

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРСАЙТ**



**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

**В.В. Бушуев, В.Н. Сокотущенко**

**Москва  
2016**

ЗАО «ГУ Институт энергетической стратегии»  
ФГБУ «Объединенный институт высоких температур» РАН  
ИТ-ЦЕНТР «Интеллектуальное прогнозирование  
в экономике и энергетике»

**В.В. Бушуев, В.Н. Сокотущенко**

# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

Москва  
2016

УДК 338.27

ББК 65.23

**Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н. Интеллектуальное прогнозирование – М: ИД «Энергия», 2016 – 164 с.**

**ISBN 978-5-98908-419-7**

Разработка нового поколения интеллектуальных технологий прогнозирования в последние годы основывается на идеологии (SoS) и методах системной динамики, а интеллектуальные и когнитивные системы используются для повышения эффективности прогнозирования, планирования и управления.

Для комплексного решения сложносоставной проблемы в брошюре рассматривается принцип метасистемного подхода («система систем» - System of system - SoS), являющегося составной частью интеллектуального прогнозирования.

Рассмотрен глобальный исторический процесс формирования мирового сообщества с единой экономической и политической системой. Предполагается, что глобализация, как и многие другие исторические процессы, имеет не только поступательную, но и волновую (циклическую) составляющую, описывающую подъемы и спады, циклы развития цивилизации. На основе когнитивного прогнозирования предпринята практическая попытка поиска значимой связи между космоприродными и социально-политическими событиями, с точки зрения изучения циклических составляющих исторического процесса.

На основе фрактального изучения мировой динамики дан относительный прогноз развития событий на ближайшие полвека и анализ 23-го цикла солнечной активности (1996 – 2008 гг.), а также прогноз политических, экономических и военных событий 24 – 28 циклов (до 2050 г.).

УДК 338.27

ББК 65.23

© Авторы, 2016

© ЗАО «ГУ ИЭС», 2016

© ФГБУ «ОИВТ» РАН, 2016

© ИТ-ЦЕНТР «Интеллектуальное прогнозирование в экономике и энергетике», 2016

**ISBN 978-5-98908-398-5**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>Часть I. Алгоритм и методика интеллектуально-когнитивного прогнозирования</b> .....	32
<b>1.1. Когнитивное прогнозирование</b> .....	32
<b>1.2. Структура и содержание методики интеллектуального прогнозирования</b> .....	42
<b>1.2.1. Определение объекта интеллектуального прогнозирования</b> .....	50
<b>1.2.2. Выдвижение идеи прогноза или тезисы по созданию идеи (гипотезы) интеллектуального прогнозирования</b> .....	53
<b>1.2.3. Вторая стадия разработки интеллектуальных прогнозов</b> .....	58
<b>1.3. Критерии оценки интеллектуальных прогнозов</b> .....	60
<b>1.4. Классификация интеллектуальных прогнозов (на основе опыта данных авторов)</b> .....	65
<b>Часть II. Реализация моделей интеллектуального прогнозирования (на примерах)</b> .....	68
<b>2.1. Синхронизация событий в глобальной истории с периодичностью СА</b> .....	68
<b>2.2. Среднесрочные и долгосрочный прогнозы солнечной активности на основе фрактальной фактологии и когнитивного прогнозирования</b> .....	99
<b>2.3. Когнитивный и статистический анализ факторов, влияющих на поведение нефтегазового рынка</b> .....	110
<b>2.4. Выводы о факторах, влияющих на корректировку долгосрочного прогноза в моделях интеллектуального прогнозирования цен на нефть</b> .....	129
<b>Приложение 1. Анализ методологических основ нейросетевого прогнозирования в энергетике</b> .....	134
<b>Приложение 2. Рекомендации и предложения по алгоритмам и программам, необходимым для обучения нейронной сети в рамках задачи интеллектуального прогнозирования</b> .....	147
<b>Приложение 3. Алгоритм выявления скрытых закономерностей в базах данных для решения задач нефтегазовой отрасли в условиях недостатка ретроспективных данных</b> .....	154

## ВВЕДЕНИЕ

Сказать, что мир в настоящее время развивается динамично — все равно, что не сказать ничего. Мы живем в то время, когда технологии развиваются настолько быстро, что сейчас обыденным является то, что совсем недавно казалось невозможным. Волны технологического развития уплотняются, инновации вторгаются в нашу жизнь все стремительней. Одни технологии развивают другие технологии, и процесс этот приобретает лавинообразный характер.

Технологии стремительно появляются в различных областях знания, но одни из них так и остаются нереализованными «лежать на полке», в то время как другие оказываются востребованными человечеством и активно входят сначала в научное, а затем, находя практическое применение, и общественное сознание. Можно много говорить о причинах, разного рода предпосылках смен волн технологического развития, определяющих облик и вектор развития общества, о прорывных технологиях, несущих в массовое сознание качественно новые продукты и услуги.

Но главное — человек пусть даже не всегда осознанно, а порой интуитивно стремится к чему-то новому, соизмеряя себя с ожидаемыми инновациями. Прогнозирование и восприятие будущего осуществляется через мыслительные процессы, интегрирующие объективные закономерности развития и интеллектуальное собственное целевое видение этого будущего.

Движущей силой интеллектуального и последующего технологического развития является «любопытство», а также естественное стремление человека получить что-то принципиально новое, реализующее его фантазии и обеспечивающие качественно новый облик своего мироокружения.

***Принцип комфорта/удобства*** — появившаяся технология и основанный на ней продукт/услуга (потенциальные) позволяет достичь большего удобства в жизни, сокращения времени и сил, затрачиваемой энергии, умственных расчетов. Этот список можно продолжать бесконечно, но сама суть данного принципа понятна — люди готовы платить за то, что позволяет высвободить часть времени, сделать их более свободными.

***Фантазии становятся реальностью*** — появившаяся технология и основанный на ней продукт/услуга (потенциальные)

воплощают или показывают путь к воплощению футуристических настроений, осуществлению фантастических действий. Фантасты в своих книгах зачастую опережают время на века. Они переносят в произведения свои фантазии, не боясь при этом показаться мечтателями, в книге можно позволить себе самые смелые мысли. Но ведь именно эти мысли фантастов, выраженные в романах, зачастую оказывают особое неизгладимое впечатление на будущих ученых, исследователей, определяя во многом направления их исследований. Именно эти, прочитанные в детстве, фантастические произведения о роботах, космических путешествиях, лазерном оружии, голографических изображениях, определяют наши ожидания и представления о будущем, и во многом определяют востребованность обществом появляющихся новых продуктов. Все хотят быть ближе к мечте. Если технология или уже реализованный на ее основе продукт позволяет человеку чувствовать себя ближе к своим мечтам, эта технология будет иметь успех, будет востребована, будет покупаться. (рис. 1).



*Рис. 1. Патрик Стюарт (Капитан Жан-Люк Пикард) в сериале «Звёздный путь: Следующее поколение», 1987 г. и Стив Джобс на презентации Apple iPad, 2010 г.*

**Воплощение** — мало создать технологию, мало создать продукт или услугу. Любая, самая амбициозная, актуальная технология может разбиться о стену непонимания, если вопросу доведения ее до потребителей не будет уделено должное внимание. «Эдисон не изобретал лампочку. Это сделал русский электротехник Лодыгин. Но американец превратил экспериментальный проект в удобный продукт, которым можно освещать кухню и

спальню в любой квартире. Точно так же и Генри Форд не создал автомобиль. Но он создал конвейер. Машина стала массовой и относительно недорогой. Ее можно было легко отремонтировать» (iПоколение, «Русский репортер» №40 (218), 2011). Этот ряд можно дополнить и Стивом Джобсом. Компьютеры, плееры, телефоны были неотъемлемой частью нашей повседневной жизни и до него. Он не создал принципиально новый продукт, он создал принципиально новое отношение к нему, и это произвело фурор. А значит, способность правильно преподнести что-то, будь то технология, продукт или услуги, является одним из секретов востребованности его обществом.

**Можно подвести лошадь к реке, но нельзя заставить ее пить** — речь идет о своего рода маркетинговых стратегиях, с которыми мы сталкиваемся повсеместно. Говоря о важности эффективного преподношения продукта, не стоит забывать, что, действительно, путем рекламы, создания положительного имиджа, действительного образа, можно заставить человека покупать любой товар. Покупать — возможно, но полюбить — никогда. Технология будет востребована тогда, когда люди сами захотят ею пользоваться. Потребителям не нужно «выкручивать руки», чтобы они захотели пользоваться чем-то, продукт нужно преподнести так, чтобы само по себе появлялось желание использовать его, именно его, потому что именно он отвечает всем внутренним потребительским ожиданиям. Продукт, который навязывается, пусть даже в самой легкой форме, никогда не будет иметь такого успеха как тот, необходимость использования которого рождается у нас в голове. Мы делаем выбор и ценим то, что выбираем.

**В нужное время в нужном месте.** Безусловно, в данном контексте нельзя обойти вниманием такой чрезвычайно важный вопрос, как готовность потреблять что-либо. Как говорится, всему свое время и всему свое место. Чтобы технология смогла завоевать сердца людей, общество должно быть готово к этому. Процесс ее появления должен быть естественным, логическим завершением которого станет внедрение технологии и создание на ее основе продукта или услуги, пользующегося популярностью. Если технология насаждается искусственно, как в случае, скажем, импорта технологий, зачастую имеет место недопонимание и, как следствие, отсутствие должного результата. Яр-

кой иллюстрацией в данном случае может служить параллель, проведенная профессором Стэнфордского университета Генри Ицковицом в своей книге «Тройная спираль: предприятия — университеты — государство» между президентом России Дмитрием Медведевым и Первым секретарем ЦК КПСС Никитой Хрущевым. Суть данного сравнения может быть недвусмысленно понята из рис. 2.



*Рис. 2. Кукуруза, Apple iPhone 4, Никита Сергеевич Хрущев, 1959 г., Дмитрий Анатольевич Медведев, 2010 г.*

Подводя итог вышесказанному, следует добавить, что каждый из сформулированных принципов инновационного развития несет лишь рекомендательный характер. Нет необходимого и достаточного условия успеха, которое можно было бы сформировать в одном правиле. При развитии любой технологии и, как продолжение, основанного на ней продукта или услуги, стоит опираться не только и не столько на экономический аспект, но учитывать и тонкости человеческого восприятия, индивидуального и массового сознания. В этой связи важно понять, что, какие бы выгоды ни сулило внедрение и развитие наукоемких технологий, каким бы привлекательным ни был образ их обладателя, не достигнув комплексного подхода в их реализации, опи-

рающегося на вышеописанные принципы, невозможно достичь сколь бы то ни было действенного эффекта.

При этом комплексность означает, что каждое текущее и будущее событие является составной частью более общей картины эволюционного развития.

Умение предвидеть будущие события и тенденции является удивительной способностью людей, но в то же время подобное умение проявляется с разным успехом в нашей обыденной жизни. Любые знания о будущих событиях касаются того, как они формируются в прошлом и настоящем. При этом не так легко использовать эти естественные способности человеком при прогнозировании, т.е. научнообразном предвидении тех или иных событий. Трудность заключается в степени конкретизации фактов и структуризации будущих событий, которые в свою очередь определяют контрастность и размеры облака или области возможных событий. Существуют события, которые любой из нас может предсказать с почти абсолютной достоверностью, например, смены времён года, дня и ночи и т.п. Такие тривиальные прогнозы очевидны, они являются естественными по сравнению, например, с прогнозированием того или иного политического события, появления новой технологии и уж тем более со значением цены на нефть через месяц. Однако, прогнозирование большинства событий, занимает промежуточное положение между формированием тривиальных и сложных прогнозов. Эти события могут быть интерпретированы, точнее обозначены, так, чтобы их прогноз не становился крайностями. События, которые прогнозируются, должны быть сформулированы таким образом, чтобы их конкретизация не привела к угадыванию, т.е. чтобы прогноз не был фантастическим, но, с другой стороны, формулировка того, что необходимо спрогнозировать не должна быть слишком размыта, чтобы прогноз таких событий не представлялся тривиальным. Предвидение конкретных фактов, конкретных деталей, это крайности прогнозирования – это есть границы упомянутой области возможных значений прогноза. И если предсказать наступление смены года может каждый, а значение цены на нефть с точностью до доллара не может никто, то предсказать динамику того или иного процесса, в частности, политическую либо рыночную конъюнктуру, с указанием облака возможных сопут-

ствующих событий и закономерную тенденцию изменения цены, возможно только, используя специальные знания и методы познания, т.е. применяя когнитивный подход. Когнитивный (лат. *cognoscere* – знать, узнавать) подход снижает неопределенность прогнозирования. Чувствительность результата к тем или иным факторам может быть либо слабой, либо сильной. В первом случае прогноз более стабилен. Во втором – прогноз оправдан, если мы динамику системы рассматриваем в рамках большой системы, зацепляя лишь фрактальный образ будущего.

Когнитивность – это способность человека воспринимать внешний мир путем образного мышления и выстраивать алгоритм формирования этого образа путем интеллектуального прогнозирования. Этот вид прогнозирования дает не количественные оценки тех или иных параметров, характеризующих будущее, а структурный образ этого будущего, получаемый умозрительным путем<sup>1</sup>.

Когнитивные технологии прогнозирования не могут указать нам, например, значение того или иного параметра будущего, но они могут указать нам правильное направление в ряду нескольких альтернатив, структуру и облако возможных направлений развития динамики процесса. И это – не мало, и, как правило, является решающим стратегическим знанием. Когнитивное прогнозирование строится не на деталях, как попытки угадать время появления того или иного события, например, цену за 1 баррель нефти через месяц, а на более обобщенных образных, но закономерных факторах. Однако только образов недостаточно, необходим инструментарий и собственно их интеллектуальная обработка, т.е. искусственный интеллект. Таким образом, рождается формула:

**Когнитивное прогнозирование + Искусственный интеллект =  
= Интеллектуальное прогнозирование**

Основа когнитивного прогнозирования может быть построена, если принимать каждую прогнозируемую подсистему как образ более общего образования. Любая система является частью

---

<sup>1</sup> В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт. «Энергетическая политика», 2015, №4. С.3-9.

более общей системы, и главным в интеллектуальном прогнозировании является принятие логики частного и общего. Все состоит из систем, а весь Мир, это общая система для всех связанных и невязанных отдельных частных в своем первоначальном виде или более общих систем и подсистем, иерархия которых может быть произвольной, но логичной и в итоге всегда взаимосвязанной и непротиворечивой. Две подсистемы могут быть совершенно несвязанные общими правилами друг с другом, и в контексте других систем будут иметь связи незаметные в рамках какой-либо одной из них, но всегда будут подчиняться общему правилу аксиоматики произвольной общей системы<sup>2</sup>.

Все части мира взаимоподобны (фрактальны). «Что наверху, то и внизу», «что было, то и будет» – эти фундаментальные принципы пространственно-временной картины эволюционирующего мира известны еще с древних времен. И они неоднократно подтверждались всем ходом мировой истории и всем опытом конструирования миросистемы: от космоса - до атома. Практическое же использование этих принципов фрактального развития мира и построение прогностической модели существенно зависит от того, насколько правильно выбраны точки бифуркации – завершение одного этапа эволюционного развития и подхода к новой фрактальной конструкции мировой динамики.

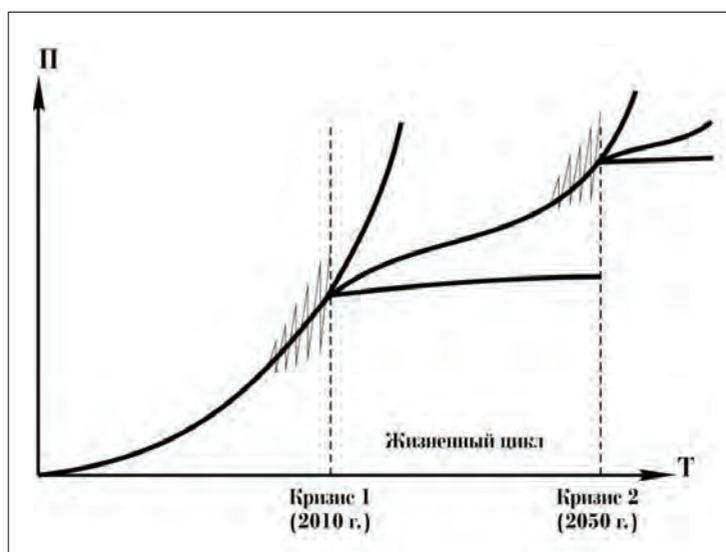
Искусство интеллектуального прогнозирования заключается в том, чтобы правильно разместить на общей траектории начало и узловые точки фрактальной конструкции. Пока не выработано каких-либо общих правил аппроксимации прошлой динамики набором таких волн, а, следовательно, и учет размещения этих волн на будущей траектории<sup>3</sup>.

Выбор начала этой волновой конструкции остается в значительной степени делом субъективным, как и собственно процесс когнитивного мышления. Единственное, что позволяет аргументированно представлять эту конструкцию, – это правило, что система завершает очередной цикл своего текущего существования, входя в «режим обострения», когда динамика изменения тех или иных параметров системы начинает меняться очень интенсивно (рис. 3). Следует ожидать, что продолжение этой тенденции

<sup>2</sup> [http://www.pokaianie.ru/article/from\\_reader/read/53886](http://www.pokaianie.ru/article/from_reader/read/53886).

<sup>3</sup> В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт. «Энергетическая политика», 2015, №4. С.3-9.

привело бы систему к экспоненциальному росту (демографический взрыв начала XXI в., резкий рост экономики и спроса на энергию, особенно в Китае и странах АТР в первом десятилетии XXI в., глобальное потепление, ажиотаж с нефтяными ценами, информационный бум и т.д.). Система, в процессе своего развития может менять парадигму своих подсистем. Только система может управлять подсистемой, поскольку только у системы могут быть правила для всех процессов всех подсистем. Эти правила подсистемы ограничены и направлены только на выполнение ограниченной последовательности правил, на четкую функциональность подсистемы.



Источник: ИЭС.

**Рис. 3. От экспоненциальной к логистической кривой роста**

Прогнозировать, предсказывать последовательность протекания любого процесса, можно на основании некоторых правил. Однако, чем меньшую подсистему мы рассматриваем, в структуре глобальной системы, тем детальней имеем информацию, тем более самостоятельный, независимый квант системы она описывает. И напротив, рассматривая более крупную систему: информация – более общая, более широкий смысл она несет и тем

больше сторон жизни она охватывает. По мере уменьшения подсистемы, её информация становится более оторванной от своего контекста – общей системы, в которую она входит. Так, для того, чтобы понять события и факты, имевшие место в прошлом, необходимы серьезные ретроисследования, однако, прошлое остается неоднозначным, неопределенным до конца. Будущее, напротив, не дает нам доступной детальной информации о себе, но зато оно и не скрывает от нас свой общий смысловой тренд (фон) – информацию о будущем.

Экспертам, которые формируют прогнозы, будущее не позволяет получить достоверную конкретную фактологическую информацию, при этом оно не скрывает свои тренды, области и облака возможных событий, т.е. будущее не скрывает обобщенную информацию о себе.

Во второй части настоящей работы рассматривается глобальный исторический процесс формирования мирового сообщества с единой экономической и политической системой. Предполагается, что глобализация, как и многие другие исторические процессы, имеет не только поступательную, но и волновую (циклическую) составляющую, которая описывает подъемы и спады, циклы развития цивилизации. Предпринята практическая попытка поиска значимой связи между космоприродными и социально-политическими событиями, с точки зрения изучения циклических составляющих исторического процесса. Дан относительный прогноз развития событий на ближайшие полвека и подробный анализ 23-го цикла солнечной активности (1996 – 2008 гг.), а также прогноз политических, экономических и военных событий 24 – 28 циклов (до 2050 г.) на основе фрактального изучения мировой динамики.

Действительно, задумываться о будущем столь же естественная потребность для человека, как есть, пить и выполнять другие жизненно необходимые функции. При этом думая о будущем, он прогнозирует внешние для себя условия среды и формирует свое отношение к ней и целевое поведение. Эта человеческая деятельность включает в себя анализ прошлого и текущего состояния своего «Я» во взаимосвязи с окружающим миром, целевое видение (форсайт) будущего, исходя из собственного миропонимания и собственных представлений о своем месте и роли в

этом будущем мире, собственных возможностей и желаний, понимания того, каковы условия и возможности внешнего мира. Форсайт – это процесс, включающий в себя идеологию, методологию и технологию формирования будущего, в котором «Я» и «Мир» (среда) рассматриваются совместно и одновременно. Понимание этой слитности определяется интеллектом человека. При этом осуществляется разбиение общей задачи на части, ибо любая многокомпонентная задача (система) есть совокупность взаимосвязанных подсистем. Принцип метасистемного подхода («система систем» – System of system – SoS) действительно удобен для комплексного решения сложносоставной проблемы, и он является составной частью интеллектуального прогнозирования, но не сводится к нему.

В этой связи разработка нового поколения интеллектуальных технологий прогнозирования в последние годы основывается на идеологии (SoS) и методах системной динамики, а интеллектуальные и когнитивные системы используются для повышения эффективности прогнозирования, планирования и управления. Вместе с этим, интеллектуализация достигается не просто наличием человека-эксперта и/или имеющихся адаптивных систем управления, но и новой организацией, структурой прогнозирования с учетом масштабности и детализации будущего. Поэтому целевое видение будущего является предметом интеллектуального прогнозирования, включающего в себя Форсайт, формирование структурного образа будущей системы («Я» и «Мир») и определение динамики соответствующего перехода от текущего состояния к новому взаимоотношению в системе. Интеллектуальное прогнозирование несводимо к выбору решений в обычной экспертной системе, хотя и в ней присутствует интеллект экспертов. Количество экспертов не имеет решающего значения, ибо важна не разносторонность представлений участников экспертизы о будущем развитии и отборе наиболее значимых факторов, определяющих прогнозируемую динамику процесса. Добиться объективности в оценке будущего при этом невозможно, хотя бы потому, что каждый из участников экспертизы имеет собственное представление о движущих силах и направлениях этого развития. Совпадение этих представлений у определенной группы экспертов определяет лишь групповую субъективность

при проведении Форсайта, которая ничем не лучше индивидуального представления одного интеллектуально развитого эксперта. А наличие разношерстных представлений даже с помощью специальных процедур отбора мнений дает достаточно размытую картину будущего. Кроме того, существенное влияние на объективность в оценке будущего оказывает факт глубоких структурных изменений, в частности в мировой экономике, в последние годы. Эти изменения практически исключают использование широко применяемых ранее традиционных способов экономико-математических исследований в области прогнозирования социально-экономических процессов. Вместе с этим необходимость таких прогнозов возрастает, так как политическая и экономическая нестабильность международных и рыночных отношений, возникновение региональных образований, ликвидация отраслевого централизованного директивного управления требует оперативного и, главное, обоснованного прогноза. Уменьшить вероятность ошибок в принимаемых прогностических решениях в управлении экономикой можно с помощью разработки новых высокоинтеллектуальных когнитивных алгоритмов анализа и прогноза. Всё чаще обсуждаются разнообразные программы стабилизации и устойчивого развития экономики и общества. Предлагается много способов решения тех или иных социально-экономических проблем. Но при этом, как правило, не приводятся прогнозы их использования, не анализируются негативные результаты этих программ и предложений, отсутствует целевой Форсайт ожидаемых социально-экономических процессов в их комплексной взаимосвязке. Соглашение на осуществление предлагаемых программ с испытанием их на реальном объекте оборачивается большими потерями. Это обстоятельство требует разработки способов решения проблемы в условиях непрерывных изменений структуры объекта прогнозирования, основываясь на принципах и алгоритмах когнитивного мышления и прогнозирования.

