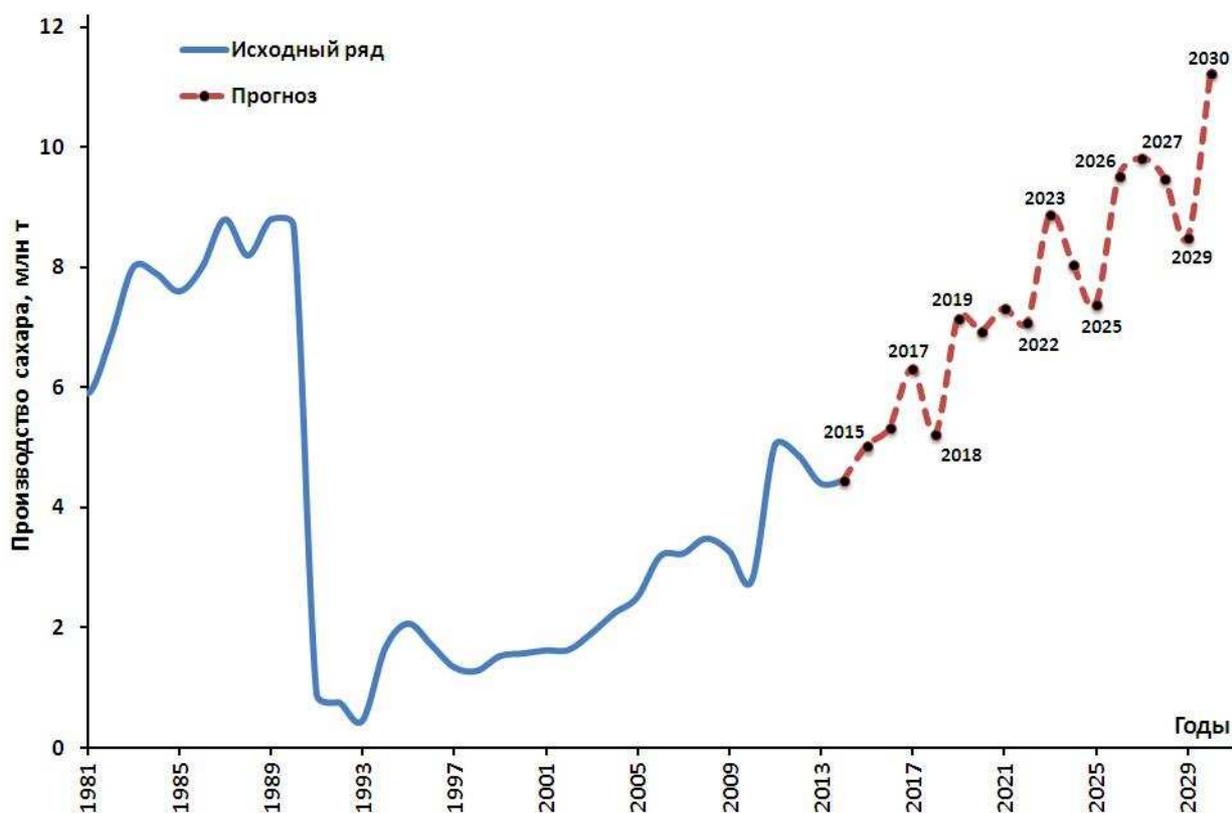


Рисунок 11 – Оценочный прогноз производства свекловичного сахара в России на период до 2030 г.

На рисунке 10 представлена траектория возможного развития показателей производства свекловичного сахара в России. Ее базовые частоты: 8,875; 5,259; 2,898; 3,737; 3,463; 2,582; 2,328; 2,152 (6,455 и 4,303) и 2,029 (14,2). Из рисунка 11 видно, что тренд развивается на понижение с тремя низовыми точками в 2018 (5226,16 тыс. т), 2025 (7397,57 тыс. т) и 2029 (8495,11 тыс. т) годах.

На рисунке 12 представлена траектория возможного развития показателей общего производства сахара в России. Ее базовые частоты: 4,094; 3,047; 5,696; 6,238; 2,787; 2,472; 2,183 (10,917 и 13,1); 5,24; 6,895 и 9,357. Из рисунка 13 видно, что тренд будет развиваться на понижение до 2017 г. (5149,05 тыс. т), затем рост включительно до 2024 г. (8270,22 тыс. т). Резкое падение производства придется на 2024–2025 гг., а затем начнется существенный рост с 2026 г. (4968,24 тыс. т) по 2030 г. (7965 тыс. т).

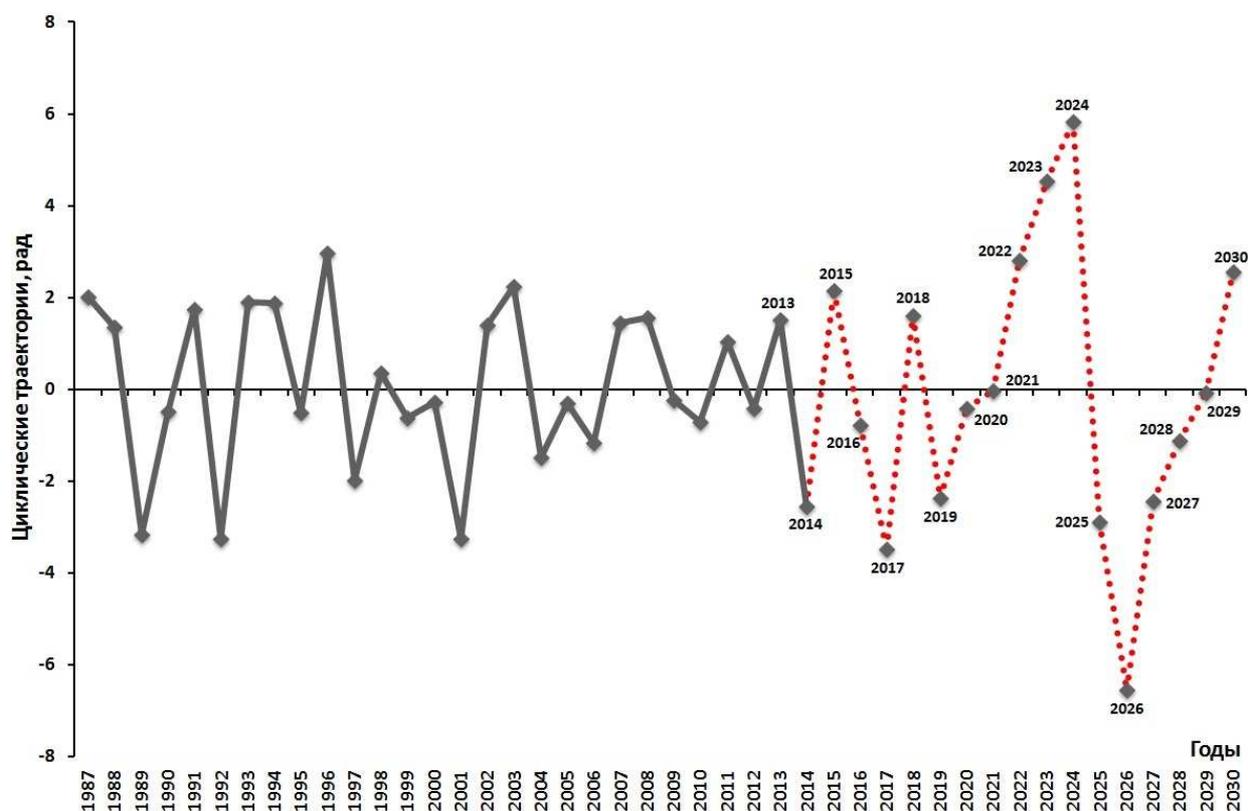


Рисунок 12 – Циклические колебания во временных рядах общего производства сахара в России относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

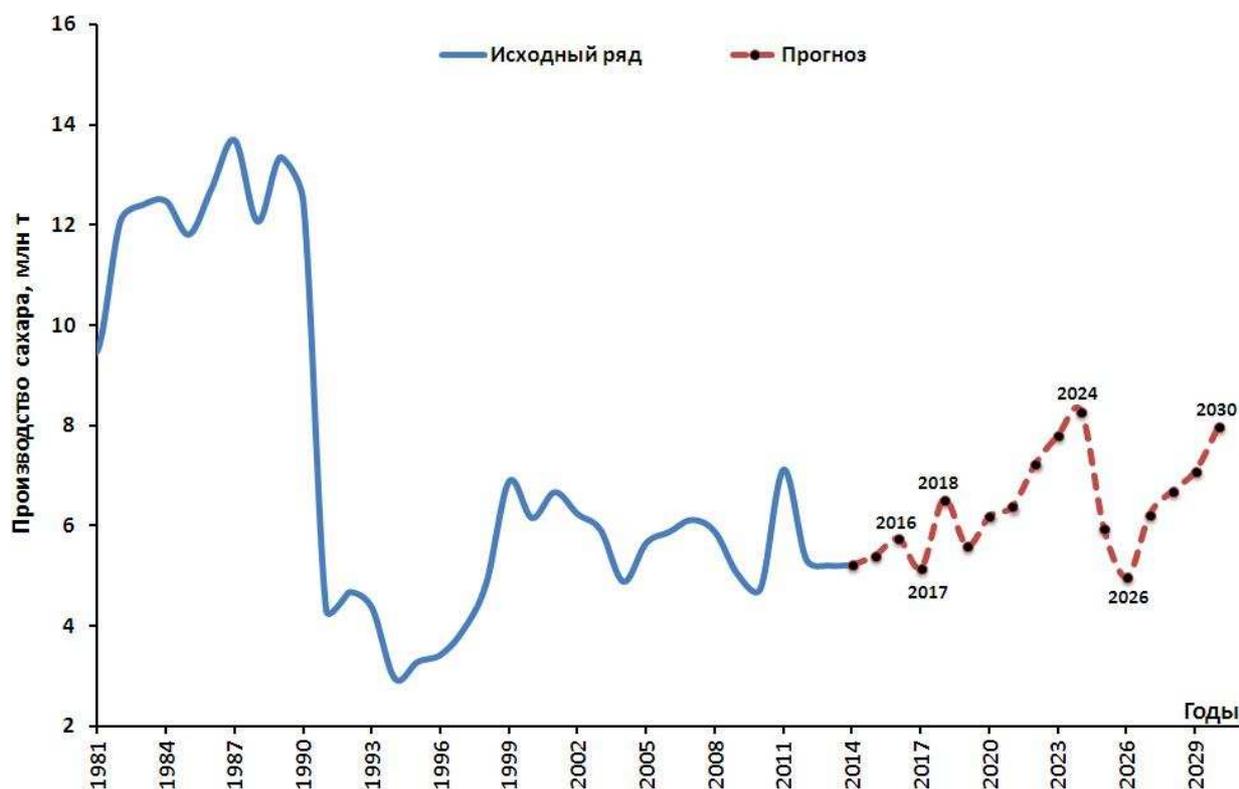


Рисунок 13 – Оценочный прогноз общего производства сахара в России на период до 2030 г.

На рисунке 14 представлена траектория возможного развития показателей производства тростникового сахара в России. Ее базовые частоты: 3,613; 4; 5,091 и 2,24 (4,48). Из рисунка 15 видно, что тренд с 1999 г. начал стагнировать и в 2019 г. производство тростникового сахара практически опустится к нулевому значению. Проводя исторические параллели, необходимо отметить, что данный период (1999–2019 гг.) схож с паттернами (1881–1902 гг. и 1921–1957 гг. – в эти диапазоны импорт сахара-сырца либо полностью отсутствовал, либо варьировал в районе статистической погрешности).

На рисунке 16 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара в России (РСФСР). Ее базовые частоты: 3,444 (10,333); 6,643; 2,067; 4,65; 2,906 и 2,447. Из рисунка 17 видно, что тренд развивается флуктуационно (боковое движение) с понижением до 2026 г. (5,112 млн т) и ростом с 2018 (5,662 млн т) по 2021 г. (6,532 млн т). С 2026

по 2030 гг. (6,816 млн т) прогнозируются устойчивый рост в производстве сахара.