Однако, интеллектуальное прогнозирование несводимо только к процессу краудсорсинга (выбору решений на основе коллективных даже интеллектуальных ресурсов группы экспертов), ибо в такой системе целевая функция задается заказчиком, а эксперты лишь выбирают более оптимальную траекторию ее дости-

жения. Интеллект в данном случае означает не просто набор умных экспертов, а такую форму их деятельности, которая отражает принципы когнитивного мышления, т. е. логику поведения человека (даже одного «умника»), которая используется им при анализе сложной проблемы. Речь идет, в первую очередь, о выборе идеи, исходя из понимания глобальных процессов мироразвития (например, идеи влияния космоэнергетической динамики на земные процессы, единства и гармонического развития индивидуума и социоприродной среды, идеи цикличности мировой динамики и смены приоритетов материального и духовного развития на длинных этапах развития, идеи подобия процессов в прошлом и будущем и др.). Основная идеологическая предпосылка интеллектуального прогнозирования сводится к тому, что «Земля живет в объятиях Солнца», а расположение планеты и центра масс солнечной системы определяют динамику солнечной активности и влияет на все земные, в том числе, социоприродные процессы, включая климатическую динамику, экономические и рыночные процессы и явления. В их основе лежат общие энергетические процессы циклического заряда и разряда земного конденсатора. Цикл (ци - энергия, кл - колесо) – это энергетические колебания земной SoS с различной периодичностью, определяемой масштабом и структурой рассматриваемой подсистемы. Вопрос синхронизации волн глобализации и пиков социально-военно-политических событий на планете, в том числе и влияние солнечной активности (СА) на психоэмоциональный фон человека, а, следовательно, и влияние на принятие решений, изучали многие естествоиспытатели<sup>4</sup>. Так, У. Гершель английский ученый (конец XVIII в.) – основатель звездной астрономии, построил первую модель Галактики, открыл планету Уран, изучил связь между числом солнечных пятен, неурожаем и ценами на хлеб и определил довольно большую корреляцию между ними. Немецкий учёный Мовес, французский ученый (конец XIX столетия) Делоне, подтвердили подчиненность социальной динамики на Земле ритмичности в 11 лет в соответствии с солнечными циклами. Генрих фон Швабе, немецкий астроном в 1843 г. впервые определил периодичность циклов появления солнечных пятен в 10 лет. В 1852 г. эта цифра была уточнена Вольфом как среднеарифметическая

---

<sup>4</sup> Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические события XX и XXI вв. - М.: ИД «Энергия», 2013, - 76 с.

их периода в 11,1 лет, хотя в действительности цикл имеет вариацию от 8,5 до 14 лет между соседними минимумами и от 7,3 до 17 лет между максимумами. Все эти расчеты были выполнены еще в середине XIX столетия, и до 1917 г. они подтверждались. Иоганн Рудольф Вольф в 1848 г. изобрел методику подсчета солнечных пятен на диске, получаемое число называют числом Вольфа:  $W=k(f+10g)$ , где  $f$  – число отдельных солнечных пятен на солнечном диске в момент наблюдения,  $g$  – число образованных этими пятнами групп, а  $k$  – поправочный коэффициент места наблюдения (конкретной обсерватории). Число 10 в этой формуле соответствует среднему числу пятен в одной группе, что позволяет достаточно точно оценить общее число пятен на Солнце даже в тех случаях, когда условия наблюдения не позволяют подсчитать все малые пятна. Значения чисел Вольфа меняются ежедневно и регулярно публикуются обсерваторией в Цюрихе (главном мировом центре наблюдения Солнца). Они формируют циклы солнечной активности (циклы Швабе-Вольфа) средней продолжительностью около 11 лет (от минимума до минимума). Этот индекс очень удачно отражает вклад в СА не только от самих пятен, но и от всей активной области, в основном занятой факелами. Поэтому числа  $W$  очень хорошо согласуются с более современным и точнее определяемым индексом, обозначаемым  $F_{10,7}$  – величиной потока радиоизлучения от всего Солнца на волне 10,7 см. Александр Чижевский выявил синхронизацию максимумов СА с периодами пандемий и эпизоотий, а также вообще ускоренного размножения отдельных видов биоорганизмов, например, саранчи. Он же выяснил механизм взаимосвязи человеческого организма и солнца и впервые высказал идею о влиянии солнечной активности на неживой мир, биосферу и социальные процессы XX века. Он назвал свою концепцию «космической погодой». Но физические основы этого воздействия были неизвестны, поэтому теорию Чижевского многие считали мистической. Это негативно сказалось на судьбе ученого, его труды были изданы только спустя много лет<sup>5</sup>. У.Джевонс (70-е годы XIX столетия) один из основателей теории маржинализма, установил связь поведения социальных коллективов в их деятельности от циклических явлений на Солнце. Объяснил экономические циклы не только в сельском хозяйстве, где они связаны с прямым влиянием СА на урожайность, но

---

<sup>5</sup> Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические события XX и XXI вв. - М.: ИД «Энергия», 2013, - 76 с.

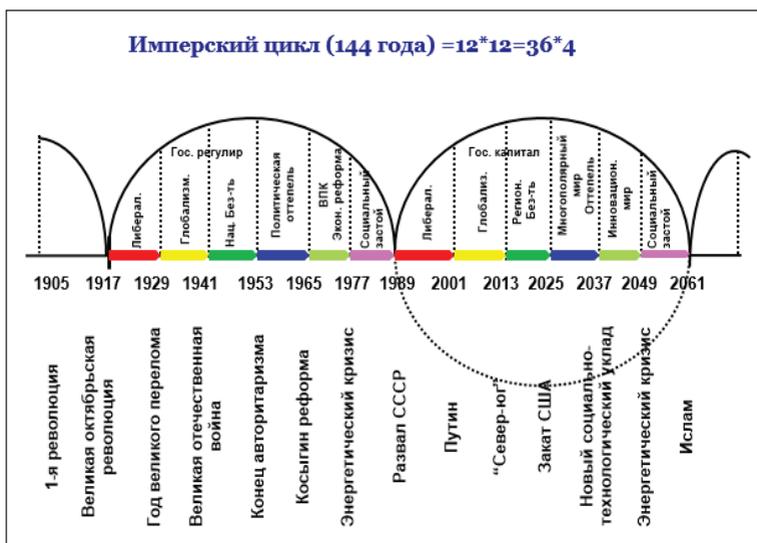
и в промышленности. У. Джевонсом была развита теория, связывающая происхождение экономических циклов с солнечной активностью. Джевонс предположил, что: «Периодические крахи суть действительно по природе своей явления психологического порядка, зависящие от смены настроений уныния, оптимизма, ажиотажа, разочарования и паники. Но представляется весьма вероятным, что умонастроения деловых кругов, хоть они образуют собой основное содержание явления, могут определяться внешними событиями и в особенности обстоятельствами, связанными с урожаями». К. Маркс изучал промышленный цикл протяженностью 7-12 лет и выделял четыре фазы, последовательно сменяющие друг друга: кризис, депрессия, оживление, подъем. Промышленный цикл получил имя К. Жугляра, он анализировал колебания ставок процента и цен во Франции, Великобритании и США, обнаружил их совпадение с циклами инвестиций, которые в свою очередь инициировали изменение ВВП, инфляции и занятости. За период с 1787 г. по 1932 г. выделяют 11 циклов Жугляра. Циклично, с периодом 7-10 лет функционирует рынок страхования. Цикл Кузнеца, или длинные колебания (long swings), обладающие самой большой амплитудой в строительстве, имеет двадцатилетний период. С. Кузнец обнаружил взаимосвязанные колебания показателей национального дохода, потребительских расходов, валовых инвестиций в производственное оборудование, в здания и сооружения с длительными интервалами быстрого роста и глубоких спадов или же застоя. Н.Д. Кондратьев (1892-1938) создал экономическую теорию длинных волн, больших циклов конъюнктуры (40-60 лет). Он указал на полицикличность экономической динамики: «Реальный процесс экономической динамики один. Но если мы, анализируя и разлагая этот процесс на простейшие элементы и формы, признаем существование различных циклов в этой динамике, то вместе с тем мы должны признать, что эти циклы как-то переплетаются между собой и оказывают то или иное влияние друг на друга». Более того, Кондратьев усматривал взаимосвязь экономических циклов с циклическими процессами в других сферах общества. В 1962 г. вышла работа Ангуса Мэдисона, в которой приводятся величины валового национального продукта различных стран мира за период 1870-1960 годов. Наиболее полным показателем совокупной экономической деятельности является объем

продукции страны - валовой национальный продукт (ВНП). Во временном интервале 1879-1954 гг. можно выделить семь глобальных экономических циклов. Таким образом, средняя продолжительность такого цикла составляет около 11 лет. Анализ приведенных данных показывает, что более чем в 90% случаев ухудшение экономических показателей происходило либо в годы экстремальных величин СА (на максимумах и минимумах), либо на временном отрезке, соответствующем ее уменьшению (нисходящие участки квазиодинадцатилетнего цикла Швабе). Экономических кризисов в периоды возрастания СА практически не происходило. Циклы СА Швабе-Вольфа: периодичность всплеск пандемии в 11 лет. На сегодняшний день, кроме цикла Швабе-Вольфа, известны, 22-летний парный цикл Гневывшева-Оля, в котором второй в паре 11-летний цикл по сравнению с предыдущим в 1,4 раза выше по СА, а также несколько менее значительных флуктуаций Солнца, а также 72-летний (2 x 36 лет) цикл Ганского и 144-летний «имперский цикл», состоящий из 2-х полуциклов по 72 года. Кроме того, в спектре монохромных циклов обнаружены пики около 36 лет (цикл Сатурна) и около 12 лет (Юпитера).

Один из современных подходов к данной проблематике можно найти, в работе<sup>6</sup>, где обращается внимание на интересный факт: годы максимальной солнечной активности зачастую были ознаменованы всевозможными социальными потрясениями и военно-политическими событиями, но при этом именно эти годы становились периодами наибольшего экономического оживления, и именно в них были отмечены наиболее высокие цены на сырье. Объясняется это тем, что в основе всех социальных возмущений лежит высвобождение энергии, «накаченной» в людей солнечной активностью. Так, например, цены на нефть определяются действиями трейдеров, которые по своей сути тоже являются «толпой», подверженной влиянию солнечной активности и приходящей в наибольшее возбуждение в периоды, когда количество поступающей энергии является максимальным (см. рис. 3). Как уже отмечалось существуют многовековые климатические процессы, имперские циклы (144 года) существования той или иной формы цивилизации, 10-12- летние (а также более длительные и более короткие) экономические циклы, и сезонные изменения на протяжении года (рис. 4). Для примера на рис. 4 приведены по-

---

<sup>6</sup> В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт. «Энергетическая политика», 2015, №4. С.3-9.



Источник: ИЭС.

*Рис. 4. Мировые волны истории*

вторяющиеся 12-летние волны, составляющие имперский цикл. Сравнение этих волн через определенный интервал, показывает, что все повторяется (иногда и с обратным знаком). Но использование этой закономерности позволяет предсказывать будущее не как случайные события, а как вполне естественное явление в общей мировой динамике. Зафиксированное ранее в наших работах еще с середины 90-х годов прошлого века будущую смену глобализации на регионализацию мировой политики и противостояния «север-юг» на уровне 2013-2014 гг. научно подтверждается исторической практикой. Тем самым подтверждается главная мысль данной работы, что когнитивное представление, основанное на умопостигаемом (умозрительном) фрактальном подобии мировых волн позволяет давать вполне обоснованные прогнозы мировой динамики.

Естественно, разная временная периодичность этих колебаний свойственна отдельным составляющим SoS, но это не меняет общего подхода к интеллектуальному прогнозированию этих отдельных систем. Особое значение при проектировании социо- и техноценоза играют информационные связи, формирующие структуру этого объединения и обеспечивающие ему

признаки «живой» самообучающейся и саморазвивающейся системы. По сути дела, мы имеем дело с интеллектуальной системой, где информационная и технологическая части составляют единое целое и функционируют в соответствии с принципами когнитивного мышления. Наиболее ярким и выразительным примером такого энергоинформационного техноценоза, а точнее человеко-машинного «гомотехноценоза», является «новый электрический мир» потребителя<sup>7</sup>. Потребитель не только ожидает изменение внешних условий своего энергообеспечения, но и целенаправленно формирует среду своего жизнеустройства в соответствии с собственным целевым видением будущего.

Детализированная информация каждой из подсистем составляющей общую систему оторвана от контекста всей системы, и в этом ее беда. Погоня за детальными прогнозами, что называется прогнозами «до числа» часто предстают как несостоятельные. Эксперты-«умники» прикладывают огромные усилия и знания для того, чтобы выяснить, спрогнозировать курс акций через месяц или год, но в погоне за этими цифрами они теряют контекст, смысл этой информации. «Умники» планируют свои действия исходя из лишенных смысла прогностических цифр, и их действия становятся также бессмысленными. Если мы начинаем верить только прогностическим цифрам, рано или поздно ничто нас не предостережет от ошибки. Чтобы избежать этого, необходимо мыслить не численно, а образно-когнитивно, так сказать, попытаться попасть из настоящего в облако будущего, в область будущих событий.

Образно-когнитивная информация, в частности, наличие самоподобных кластеров (фракталов) в прошлом и настоящем, обладает несколькими замечательными свойствами, что и делает её самой объективной и привлекательной для решения задач прогнозирования. С одной стороны, эта информация не так конкретна, как детальная числовая, но зато она обладает и свойствами обобщенной, контекстной информации – она содержит в себе смысл, содержательный контекст. Руководствуясь образно-когнитивной информацией, эксперты смогут делать осмысленный прогноз будущего. При этом образно-когнитивная информация оставляет нам свободу мышления, поскольку указывает направ-

---

<sup>7</sup> В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт. «Энергетическая политика», 2015, №4. С.3-9..

ление, а не конкретные, детализированные шаги. Детализированная информация не переступает границы настоящего, будущее сохраняет свою неопределенность в деталях. Обобщенная информация, контекст, быстро теряется в прошлом, но он очевиден в отношении будущего. Образно-когнитивная информация охватывает и прошлое, и будущее в виде устойчивых во времени смысловых конфигураций, т.е. на определенных временных интервалах практически не зависит от времени, является, так сказать, инвариантом относительно стрелы времени. Именно на основе подобных конфигураций возможно надежное прогнозирование.



Источник: ИЭС.

*Рис. 5. Инерция информации.*

Из рис. 5 видно, что детализированная информация прошлого переступает границу настоящего и захватывает область будущего. Обобщенная информация охватывает область настоящего и будущего, но теряется в прошлом. Образно-когнитивная информация обладает свойством инерции. Она принадлежит и прошлому, и настоящему и будущему придавая событиям и фактам сквозной смысл – она может связать в единое целое и наш опыт и наши перспективы.

Вместе с этим, такая информация, конечно, может содержать и отдельные детали, которые относятся к детализированной

числовой информации, но обычно она имеет более обобщенную форму. Когнитивное прогнозирование в форме особой интуиции присуще лишь некоторым людям. Оно может успешно служить опорой при осмысленном планировании будущего. Однако не всякий человек или организация, может воспользоваться когнитивным прогнозированием. Если прогнозирование или система принятия решений жестко привязана к точным цифрам – как это часто бывает, особенно в бизнесе – когнитивное прогнозирование оказывается мало полезным, поскольку образная информация из будущего не может стать частью бизнес-процессов, для этого ей не хватает конкретности. В этом смысле крупный бизнес и корпорации остаются на сегодняшний день безоружными перед возможным развитием событий будущего, у них отсутствует интеллектуальный инструментарий для когнитивного прогнозирования будущего, а есть в наличии лишь численно-аналитический пакет формул и графиков, изображающий кривые трендов и волатильности, которые приводят в вопросе прогнозирования только к разочарованиям.

Когнитивное мышление и на его основе прогнозирование выглядит иначе. В нём главную роль играют не цифры и установки заказчика прогнозов, а образная информация, выраженная в виде правил, условий и внутренней структуры, по которым существует и чем руководствуется каждая подсистема, звено прогнозируемой системы. Такие системы работают не на максимальном уровне теоретической эффективности, но зато обладают запасом гибкости и прочности, позволяющей им уверенно смотреть в будущее. Когнитивное мышление поддерживает творчество каждого «умника»-эксперта, а когнитивное прогнозирование перестаёт быть в этом случае шаманством или игрой в рулетку и становится надежным элементом планирования будущего.

Далее, изложенная в части I когнитивная парадигма и методика интеллектуального прогнозирования применяется в части II на примере долгосрочного прогнозирования влияния солнечной активности на военно-политические и экономические события в будущем, а также для прогноза развития мировых нефтегазовых рынков. Использование нейронных сетей для прогнозирования долгосрочных экономических процессов в мировой энергетике является новым шагом в адаптации методик искусственного интеллекта к практическим потребностям экономического анализа.

Международные рынки нефти и природного газа представляют собой чрезвычайно сложное явление, требующее комплексного когнитивного изучения и постоянного наблюдения происходящих изменений. В частности, цену на нефть можно рассматривать как производное деятельности всей мировой экономики, и в то же время она зависит от импульсивных решений каждого отдельного биржевого игрока. Не существует единого простого решения или модели, позволяющего успешно прогнозировать цену на нефть. Однако полученные с помощью алгоритма интеллектуального прогнозирования с применением нейронной модели мы можем предугадывать тренды, которые невозможно предсказать, используя другие методы прогнозирования. Одним из оснований для этого является методология обучения нейронной модели, которая предполагает выделение различных циклов, анализ ретроспективы рассматриваемых данных и применение их к прогнозу.

Входными данными в нейронную модель являются, прежде всего, ретроспективный временной ряд самого объекта прогнозирования, а также, в зависимости от выбранного подхода, ретроспективные временные ряды факторов, оказывающих влияние на объект прогнозирования. При этом требуется анализ степени воздействия отобранных факторов на разных промежутках времени, который также включает в себя корреляционный анализ, оценивающий степень изменения конъюнктуры рынка под воздействием изменения определенного фактора. Интеллектуальные задачи требуют привлечения также и технологий искусственного интеллекта – «мягких вычислений». Остановимся на этом подробнее.

Возможность приобретения профессиональных навыков посредством обучения в системах, основанных на знаниях (экспертных системах), каковыми являются большинство интеллектуальных систем, является основной парадигмой и функциональной способностью таких систем. Здесь методика не даёт результата в классическом его понимании как набор чисел. Методика предполагает, повторимся, именно возможность выявления фракталов, новых знаний и далее построение волн Эллиотта. В настоящее время понятие «приобретение знаний» обозначает-

ся словосочетанием Data Mining, которое переводится как «добыча» или «раскопка данных»<sup>8</sup>.

Поэтому и методики в рамках искусственного интеллекта не могут быть «инструкцией по эксплуатации» – это всегда творческий процесс, но в рамках тех наборов возможных приемов, которые свойственны для каждого из упомянутых направлений искусственного интеллекта, в том числе это касается и использования нейронных сетей для решения той или иной задачи прогнозирования<sup>9</sup>. Прогноз не есть решение какого-либо уравнения и не может быть следствием только математических процедур, алгоритмов и методик, прогноз всегда имеет экспертную когнитивную составляющую. Будущее всегда только формируется, причем формируется «сейчас» самым актуальным процессом и в лучшем случае может лишь конструироваться людьми. Это касается как жизни каждого отдельного человека, так и исторического процесса в целом. Это принципиальный вопрос для парадигмы прогнозирования. Если принять принципиально, что будущее существует и признать, что оно (будущее) объективно существует в природе, тогда действительно, логично искать характеристики, параметры этого будущего с помощью различных способов и научных методов, в том числе и с помощью математических методов и, например, технологий Data Mining, используя для этого весь набор ретроспективных данных. Если оно (будущее) объективно существует, то в этом случае принципиально имеет смысл поиск знаний об этом будущем как объекта и субстрата исследования. И тогда появляется вывод о том, что, мол, можно в принципе подобрать параметры некой методики (например, нейронной сети, если речь идет о прогнозировании), которая может дать, пусть и приближенно, ответ на вопрос: что же будет за горизонтом актуального момента времени, какие произойдут события, какие прогнозные кривые будут соответствовать тому будущему состоянию, новой архитектуре мировых событий, например, конъюнктуре нефтегазового рынка? То есть, следуя этой логике нужно лишь получить знания о будущем, и

---

<sup>8</sup> Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. – СПб.: Питер, 2009; Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. – М.: Фазис, 2006.

<sup>9</sup> Чубукова И.А. Data Mining: Учебное пособие – М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006.

это – де-возможно, поскольку будущее просто мало изучено, но наделено объективными законами своего существования и поэтому принципиально познаваемо. Добыв знания о нём (о будущем), мы, мол, узнаем какое оно (будущее) будет. Но это не так. Мы лишь можем, экспертно когнитивно понимая историческую перспективу, при условии правильно сделанных выводов из прошлого, попытаться сконструировать возможные варианты развития событий, т.е. мы в лучшем случае способны лишь пытаться конструировать будущее. Это касается как жизни отдельно взятого человека, который постоянно изо дня в день строит свои собственные прогнозы о своей жизни и развитии, применяя для этого самый совершенный известный аппарат нейронного моделирования – свой мозг.

Поэтому принципиально неверно полагать, что с помощью математических нейронных сетей можно так подобрать настройки сети, «научить» ее и т.д., что эти настройки суть те знания, с помощью которых можно предсказывать будущее, например, поведение того или иного временного ряда. Это не так. Математические методы и математика как таковая существует лишь как абстрактное средство для понимания окружающей нас действительности. И это средство далеко не идеально. Самые сложные методы прогнозирования, в частности и методы нейросетевого прогнозирования, это лишь средство для получения возможных прогнозных кривых, фракталов событий, вариантов или сценариев развития того или иного процесса, но принципиально невозможно получить с помощью пусть самой совершенной методики или алгоритма закон поведения этого процесса в будущем. Поэтому все существующие методы прогнозирования не могут дать ни приближенно, ни точно ту кривую, которая выражает однозначное развитие событий. Принципиально они созданы не для выявления закона развития процесса в будущем как такового. Эти методики созданы для получения возможных сценариев развития процесса, но не конкретной динамической кривой развития. Формирование прогноза всегда есть процесс экспертного когнитивного исследования. И если мы используем более мощный алгоритм и/или более совершенную методику построения прогноза, то мы можем получить более вероятные количественные знания о возможных вариантах развития, и можем в этом случае сформулировать «дорожную карту» развития процесса.

С этой точки зрения те настройки, например, нейронной интеллектуальной сети становятся лишь сопутствующим научным материалом, информацией, средством получения прогнозных кривых, но ни как не теми знаниями, с помощью которых и, воспользовавшись которыми мы можем корректировать актуальный прогноз. Каждый прогноз должен постоянно непрерывно корректироваться по причине постоянного изменения ситуации и факторов, влияющих на актуальный прогноз. Но, возможно, что прогноз, сформированный вчера, не сильно будет отличаться от его коррекции сегодня, по причине, например, мало меняющихся условий в мире. В этом случае, настройки нейронной сети можно принять за те знания, которые характеризуют сам прогноз, но очевидно, это ненадолго и через некоторое время эти настройки будут уже не нужны для формирования следующего прогноза того же самого события.

Опыт формирования интеллектуальных прогнозов говорит о том, что любой прогноз требует постоянной коррекции, при этом настройки сети являются следствием полученных прогнозных кривых, но никак не их отправным пунктом. Но, повторим, что каждому прогнозируемому фактору, конечно, соответствует набор характеристик нейронной сети (её класс, количество слов, архитектура и т.п., причем возможен и целенаправленный подбор настроек). Однако, было бы ошибкой считать, что характеристики нейронной сети нужны в основном не как информационный материал, характеризующий саму сеть, а как материал для каких-то дальнейших действий по корректировке прогноза, как материал, который можно потом при случае использовать и что самое главное применить для обновления прогноза.

Однако, время течет и облака событий, состоящие из фактов, могут выходить из фокуса прогноза будущего, и когда наступит «потом» – будет уже другая ситуация и эти настройки нейронной сети не дадут правильного и нужного результата (хотя могут и дать). Но, даже не это главное с точки зрения интеллектуального прогнозирования, а, то, что, если та или иная нейронная сеть формируется с определенными характеристиками, то можно подобрать экспериментально исходя из когнитивного изучения фактов и ситуации другую нейронную сеть с другими характеристиками и соответствующий прогноз будет незначительно отличаться от первого, но будет иметь совсем иной класс

нейронной сети, архитектуру, не говоря о том, что сам процесс обучения сети будет занимать и другое время и другим будет количество эпох обучения. Информация, показывающая какой тип нейронной сети, сколько слоев нейронной сети получилось, какая архитектура и т.д. – это материал, который не является с точки зрения когнитивного прогнозирования рабочим инструментом в будущем при, например, корректировке прогноза. Напротив, рекомендуется (этой методике придерживается и ИЭС в формировании, например, прогнозов ТЭК РФ) если прогноз требуется изменить, скорректировать, то все настройки нейронной сети, которые получались для прогноза того или иного фактора в прошлом, необходимо использовать лишь как информацию к размышлению, для сопоставления с другими данными, но не как руководство к действию. При корректировке прогноза, нужно вновь проводить всю процедуру формирования интеллектуального прогноза и необязательно, что новому прогнозу будет соответствовать чуть-чуть измененные характеристики предыдущего прогноза. Характеристики каждой нейронной сети необходимы (и они должны быть представлены для каждого прогноза), но прогноз не формируется на основе только характеристик нейронной сети.

Общая парадигма данной работы – это именно когнитивное прогнозирование – «добыча знаний». Нейронная сеть с ее характеристиками – это лишь средство (причем не однозначное) для достижения цели, в данном случае, получение приемлемого прогноза, поэтому при формировании прогноза необходимо исходить не из характеристик нейронной сети и ее настроек, а учесть, что формирование прогноза это каждый раз новая комплексная творческая работа по интеллектуальной Data Mining <sup>10</sup>.

Одна из общих рекомендаций ИЭС по прогнозированию состоит в том, что процесс формирования прогноза, независимо от горизонта прогнозирования, – это процесс постоянный, не прекращающийся, включающий в себя постоянное проведение экспериментов по Data Mining из-за постоянно изменяющихся факторов, которые влияют на прогноз в современной геополитикоэкономической обстановке, практически on-line. Такими факторами могут быть политические, экономические, социальные,

---

<sup>10</sup> Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001.

военные события, и даже природное воздействие, например, влияние солнечной активности на поведение трейдеров, в конечном счете, формирующие уровень цен на мировых биржах. Пренебрежения экспертом таковыми, казалось бы, «далёкими» факторами, к слову, показывает недальновидность эксперта в данной предметной области. По возможности необходимо учитывать как можно больше факторов, если, конечно, есть предпосылки их влияния на результат прогноза (это также одна из общих рекомендаций ИЭС когнитивного характера экспертам-прогнозистам).

Итак, упомянутый способ эксперимента состоит в том, что прежде нарабатывают некоторую базу данных результатов для решения данной задачи, а затем выбирают наиболее приемлемое с экспертной точки зрения решение или пакет решений. Исходя из предлагаемой методики ИЭС по формированию прогнозов, первый этап – это анализ цикличности, причем здесь необходимо дать анализ фрактально, визуально замечая характер кривой ретроспективных данных<sup>11</sup>, а затем, сделать прогнозы для каждого фрактала – характерного участка кривой. Пока ни одна программа для ЭВМ не в состоянии провести такой анализ, а далее необходимо применить метод дифференцированного прогнозирования, состоящий из нескольких шагов, и в итоге получить приемлемый прогноз.

Научно-техническое направление – интеллектуальное прогнозирование, в рамках которого возможно решать подобные задачи, и получившее в последнее время достаточно широкое распространение, представляет собой синтез классических методов и методов когнитивного анализа и прогноза. Используемые в нем методы часто используют несложный статистический аппарат, но максимально учитывают специфику задачи.

Основные исследования и разработки по интеллектуальному прогнозированию включают в себя следующие аспекты:

*Статистическое прикладное программное обеспечение.* Последние версии почти всех известных статистических программ, в том числе пакет Statistica, включают наряду с традиционными статистическими методами также элементы когнитивного ана-

---

<sup>11</sup> Зиновьев А.Ю. Визуализация многомерных данных. – Красноярск: Издательство Красноярского государственного технического университета, 2000.

лиза. Но основное внимание в них уделяется все же классическим методикам – корреляционному, регрессионному, факторному анализу и др. Анализ цикличности (фрактальности) как уже упоминалось, является в общей методологии построения прогнозов ИЭС первичным исследованием данных и рекомендуется к применению для решения задач.

*Искусственные нейронные сети.* Это большой класс систем, архитектура которых имеет аналогию с биологическими нервными системами. Искусственная нейронная сеть может либо «обучаться с учителем», либо «самообучаться». Обучение состоит в подборе весов межнейронных связей. Серьезным недостатком искусственных нейронных сетей является то, что даже обученная нейронная сеть представляет собой «черный ящик» – знания, зафиксированные как веса нескольких сотен и тысяч межнейронных связей, трудно поддаются анализу и интерпретации человеком. Рекомендуемая к применению для решения поставленных задач в данной работе программа IT SPEE Neural дает возможность настройки сети внутри самого «черного ящика», посредством вариации крутизны активационной функции непосредственно через интерфейс программы, тем самым существует возможность влиять не на изменения количества слоев (что тоже важно и реализовано, например, в программе Statistica), но влиять на саму структуру «черного ящика» нейронной сети. Таким образом, в программе IT SPEE Neural реализована попытка качественного влияния на саму структуру нейронной сети, а не только на ее количественные показатели (количество слоев, количество нейронов и т.п.)

*Система рассуждений на основе аналогичных случаев (формирование фракталов).*

Идея систем case based reasoning (СВР-систем) состоит в следующем: чтобы сделать прогноз на будущее или выбрать правильное решение, эти системы находят в прошлом близкие аналоги текущей ситуации и выбирают тот же ответ, который был для них правильным. Главной особенностью этих систем является то, что они вообще не создают каких-либо моделей или методик, у них нет правил и алгоритмов, обобщающих предыдущий опыт, – в выборе решения они основываются на всем массиве доступных исторических данных, поэтому невозможно ска-

зять, на основе каких конкретно факторов СВР-системы строят свои ответы. В данной работе подход СВР-систем применяется в виде метода дифференцированного прогнозирования. Однако, рекомендуемый ИЭС для решения задач метод, является именно дифференциальным аналогом подхода СВР-систем для задач прогнозирования, которые рассматриваются в целом как интегральные.

Таким образом, все три изложенные выше подхода к техническому анализу используются в предлагаемой методике интеллектуального прогнозирования, даже можно сказать, что они синтезируются в попытке решить поставленные задачи, причем некоторые варианты и модификации изложенных общих методик сформулированы здесь как наши рекомендации к решению задач, поставленных в данной работе.

Также, существуют и могут применяться в интеллектуальном прогнозировании:

*Деревья решений.* Деревья решений (decision trees) являются одним из подходов к решению задач когнитивного прогнозирования. Они создают иерархическую структуру классифицирующих правил типа «ЕСЛИ...ТО» (if-then), имеющую вид дерева. Для принятия решения, к какому классу отнести некоторый объект или ситуацию, требуется ответить на вопросы, стоящие в узлах этого дерева, начиная с его корня. Если ответ на вопрос положительный, то осуществляется переход к одному узлу следующего уровня, если отрицательный – к другому узлу; затем снова следует вопрос, связанный с узлом, к которому был осуществлен переход, и так далее.

*Генетические алгоритмы.* Генетические алгоритмы являются средством решения разнообразных комбинаторных задач и задач оптимизации. В настоящее время также входят в стандартный инструментарий методов Data Mining.

*Алгоритмы ограниченного перебора.* Эти алгоритмы вычисляют частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных. К сожалению, в существующей на сегодняшний день научной и учебно-методической литературе методы и средства мягких вычислений зачастую рассматриваются достаточно абстрактно, с самых общих позиций. Решение поставленных задач в данной работе есть один из немногих примеров не абстракт-

ного рассмотрения известных методов и средств когнитивного прогнозирования, а возможного использования реализованных алгоритмов интеллектуального прогнозирования в программе IT SPEE Neural в сочетании с возможностями пакета Statistica Neural Networks, а также классических методов, в части выявления цикличности в исторических данных и методологии дифференцированного прогнозирования.

## ЧАСТЬ I.

### АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-КОГНИТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

#### 1.1. Когнитивное прогнозирование

Итак, мы выяснили, что интеллектуальное прогнозирование опирается на когнитивную информацию, которая инертно преодолевает рубеж между прошлым и будущим, и описали некоторые особенности образно-когнитивной информации. Образно-когнитивная информация наблюдается в виде устойчивых во времени конфигураций или облаков, событий, фактов. При этом облако будущих событий не зависит математически от конкретных событий и фактов, скорее оно проявляется через них. Облако или область можно сравнить с воронкой на поверхности воды, увлекающей в движение всё то что, находится в непосредственной близости от этого водоворота. Этот процесс разворачиваются во времени, формируя поток событий. Различные фрагменты (фракталы) образно-когнитивной информации приводят к различным прогнозируемым последовательностям событий, так что один из способов идентификации облака событий - описание его в виде соответствующей последовательности событий, в виде сценария. При этом сценарии – не лучший способ описания и идентификации облака событий, поскольку не всякое облако сопровождается четко структурированной последовательностью событий, и не для каждого облака существует однозначный сценарий. Гораздо полезнее описание облака событий фракталом, который позволяет описывать смысловую структуру облака.

Как же обнаружить в потоке жизни и калейдоскопе событий те самые конфигурации образно-когнитивной информации, облака будущих событий и фракталов, которые могут послужить основой прикладного прогноза? Целевое видение будущего, в центре которого человек – одновременно индивидуальное и коллективное существо, предполагает, что для выработки форсайта необходим новый подход, основанный на когнитивном представлении перспективы как цельного образа триады «природа – общество – человек»<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> В.В. Бушуев. Когнитивный энерготехнологический форсайт. «Энергетическая политика», 2015, №4. С.3-9..

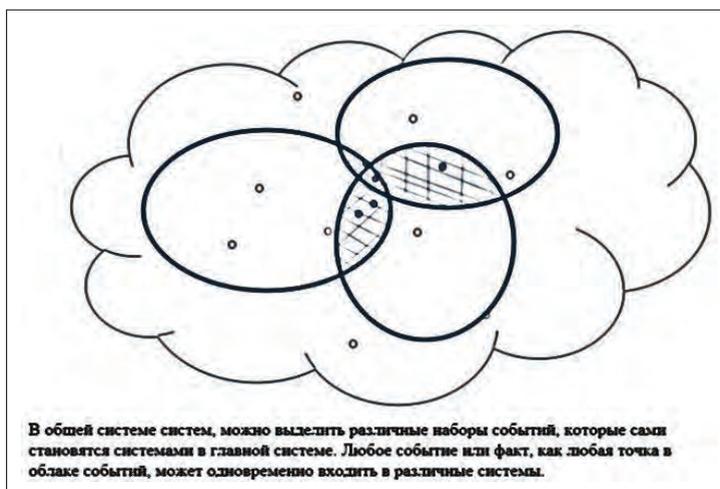
Когнитивность форсайта определяется не усредненными значениями экспертных оценок прогнозистов, а способностью человека сформировать собственное целостное видение будущего.

Этот образ будущего зависит от понимания человеком-прогнозистом общих тенденций развития цивилизации, от его умения не потеряться в частностях, от его представлений о гармонизации материальных и духовных начал энергетической жизнедеятельности в системе «природа – общество – человек». Социоприродная и социотехническая среда – это единый мир, в котором развивается жизнь человека. И очень важно, как он воспринимает этот мир и его неизбежную трансформацию, как он встраивает себя в этот изменяющийся мир и что он должен делать для гармонизации своего «Я» и окружающей среды. Взгляд человека на этот мир отражает и общее мировоззрение, и когнитивный образ мышления и поведения индивидуума.

При этом формирование будущего невозможно в деталях, но осуществляется по неким общим законам развития. Ключевым для Форсайта является, как минимум, учет двух базовых закономерностей:

1. прошлое, настоящее и будущее по своей структуре подобны (обладают временной фрактальностью);
2. любая система составляет часть более сложной, но структурно подобной метасистемы (обладают пространственной фрактальностью: «что наверху, то и внизу» – принцип Трисмегиста).

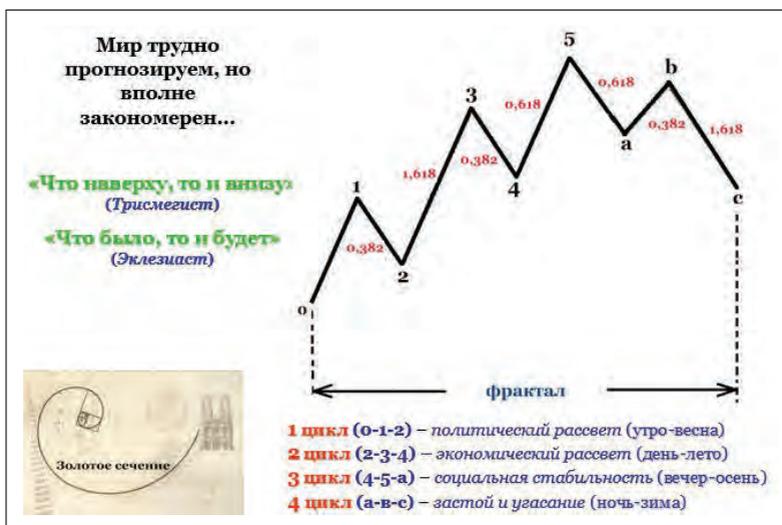
Рассмотрим действительность, образующуюся многими событиями и факторами прошлого и настоящего с помощью теории «системы систем». В каждой системе мы можем выделить подсистемы отдельных групп событий и фактов, связывая их смысловой конфигурацией, фракталом. Фрактал выделяет в общей системе подсистему событий и фактов и придает им структуру и смысл. При этом другие события и факты могут оказаться вне облака рассматриваемой подсистемы (рис. 6). Чем больше начальная система, тем больше имеем число сочетаний компоновки подсистем, т.е. тем больше имеем альтернатив или сценариев развития будущего. Пространственно-временная фрактальность (структурное подобие) отражает один из краеугольных принципов восприятия мира как прошлого, так и будущего, как малого, так и большого.



Источник: ИЭС.

**Рис. 6. Образование общих областей событий при пересечении различных смысловых подобластей**

Обратим внимание, что фрактал не обязательно охватывает всю фактическую и событийную базу настоящего и прошлого, а лишь ее часть, как раз потому что при прогнозировании мы рассматриваем подсистемы в этом облаке и ищем самоподобные событийные фракталы, составляющие это облако. В свою очередь это облако пронизывает время, обладая свойством инерции, и существует одновременно и в прошлом и в настоящем и захватывает часть будущего. Эту часть будущего как единый элемент образно-когнитивной информации (здесь фрактала, состоящего из событий принадлежащего как прошлому, так и настоящему) мы и должны увидеть, определить размеры этой области будущего, уловить те точки событий, которые принадлежат этому облаку за границей актуального времени и тем самым сформировать прогноз. События в каждой подсистеме отмечены точками и принадлежность их к каждому облаку определяется внутренней структурой события, т.е. фракталом, поэтому точки не выходят за выделенную область которой принадлежат. Но эти подобласти могут пересекаться друг с другом, накладываться друг на друга, т.е. принадлежать различным временным областям. Поэтому каждый элемент системы, каждое событие может входить в различные подоблака событий, в различные подсистемы в за-



Источник: ИЭС.

**Рис. 7. Фрактальная структура волн Эллиотта**

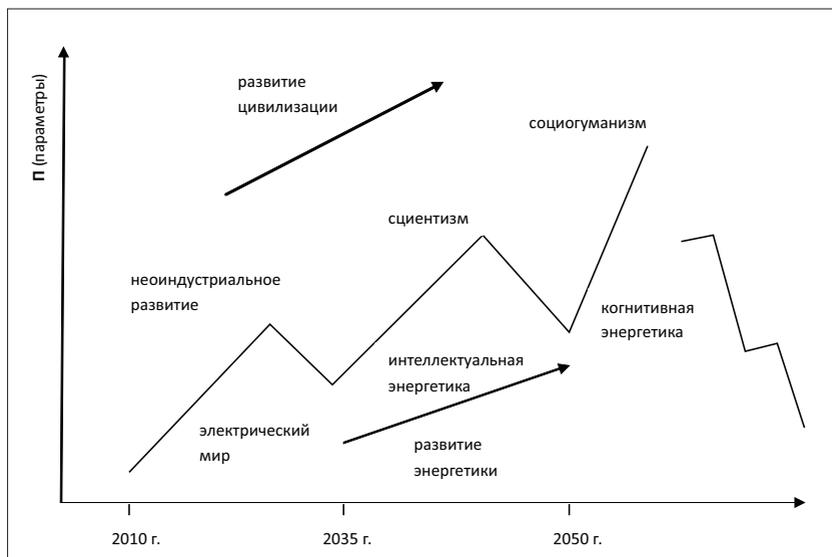
висимости от образно-когнитивной информации. При этом эти подобласти могут принадлежать одновременно и прошлому, и настоящему, и будущему, а события (точки на рисунке), принадлежащие этим подоблакам, являются инвариантными относительно перемещения во времени из одной подсистемы в другую, поэтому мы получаем механизм прогнозирования подобных событий в будущем, видя их реализацию в прошлом и настоящем<sup>13</sup>.

Принцип пространственно-временной цикличности (фрактальности) является общим структурным свойством социоприродной среды и отражается в виде волновой конструкции четырех циклов Эллиотта: состоящих из трех волн, определяющих движущую фазу развития и двух корректирующих волн угасания процесса (рис. 7).

Эта структура является универсальной для любых процессов природного, социального и экономического характера. Математической основой этих волн Эллиотта служит последовательность Фибоначчи, отражающая золотые пропорции между плечами этих волн<sup>14</sup>. Известно применение этого структурного

<sup>13</sup> <http://www.cognitivist.ru/er/applications/019.xml>.

<sup>14</sup> Кризис 2010-х годов и новая энергетическая цивилизация (под ред. В.В. Бушуева, М.Н. Муханова. –М.: ИД «Энергия», 2013, -272 с.



Источник: ИЭС.

**Рис. 8. Фрактальная структура развития цивилизации и новой энергетики**

подхода к обоснованию закономерностей развития мировой динамики в XX и XXI вв.<sup>15</sup>, при прогнозировании социальной динамики<sup>16</sup>, мировых цен на нефть<sup>17</sup> и в других сферах.

Близкий по смыслу подход был использован Ю. Плакиткиным при прогнозировании новых технологических укладов в энергетике<sup>18</sup>. Показано, как когнитивные структурные представления позволяют формировать энерготехнологический форсайт. Фрактальная структура развития цивилизации и соответствующий образ новой энергетики приведены на рис. 8.

Нынешняя волна неоиндустриального развития переходит в волну сциентизма (научной революции) и социогуманизма. Соответственно, развитие энергетики идет от сегодняшней многоу-

<sup>15</sup> Панченков А.В. Эконофизика. – Н. Новгород, 2007, С. 314-404.

<sup>16</sup> Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические события XX и XXI вв. – М.: ИД «Энергия», 2013, -76 с.

<sup>17</sup> Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. – М.: ИД «Энергия», 2013, -344 с.

<sup>18</sup> Плакиткин Ю.А. Цикличность инновационно-технологических процессов в глобальной энергетике – использование фракталов технологического времени для прогнозирования развития отраслей ТЭК мира и России // Энергетическая политика, 2014, № 6, С. 10-21.

кладной энергетики и доминанты электрического мира к интеллектуальной и когнитивной энергетике (энергии мысли).

Искусство интеллектуального прогнозирования заключается в том, чтобы правильно разместить на общей траектории мировой динамики начало и узловые точки волновой конструкции Эллиотта. Пока не выработано каких-либо общих правил аппроксимации прошлой динамики набором таких волн, а, следовательно, и учет размещения этих волн на будущей траектории.