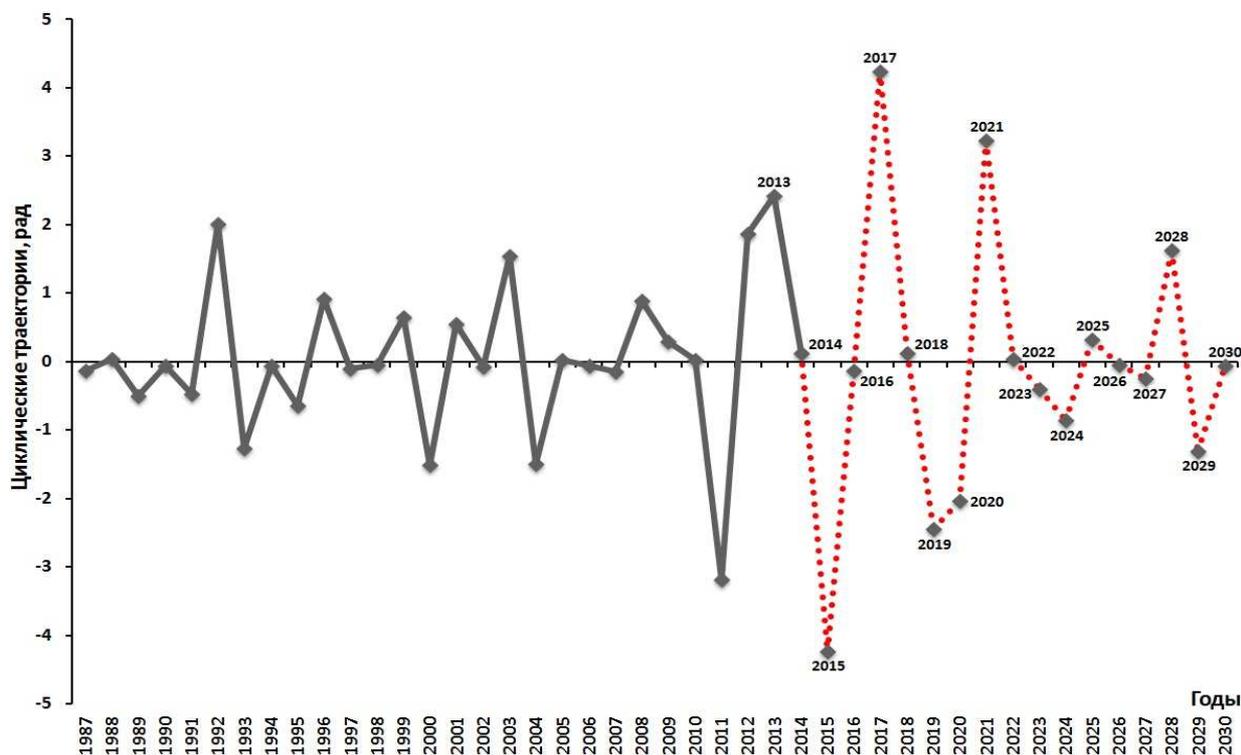


Рисунок 14 – Циклические колебания во временных рядах производства тростникового сахара в России относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

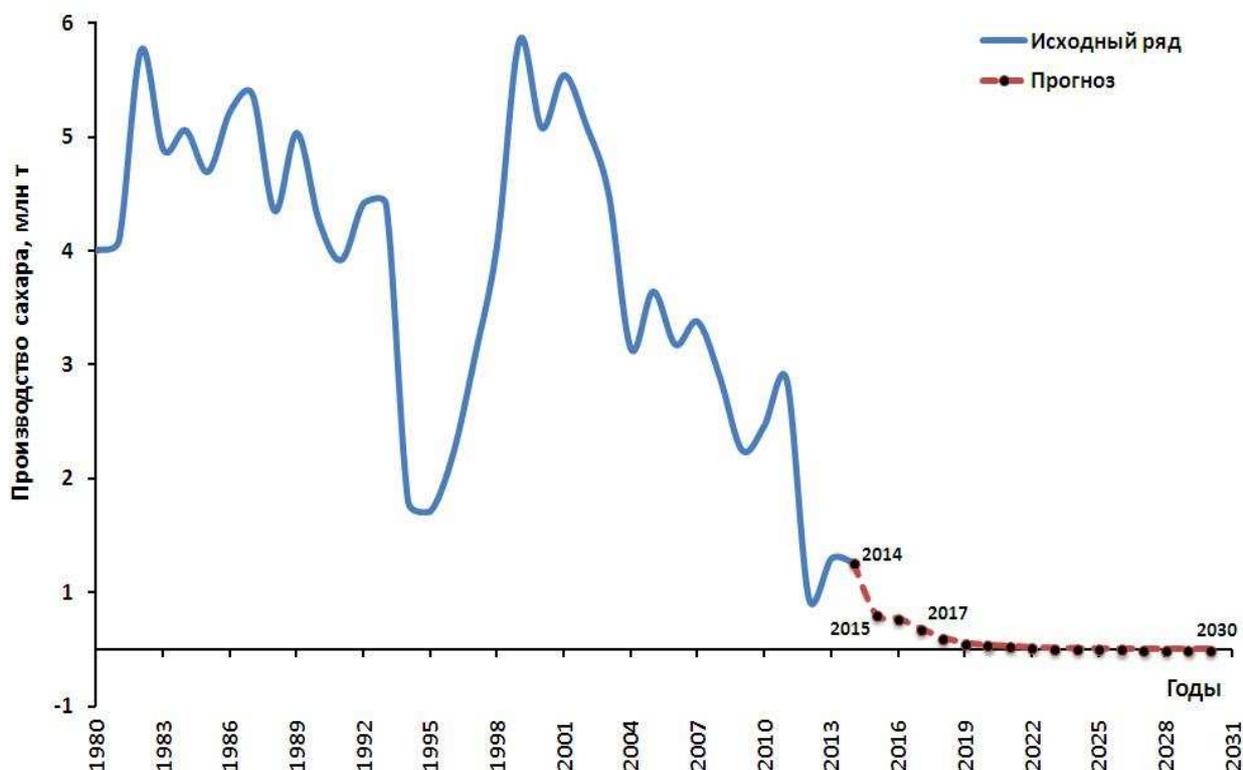


Рисунок 15 – Оценочный прогноз производства тростникового сахара в России на период до 2030 г.

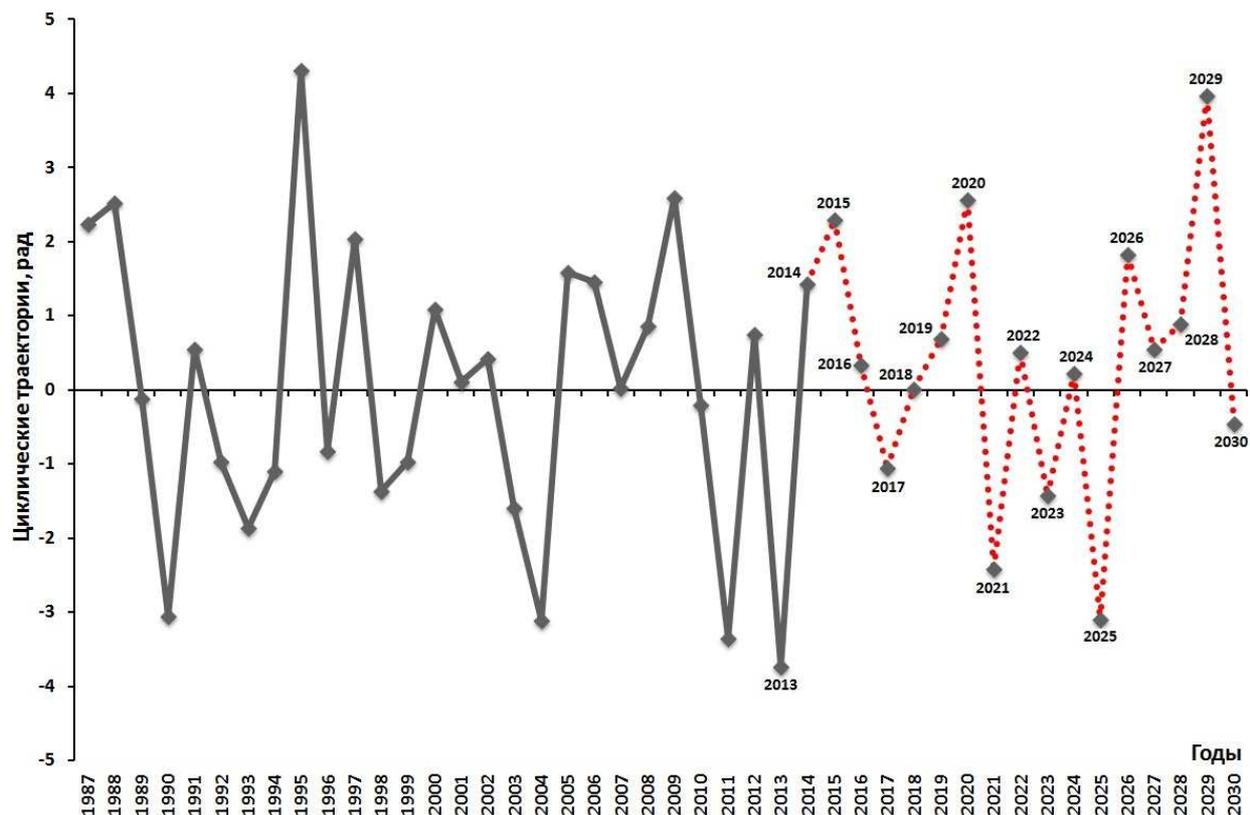


Рисунок 16 – Циклические колебания во временных рядах общего производства сахара в РСФСР и России относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

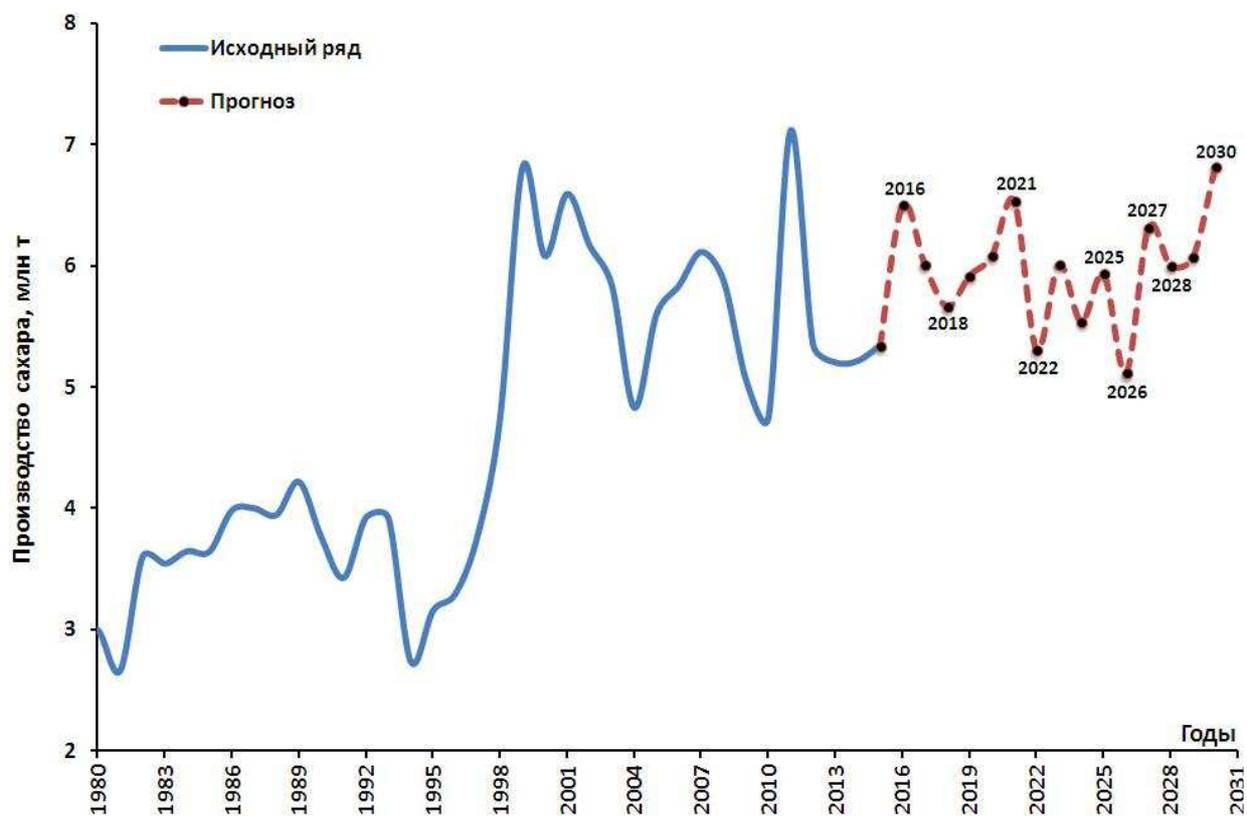


Рисунок 17 – Оценочный прогноз общего производства сахара в России (РСФСР) на период до 2030 г.