Выбор начала этой волновой конструкции остается в значительной степени делом субъективным, как и собственно процесс когнитивного мышления. В работах В.Н. Панченкова<sup>19</sup> по экономике фрактальный принцип на основе волн Эллиотта, выявленных для анализа динамики фондового рынка, рассматривается как всеобщий принцип, свойственный любым динамическим системам, как космоэнергетическим, так и социально-историческим, так и финансово-экономическим. Фрактал Эллиотта (см. рис. 7, 8, 10) состоит из 5 волн: трёх волн развития и двух волн регрессии, возвращающих систему к началу нового цикла. Фрактал представляет собой некую облачную структуру, которая может рассматриваться как неизменный образ прошлого и будущего. Конкретный вид этого облака (образа) может отличаться для различных систем, но его конфигурация остаётся подобной (фрактальной) и отражает общий принцип структурной идентичности «системы систем», где малое есть часть большого и подобно ему.

Таким образом, ключевым моментом становится отбор входных данных – событий и фактов, которые отражают общую структуру метасистемы и станут базой для поиска фрактала и остовам для прогноза:

1. Используем не все подряд события и факты, на основе которых формируется прогноз. То есть, при прогнозировании, например, социальной динамики либо динамики цен на нефть, мы не используем в качестве входных данных все числовые данные о цене за прошедший период. Это будет лишь мешать нам обнаружить фракталы.

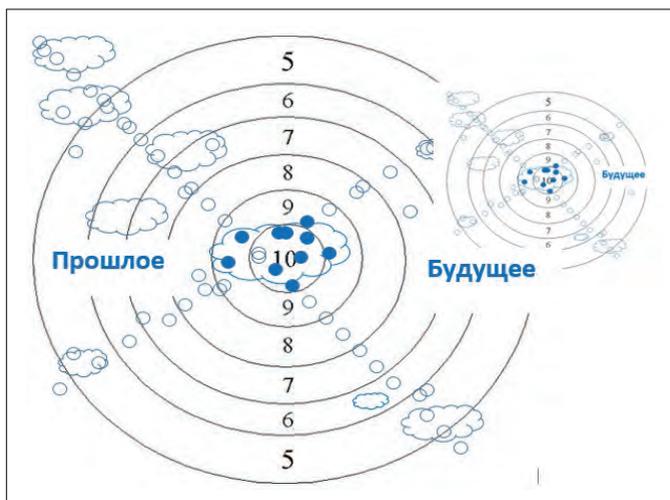
2. Достаточно иметь данные о событиях, параметрах и их значениях в некоторые переломные моменты. Особое внимание и

<sup>19</sup> Панченков А.В. Экономифизика. – Н. Новгород, 2007, С. 314-404.

значение должны иметь опытные данные, выпадающие из общей картины, кажущиеся случайными и странными события и факты, такие как совпадения, нестыковки, события, имеющие отношение к симметрии и гармонии распределения и т.д. Именно эти области, находящиеся на «хвостах нормального распределения», зачастую являются точками бифуркации, приводящей к качественным изменениям динамики.

3. Если в прошлом и настоящем мы наблюдаем в событиях и фактах ту или иную симметрию или асимметрию, то в событиях будущего эта подобность на симметрию или асимметрию сохранится, проявляясь уже в других, но подобных фактах и событиях. Симметрия событий и фактов, конечно, шире и глубже по смыслу и интерпретации, чем известные симметрии геометрических фигур.

Симметрия событий и фактов, это не линии и не точки, и они нам кажутся разнообразными, бесформенными, их трудно представить так же, как мы видим геометрическую фигуру. Тем не менее, мы обязаны уловить подобную фактологическую когнитивную симметрию при прогнозировании. Задавшись целью найти симметрию в событиях и фактах, мы можем их разместить на чертежном поле как области и линии (рис. 9).



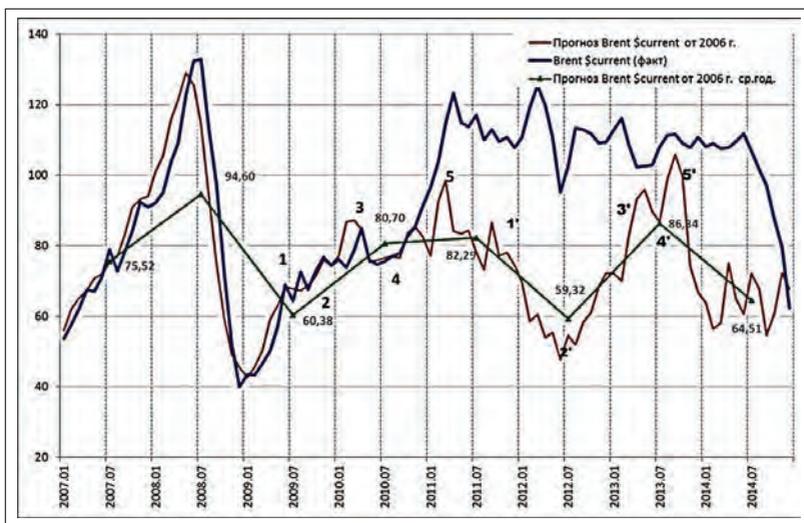
Источник: ИЭС.

Рис. 9. Симметрия фактов (точки) и события (группы фактов)

Факты и области расположены симметрично относительно центра. Вся область выполнена в виде мишени. Симметрию этого исторического фрактала должны найти в будущем при прогнозировании. Тогда в центре соберутся факты, которые имеют прямое отношение к прогнозируемому событию, а на его краях появятся точки и области, относящиеся к событиям и фактам, далеко и косвенно связанным с прогнозируемым событием. Глядя на получившийся набор областей, мы должны выявить ту или иную симметричную или асимметричную форму. При этом для оценки свойств симметрии этой фигуры для нас будут иметь одинаковое значение и области, расположенные в центре мишени-прогноза и области, расположенные на его краях – для прогноза нет значительных и малозначительных исходных данных – они все равноценны.

С математической точки зрения, например, при интеллектуальном прогнозировании цен на нефть, находились именно эти самоподобные области и фракталы в прошлом и на основе волн Эллиотта формировался образ будущего. В данном случае кривая цен на нефть (рис. 10) формировалась в 2006 г. с горизонтом прогноза до 2015 года. Саму кривую динамики цен возможно было получить с использованием самообучающихся интеллектуальных алгоритмов нейросетей. В решении задач по интеллектуальному прогнозированию фрактальное поведение рынка принципиально описывают волны Эллиотта. В целом, вся волновая теория представляет собой каталог графических самоподобных образов и нейронных самообучающихся моделей. Волны Эллиотта позволяют спрогнозировать будущие цены и объяснить, где самоподобные облака вероятнее всего должны проявиться на пути развития рынка в будущем. Так фрактально-нейронный прогноз Института энергетической стратегии от 2006 г. (см. рис. 10) мировых цен на нефть, дал приемлемый прогноз. Горизонт прогноза – 2015 год. В 2006 г. прогнозировалось резкое падение цены в 2009 году. Прогноз на резкое падение в 2009 г., а также соответствующие тренды до 2015 г. полностью оправдались.

4. При анализе возможных прогнозных кривых особенное значение получают точки или области, резко выпадающие из общей картины. При классических современных методах прогнозирования, которые опираются на устойчивость числовых тенденций, как правило, такие точки или области отбрасываются



Источник: ИЭС.

**Рис. 10. Волны Эллиотта и нейронные сети**

при формировании прогноза как ошибочные и случайные. Так и поступают, когда опираются в прогнозах не на образно-когнитивную информацию, а на детальную, числовую. Но для интеллектуального прогнозирования эти выпадающие точки имеют исключительное значение. Эти выпадающие из картины события и факты – непосредственное и яркое проявление скрытой асимметрии в событиях и фактах.

5. Рассматриваем странные, на первый взгляд случайные совпадения, которые напротив, указывают на скрытую симметрию. Способность видеть за рядом конкретных фактов и событий симметрию и фрактальность – умение, присущее не всем. Его можно развивать, но это специфический навык и его не следует путать с аналитическими способностями<sup>20</sup>. Скорее, для того, чтобы успешно использовать в своей практике для прогнозирования образно-когнитивную информацию, нужны наоборот, синтезированные синергетические способности. Обычно они сопровождаются развитым чувством юмора и чувством вкуса, художественным чутьем, искусство и вообще природа фундаментально опираются на симметрию (рис. 11).

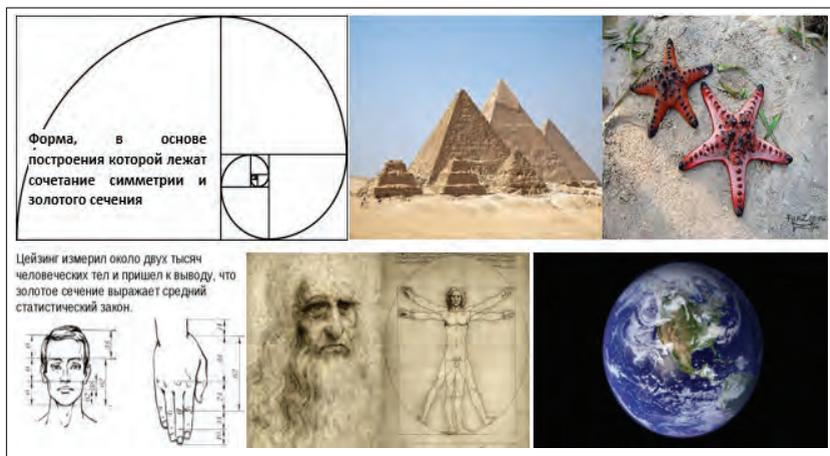
<sup>20</sup> <http://www.metaphor.ru/er/blog/019.xml>.

Особенность людей, наделенных такими способностями заключается в том, что для них нет просто фактов или просто событий. Каждое явление жизни они воспринимают в том или ином смысловом и историческом контексте, а часто и в нескольких контекстах сразу. Это, по сути, умение видеть жизнь как переплетение симметрии и асимметрии, гармонии и фрактальности.

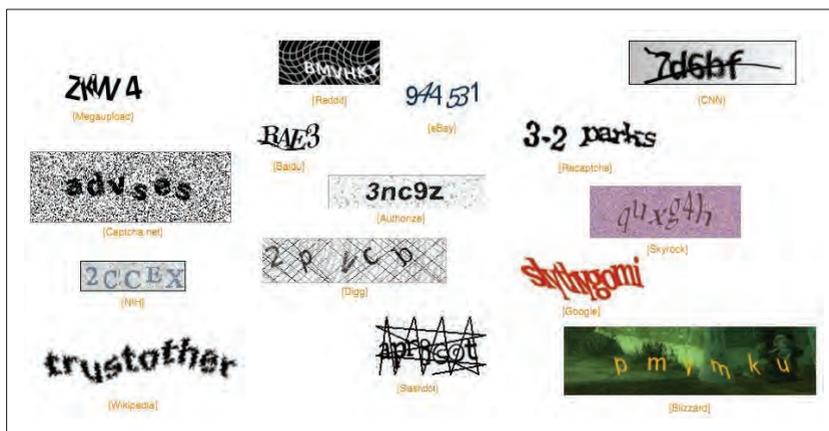
Наше восприятие и сознание устроены так, что для них понятными и удобными для анализа и предвидения являются только некоторые структуры или образы, сплетенные из событий и фактов. Примером когнитивного подхода к рассмотрению образа является предлагаемое кодирование банковского и др. доступа к системе.

Роботы не в состоянии воспроизвести этот код, а человеческое восприятие набора цифр позволяет это сделать просто и успешно (рис. 12). Лишь тогда, когда эти структуры соответствуют допустимым образам, они превращаются в принятое и усвоенное нами знание. Если события и факты таковы, что не могут быть собраны в допустимый фрактал, мы не сможем увидеть между ними связи и не сможем сделать правильный прогноз.

У каждого человека в зависимости от его развития имеется свой уникальный набор образов, фракталов и структур. Но есть структуры, общие для всех людей, и для определенных групп, но только некоторые структуры или образы составляют основу



*Рис. 11. Симметрия в природе*



*Рис. 12. Примеры капчи для входа в систему*

для когнитивного прогнозирования и могут быть применены в качестве инструментария интеллектуального прогнозирования будущего.

## **1.2. Структура и содержание методики интеллектуального прогнозирования**

Методика разработки интеллектуальных прогнозов только формируется. Так, лишь в отдельные этапы прогнозирования, можно включить различные классические процедуры по сбору информации об объекте и тенденциях его развития, операции по прогнозированию, оценку и реализацию прогноза. Такое положение обусловлено тем, что интеллектуальная прогностика находится на этапе своего становления и практика разработки прогнозов сравнительно невелика.

Между методиками интеллектуального и классического статистического (или численного, количественного) прогнозирования есть много общего, что объясняется их взаимовлиянием. Однако в содержании этих методик есть и существенные различия, обусловленные главным образом особенностями объектов прогнозирования. Например, разработка интеллектуального прогноза требует помимо применения методов моделирования, также и когнитивного подхода в сочетании с искусственным интеллектом.

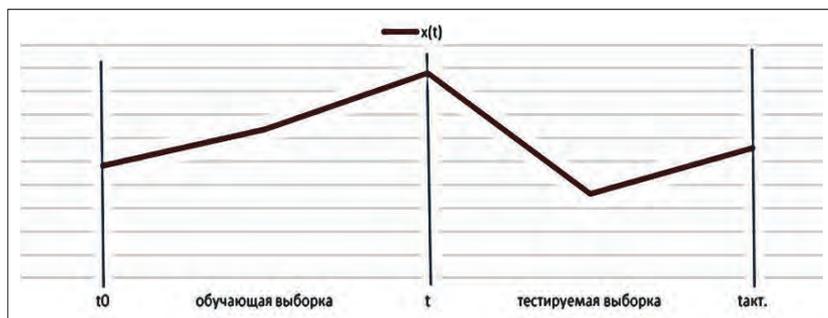
Разработка алгоритма по выявлению скрытых периодичностей (закономерностей) в структуре реального процесса происходящего в природе и\или обществе и его прогнозированию с помощью нейронных сетей, является в настоящее время актуальной задачей искусственного интеллекта. Закономерности процесса, который может быть представлен временным рядом, называем скрытыми, поскольку предварительно они не даны, а визуально из графика временного ряда невозможно с достаточной степенью точности определить какова цикличность процесса.

Предлагаемый алгоритм по выявлению сначала самого факта существования циклов в структуре данного временного ряда, а затем определению количества существующих гармоник временного ряда, отбора устойчивых (значимых) циклов и вычислению их периодов (частот) позволяет далее сформировать более обоснованный прогноз на основе использования нейронных сетей. Практическое применение результатов данного исследования может быть использовано в различных социально-политических, финансовых и технических системах, а также в нефтегазовой отрасли и ТЭК, для которых существенной проблемой при анализе и прогнозе данных является проблема недостатка информации по входным данным. Задача о выявлении скрытой периодичности, которая принципиально отлична от задачи разложения в ряд Фурье, может быть сформулирована следующим образом. Пусть на конечном интервале  $[t_0, t_{акм}]$  задана функция  $x(t)$ , представляющая собой результаты наблюдения, измерения некоторого процесса, которые назовём историческими данными (рис. 13). Предположим, что функция процесса  $x(t)$  содержит в себе слагаемое, представляющее собой периодическую функцию времени:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n s_i(t) + \Delta(t)$$

При этом,  $s(t)$  – функции имеют периоды  $T_i$  (частоты  $\omega_i$ ), которые подлежат определению в случае их существования в структуре рассматриваемого процесса,  $\Delta(t)$  – непериодическая функция – случайная помеха,  $t$  – момент времени, разделяющий обучающие и тестируемые данные; разделение всех исторических данных на обучающие и тестируемые данные необходимо для дальнейшего прогнозирования с помощью нейронных сетей,

$t_0$  – момент времени соответствующий первому известному и\или выбранному экспертом значению временного ряда,  $t_{акт.}$  – актуальный момент времени соответствующий актуальному значению временного ряда,  $(t_{акт.} - t_0)$  – длительность рассматриваемого процесса в прошлом, т.е. интервал времени исторических данных временного ряда.



Источник: ИЭС.

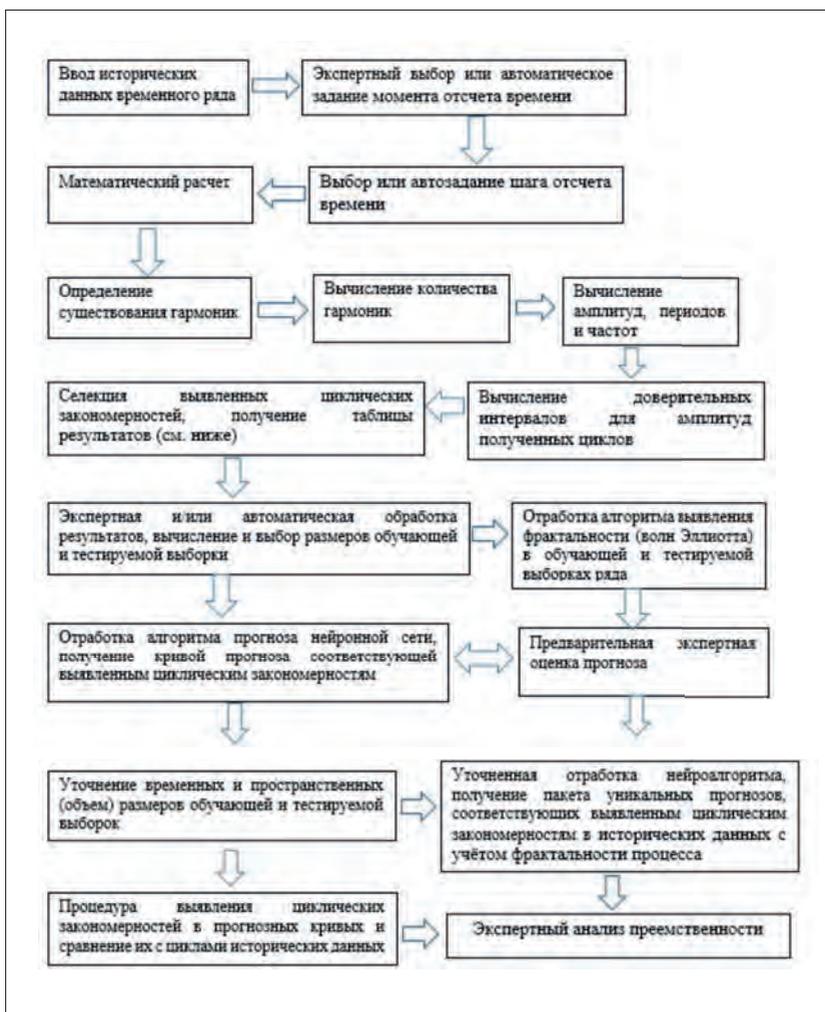
**Рис. 13. Тестируемая и обучающая выборки**

Наличие в анализируемом процессе случайной компоненты обычно связано с наличием относительных воздействий, мешающих проявлению периодического процесса в «чистом виде».

Ниже (рис. 14), приведена блок-схема основных этапов алгоритма интеллектуального анализа и прогноза данных и некоторые качественные пояснения.

При инициализации цикла по  $t$  от  $t_0$  до  $t_{акт.}$ , шаг выбирается экспертом и\или задаётся автоматически. На каждом шаге все исторические данные разделяются на две части: обучающие данные и тестируемые данные. На каждом шаге, т.е. для каждого интервала времени по оси времени для обучающих данных и тестируемых данных определяем скрытые циклические закономерности процесса. Результатом имеем следующую таблицу (рис. 15).

В итоге, с помощью рассматриваемого алгоритма анализа и прогноза данных, определяем, из какого количества циклов и циклов какой длины состоит рассматриваемый временной ряд и какие циклы устойчивы. А также вычисляем соответствующие этим выявленным циклам их характеристики: амплитуды и периоды (частоты). Заметим, что на некоторых интервалах об-



Источник: ИЭС.

**Рис. 14. Блок-схема основных этапов алгоритма интеллектуального анализа**

учающей и тестируемой выборки временного ряда, возможно отсутствие существования периодических составляющих ряда (см. рис. 15). Вместе с этим отсутствие существования циклов на том или ином интервале времени исследуемого ряда для эксперта также является полезной информацией при анализе и дальнейшем прогнозировании.

Шаг цикла по $t$	Интервал времени обучающей выборки	Интервал времени тестируемой выборки	Существование циклической закономерности	Параметры выявленных циклов для обучающей выборки		Параметры выявленных циклов для тестируемой выборки	
				Число гармоник	Периоды (частоты) гармоник	Число гармоник	Периоды (частоты) гармоник
1	0	$t \text{ акт.} - t_0$	да/нет				
2	$t_2 - t_0$	$t \text{ акт.} - t_2$	да/нет				
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$i$	$t_i - t_0$	$t \text{ акт.} - t_i$	да/нет				
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$n$	$t_n - t_0$	0	да/нет				

Источник: ИЭС.

**Рис. 15.** Сводная таблица гармоник процесса

Селекция устойчивых циклов фиксирует временную точку разделения всего ряда исторических данных на обучающие и тестируемые данные, т.е. на каждом шаге алгоритма мы автоматически получаем величины (размеры) обучающей и тестируемой выборок, соответствующих выявленным закономерностям (циклам) в структуре исторических данных для формирования соответствующих по этим выборкам нейропрогнозов. Поскольку на каждом шаге изменяется пропорция обучающих и тестируемых данных, получаем не просто несколько нейропрогнозов, которые в той или иной мере близки к историческим данным, но таких прогнозов, которые соответствуют существующей и выявленной циклической закономерности исторических данных. Поэтому получаемые нейропрогнозы, кривые которых близки к соответствующему графику исторических данных, не являются, так сказать, равновеликими относительно друг друга как в случае их формирования только на основе стандартного нейроалгоритма, использующего исторические данные без предварительного изучения и выявления в этих данных циклической закономерности. В разрабатываемом алгоритме каждый сформированный нейропрогноз уникален и в случае существования циклической закономерности в процессе, соответствует своему циклу в исторических данных.

При этом упомянутая пропорция между обучающей и тестируемой выборками на каждом шаге алгоритма может быть дополнительно исследована с количественной точки зрения на предмет её гармоничности (например, на соответствие золотой пропорции и т.п.).