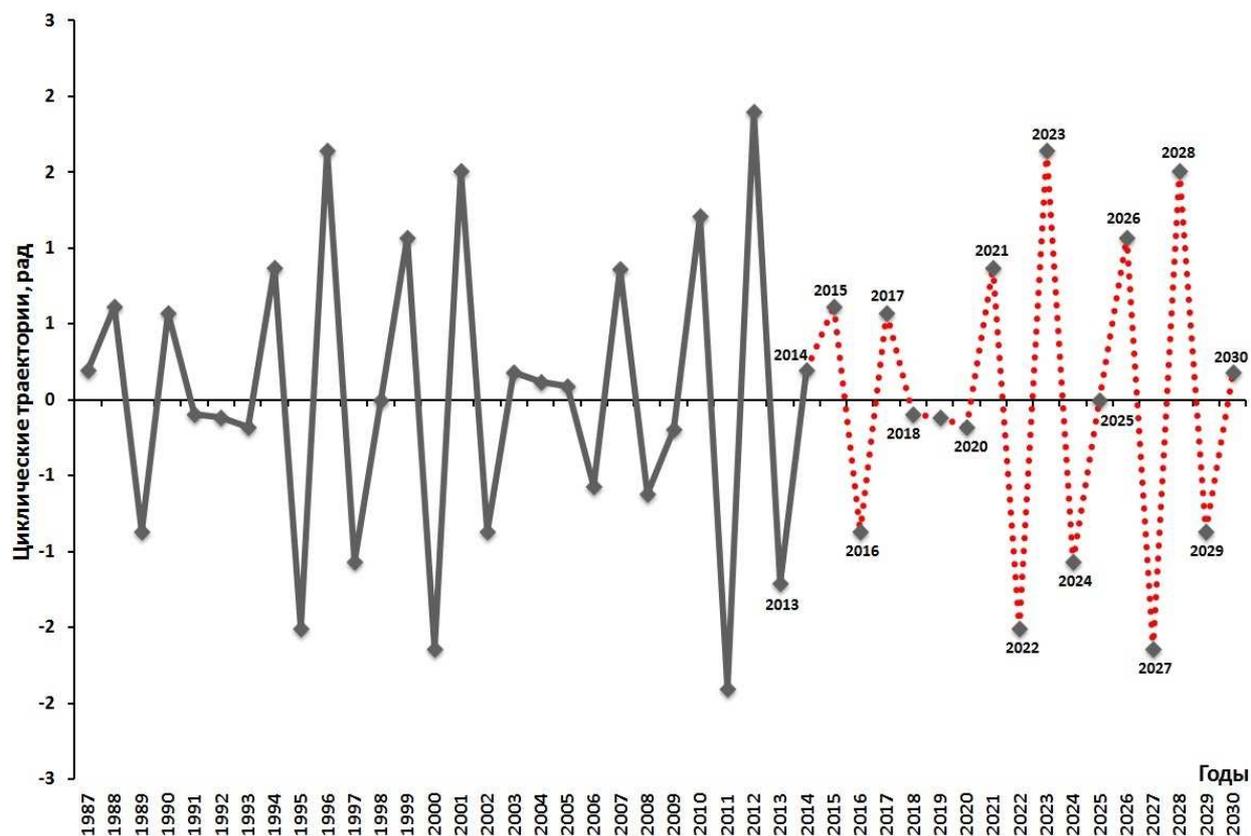


Рисунок 18 – Циклические колебания во временных рядах производства тростникового сахара в РСФСР и России относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

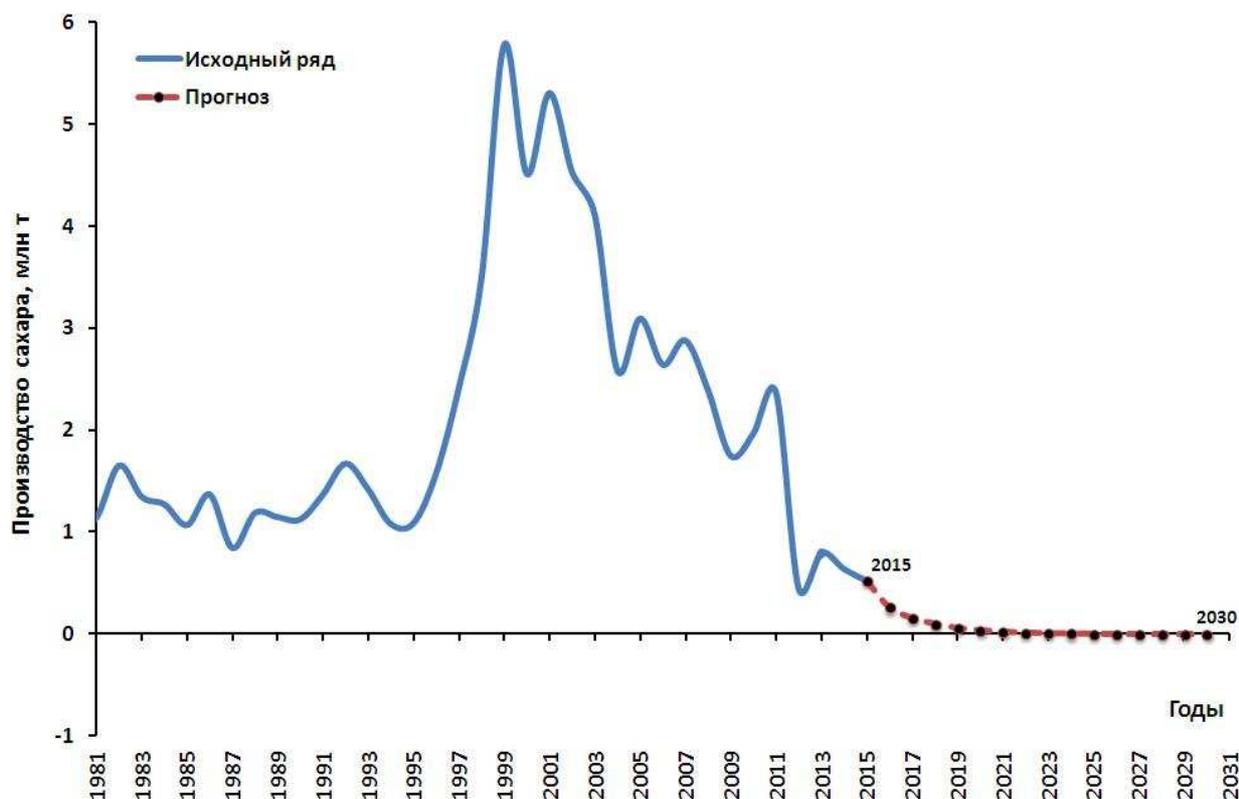


Рисунок 19 – Оценочный прогноз производства тростникового сахара в России (РСФСР) на период до 2030 г.

На рисунке 18 представлена траектория возможного развития показателей производства тростникового сахара в РСФСР и России. Ее базовые частоты: 2,7 и 2,25. Из рисунка 19 видно, что тренд производства сахара из сахара-сырца с 1999 г. начал стагнировать и к 2030 г. отметки о производстве тростникового сахара по прогнозу должны прекратиться.

На рисунке 20 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара в Краснодарском крае. Ее базовые частоты: 3,033; 3,64; 10,111 и 2,6. Из рисунка 21 видно, что в целом тренд развивается на понижение с двумя сильными точками падения – в 2019 (1174,2 тыс. т) и 2022 (1080,1 тыс. т) годах. С 2024 (1164,3 тыс. т) по 2030 г. (672,3 тыс. т) затяжной период падения объемов производства сахара.

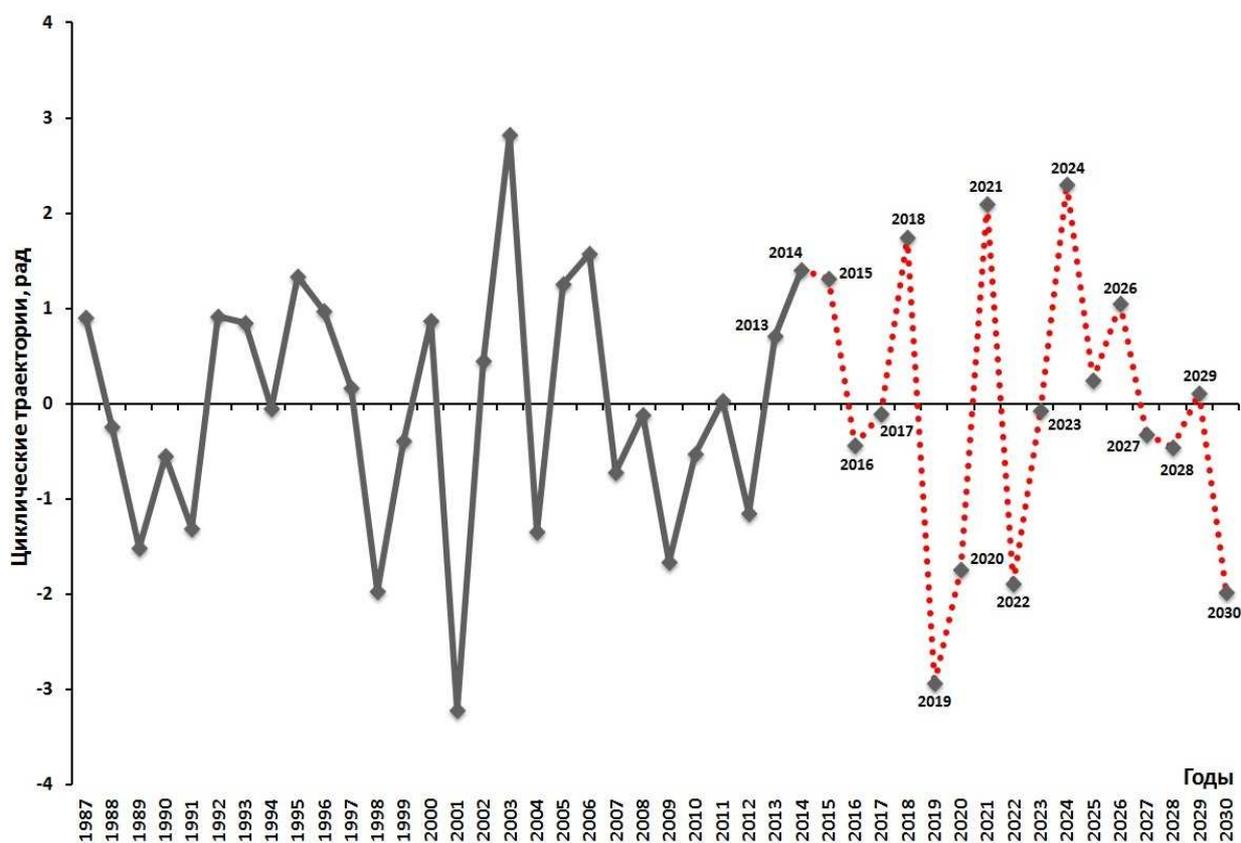


Рисунок 20 – Циклические колебания во временных рядах общего производства сахара в Краснодарском крае относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