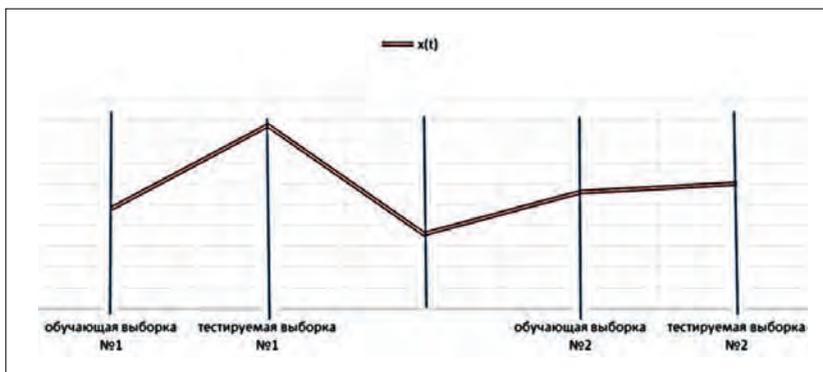
Далее, возможно составить суперпозицию полученных нейропрогнозов, и сформировать один нейропрогноз, который будет соответствовать суперпозиции выявленных циклов в анализируемом временном ряде. Либо если у эксперта существуют веские основания выбрать не все, а определенные выявленные цикличности, при этом другие считать не значимыми (случайными), то он вправе и может построить нейропрогноз на выбранных им циклах, которые остаются составлять структурную закономерность изменения данных ряда.

Такой подход, очевидно, отличается от классического нейромоделирования, поскольку здесь учитываются выявленные циклические закономерности в исторических данных, что определяет и фиксирует на каждом шаге размеры и временные интервалы обучающей и тестируемой выборки в процессе отработки прогнозного нейроалгоритма. Формируемый нейропрогноз становится более обоснованным, прозрачным и закономерным.

Далее, анализируя исторические данные с учетом выявленных циклических закономерностей, рассматриваем интервалы времени с кусками кривой графика геометрически подобных друг другу. Таким образом, определяем те интервалы времени на которых имеют место быть и выявленные фракталы, и устойчивая цикличность (рис. 16).

Эти интервалы, при их существовании для данного временного ряда выбираются как обучающая выборка, поскольку на ней будут иметь место закономерности как циклического характера, так и фрактального. Поэтому следующий интервал времени после того интервала времени, на котором выявлена фрактальность ряда, будем считать тестовым при построении кривой нейропрогноза (см. рис. 16).

Заметим, что частным случаем фрактального анализа является теория волн Эллиотта. Для моделей, выделенных Эллиоттом, характерна повторяемость по форме, но не обязательно по времени или амплитуде. Эллиотт выделил восемь волн, которые



Источник: ИЭС.

**Рис.16. Набор обучающих и тестируемых выборок**

постоянно повторяются. Пять по тренду и три против тренда. В этой связи, будем проводить в разрабатываемом алгоритме селекцию до восьми волн Эллиотта (см. блок-схему алгоритма, рис. 14). Однако, возможно, эту процедуру продолжить и далее, на число волн более восьми, что будет зависеть от быстродействия используемой ЭВМ.

Таким образом, изложен с качественной точки зрения алгоритм интеллектуального прогнозирования на основе синтеза исследований цикличности, фрактальности и нейромоделирования как инструмента искусственного интеллекта. Разрабатываемая авторами в ИТ-Центре данная интеллектуальная система – это программная система, способная решать задачи анализа и прогнозирования. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с ЭВМ без специальных программ для ввода данных, посредством экспертного влияния и корректировки результата, выдаваемого ЭВМ, что является базовым элементом технологии искусственного интеллекта.

Прогнозирование динамики предполагает использование математических методов, а прогнозы социальных процессов обычно разрабатываются по методу Форсайта. Конечно, при разработке конкретных прогнозов могут применяться и отдельные методы, и их группы.

Важную роль в методике прогнозирования играет его предварительная предпрогнозная стадия, которая подготавливает условия для использования метода. Сущность этой стадии заключается в выборе объекта прогнозирования и параметров его характеристики. Некоторые авторы называют ее стадией ретроспекции, другие – исходными данными для прогнозирования и т. д. Главная задача методических начал интеллектуального прогнозирования – выявление основных условий, принципов, процедур и возможностей использования современных когнитивных методов предвидения будущих событий и явлений, т.е. формирование идеи прогноза в форме облаков событий и\или фракталов Эллиотта или использование того или иного события которое является переломным и от которого будут зависеть будущие события. Именно такая формулировка предпрогнозного этапа оправдывается и поэтому предлагается авторами, исходя из многолетнего опыта формирования прогнозов, например, прогнозов с сильно осциллирующим характером, в частности конъюнктуры нефтяных цен. Иначе говоря, разработка прогноза в этом смысле должна: а) обеспечить установление наиболее оптимальных методов практической деятельности по прогнозированию; б) оказать эффективную помощь в научном прогнозировании.

Опыт авторов в социально-экономическом прогнозировании позволил выделить ряд принципиальных требований, предъявляемых к методике разработки прогнозов:

- объективное и точное определение цели прогнозирования;
- всестороннее выявление и познание характеристики объекта прогнозирования в прошлом и настоящем;
- выявление прогнозного фона, т. е. условий, в которых существовал и существует объект прогнозирования;
- соответствие методов целям и объекту прогнозирования;
- проверяемость методики;
- соответствие методики интеллектуального прогнозирования принципам цикличности и фрактальности – законам теории волн Эллиотта.

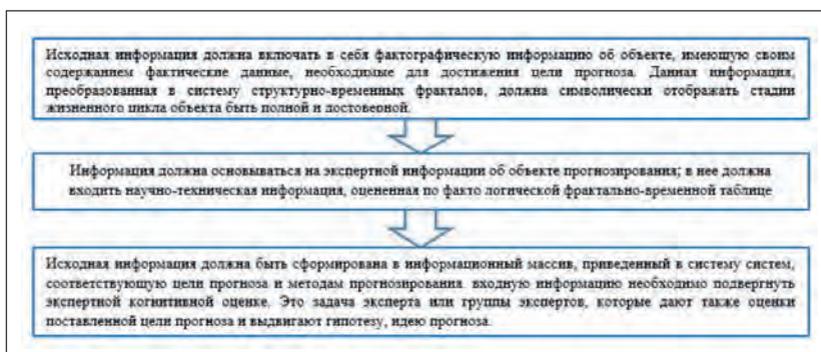
Разработка методики дифференцируется на две стадии. *Первая* (подготовительная) в основном состоит из процедур, прие-

мов и методов по сбору и обработке прогностической информации, *вторая* (прогнозирующая) включает в себя приемы и методы составления и проверки достоверности и точности прогнозов.

Первая стадия включает: определение объекта прогнозирования, его основных характеристик и параметров; разработку основания для прогнозирования – выдвижение идеи, гипотезы прогноза. Рассмотрим их подробнее.

### 1.2.1. Определение объекта интеллектуального прогнозирования

Определение объекта прогнозирования есть, по сути, стратегия и тактика прогнозирования, где под стратегией понимается выбор направления, форм и языка прогнозирования, а также его возможные результаты, а под тактикой – выбор соответствующих средств и методов. Определение объекта прогнозирования (рис. 17) сопряжено со сбором исходной информации о нем. Этот процесс состоит из следующих этапов:

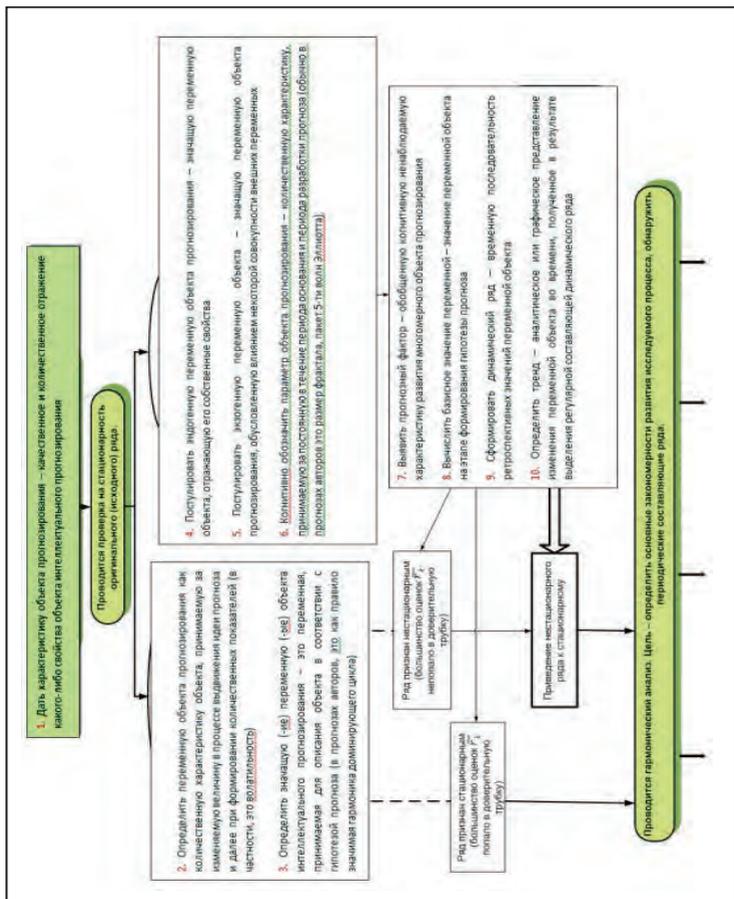


Источник: ИЭС.

Рис. 17. Этапы определения объекта прогнозирования

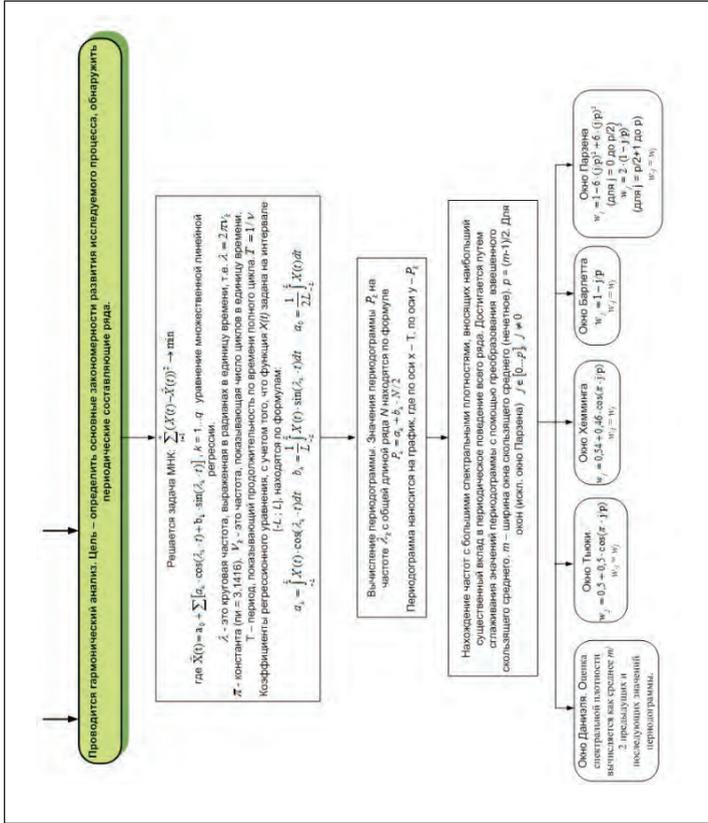
При поиске, систематизации и когнитивном анализе исходной информации следует учитывать факт уменьшения информативности ретроспективных значений переменной объекта прогнозирования по мере удаления моментов их изменения в прошлое. Так сказать, необходимо учитывать «дисконтирование» когнитивной информации.

После выбора объекта интеллектуального прогнозирования, этапы изучения прогнозируемого процесса с точки зрения выявления структуры прогноза значимых циклов и гармоник процесса сводятся к следующим действиям, алгоритму (рис. 18).



Источник: ИЭС.

Рис. 18. Этапы изучения прогнозируемого процесса



Источник: ИЭС.

Рис. 18 (окончание). Этапы изучения прогнозируемого процесса

### **1.2.2. Выдвижение идеи прогноза или тезисы по созданию идеи (гипотезы) интеллектуального прогнозирования**

Идея или гипотеза прогноза представляет собой подробное описание мероприятий стратегического характера, которые составляют сценарий интеллектуального прогнозирования. Он включает в себя все этапы процесса прогнозирования, его финансирование и возможные результаты. Этот этап самый сложный и творческий, от него по сути и зависит создание прогноза. Это – выдвижение научной теории под прогноз, поскольку каждый создаваемый прогноз на когнитивной основе представляет собой и предполагает создание научной прогностической теории в данной прогнозируемой области. Если допущены неточности на этапе выдвижения идеи прогноза, то прогноз не получится, и мы не сможем создать адекватной проверяемой «теории будущего» для этого объекта прогнозирования.

В отличие от формирования прогноза на основе классических статистических методов, когда не столь важно когнитивное мышление, а доминирует математическая (количественная, числовая) постановка проблемы прогнозирования, основанная лишь на данных поведения в прошлом, при интеллектуальном прогнозировании неотъемлемой частью является выдвижение так сказать образа (облака) прогноза т.е. идеи прогноза или гипотезы развития и формирования будущего. Мы имеем дело не просто с прогнозом, а с Форсайтом, в котором присутствует целевое видение будущего с учетом его субъективного представления самим прогнозистом. События часто отражают эту субъективность. Тем самым мы как бы конструируем будущее. И чем квалифицированней архитектор-конструктор будущего, тем более адекватным будет «здание» прогноза. Когда мы говорим, что когнитивист прогнозирует образами, это, конечно, не означает, что мы полностью отказываемся от математических методов обработки данных, но последние являются лишь средством прогнозирования, основой же является идея или гипотеза прогноза, как правило, это гипотеза цикличности (фрактальности) процессов. На основе идеи когнитивного прогноза в сочетании с искусственным интеллектом, служащим в частности для обработки данных, поиска фракталов и облаков будущих событий, о которых говорилось выше, мы строим интеллектуальный про-

гноз. На первый взгляд между идеей или гипотезой и собственно прогнозом можно обнаружить определенное сходство.

Во-первых, гипотеза и прогноз в какой-то степени устремлены в будущее явлений, процессов, хотя гипотеза, в отличие от прогноза, может быть обращена и в прошлое. Во-вторых, при разработке идеи прогноза используются факты, характеризующие действительность. В-третьих, гипотеза и сам прогноз в той или иной степени есть результаты предвидения. Однако, это всего лишь общее, внешнее сходство. Более глубокий анализ выявляет их существенные, принципиальные различия.

В научном плане гипотеза представляет собой систему умозаключений, посредством которой на основе ряда фактов делается вывод о связях или причинах прогнозируемого явления, причем вывод этот нельзя считать абсолютно достоверным. Гипотеза (идея) – форсайт (целевидение) – структурный прогноз – учёт флуктуаций с помощью регрессионных или нейронных моделей. Основные правила выдвижения и проверки идеи интеллектуального прогноза следующие:

1. Гипотеза должна находиться в согласии или, по меньшей мере, быть совместимой со всеми фактами, которых она касается (наличие цикличности прогнозируемого явления или процесса обеспечивает эту совместимость).

2. Из множества противостоящих друг другу гипотез, выдвинутых для объяснения серии фактов, предпочтительнее та, которая единообразно объясняет большее их число (формирование облака событий).

3. Для объяснения связей серии фактов нужно выдвигать возможно меньше различных гипотез, и их связь должна быть возможно более тесной (происходит селекция гармоник, выбираем наиболее значимые циклы).

4. Гипотезы, противоречащие друг другу, не могут одновременно быть истинными, за исключением случаев, когда они объясняют различные стороны и связи одного и того же объекта в системе.

5. Идея прогноза, как уже отмечалось, должна находиться в согласии или быть совместимой со всеми фактами, которых она касается.

6. В прогнозе также должны быть использованы факты проверенные и обработанные с помощью нейронных сетей, а также более продвинутыми методами искусственного интеллекта. Они отражают различные аспекты жизни общества, коррелирующие с общемировыми социально-экономическими процессами.

7. Из множества противостоящих друг другу гипотез, выдвинутых для объяснения серии фактов, предпочтительнее та, которая единообразно объясняет большее их число. Данное правило часто используется при разработке типовых образных версий. Интеллектуальное прогнозирование не ставит перед собой цель выбора наиболее предпочтительного прогноза. Его основа когнитивное мышление, выявление фрактальных закономерностей, которые скрыты за чередой возникающих фактов. Наоборот, здесь приемлемо наибольшее количество вариантов прогнозов, иной раз взаимоисключающих друг друга.

8. Для объяснения связей серии фактов нужно выдвинуть возможно меньше различных гипотез, и их связь должна быть возможно более тесной, т. е. при интеллектуальном прогнозировании выдвигаемая гипотеза зависит от фактов. Стремясь к максимальному обобщению, когнитивная гипотеза (идея прогноза) концентрирует факты в минимальном количестве версий. В статистическом (классическом) прогнозировании наблюдается противоположный эффект: минимальная концентрация фактов и максимальное количество вариантов прогнозов.

9. При выдвижении идеи прогноза необходимо сознавать вероятностный характер ее выводов. Вероятность же интеллектуального прогноза заключается в различных вариантах характеристик объектов и условий, при которых возможно существование таких объектов, и лишь затем характеризуется процентным соотношением. Например, при прогнозировании оружия будущего необходимо учитывать наличие возможных последствий его применения. Вероятность их появления обусловлена тактико-техническими данными прогнозируемого оружия. Здесь вероятность выводов связана не с последствиями, а с вероятностью изобретения нового оружия.

10. Гипотезы, противоречащие друг другу, не могут одновременно быть истинными, если они объясняют одну сторону какого-либо явления. В то же время противоречащие друг другу

прогнозы одного явления могут быть истинными, если они разработаны для различных условий его существования, т.е. для различных облаков событий, а, следовательно, были выявлены различные фрактальные закономерности.

11. Основная цель гипотезы, идеи прогноза – установление связей между явлениями, причин их возникновения, реконструкция картины прошлого и создание картины будущего. Целью прогноза выступает выявление перспектив какого-либо явления, либо определение возможных путей достижения этих перспектив.

12. В интеллектуальном прогнозировании гипотеза играет роль средства утверждения или опровержения устойчивых связей между различными элементами системы. Прогноз же служит здесь для установления характера этих связей в будущем.

13. Для выдвижения когнитивных гипотез необходимо использовать законы и методы триалектической логики, тогда как для разработки интеллектуальных прогнозов необходим сложный арсенал прогностических методов на базе искусственного интеллекта.

Мир – триадичен<sup>21</sup>. Модели мира можно обосновать на взаимодействии его трёх составных частей или элементов. Возможность устойчивого развития, когда возможность возникновения хаоса, непредсказуемости сведена к минимуму, должна «сидеть» в системе изначально, потенциально. Если этого нет, то система не будет развиваться динамически устойчиво. И возможна, так называемая «раскачка системы», возможен динамический хаос. При этом развитие во времени и пространстве будет иметь место, будет существовать, но это развитие будет неустойчивым, т.е. мы имеем неустойчивое развитие в отличие от динамически устойчивого развития. Например, биосистемы настолько сложны по своей структуре и функциям, что есть все основания предполагать, что все иерархические уровни их структуры могут вносить свою лепту в процессы упорядоченного функционирования и адаптационных изменений этих систем. Об этом свидетельствуют, в частности, результаты новейших исследований в области неравновесной термодинамики, исследующей механизмы про-

<sup>21</sup> Энергия российского Экоса (энергетика – экономика – экология). Масса – Энергия – Структура. Бушув В.В., Сокотуценко В.Н.– М.: ИД «Энергия», 2009. – 184 с.

цессов самоорганизации неорганических систем. Оказалось, что в системе, еще находящейся в состоянии равновесия, которому соответствует предельный хаос движения молекул и атомов, уже заложены потенциально так называемые «аттракторы» – различные варианты структур.

Реализация этих структур произойдет только в том случае, если какие-то внешние факторы заставят систему отклониться от равновесного состояния, а затем случайные флуктуации направят процесс по одному из заранее обусловленных путей. Это и будет являться именно устойчивым развитием или динамическим равновесием, в отличие от неравновесной динамики, а, следовательно, и неустойчивого развития.

Поскольку движение (развитие) структур – это результат их взаимодействия с окружающей средой, структуры должны содержать компоненты, ответственные за энергоинформационное взаимодействие. Существование различных энергополей обосновывается только разной реакцией структур на изменение состояния эрго-информационной среды. Энергетическое взаимодействие структур с реальной информационной средой предполагает существование общих свойств и предусматривает прямой энергообмен между ними.

Таким образом, реальная, единая, триадическая система, образованная совокупностью элементарных энергоносителей, имеющих общие свойства со структурами, которые с ней взаимодействуют, представляется единой энергосистемой, развивающейся во всеобщем непрерывном процессе. Информационная среда, таким образом, является передаточной средой (агентом) для триады, которая образуется путем энергетического преобразования, объединения массы эргосистемы в отдельную структуру.

14. Гипотеза может только предположительно предсказать время и место наступления тех или иных событий. Например, из анализа фактов, связанных с совершением серии однотипных фактов, следует вывод о том, что аналогичный факт может иметь место в будущем (эта классическая логика используется, но не является в когнитивном прогнозировании определяющей).

15. Проверка истинности гипотезы осуществляется посредством доказательств. Результатом проверки гипотезы может стать рождение теории. В противном случае гипотеза отбрасывается. Проверка истинности прогноза проводится путем его реа-

лизации на практике либо на прогнозной модели. Если гипотеза стимулирует проведение научных исследований при ее проверке, то прогноз строится на их основе. В практике интеллектуального прогнозирования гипотеза предшествует разработке прогноза. Переход от гипотезы, идеи к прогнозу означает движение от абстрактного предвидения к конкретному, создание предположений единой системы научного предвидения.

16. Главным в прогнозе является то, что он отражает объективные закономерности, внутренние и внешние связи прогнозируемого объекта, в то время как посредством гипотезы ставятся проблемы о наличии или отсутствии этих закономерностей и связей.

17. Процесс разработки интеллектуального прогноза непрерывен. Так, один точный прогноз при условии непрерывности прогнозирования позволяет создать прогнозирующую систему, которая практически не имеет границ, ибо прогнозы можно разрабатывать на длительный период. Разрыв процесса прогнозирования во времени может привести к утере контроля за развитием его объекта и условий его существования. Для всякого процесса характерна цикличность, где под циклом понимаются действия по выдвижению гипотезы и ее теоретическому обоснованию.