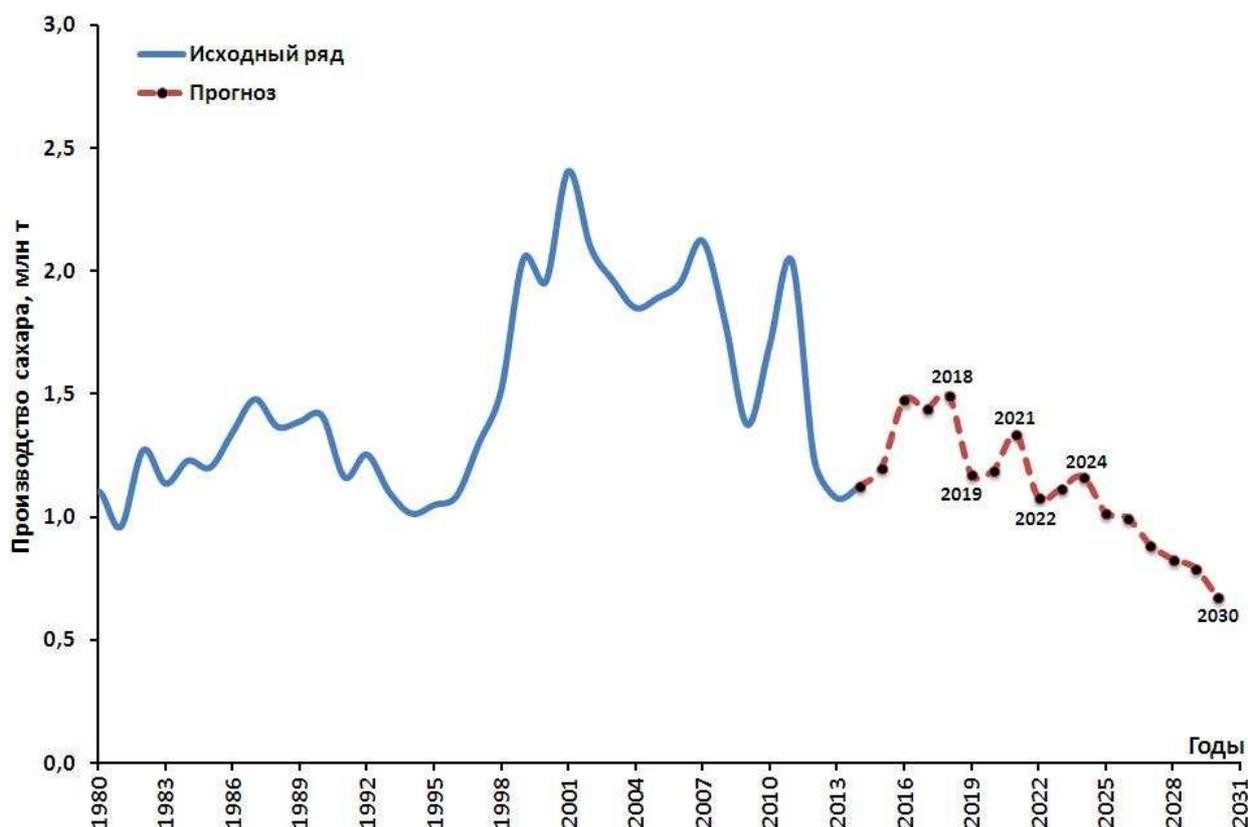


Рисунок 21 – Оценочный прогноз общего производства сахара в Краснодарском крае на период до 2030 г.

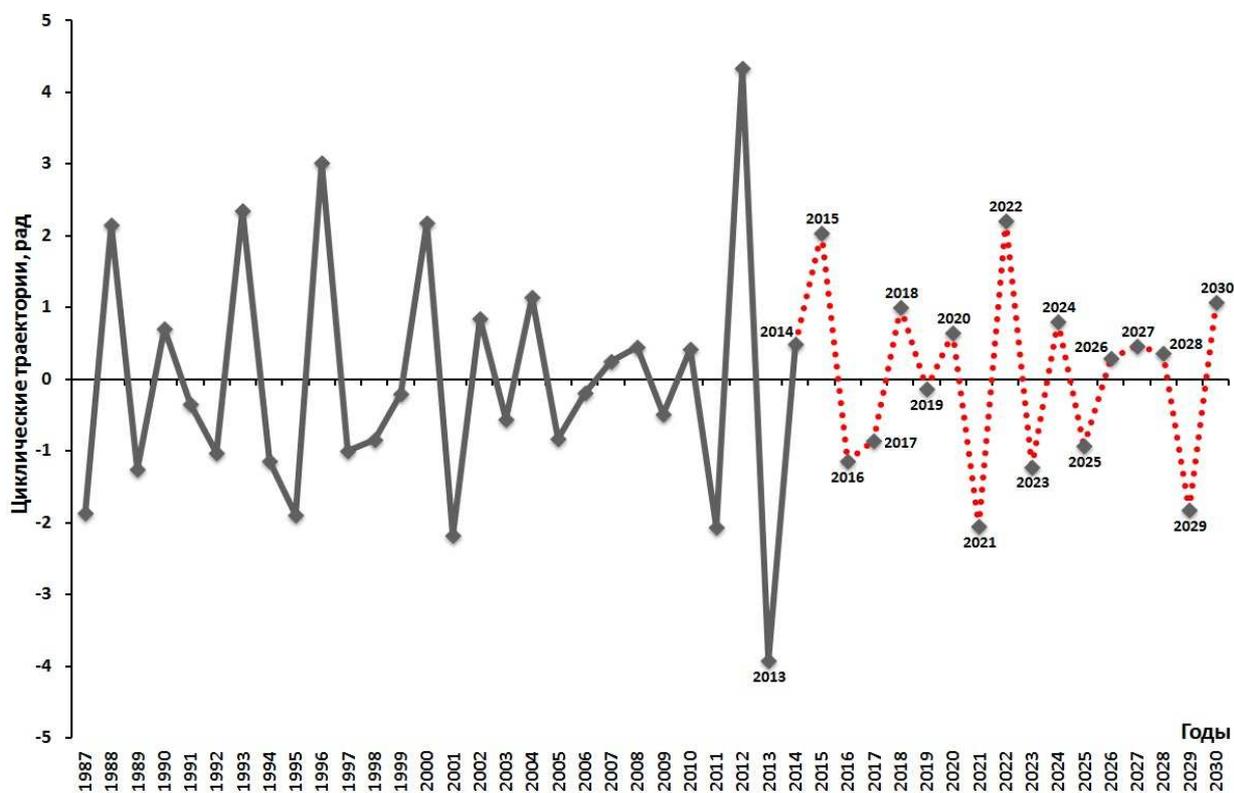


Рисунок 22 – Циклические колебания во временных рядах производства тростникового сахара в Краснодарском крае относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

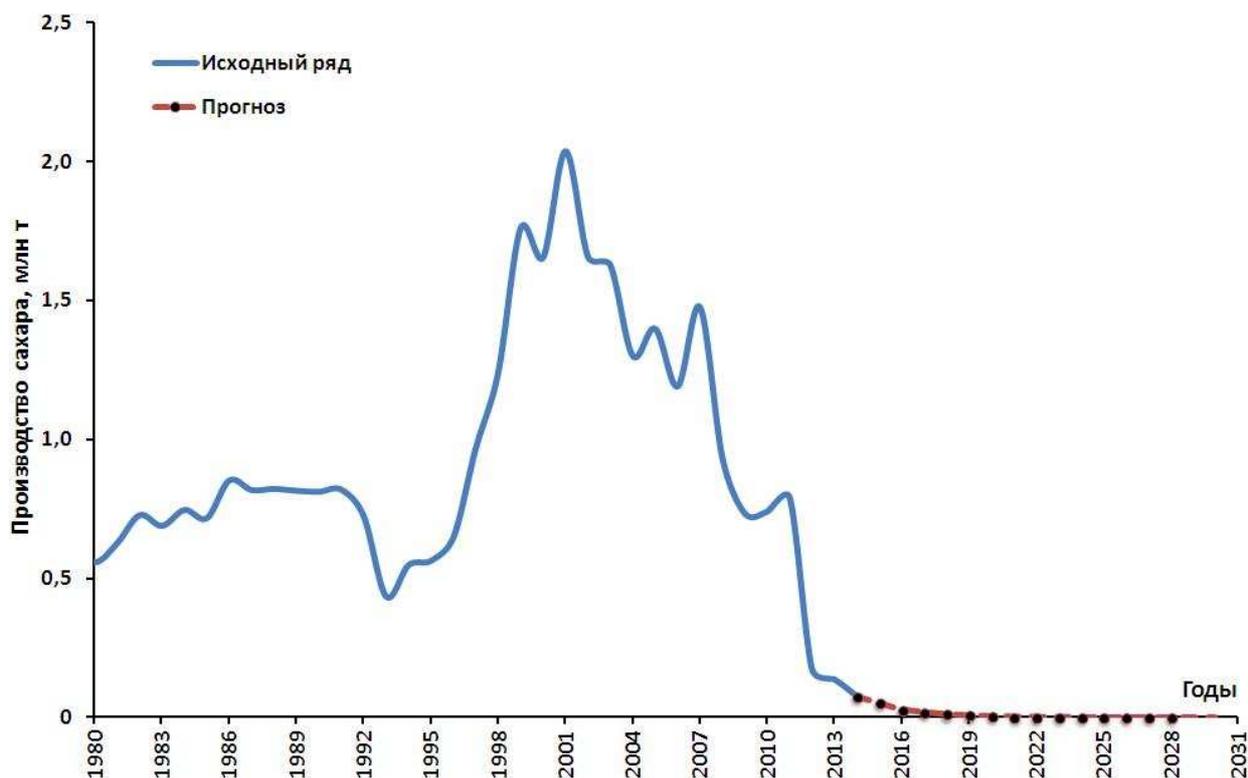


Рисунок 23 – Оценочный прогноз производства тростникового сахара в Краснодарском крае на период до 2030 г.

На рисунке 22 представлена траектория возможного развития показателей производства тростникового сахара в Краснодарском крае. Ее базовые частоты: 2,038; 3,118; 3,786; 2,409 и 2,65. Из рисунка 23 видно, что тренд развивается на понижение с 2001 г. (2034,8 тыс. т – максимальное значение за всю историю производства тростникового сахара на Кубани). Полный отказ от импортного сахара-сырца произойдет в 2028 г. (0,11 тыс. т).

На рисунке 24 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара на Кубе. Ее базовые частоты: 3,929; 3,75; 3,438; 3,113; 2,797; 4,714; 5,323 и 5,893. Из рисунка 25 видно, что в целом тренд развивается в боковом движении с тремя пиками – в 2018 (1806 тыс. т), 2023 (1874 тыс. т) и 2029 (1943,6 тыс. т) годах.