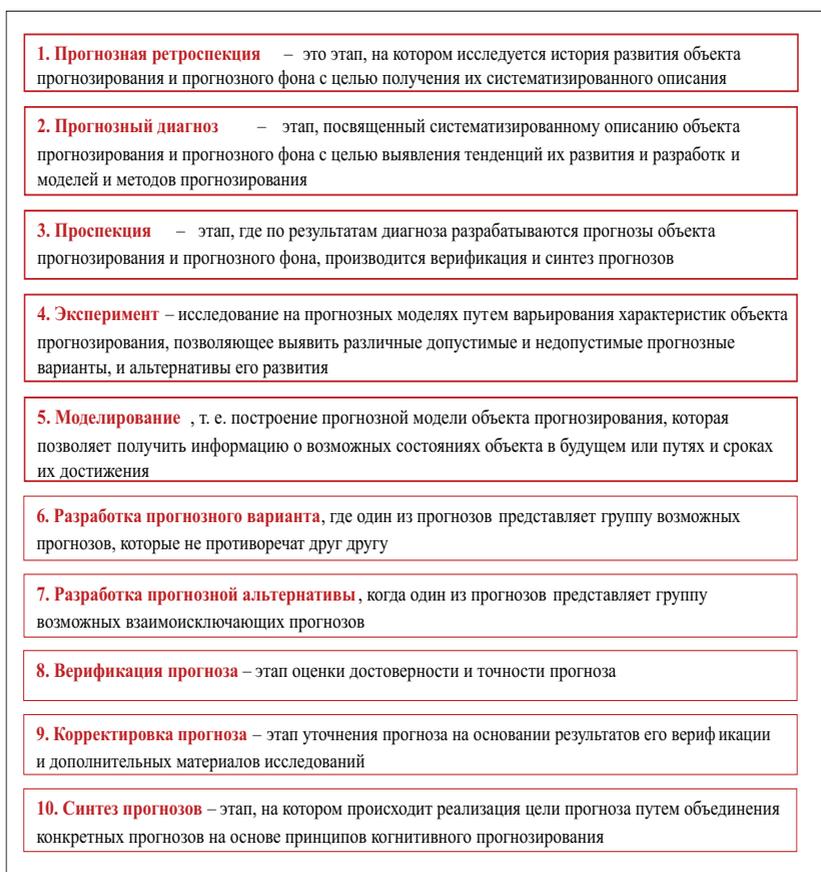
18. Прогноз кроме различных предполагаемых характеристик должен включать предписания и рекомендации, как достичь данного результата. Конечный результат гипотезы – вывод. Предписания и рекомендации являются результатом ее проверки.

19. Основные функции гипотезы: выявление связей между явлениями; установление причин их возникновения; реконструкция картины прошлого и предсказание развития явления.

### **1.2.3. Вторая стадия разработки интеллектуальных прогнозов**

Заметим, что интеллектуальные прогнозы имеют три функции: исследовательскую, программную, организационную. Примером их реализации могут служить прогнозы: о перспективах развития механизма какого-либо социально-экономического события в будущем (исследовательский); о времени наступления социально-экономического события и возможных последствий (программный); о численности и структуре возникающих будущих подсистем, входящих в общую систему прогноза для данного конкретного прогнозируемого социально-экономического прогноза (организационный). Как уже отмечалось, разработка

интеллектуального прогноза требует знания не только указанных методов, но и специальных методов прогнозирования. Прогнозирование же на ЭВМ с использованием искусственного интеллекта осуществляется после подготовки или с участием эксперта. Как уже отмечалось, первая (подготовительная) стадия разработки интеллектуального прогноза в основном состоит из процедур, приемов и методов по сбору и обработке прогностической информации, выдвижению идеи прогноза, предварительному изучению прогнозного фона (см. п. 1.2.1-1.2.2), вторая (прогнозирующая) включает в себя приемы и методы проверки достоверности и точности прогнозов и также состоит из многих этапов (рис. 19):



Источник: ИЭС.

**Рис. 19. Этапы второй стадии формирования интеллектуального прогноза**

Таким образом, методика интеллектуального прогнозирования – это упорядоченная совокупность процедур, приемов, правил и методов, применяемых для разработки прогнозов.

### **1.3. Критерии оценки интеллектуальных прогнозов**

Оценка интеллектуальных прогнозов – финальная часть прогностического процесса. Необходимость в такой оценке обусловлена следующими обстоятельствами: во-первых, на этой стадии выявляют ошибки и просчеты их составления, что помогает избежать ошибок стадии реализации; во-вторых, она способствует осмыслению сущности прогноза, его взаимосвязи с ситуацией, складывающейся на момент его разработки; в-третьих, на данной стадии происходит проверка качества прогностической информации на ее объективность; в-четвертых, она позволяет выявить эффективность прогноза, без которой прогнозирование теряет смысл. Ошибка прогнозирования, несоответствие прогноза факту, наступившему потом, характеризует неучёт дополнительных фактов, либо неправильный отбор тех фактов, которые формируют фрактал.

Для оценки прогноза необходимы когнитивные критерии, позволяющие охарактеризовать его сущность и связи. Критерии оценки интеллектуальных прогнозов должны быть сопряжены с принципами и законами теории когнитивного мышления. Рассмотрим их подробнее.

**1. Логичность.** Согласно этому критерию интеллектуальный прогноз должен отвечать всем требованиям формальной и диалектической логики, что обуславливает всестороннее изучение объекта прогнозирования, его связей, анализ тенденций его развития. Кроме того, объект прогнозирования должен максимально точно отражать сущность событий и явлений, потребности науки и практики. Логичность означает также последовательность формально-логических операций в процессе построения прогнозов. Каждое действие должно обоснованно вытекать из предыдущего. Подмена информации или изменение порядка действий приводят к созданию ложных прогнозов. Результаты научного прогнозирования должны логично повлечь за собой появление новых знаний, которые органически дополняют уже имеющиеся. Это внутренняя потребность развития науки, которая позволяет

ей опережать непосредственные запросы практики по составлению прогнозов.

**2. Истинность.** Абстрактной истины нет, истина всегда конкретна (В.И. Ленин). При оценке интеллектуальных прогнозов этот постулат «распадается» на две части. Первая - истинность информации, используемой для разработки прогнозов. Вторая – возможности оценки будущего как истинного знания с позиций практики его подтверждения или не подтверждения.

**3. Конкретность.** Данный критерий предполагает точный учет всех условий (социально-экономических, политических и т. д.), в которых находится (будет находиться) прогнозируемый объект. Конкретность – свойство прогноза, основанное на учете реальных связей, взаимодействий всех сторон объекта, главных, существенных свойств и тенденций его развития. Кроме того, конкретность предполагает описание указанных свойств объекта в математических символах. Это относительно точное определение места и времени появления прогнозируемого события либо путей достижения каких-либо результатов. Абстрактные, неконкретные прогнозы ведут к заблуждениям.

**4. Реализуемость.** Здесь в первую очередь принимается во внимание целесообразность прогноза. В отдельных случаях разработка прогноза целесообразна, но сам он может остаться нереализованным в силу негативных обстоятельств, которые могут привести к нежелательным последствиям.

**5. Точность.** Этот критерий характеризует временные и пространственные интервалы возникновения прогнозируемых событий либо пути достижения прогнозируемого результата. Конечно, практика пока не знает методики разработки стопроцентно точных прогнозов, а значит, прогноз должен предусмотреть все возможные характеристики прогнозируемых объектов при заданных условиях. Основное требование к прогностическому процессу – стремление к максимальной обоснованности прогнозов. Качество и точность прогнозов обусловлены не только возможностями науки и практики, но и общественными отношениями. Прогнозы реализуются в социальной сфере, т. е. их точность зависит от того, насколько удастся соотнести результаты прогнозирования с потребностями, установками, мотивациями тех слоев, где предполагается реализация, и теми слоями

общества, которые будут их реализовывать. Своего рода налицо обратная связь – выдвинутый на базе идеи интеллектуальный прогноз управляет массами. Здесь необходима коррекция прогнозов с учетом психологических факторов, в чем существенную помощь оказывает социально-психологическое прогнозирование и применяемое авторами когнитивное моделирование.

**6. Относительность.** Данный критерий сопряжен с вероятностью подтверждения прогноза. Предвидение событий, явлений не может быть абсолютно точным. Степень вероятности того или иного прогноза предопределена особенностями прогнозируемого объекта, качеством и количеством информации о нем и о прогнозном фоне, а также методикой прогнозирования. Интеллектуальное прогнозирование предполагает разработку не одного, а нескольких вариантов прогнозов для различной совокупности обстоятельств – облака прогнозов. Эта многовариантность прогнозов и обуславливает вероятность появления тех или иных событий в конкретных ситуациях. Однако, сама вероятность в ее численном, процентом выражении здесь второстепенна.

**7. Надежность.** Ее нужно рассматривать в двух аспектах. Во-первых, сам прогноз должен включать в себя степень надежности своего подтверждения. Во-вторых, в силу многообразия различных факторов и сложности объектов прогнозирования надежностью должна характеризоваться совокупность прогнозов. В ней должны предусматриваться все возможные варианты, что поможет исключить ошибку. Следует добавить, что степень ее надежности убывает по мере возрастания временного горизонта.

**8. Рациональность.** По этому критерию судят о затратах времени и средств на разработку прогнозов. Если на разработку прогноза затрачено много времени, есть опасность утраты его практической или теоретической значимости, так как события могут опередить прогноз. Значительная трата средств на прогнозирование лишает прогноз рентабельности. В противном случае прогнозирование теряет смысл.

**9. Эффективность.** Интеллектуальный прогноз должен вызывать определенный эффект, выраженный во временном и материальном исчислении. Материальный эффект реализации прогноза состоит в уменьшении либо исключении материального ущерба от знания, получаемого в связи с наличием инфор-

мации о будущем, временной связан со снижением временных затрат на производство тех или иных действий.

**10. Верифицируемость.** Данная связь продиктована требованием преемственности, присущей когнитивной логике построения любой теории, а также связи теории и практики интеллектуальной прогностики. Сущность названного критерия заключается в том, что прогнозы должны быть проверяемы. Социальной прогностикой разработаны методики верификации прогнозов, которые могут использоваться при оценке интеллектуальных прогнозов. Верифицируемость позволяет избежать замены процесса прогнозирования эмпирическим предвидением.

Критериев оценки интеллектуальных прогнозов, в связи с их сложностью и не разработанностью методики пока не существует. Излагаемый авторами метод или теория интеллектуального прогнозирования обладает новизной и основана на многолетнем опыте формирования прогнозов на основе когнитивного мышления, образного качественного прогнозирования. Поэтому рассмотрим типичные ошибки, встречающиеся в процессе разработки и реализации интеллектуальных прогнозов. Условно их можно дифференцировать на ошибки методики разработки прогнозов и ошибки в процессе их реализации.

К первой группе относятся логические, методологические, терминологические и информационные ошибки.

**Логические ошибки** могут возникнуть: в результате неправильного истолкования или использования в качестве посылки для данного прогноза информации, истинной только при определенных условиях. Эти условия игнорируются, и вывод делается без их учета; из-за нарушений законов логики в ходе разработки прогнозов; в результате неправильного истолкования прогноза, когда степень наступления того или иного события игнорируется либо недостаточно аргументирована.

**Методологические ошибки** в основном встречаются в формальных структурах процесса разработки прогнозов. Они выражаются в неправильном выборе объекта прогнозирования и описании его характеристик, неточных определении и описании прогнозного фона, некорректности в составлении координационного плана, нечеткости определений целей и задач прогнозирования, смешения этапов прогнозирования, отсутствии осно-

ваний для разработки прогнозов и т. д. При правильном выборе идеи прогнозирования и соблюдении других условий указанные ошибки могут не влиять на точность прогноза. Однако они существенно затрудняют его корректировку, слежение за его этапным развитием и информационной обработкой самого процесса. К методологическим ошибкам также относятся: ошибки в методике прогнозирования (метод определен правильно, но исполнение его ошибочно); несоответствие метода целям прогнозирования; увлечение одним методом, одним когнитивным свойством при решении комплексной задачи прогнозирования; подбор экспертов с низкой квалификацией или некомпетентных в данном вопросе; отказ от разработки альтернативных вариантов прогноза; отсутствие методики корректировки и оценки прогноза.

**Терминологические ошибки** нередко встречаются, когда неверно истолковывается содержание какого-либо термина. Это еще раз подчеркивает необходимость выработки четкого понятийного аппарата интеллектуальной прогностики. Возможно, для единообразного понимания различных терминов необходимо создание соответствующего терминологического словаря по интеллектуальному прогнозированию.

**К информационным ошибкам** в первую очередь можно отнести так называемый «абсурд корреляции». Суть его заключается в увеличении одного из влияющих факторов на развитие процесса (элемента SoS-системы) в ущерб многофакторным зависимостям, существующим в рассматриваемой общей системе. Не случайно, что уже при среднесрочном прогнозировании наблюдается резкое снижение точности прогноза, опирающегося лишь на линейную зависимость. Следующей ошибкой этого класса является подмена информации, которая нередко происходит в силу невозможности ее получения. В этом случае прогноз будет точным, но для другой ситуации. Нередко информация, используемая для прогнозирования, имеет невысокую степень достоверности. Тогда прогноз будет ошибочным или абстрактным. Такое случается, когда процесс пытаются спрогнозировать по показаниям недобросовестного эксперта. Иногда основой прогноза становится ошибочная информация. Подобный прогноз кроме всего прочего таит в себе, опасность стать базой ошибочного научного направления или теории. Реализация ошибочных прогнозов ведет к созданию ошибочных теорий и направлений,

несуществующих научных проблем, разработке ложных научных рекомендаций, нерациональному использованию научного потенциала и материальных средств. На практике это тоже вызывает негативные последствия, самым серьезным из которых может стать неправильное определение стратегии развития.

#### **1.4. Классификация интеллектуальных прогнозов (на основе опыта данных авторов)**

Исходя из вышеизложенного, можно дать следующее определение понятия интеллектуального прогнозирования. **Интеллектуальное прогнозирование** – это научно обоснованное когнитивное суждение о предполагаемых состояниях объективно умопостигаемых объектов. Прогнозы могут быть настолько разнообразны, насколько разнообразна и сложна научная и практическая деятельность в социально-экономической сфере. На современном этапе развития теории интеллектуального прогнозирования для классификации прогнозов целесообразно использовать также наиболее приемлемые критерии классической прогностики.

*По объекту прогнозирования* интеллектуальные прогнозы классифицируем: на структурно-тактические, методические и стратегические.

*По продолжительности сроков прогнозирования* (периоду упреждения) они дифференцируются:

- на текущие (до 1 года) и краткосрочные – в основном ориентированы на разработку прогнозов с периодом упреждения от 1 года до 3 лет. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, сроки изменения экономической конъюнктуры исчисляются днями и неделями. Во-вторых, реализация экономических тактических действий нередко сопряжена с необходимостью быстрого осуществления каких-либо действий (например, изменение курса валют, цены на нефть). Здесь особую роль играют текущие прогнозы действий в тот или иной момент. Однако на практике такие прогнозы обычно подменяются лишь численной обработкой данных, что нередко приводит к ошибочным прогнозам.
- среднесрочные (3–5 лет),
- долгосрочные (10–15 лет).

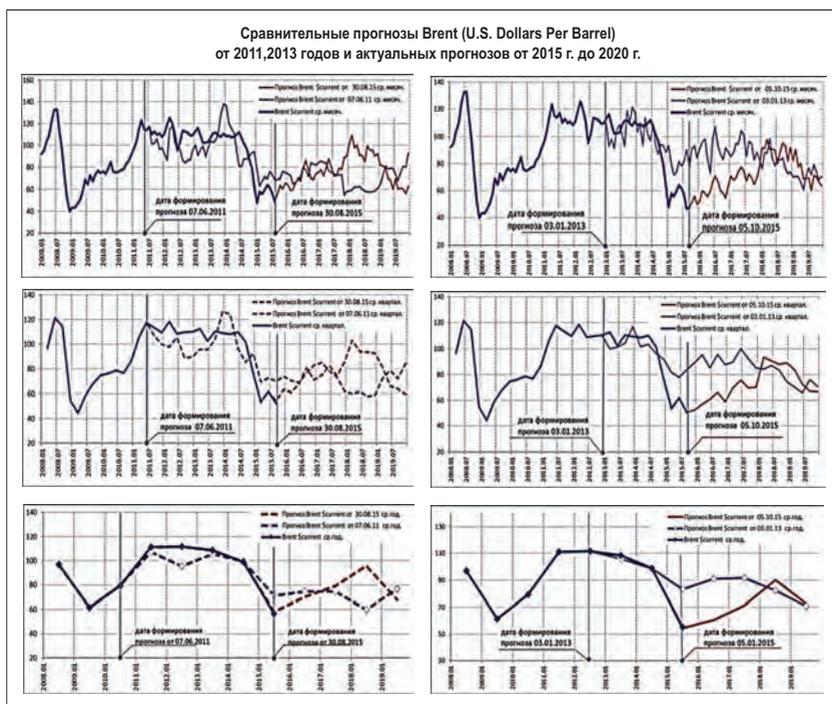
На рис. 20 показаны сравнительные прогнозы BRENT (US/ Dollars per barrel) от 2011, 2013 годов и актуальных прогнозов от 2015 г. до 2020 г.; сформированные по данной методике интеллектуального прогнозирования с учетом когнитивности факторов, их цикличности и фрактальности присущей динамике развития и формирования мировых цен на нефть.

По масштабу прогнозирования выделяются прогнозы: мировые (природные), в масштабе страны; в масштабе республики, края, области; города, района.

По функциям прогнозы разделяются: на исследовательские, программные, организационные.

По области реализации прогнозы классифицируются: на научные, практические.

Кроме того, классификация интеллектуальных прогнозов должна отражать тенденции развития общественной жизни, тес-



**Рис. 20. Сравнительные прогнозы, сформированные по когнитивной методологии**

но коррелирующие с тенденциями развития механизма мировой экономики и политики. По этому критерию прогнозы подразделяются: на социальные, экономические, политические, военные.

*По цели* интеллектуальные прогнозы можно разделить на нормативные и поисковые. Поисковые прогнозы разрабатываются для выявления характеристик, прогнозируемых социально-экономических значимых событий, для установления тенденций их развития. Посредством нормативных прогнозов определяют способы и сроки достижения этих характеристик. Сюда относятся методики интеллектуального прогноза, такие как фрактальное исследование, волны Эллиотта.

*По содержанию* интеллектуальные прогнозы дифференцируются на микропрогнозы и макропрогнозы. Микропрогнозы разрабатываем для отдельных элементов подсистем в SoS (системе систем) прогнозируемых объектов. Макропрогнозы охватывают объект прогнозирования целиком (например, механизм прогнозируемого уровня цены на нефть).

## **ЧАСТЬ II. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРАХ)**

Прошлые исследования и наш авторский анализ свидетельствуют о явном совпадении основных социально-политических и военных событий с пиками и периодами максимума солнечной активности (СА), а также экономической корреляции мирового финансового рынка с периодами минимальной солнечной активности. Актуальность исследования обусловлена активными дискуссиями о влиянии Солнца на все сферы земной жизни, на различные глобальные процессы, обострившиеся в последнее время, а также корреляции с мегатрендами исторического процесса развития человечества. Приведем некоторые практические расчеты на основе изложенной методики интеллектуального прогнозирования. Также покажем формирование экономических прогнозов на примере роста ВВП и мировых цен на нефть, и их корреляции.

### **2.1. Синхронизация событий в глобальной истории с периодичностью солнечной активности**

Наблюдаемая синхронизация исторических событий, явлений и процессов является предпосылкой структурирования, т.е. определения структуры глобальной истории. Под структурированием истории здесь понимается не просто та или иная ее периодизация, но прежде всего выявление ключевых, центральных, как говорилось ранее, переломных исторических процессов и соответствующих им периодов, которые глубоко повлияли на весь последующий ход истории, привели к последовательности выборов, предопределивших развитие человечества в определенном направлении. Подобный когнитивный анализ необходим в соответствии с изложенной методикой интеллектуального прогнозирования в части выявления схожих облаков, подобных фактов и событий. Тем самым формируем области фрактальности периодограммы на базе волн Эллиотта. Главное, что на сегодняшний день доказано, это синхронность максимумов СА с периодами возникновения революций и войн. Найдено, до 23-го цикла вклю-



Источник: ИЭС.

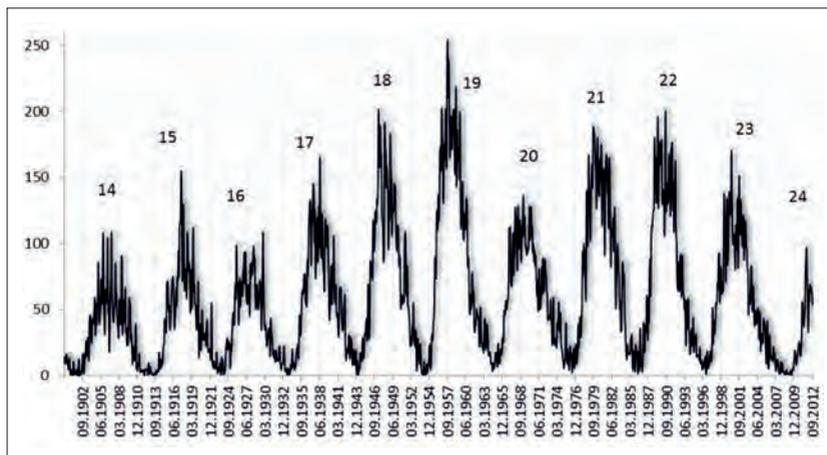
**Рис. 21. График динамики законченных циклов СА, социополитических событий и их удельных весов XX – XXI вв.**

чительно, что слом в развитии социума происходит в реперных точках динамического экстремума (наиболее высокого прироста по модулю СА, рис. 21). Солнечная активность – это комплекс физических процессов, происходящих на Солнце и связанных в первую очередь с появлением и распадом в его атмосфере сильных магнитных полей<sup>22</sup>. Влияние солнечной активности очень трудно исследовать, поскольку сложно установить его непосредственную связь с земными явлениями, а также отделить от прочих влияний – других небесных тел и независимых процессов, происходящих на Земле. Поэтому, несомненно, что природные факторы, к числу которых относится влияние Солнца, создают всего лишь фон для совершения событий и решений, принимаемых социумом, и адекватная оценка их значимости возможна только в рамках многофакторной модели, включающей также исследование влияния солнечной активности на военные политические и экономические события по отдельности.

На графике среднемесячных чисел Вольфа за период с 1900 по 2012 гг. хорошо видно, что представленные циклы № 14 – 24 имеют различную продолжительность (она колеблется в преде-

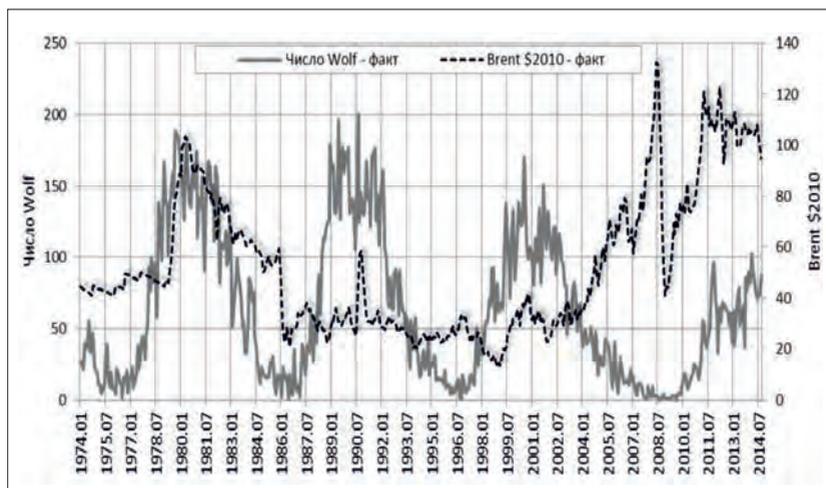
<sup>22</sup> Энергия российского Экоса (энергетика – экономика – экология). Масса – Энергия – Структура. Бушуев В.В., Соколуценко В.Н.– М.: ИД «Энергия», 2009. – 184 с.

лах от 9 до 14 лет) и различную интенсивность, а также то, что солнечный цикл асимметричен относительно максимума: фаза роста короче фазы спада, фаза роста короче для более мощных циклов (рис. 22, 23).



Источник: ИЭС.

*Рис. 22. Динамика среднемесячных значений чисел Вольфа с 1900 по 2014 год*



Источник: ИЭС.

*Рис. 23. Динамика среднемесячных значений чисел Вольфа с 1974 по 2014 год, цены за баррель нефти марки Brent*

Методика исследования в данной работе основывается на фрактальном выделении, как отдельных известных циклов солнечной активности, так и выявления отдельных геометрически подобных элементов – частей, кусков графика внутри самого исследуемого цикла. Для выявления структуры графика солнечного цикла были использованы среднемесячные значения чисел Вольфа ( $W$ ) 22 цикла СА<sup>23</sup>.

Согласно когнитивному подходу деление на глобальные эпохи или фазы всемирно-исторического цикла соответствует современным представлениям о структуре 11-летнего солнечного цикла, который начинается и заканчивается минимальной активностью солнца. В методологии А. Л. Чижевского деление на эпохи исторического цикла следующее (рис. 24): 3 года (период минимума), 2 года (период подъема), 3 года (период максимума), 3 года (спад). Но такое деление на эпохи всемирно-исторического цикла не совпадает с временными рамками начала и конца солнечного цикла.

С нашей точки зрения, с большим основанием следует разбивать цикл на пять эпох (фаз, периодов): первый этап (фаза минимальной активности) – 1 год, второй (фаза повышения активности) – 2 года, третий (фаза максимальной активности) – 3 года, четвертый (фаза упадка активности) – 3 года, пятый (фаза минимальной активности) – 2 года (рис. 25).

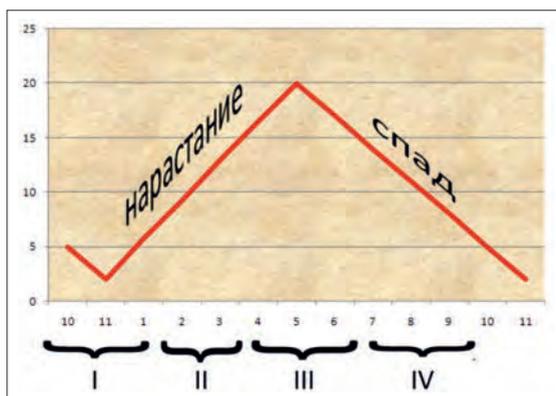
Структура исторического цикла по А.Л. Чижевскому (см. рис. 24) и в развиваемом способе градации (рис. 25) качественно одинаковые, так как длительность периодов, на которые делится цикл одна и та же, только А.Л.Чижевский рассматривал исторический цикл с эпохи минимума, захватывая конец предыдущего солнечного цикла, а в предлагаемом методе получается четкая модель по циклам без нахлестов. Если сопоставить среднегодовые значения чисел Вольфа (числового показателя количества солнечных пятен – индекса солнечной активности) и количества массовых движений и их удельных весов законченных циклов XX-XXI вв., то получится следующая диаграмма (рис. 26).

В соответствии с методологией когнитивного прогнозирования, необходимо уловить из графиков (см. рис. 26), что: во-пер-

---

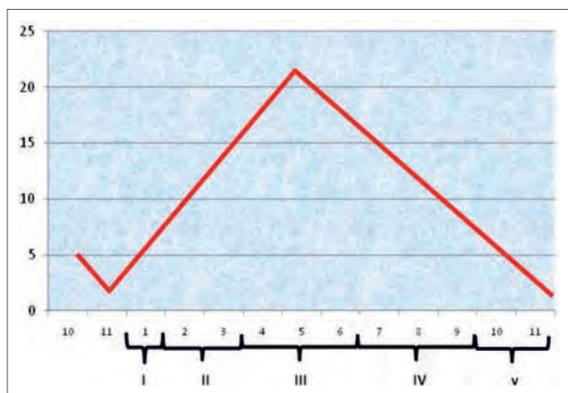
<sup>23</sup> Бушуев В.В., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические явления. Энергетическая политика, 2013., №1. С.60-66.

вых, наблюдается волнообразная динамика социально-политических событий; во-вторых, динамика и направленность некоторых волн макросоциальных процессов и динамика солнечных циклов совпадают. Однако здесь вопрос несколько тоньше... Рассмотрим последний законченный 23-й цикл. Разобьем события на военные политические и экономические. Таблицы 1 - 3 и рис. 26 - 28 рассматривают более детальную связь суммарных чисел Вольфа (ЧВ) и политических, военных и экономических событий соответственно. Каждый из циклов характеризуется доминированием переходящих друг в друга политических, экономических и военных событий.



Источник: <http://rusograd.xpomo.com/tch1/tch2-1.html>

Рис. 24. Этапы по А.Л. Чижевскому



Источник: ИЭС.

Рис. 25 Структура фаз цикла

Таблица 1. Этапы 23-го цикла СА, веса и количество политических событий

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Минимум</b>	1996 г.	Соглашение о создании Сообщества России и Белоруссии. 2-й тур президентских выборов. Избрание Б.Н. Ельцина президентом РФ на второй срок.	35	17	8,6
	1997 г.	Подписание основополагающего акта о взаимных отношениях, сотрудничестве и безопасности между РФ и Организацией Североатлантического договора.	98	57	21,5
<b>Подъем</b>	1998 г.	В Вашингтоне (США) представители России, США, Канады, Японии, а также 11 государств, входящих в Европейское космическое агентство, подписали межправительственное соглашение о сотрудничестве в области строительства и эксплуатации международной космической станции "Альфа".	115	63	64,3
	1999 г.	Россия. Заявление Б.Н. Ельцина о досрочной отставке с поста Президента РФ	108	61	93,3
<b>Максимум</b>	2000 г.	Россия. Государственная Дума приняла решение о ратификации российско-американского договора СНВ-2. Этот договор предполагает дальнейшее сокращение стратегических наступательных вооружений обеих стран. Официальное вступление В.В. Путина в должность Президента РФ.	87	48	119,6

Продолжение табл. 1.

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср. год.)
<b>Максимум</b>	2001 г.	Террористические акты в США. По официальной версии, возникшей в тот же день: угнано четыре пассажирских самолета, три из которых спикировали на здание Пентагона в Вашингтоне и на два здания международного торгового центра в Нью-Йорке. Тысячи жертв. Президент США сразу же определил виновных в акте до начала следствия по этому делу. Военные флоты США начинают концентрироваться на севере Индийского океана для нанесения ударов по Афганистану. Президент России немедленно выражает поддержку и объявляет траур за сутки до того, как траур был объявлен в США и в Европе. Официально сообщалось о 2996 погибших.	71	32	111,0
	2002 г.	США. Конгресс США принял резолюцию, дающую президенту право начать войну против Ирака по своему усмотрению. Для такого решения главе США не нужно также одобрение со стороны ООН. Резолюция была использована как инструмент давления на Саддама Хусейна и на ООН. Позже она позволила Джорджу Бушу начать военные действия против Ирака без дополнительных согласований.	13	6	104,0

Продолжение табл. 1.

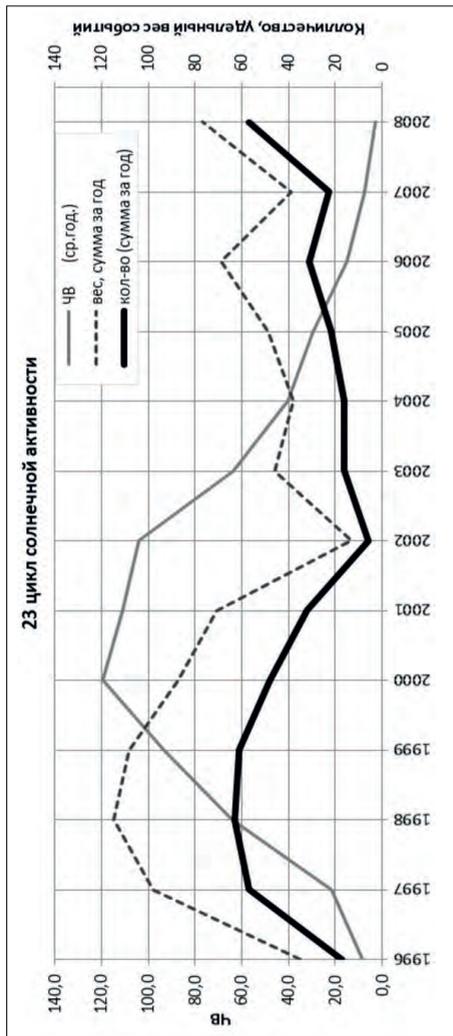
Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Спад	2003 г.	Россия. Прошли выборы в Государственную думу (4-го созыва).	46	16	63,7
	2004 г.	Выборы Президента РФ, В.В. Путин переизбран на второй срок.	38	16	40,4
	2005 г.	Украина (конец 2004 г. начало 2005 г.). После официального объявления результатов второго тура президентских выборов (по сведениям избирательной комиссии победил Виктор Янукович) в Киеве начинается так называемая "Оранжевая революция" (с 22 ноября по 26 декабря). В результате мощного информационного давления (распространялись слухи об отравлении В. Ющенко, на площади был разбит лагерь его сторонников и пр.) был назначен не предусмотренный законодательством третий тур голосования.	49	22	29,8

Продолжение табл. 1.

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср. год.)
<b>Минимум</b>	2006 г.	В гаагской тюрьме умер бывший Президент Соединенной Республики Югославии Слободан Милошевич. Вскрытие установило, что причина смерти — инфаркт миокарда. Но в крови покойного обнаружены следы рифанипина — вещества, которое, возможно, и привело к гибели. Ведущий кардиолог России академик Лео Бокерия, ознакомившись с материалами голландских патологоанатомов, подтвердил их вывод. Вместе с тем он заявил, что Милошевича можно было не только спасти, но и полностью вылечить от недуга. Остается неясным, была ли допущена врачебная ошибка или произошло нечто хуже...	69	31	15,2
	2007 г.	Умер первый президент России Борис Ельцин. Большинство СМИ изобразили скорбь по усопшему, а по альтернативным каналам информации (самые разные интернет-издания) выражали совсем противоположные чувства	39	23	7,5

Окончание табл. 1.

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Минимум</b>	2008 г.	В России были проведены выборы президента, в результате которых этот пост занял заранее официально заявленный кандидат Дмитрий Медведев. остальные кандидаты после выборов впали в ту же штатную безвестность, из которой на мгновение вынырнули (такими штатными кандидатами для регулярного проигрыша в частности были Зюганов и Жириновский). Предыдущий президент Владимир Путин занял пост главы правительства.	77	57	2,9



Источник: ИЭС.

Рис. 26. График динамики СА и политических событий по этапам

Таблица 2. Этапы 23-го цикла СА, веса и количество военных событий

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Минимум</b>	1996 г.	Россия. Вооружённое нападение чеченских боевиков на г. Кизляр в Дагестане. Вытеснение боевиков в село Первомайское. Штурм села федеральными войсками. Переговоры о мирном урегулировании в Чечне.	19	9	8,6
	1997 г.	Россия. В соответствии с договором об ограничении стратегических вооружений между США и Россией, в Баренцевом море начато уничтожение баллистических ракет морского базирования РСМ-52. Всего уничтожено 20 ракет.	57	38	21,5
<b>Подъем</b>	1998 г.	Россия. Террористический акт в Москве на станции метро Третьяковская - трое раненных.	71	39	64,3
	1999 г.	Авиация НАТО совершила первый налет на Югославию. Был нарушен устав НАТО, совершено вторжение в суверенное государство, которому не угрожала 3-я сторона. Бомбардировки продолжались до 10 июня.	62	31	93,3

Продолжение табл. 2

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
	2000 г.	США. Американские вооруженные силы нанесли ракетно-бомбовый удар по населенным пунктам Ирака, в результате чего погибли 14 человек и 19 получили ранения.	65	32	119,6
<b>Максимум</b>	2001 г.	Россия. Три взрыва в Южном федеральном округе. Два из них в Ессентуках и Минеральных Водах, третий - около Черкесска. Россия. Террористы угнали самолет "Внуковских авиалиний", совершавший рейс Стамбул-Москва. При штурме спецназа погибла стюардесса Юлия Фомина, террорист Сульман Арсаев и пассажир, гражданин Турции Гюрзел Камбал. Взрыв в Москве на станции метро "Белорусская". Ранены 10 человек	53	23	111,0
	2002 г.	США. Конгресс США принял резолюцию, дающую президенту право начать войну против Ирака по своему усмотрению. Для такого решения главе США не нужно также одобрение со стороны ООН. Резолюция была использована как инструмент давления на Саддама Хусейна и на ООН. Позже она позволила Джорджу Бушу начать военные действия против Ирака без дополнительных согласований.	14	7	104,0

Продолжение табл. 2

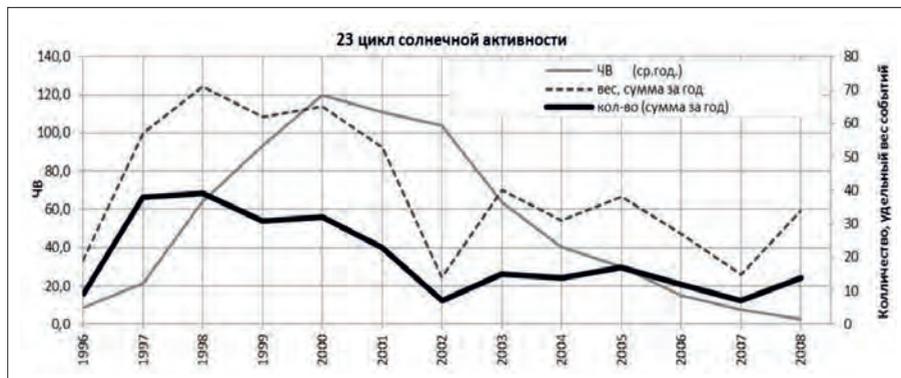
Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
	2003 г.	США вместе с сателлитами вторгаются в Ирак. Целью военных действий провозглашается свержение режима Саддама Хусейна.	40	15	63,7
Спад		Боевики захватили здание школы в городе Беслан (Северная Осетия) во время торжественной линейки, посвящённой началу учебного года. В течение двух с половиной дней террористы удерживали в замкнутом здании более 1100 заложников - преимущественно детей, их родителей и сотрудников школы. На третий день около в школе произошли взрывы, возник пожар, в результате чего произошло частичное обрушение здания. После первых взрывов заложники начали выбегать из школы, и федеральными силами был предпринят штурм.	31	14	40,4
	2005 г.	Два взрыва прогремели в Махачкале	38	17	29,8

Продолжение табл. 2

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Минимум</b>	2006 г.	Афганистан. В Кабуле американская военная колонна наехала на несколько легковых машин. Пять афганцев погибли на месте. Американские солдаты открыли огонь по безоружной толпе и число жертв достигло 20. Возмущенная толпа двинулась с места трагедии в центр Кабула, по пути поджигая машины, нападавая на полицейские блокпосты, разбивая окна и в зданиях иностранных организаций. Сотрудники посольства США срочно эвакуировали в расположение войск (в Кабуле 23 тыс. американских военнослужащих). В город введены танки.	27	12	15,2

Окончание табл. 2.

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Минимум</b>	2007 г.	<p>Президент Венесуэлы Уго Чавес прибыл в Москву. В ходе своего визита в Россию он посетил вначале Волгоград и Ижевск, затем – Москву. В Ижевске он побывал на заводе “Ижмаш”, который выполнял венесуэльский заказ на поставку 100 тыс. автоматов АК-103, встретился с конструктором Михаилом Калашниковым. В Москве были подписаны соглашения на поставку 24 самолетов Су-30 МК2, милевских вертолетов, строительство завода по производству автомата Калашникова и патронов к нему, зенитно-ракетные комплексы “Тор-М1”, патрульные катера. Вашингтон выразил недовольство контрактами и попытается подтолкнуть Россию к пересмотру сделки, утверждая, что заказанное вооружение избыточное.</p>	15	7	7,5
	2008 г.	<p>Отряд кораблей Северного флота ВМФ России и военно-морские силы Венесуэлы провели совместные маневры в Карибском море. С российской стороны в учениях, которые прошли в экономической зоне Венесуэлы, принимали участие флагман Северного флота тяжелейший атомный ракетный крейсер “Петр Великий”, большой противолодочный корабль “Адмирал Чабаненко” и два судна обеспечения.</p>	34	14	2,9



Источник: ИЭС.

*Рис. 27. График динамики СА и военных событий по этапам*

Видно, что графики, отображающие активность экономических, политических и военных событий, имеют схожую структуру: минимум переходит в резкий максимум, но в отличие от графика с суммарными социологическими событиями имеется «обвал» в середине цикла и наблюдается небольшой рост в «хвосте» графика.

Таблица 3. Этапы 23-го цикла СА, веса и количество экономических событий

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср. год.)
<b>Минимум</b>	1996 г.	Россия вступила в Совет Европы, в компетенции которого находились вопросы культуры, прав человека, защиты окружающей среды. Европейские государства поддерживали действия России, направленные на ее интеграцию в мировую экономику.	2	7	8,6
<b>Подъем</b>	1997 г.	Указ президента России Б. Н. Ельцина «Об изменении нарицательной стоимости денежных знаков и масштаба цен» В конце 1997 года ускорились негативные процессы в сфере финансов: выросли ставки процентов по государственному ценным бумагам и межбанковским кредитам, а также произошло резкое снижение стоимости российских корпоративных ценных бумаг. Так, в III квартале 1997 года средний доход по ГКО на вторичном рынке равнялся 19 %, а в IV квартале — 26,3 %. В III квартале 1997 года средняя ставка по однодневным рублёвым кредитам на московском межбанковском рынке составляла 16,6 %, в IV квартале — 25,2 %	32	22	21,5

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
<b>Подъем</b>	1998 г.	Россия. Резко обострился экономический кризис - обвальное обесценивание рубля. Правительство подает в отставку. К августу 1998 года власти утратили ресурсы для финансирования краткосрочного госдолга и удержания курса рубля. 17 августа 1998 года был объявлен дефолт по внутренним обязательствам (ГКО, ОФЗ) и фактически объявлено об отказе поддерживать курс рубля. Это означало крах макроэкономической политики, проводившейся с 1992 года. В результате финансового кризиса российская экономика получила тяжелейший удар, следствием чего стало резкое обесценивание рубля, спад производства, значительный рост инфляции, падение уровня жизни населения.	30	20	64,3
	1999 г.	Большинство стран Европейского союза (ЕС) перешли на безналичные расчеты в новой общеевропейской валюте - евро (начало наличного оборота евро запланировано на 1 января 2002 года).	21	11	93,3

Продолжение табл. 3

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
	2000 г.	Россия и Германия подписали договор о проведении обмена произведениями искусства, вывезенными обеими сторонами во время Второй мировой войны.	45	20	119,6
<b>Максимум</b>	2001 г.	Шанхайская организация сотрудничества. По итогам первого полугодия 2001 года инвестиции тайваньских компаний в экономику Китая составили 1,9 миллиарда долларов. Столь существенное участие Тайвана в развитии Китая стало возможно 10 лет назад после отмены запрета на бизнес-операции между островом и континентальной частью страны. Объем торговли между Тайванем и Китаем в первом полугодии 2002 года составил 19,6 миллиарда долларов.	14	9	111,0
	2002 г.	Евразийское экономическое сообщество.	4	3	104,0

Этап цикла	23-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Спад	2003 г.	В России за 2003 год было приватизировано более 1000 предприятий	2	2	63,7
	2004 г.	Основным событием, имеющим решающее значение для всей мировой экономики, в 2004 году по праву можно считать расширение объединенной Европы. В Евросоюз вступили 10 новых членов: Польша, Чехия, Словакия, Венгрия, Словения, Мальта, Кипр, Эстония, Латвия и Литва. Таким образом, число государств - членов ЕЭС достигло 25. В результате население Евросоюза увеличилось почти до 500 млн. человек, существенно выросла территория, ресурсный потенциал и экономические возможности.	5	2	40,4
Минимум	2005 г.	Транстихоокеанское партнерство «монетизация льгот».	11	7	29,8
	2006 г.	Газовые конфликты России и Украины	24	13	15,2
	2007 г.	Ипотечный кризис в США	20	9	7,5
	2008 г.	Собственно, мировой финансово-экономический кризис, важнейшее экономическое событие.	29	12	2,9



Источник: ИЭС.

*Рис. 29. График динамики СА и экономических событий по этапам*

Это различие, однако, не противоречит ранее развитой теории. Дополнительный минимум является следствием «неучета» других составляющих социальной жизни, таких как искусство, наука, межличностные отношения и т.д. Дополнительный максимум в «хвосте» образуется в связи с тем, что ряд событий относится к различным категориям и учитывается неоднократно, в условиях низкой социальной активности данные добавки оказываются более явными. Тем не менее, схожесть корреляции отдельных явлений с ЧВ указывает на адекватность оценки веса событий и включает в себя явные максимумы и минимумы общей теории.