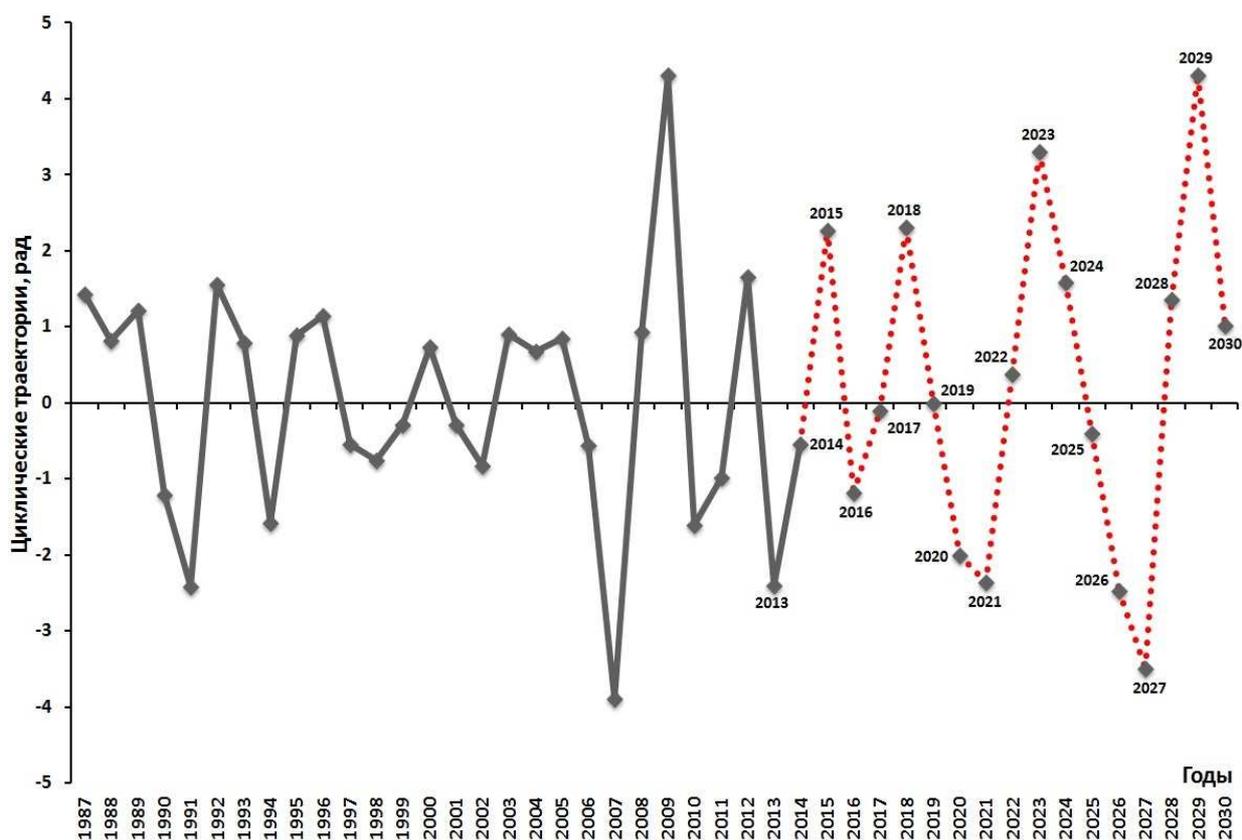


Рисунок 24 – Циклические колебания во временных рядах производства сахара на Кубе относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

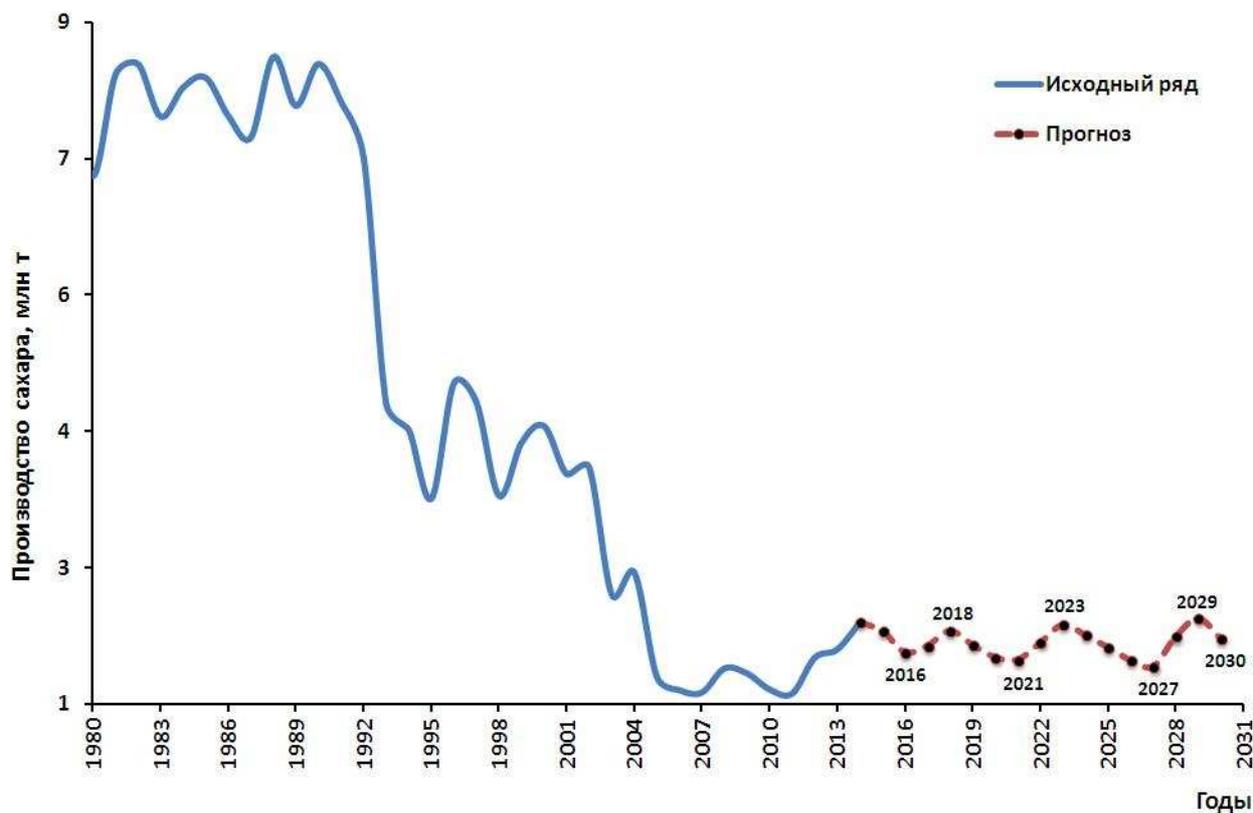


Рисунок 25 – Оценочный прогноз производства сахара на Кубе на период до 2030 г.

На рисунке 26 представлена траектория возможного развития показателей общего производства сахара в США. Ее базовые частоты: 2,676; 4,439; 4,044; 3,714; 3,033; 5,515 и 2,395. Из рисунка 27 видно, что в целом тренд развивается в боковом движении с тремя существенными точками понижения в 2016 (7,81 млн т), 2023 (7,858 млн т) и 2028 (7,843 млн т) годах.

На рисунке 28 представлена траектория возможного развития показателей производства тростникового сахара в США. Ее базовые частоты: 2,676; 4,55; 4,044; 5,515; 3,033; 3,792; 3,37; 2,44 и 2,092. Из рисунка 29 видно, что в целом тренд развивается в боковом движении с тремя существенными точками понижения 2017 (3,137 млн т), 2025 (3,093 млн т) и 2028 (2,903 млн т) годах.

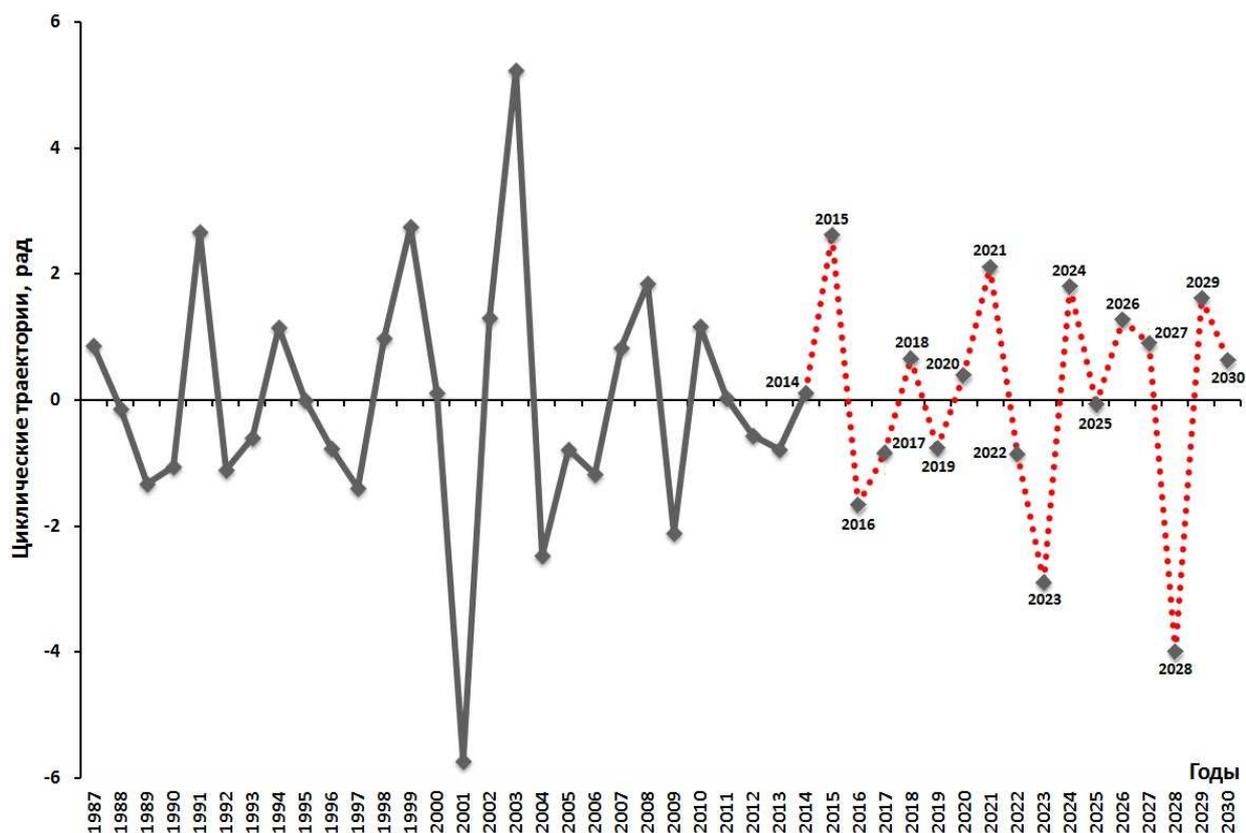


Рисунок 26 – Циклические колебания во временных рядах общего производства сахара в США относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

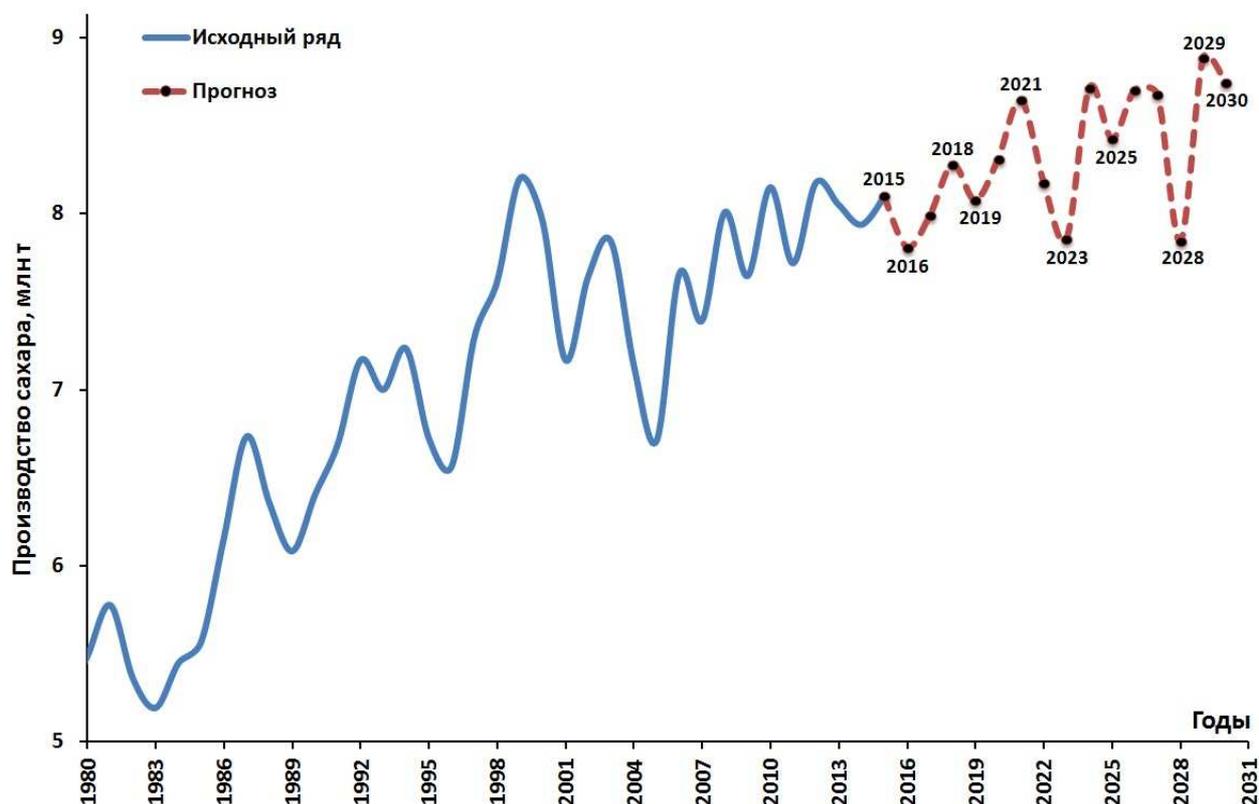


Рисунок 27 – Оценочный прогноз общего производства сахара в США на период до 2030 г.

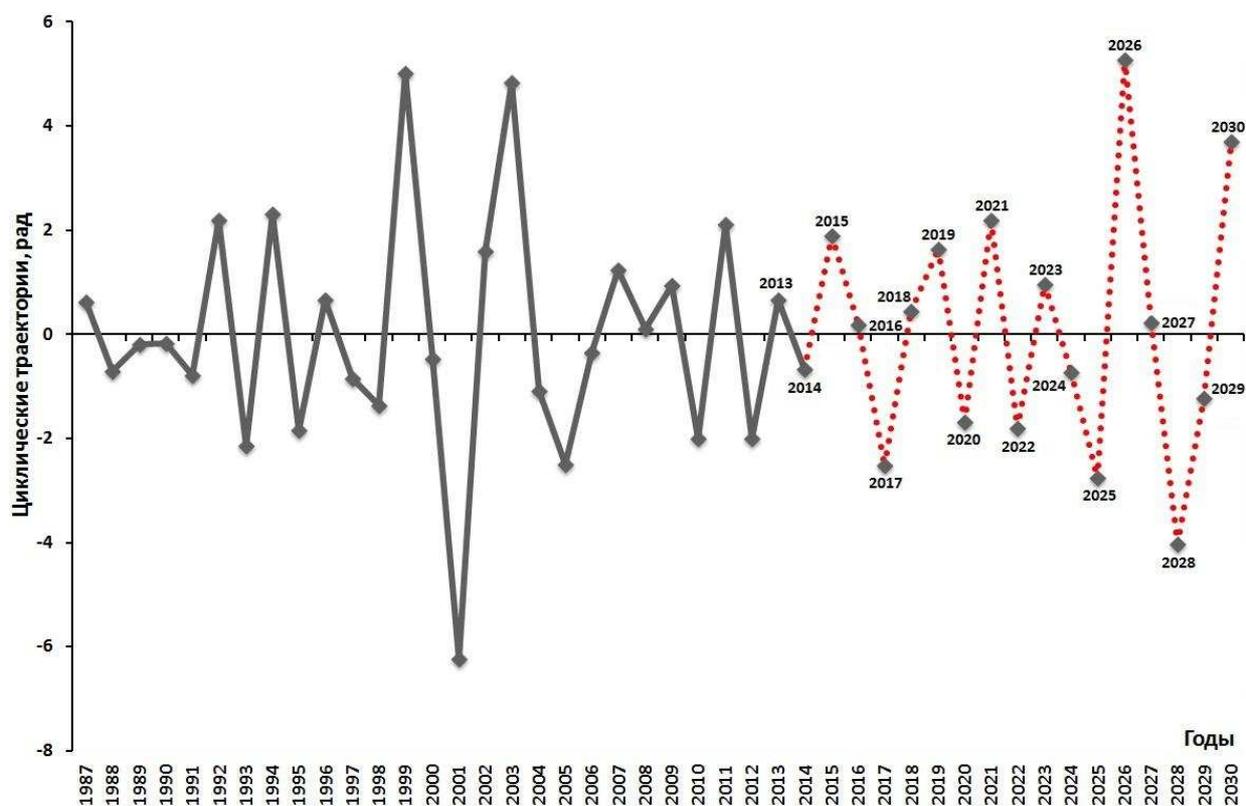


Рисунок 28 – Циклические колебания во временных рядах производства тростникового сахара в США относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

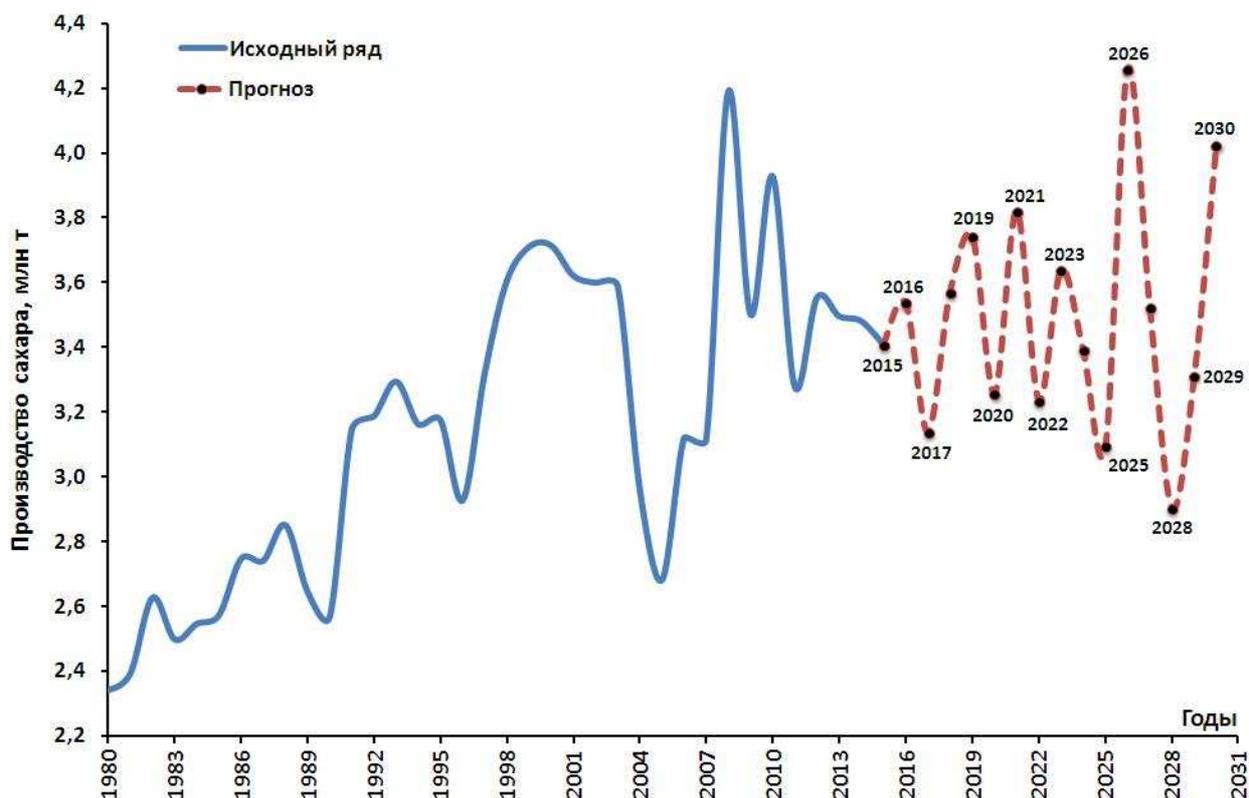


Рисунок 29 – Оценочный прогноз производства тростникового сахара в США на период до 2030 г.

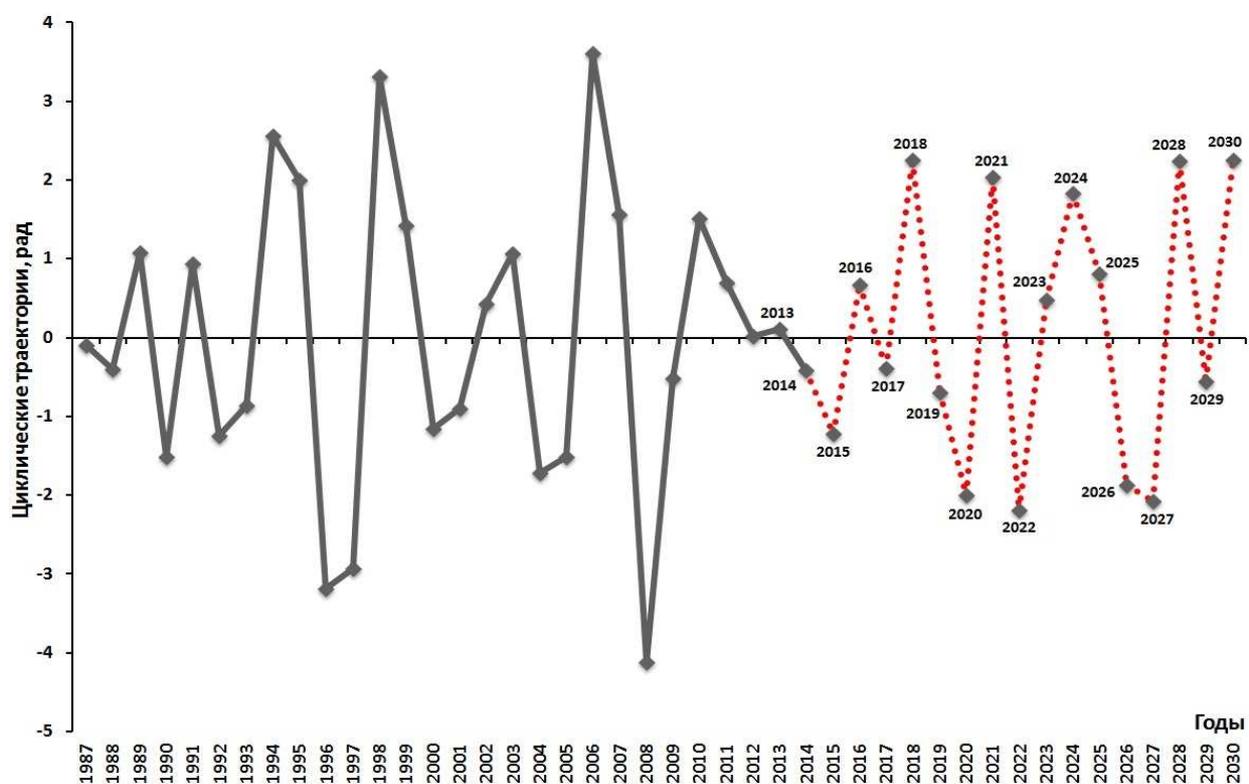


Рисунок 30 – Циклические колебания во временных рядах производства свекловичного сахара в США относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

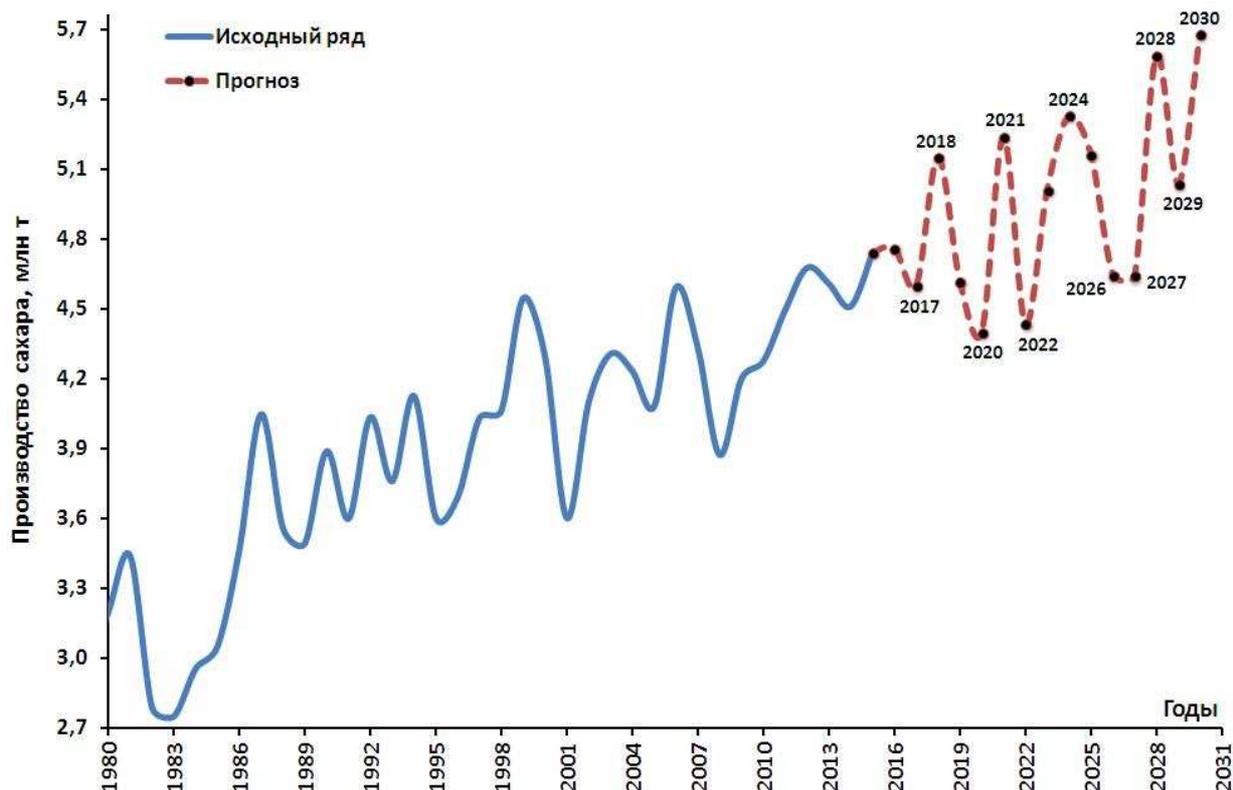


Рисунок 31 – Оценочный прогноз производства свекловичного сахара в США на период до 2030 г.

На рисунке 30 представлена траектория возможного развития показателей производства свекловичного сахара в США. Ее базовые частоты: 3,947; 2,941; 3,659; 4,286; 6; 2,419 и 2,344. Из рисунка 31 видно, что в целом тренд развивается на повышение с четырьмя существенными понижениями – в 2020 (4,35 млн т), 2022 (4,387 млн т), 2027 (4,593 млн т) и 2029 (4,99 млн т) годах.

На рисунке 32 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара в Германии. Ее базовые частоты: 3,4; 3,778; 2,318; 3; 2,55 и 2,684. Из рисунка 33 видно, что в целом тренд развивается в боковом направлении (флуктуационно) с двумя низовыми точками в 2016 (2,883 млн т) и 2021 (2,526 млн т) годах. С 2022 (2,812 млн т) по 2030 (2,103 млн т) будет «безудержное» падение.

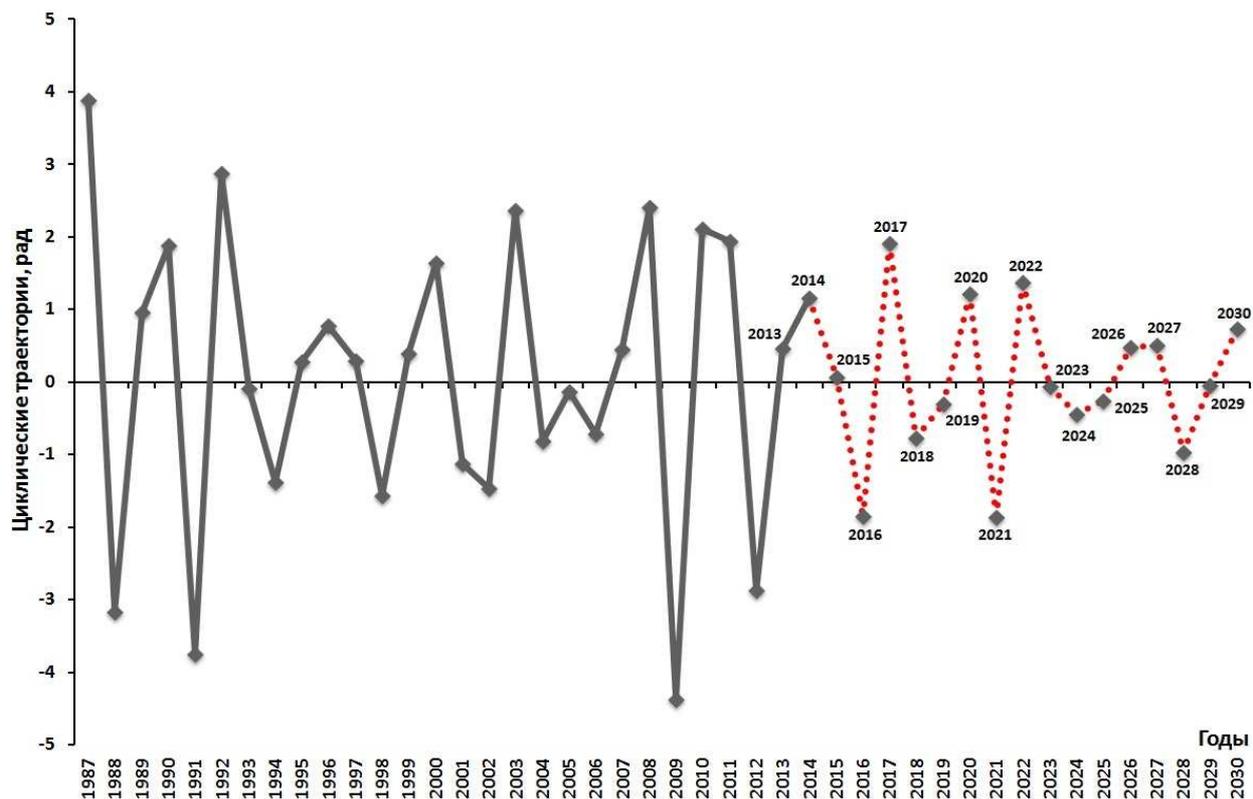


Рисунок 32 – Циклические колебания во временных рядах производства сахара в Германии относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

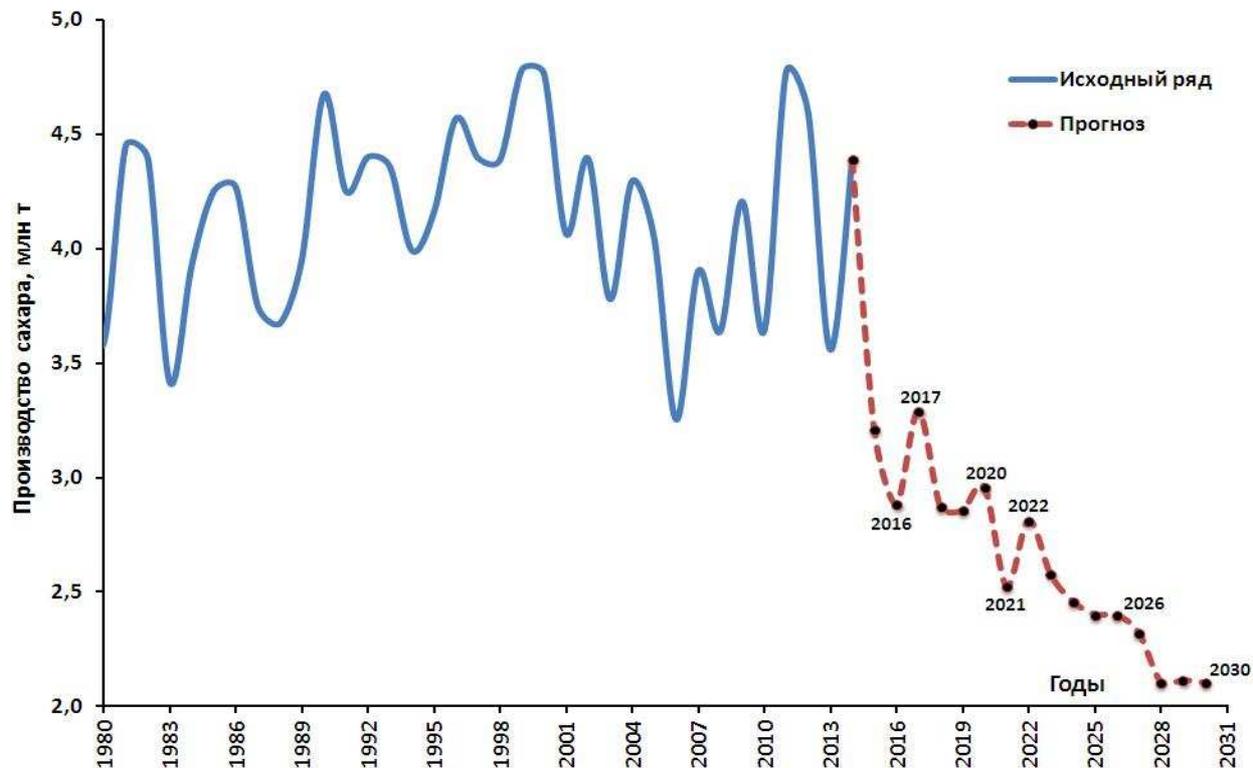


Рисунок 33 – Оценочный прогноз производства свекловичного сахара в Германии на период до 2030 г.

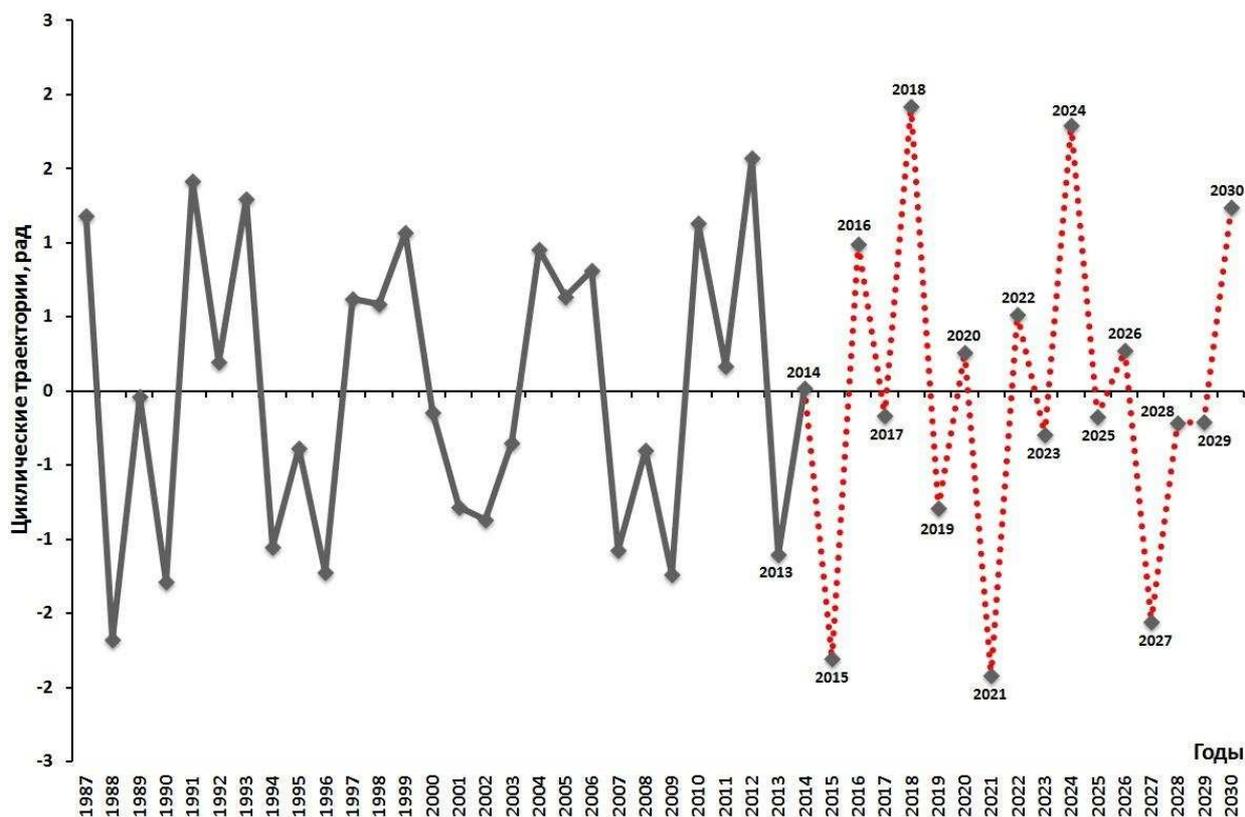


Рисунок 34 – Циклические колебания во временных рядах производства сахара в Индии относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

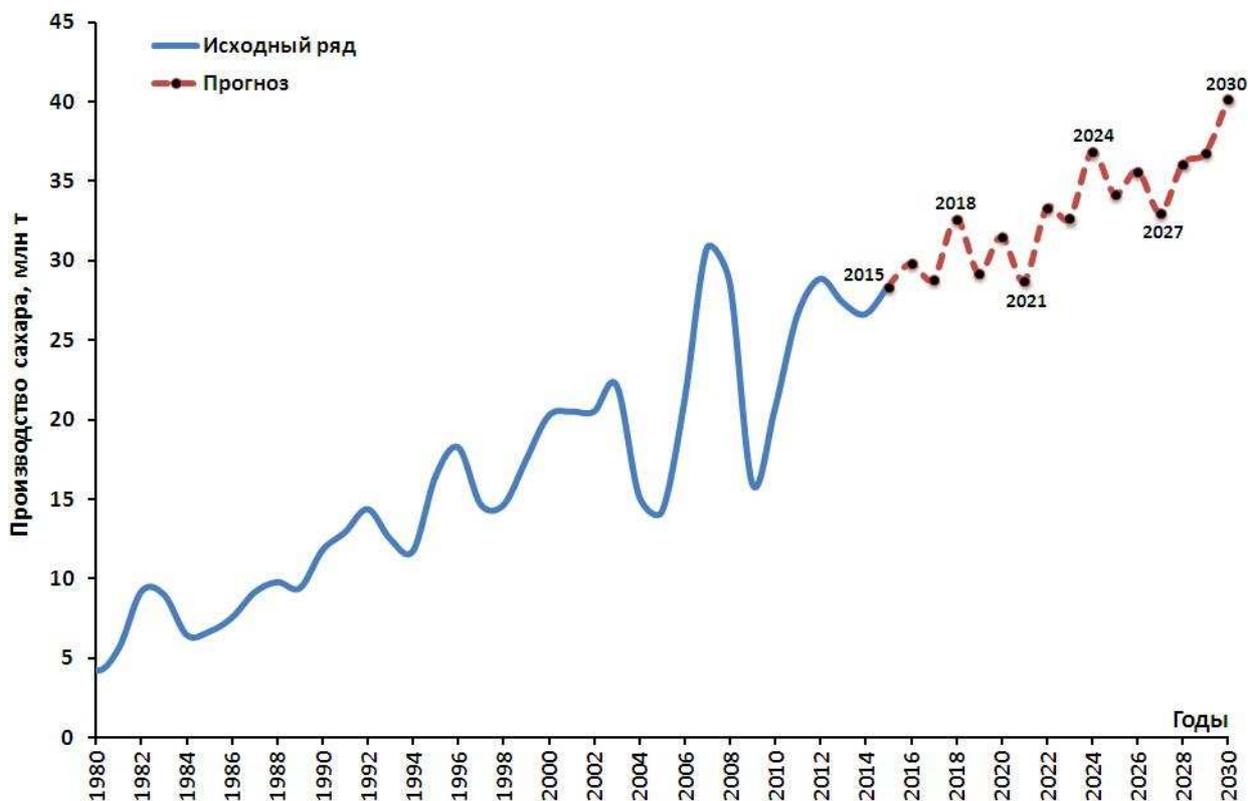


Рисунок 35 – Оценочный прогноз производства сахара в Индии на период до 2030 г.

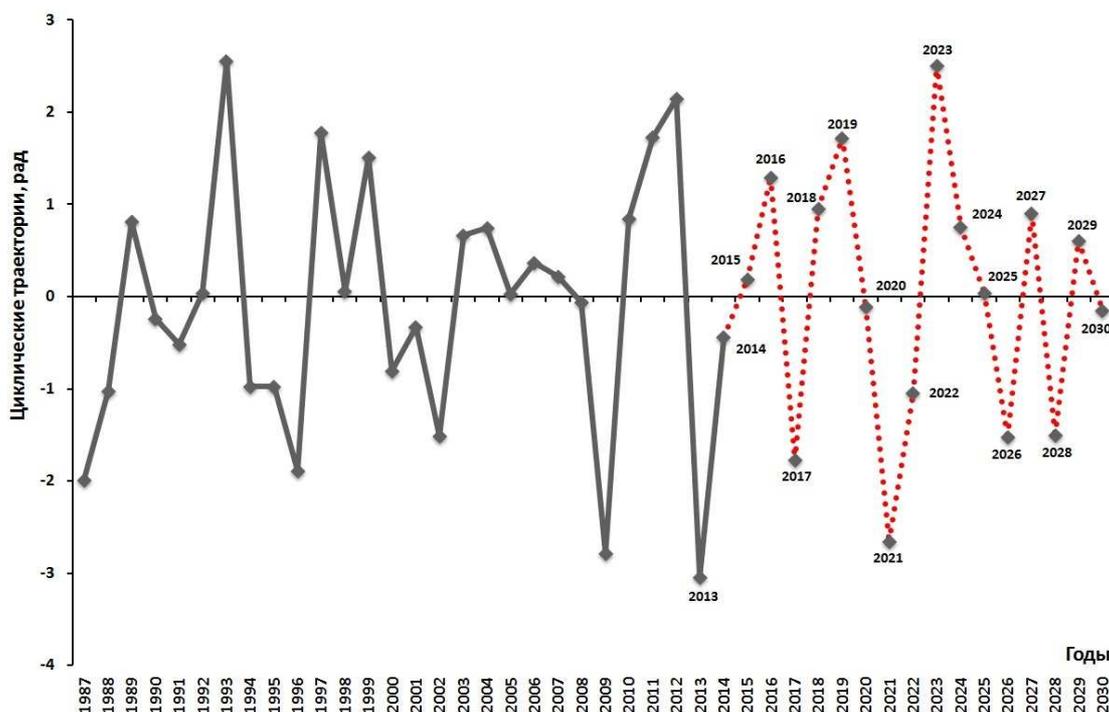


Рисунок 36 – Циклические колебания во временных рядах производства сахара в Бразилии относительно долгосрочного тренда с 1987 по 2030 г.

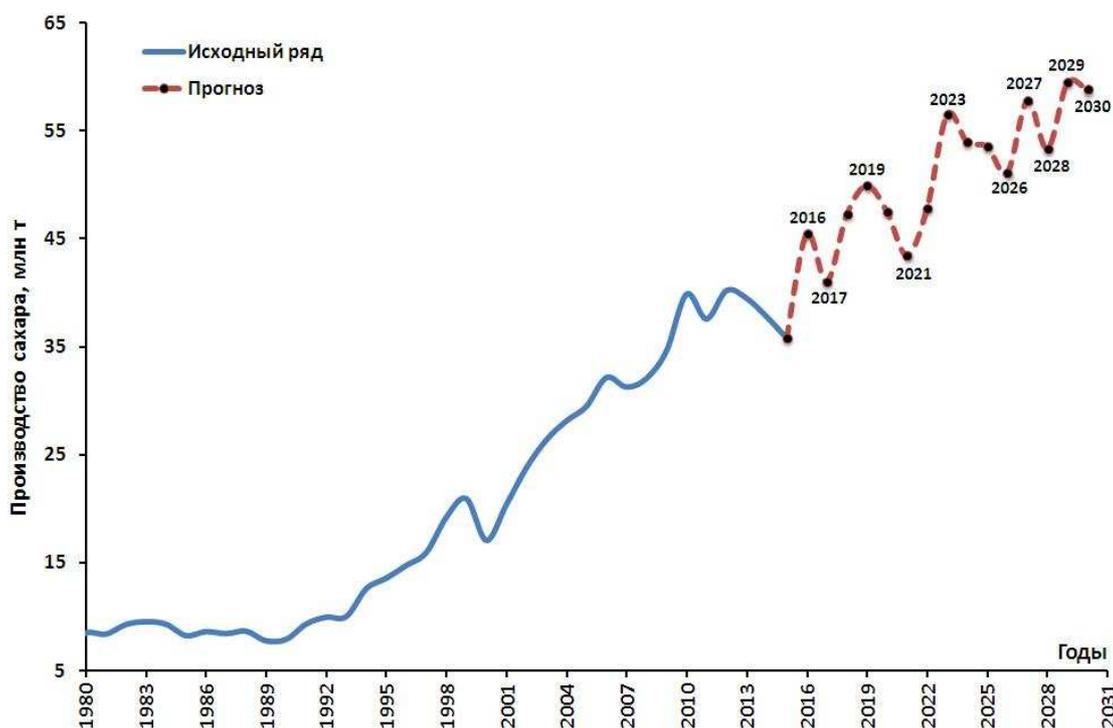


Рисунок 37 – Оценочный прогноз производства сахара в Бразилии на период до 2030 г.

На рисунке 34 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара в Индии. Ее базовые частоты: 2,065 и 6,4. Из

рисунка 35 видно, что в целом тренд развивается на повышение с двумя существенными понижениями – в 2021 (28,761 млн т) и 2027 (33,048 млн т) годах.

На рисунке 36 представлена траектория возможного развития показателей производства сахара в Бразилии. Ее базовые частоты: 3,765; 6,4; 4,267 и 2,133. Из рисунка 37 видно, что в целом тренд развивается на повышение с четырьмя существенными понижениями – в 2017 (41,07 млн т), 2021 (43,51 млн т), 2026 (51,18 млн т) и 2028 (53,37 млн т) годах.

### Список используемой литературы

1. Бессонов В. А. Введение в анализ российской динамики переходного периода / В. А. Бессонов. – М.: Ин-т экономики переходного периода, 2003. – 151 с.
2. Горбачевич В. В. Анализ и прогнозирование временных рядов. Методические указания к чтению лекций и проведению практических занятий. Часть II. §4. Спектральная теория случайных процессов / В. В. Горбачевич. – М.: МАТИ, 2000. – 25 с.
3. Гренджер К. Спектральный анализ временных рядов в экономике / К. Гренджер, М Хатанака. – М., 1972. – 362 с.
4. Дженкинс Г. Спектральный анализ и его приложения. Том 1 / Г. Дженкинс, Д Ватте. Пер. с англ. В. Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1971. - 316 с.
5. Конюховский П. В. Система экономико-математических и инструментальных методов моделирования стохастической динамики финансовых ресурсов / П. В. Конюховский : автореф. дис. д-ра. экон. наук. – СПб: СПбГУ, 2002. – 331 с.
6. Кравчук В. К. Новый адаптивный метод следования за тенденцией и рыночными циклами / В. К. Кравчук // Валютный спекулянт. – С. 50 – 55(49). – № 12, – 2000, – Электронный ресурс. [Режим доступа]: <http://download.virtuosclub.ru/gac/atcf.64.pdf>.

### References

1. Bessonov V. A. Vvedenie v analiz rossijskoj dinamiki perehodnogo perioda / V. A. Bessonov. – М.: In-t jekonomiki perehodnogo perioda, 2003. – 151 s.
2. Gorbacevich V. V. Analiz i prognozirovanie vremennyh rjadov. Metodicheskie ukazanija k chteniju lekcij i provedeniju praktičeskix zanjatij. Chast' II. §4. Spektral'naja teorija sluchajnyh processov / V. V. Gorbacevich. – М.: МАТИ, 2000. – 25 s.
3. Grendzher K. Spektral'nyj analiz vremennyh rjadov v jekonomike / K. Grendzher, M Hatanaka. – М., 1972. – 362 s.
4. Dzhenkins G. Spektral'nyj analiz i ego prilozhenija. Tom 1 / G. Dzhenkins, D Vatte. Per. s angl. V. F. Pisarenko. – М.: Mir, 1971. - 316 s.
5. Konjuhovskij P. V. Sistema jekonomiko-matematicheskix i instrumental'nyh metodov modelirovanija stohasticheskoj dinamiki finansovyh resursov / P. V. Konjuhovskij : avtref. dis. d-ra. jekon. nauk. – SPb: SPbGU, 2002. – 331 s.

6. Kravchuk V. K. Novyj adaptivnyj metod sledovanija za tendenciej i rynochnymi ciklami / V. K. Kravchuk // Valjutnyj spekuljant. – S. 50 – 55(49). – № 12, – 2000, – Elektronnyj resurs. [Rezhim dostupa]: <http://download.virtuosclub.ru/gac/atcf.64.pdf>.