Таблица 4. Этапы 24-го цикла СА, веса и количество социополитических событий

Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Минимум	2009 г.	В России из-за серии технических недоработок в ходе планового обслуживания агрегатов самой станции, а также из-за сбоя в работе Братской ГЭС (а она выполняла функцию перераспределения электроэнергии в энергосистеме обширного регион) произошла катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС, унесшая более сотни человеческих жизней. В результате расследования виновные наказаны так и не были.	4	3	3
Подъем	2010 г.	Тунис. Назревание государственного переворот - новая "оранжевая революция" – начало 2011 года.	10	6	19
	2011 г.	Египет. Начались массовые беспорядки. Манифестанты требуют отставки президента Мубарака.	18	9	60
Максимум	2012 г.	Евросоюз ввёл эмбарго на импорт иранской нефти. Россия. Выборы Президента. Победу одержал Владимир Путин.	32	4	66

Продолжение табл. 4

Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Максимум	2013 г.	<p>Испания. Парламент Каталонии принял декларацию о государственном суверенитете региона и праве нации на самоопределение.</p> <p>Россия. Над Челябинской областью взорвалось небесное тело, предположительно метеороид, в результате чего имеются многочисленные разрушения, за медпомощью обратились 1552 человека.</p> <p>Турция. Начались массовые беспорядки с требованием отставки правительства страны.</p> <p>Украина. В Киеве начались массовые акции протеста как реакция на решение Кабинета министров Украины о приостановлении процесса подготовки к подписанию соглашения об ассоциации между Украиной и Евросоюзом.</p>	52	9	77

Продолжение табл. 4

Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Максимум	2014 г.	<p>Украина. В Киеве произошел государственный переворот. Президентом был провозглашен А. Турчинов, который 27 февраля назначил премьер-министром А. Яценюка. Действующий президент В. Янукович в этот момент находился в Харькове. Руководство России заявило о том, что не признает новое руководство законным, так как оно не было избрано путем демократических выборов.</p> <p>Россия. В Москве был подписан договор о включении Крымской республики в состав Российской Федерации. Республика вошла как отдельный регион России, Севастополь как город федерального подчинения (наряду с Москвой и Санкт-Петербургом). Этот договор оформил результаты референдума населения Крыма (прошел 16 марта), проголосовавшего (более 90 процентов) за присоединение к России.</p>	62	25	91

Продолжение табл. 4

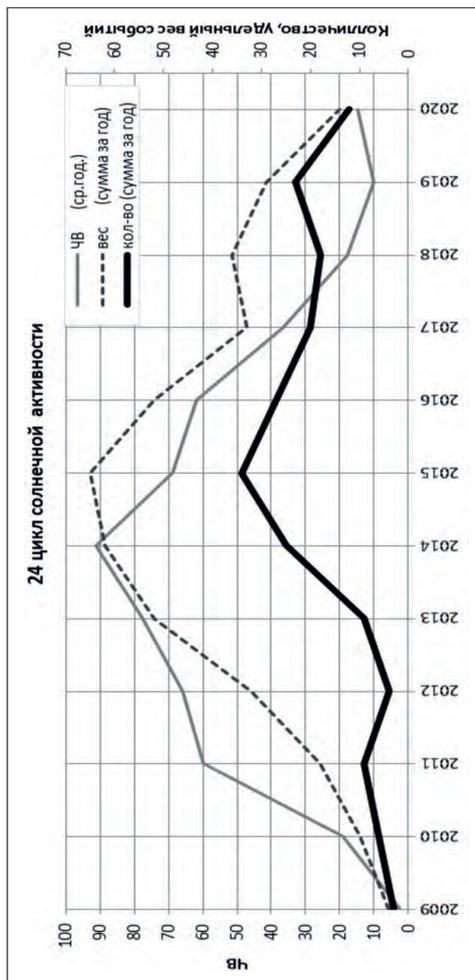
Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
		<p>2015.10.30 – Российские военно-космические силы начали операцию по военной поддержке сирийских войск с воздуха - против террористических группировок ИГИЛ. На авиабазе в Латакии размещено 50 самолётов и вертолётов разных марок.</p> <p>2015.10.31 – Произошел взрыв на борту авиалайнера А321, следовавшего из Египта в Санкт-Петербург. Погибло 224 человека. Через несколько дней происшествие было квалифицировано как теракт.</p> <p>2015.11.24 – Самолет российской авиакорпуса в Сирии Су-24 был сбит ракетой “воздух-воздух” с турецкого самолета F-16 над территорией Сирии на удалении одного километра от турецкой границы. Он упал в САР в 4 километрах от границы с Турцией. Действия турецкий ВВС были расценены как акт войны.</p>	65	34	69

Продолжение табл. 4

Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Спад	2016 г.	Конфронтация США и России из-за Украины будет занимать центральное место в международной системе в течение ближайших нескольких лет. Первая в мире биржа виртуального труда, где за минимальную зарплату можно устроиться охранником или золотодобытчиком в онлайн-игру.	52	27	62
	2017 г.	Турция будет постепенно втягиваться в боевые действия. К концу этого десятилетия Турция станет крупной региональной державой, и в результате возрастет соперничество между Турцией и Ираном.	33	20	37
Минимум	2018 г.	Китай перестанет быть страной быстрого роста и низких зарплат и войдет в новую фазу более медленного роста	36	18	18

Окончание табл. 4

Этап цикла	24-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Минимум	2019 г.	Американские боевые соединения покидают Афганистан, официально завершена самая длинная в истории США сухопутная война. Худшая часть четвертой волны экономического спада позади.	29	23	10
	2020 г.	Европейский союз будет не в состоянии решить свои фундаментальные проблемы, которые возникнут не в еврозоне, а в зоне свободной торговли.	14	12	15



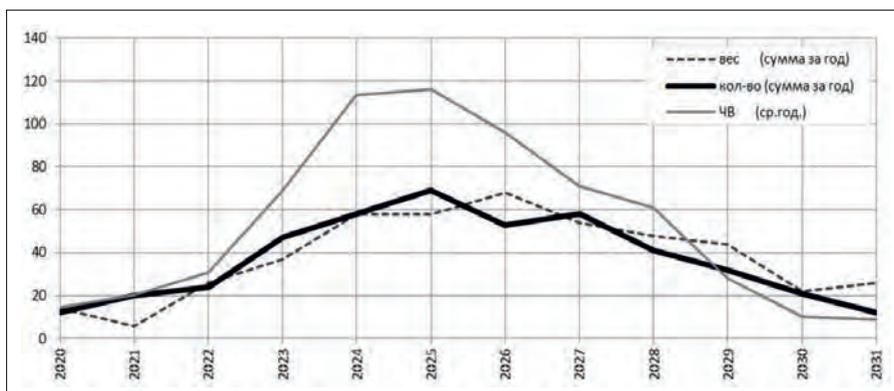
Источник: ИЭС.

**Рис. 29. График динамики СА и социологических событий по этапам**

Таблица 5. Этапы 25 -го цикла СА, веса и количество социополитических событий

Этап цикла	25-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Минимум	2020 г.	Рост популярности евроскептиков одновременно справа и слева, всё большую легитимизацию мейнстримных партий и рост популярности европейских сепаратистов, раздробленность и националистический подъём.	14	12	15
Подъем	2021 г.	Модификация Европейского Союза. Возвращение национального государства в качестве основной формы политической жизни на континенте.	6	20	20
	2022 г.	Усиления нестабильности в арабском мире.	26	24	31
Максимум	2023 г.	Сохранение традиционных очагов военно-политической напряженности и межгосударственных противоречий в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР); Корейский полуостров; Китай-Тайвань; Япония и ее разногласия с соседями; новые вопросы американского военного присутствия в регионе. Начало заката былого влияния и могущества «страны восходящего солнца»	37	47	69
		- Японии и появление в зоне АТР новых динамично развивающихся государств и территорий (Южная Корея, Малайзия, Тайвань и др.).			

Этап цикла	25-й цикл солнечной активности	Основные политические события (за год)	Вес (сумма за год)	Кол-во (сумма за год)	ЧВ (ср.год.)
Максимум	2024 г.	Ближний Восток — в особенности область между Левантом и Ираном и Северная Африка — переживает эпоху слома национальных государств.	58	58	113
	2025 г.	Экономический подъем стран Юго-Восточной Азии, Восточной Африки и некоторых частей Латинской Америки	58	69	116
	2026 г.	Япония — с 26-го года тяготеет к новому экономическому и политическому альянсу. С 26-го года будут подписаны и политические договоры.	68	53	96
Спад	2027 г.	Все мировое сообщество восстанавливает экологию планеты.	54	58	71
	2028 г.	Произойдет смена приоритетов в развитии.	48	41	61
Минимум	2029 г.	Демократии с рыночными экономиками канут в прошлое. Новые открытия приведут к прогрессу в развитии науки, духовности, экономики и человеческих ценностей.	44	32	28
	2030 г.	Мировой нефтяной кризис	22	21	10
	2031 г.	Общедоступное беспроводное электричество	26	12	9



Источник: ИЭС.

*Рис. 30. График динамики СА и социополитических событий по этапам*

Таким образом, на основе анализа различных материалов, имеем некоторую логическую обоснованность и очевидное доказательство того, что массовая человеческая деятельность обнаруживает строгий параллелизм с ходом деятельности Солнца, а всемирно-исторический процесс складывается из непрерывного ряда циклов, тесно связанных с циклами солнечной активности, причем продолжительность тех и других в среднем составляет 11 лет.

## **2.2. Среднесрочные и долгосрочный прогнозы солнечной активности на основе фрактальной фактологии и когнитивного прогнозирования**

Одной из наиболее важных задач в исследованиях солнечной активности является её прогнозирование. Прогнозирование солнечной активности можно разделить на три основных типа – краткосрочное (на период до 10 дней), среднесрочное (на период до нескольких месяцев) и долгосрочное (на период до нескольких десятилетий). Прогнозирование солнечной активности имеет большое практическое значение, так как в настоящее время можно считать доказанным влияние на людей проявлений солнечной активности, прежде всего, магнитных бурь и повышенной солнечной радиации проникающей к поверхности Земли. Поэтому, во многих странах население оповещается о при-

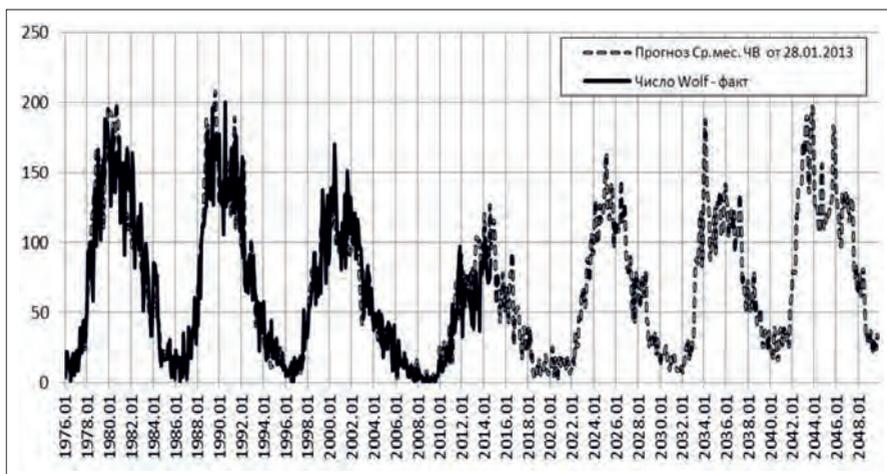
ближении магнитных бурь и эти периоды считаются наиболее опасными для людей, чья профессиональная деятельность связана с повышенным риском (люди, управляющие всеми видами морского, наземного и воздушного транспорта и т.д.). Повышение солнечной активности, выраженное мощными солнечными вспышками, солнечным ветром и магнитными бурями могут иметь весьма опасные последствия для стабильной жизнедеятельности человечества и оказывать влияние на стабильную работу систем радиосвязи и сложного электронного оборудования. В настоящей работе рассмотрен только долгосрочный прогноз. Последнее столетие характеризовалось гиперболическим ростом всех параметров миросистемы: ростом числа населения, энергопотребления и количества информации<sup>24</sup>. Начавшееся 3-е тысячелетие вновь будет периодом нематериальной (виртуальной) экономики и социальной жизни.

Далее, представим нейропрогноз солнечной активности до 2050 года (рис. 31), сформированный в Институте энергетической стратегии (г. Москва), с помощью программного комплекса IT-SPEE Neural, созданный в ИЭС на базе технологий нейронных сетей. Алгоритм программы IT-SPEE Neural с одной стороны способен автоматически обучаться, с другой – пользователь имеет возможность, в частности, непосредственно влиять на алгоритм «черного ящика» нейронной сети посредством настройки крутизны активационной функции на панели интерфейса пользователя. Программа IT-SPEE Neural обладает гибким подходом к решению поставленных задач в условиях «некачественной» информации и её недостатка. Архитектура нейронной сети, реализованная в алгоритме IT-SPEE Neural, является наиболее эффективной для решения прикладных задач. Синтезированный алгоритм на базе вероятностных нейросетевых моделей и аппарата гармонического анализа, позволяет не только осуществлять анализ и прогнозирование данных, но и предусматривает «подмешивание» других параллельных входов, тем самым учитывая влияние коррелированных явлений на формирование прогноза для изучаемого процесса.

Из сравнения видно, что представленные авторами прогнозы, разработанные на основе изложенной методики когнитивного

---

<sup>24</sup> Бушуев В.В. Апокалипсис-2012 и новая энергетическая цивилизация / В.В. Бушуев // Управление эффективностью и результативностью. - 2011. - №4.



Источник: ИЭС.

**Рис. 31. Прогноз среднемесячных чисел Вольфа до 2050 года (на 4 цикла СА вперед)**

прогнозирования, описывают динамику солнечной активности, что вообще говоря, дает основания прогнозировать и социополитические события (точнее их всплески и «застои») уже на научной основе (рис. 32).

На прогноз (см. рис. 32), сформированный в январе 2013 г., (см. статью авторов<sup>25</sup>) были наложены фактические данные – текущие значения чисел Вольфа по 2014 год (светло-серая непрерывная линия на рис. 32). Заметим, что прогноз почти двухгодичной давности (от января 2013 г.) хорошо оправдывается в настоящее время (см. рис. 33) – имеем достаточно точное совпадение спрогнозированных значений СА в январе 2013 г. (светло-серая пунктирная кривая на рис. 31) с актуальными данными 2013-2014 гг. Из графиков видно, что политические, военные и экономические процессы, как правило, носят циклический характер.

В данный актуальный момент современности мы находимся на границе смены военного 23-го цикла на политический 24-й цикл, на смену которому в 2019-2020 гг. придет 25-й цикл СА, характерный преобладанием экономического развития (см. рис.

<sup>25</sup> Бушуев В.В., Сокотущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические явления. Энергетическая политика, 2013, №1. С.60-66.



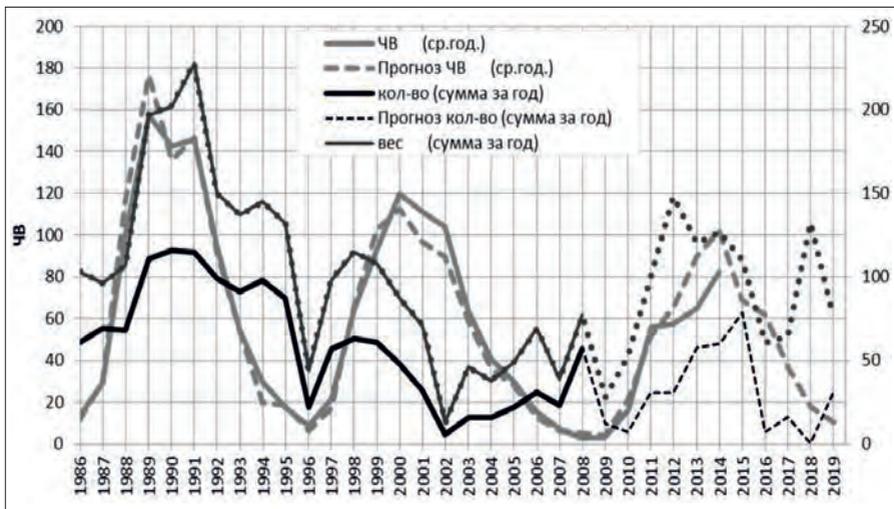
Источник: ИЭС.

*Рис. 32. Прогноз среднегодовой динамики СА и социополитических событий до 2050 года (на 4 цикла СА вперед)*

32). Обращает на себя внимание тот факт, что после кризисов начинается взлет соответствующего развития политической, экономической и военной обстановки.

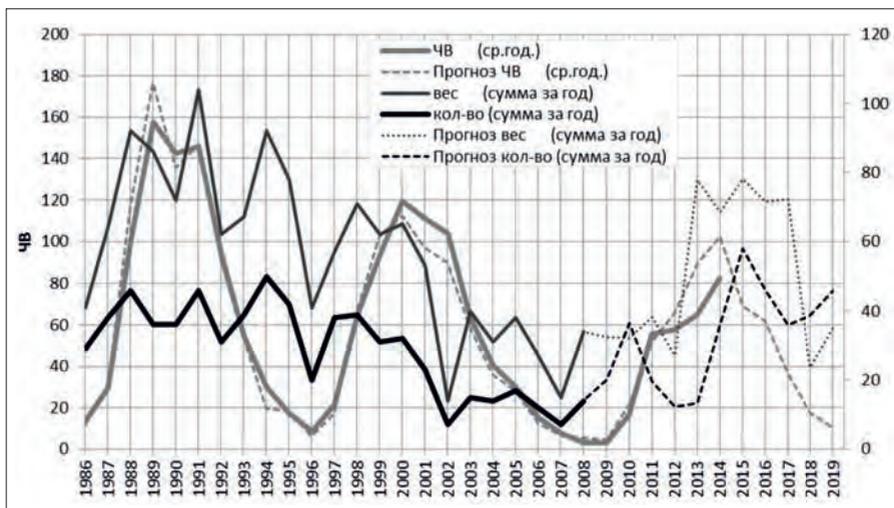
Далее (рис. 33, 34, 35), представлены среднесрочные прогнозы количества значимых событий и их весов на цикл вперед до 25-го цикла СА (2019-2020 гг.), отдельно для политических, военных и экономических событий. Новые мировые вызовы связаны с ростом природной энергетической активности Земли, геополитическим противостоянием, «пузырями» виртуальной экономики, трансформацией структуры мировой энергетики. Наложение и обострение всех этих факторов говорят о грядущем изменении миросистемы в среднесрочной перспективе (см. прогнозы военных, политических и экономических событий, рис. 33, 34, 35).

Энергетические проблемы (скачкообразные колебания цен, напряженность в поставках сырья, проблема энергетической бедности, борьба за контроль над энергетическими ресурсами, техногенные и природные катастрофы, связанные с энергетикой, инновационные энергетические технологии) будут оказывать мощное воздействие на функционирования Миро-системы. Примером такого комплексного, хотя и регионального по масштабам, кризиса являются революции в арабском мире. К ре-



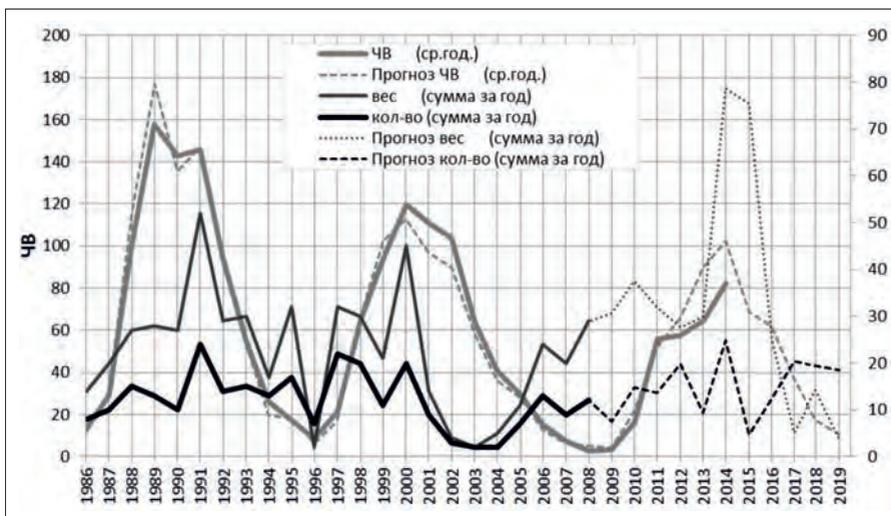
Источник: ИЭС.

Рис. 33. Прогноз динамики политических событий до 2020 года



Источник: ИЭС.

Рис. 34. Прогноз динамики военных событий до 2020 года



Источник: ИЭС.

*Рис. 35. Прогноз динамики экономических событий до 2020 года*

волюциям привел многофакторный процесс. Он включал продовольственный кризис, как в аспекте недостаточности собственного сельскохозяйственного производства, так и в аспекте новых максимумов цен на мировых рынках сельскохозяйственных продуктов. Наряду с ним в число факторов дестабилизации входят проблемы энергетического развития – борьба за контроль над потоками энергоресурсов в регионе и, связанная с ростом мировых цен на нефть, инфляция. Наконец, важнейшую роль играют острые экономические проблемы в большинстве охваченных революциями стран (в первую очередь коррупция и неэффективность государственного управления) и социально-политический кризис в процессе модернизации, индикатором которого является политический ислам.

Здесь необходимо сказать и об Украине<sup>26</sup>, где политическая эйфория, связанная с разгулом национализма, привела к экономическому кризису. Конечно, невозможно предсказать то или иное событие в деталях, но с помощью предлагаемой методики, в сравнении с выводами других авторов и уважаемых агентств, возможно давать те сценарии развития социума, которые могут стать реальностью в будущем, по крайней мере необходимо быть к ним готовыми.

<sup>26</sup> [http://24smi.org/news/33585-pod-znakom-voyny-predskazaniya-o-d\\_spect\\_prog.html](http://24smi.org/news/33585-pod-znakom-voyny-predskazaniya-o-d_spect_prog.html)

Ситуация в итоге получит статус замороженного конфликта. Иностранные партнеры Украины сомневаются в выполнении Минских соглашений и предлагают их перенести на 2016-2017 год. Одним из первых об этом заявил уполномоченный по вопросам Украины при Министерстве иностранных дел Германии Йоханнес Регенбрехт. Однако, война – не единственный вопрос, который тревожит Донбасс. Социальные проблемы, остро возникшие в результате ожесточенных боев в регионе, будут стоять на повестке дня в течении всего 2016-го года. Торговля углем, которую ведет Донбасс с Украиной и Россией, недостаточно для обеспечения всех социальных выплат и налаживания нормальной работы предприятий. Финансирование Донбасса в случае невыполнения Минского соглашения не начнется, и финансовая блокада, которую устроил Киев региону еще в декабре 2014 г., продолжит оказывать негативное влияние на местных жителей. Большинство прогнозов и предсказаний о Донбассе на 2016 г. предвещают региону нерадужную перспективу. Эксперты опасаются, что выполнение минского плана без уступок со стороны Киева не сдвинется с мертвой точки и в следующем году.

Еще одним беспокойным регионом, стала Сирия. Сирийский конфликт очень сложный: с одной стороны, избранный президент противостоит вооруженной оппозиции, с другого фланга стране угрожают террористы ИГИЛ, ну и большего драматизма ситуации добавляют международные «помощники». В столь запутанном конфликте не стоит рассчитывать на его простое разрешение. В переговорах по мирному урегулированию конфликта в Сирии участвуют более десяти стран. На последнем заседании в Вене присутствовали представители России, США, стран ЕС и страны Ближневосточного региона. В договоре, которого удалось достичь сторонам, прописан механизм разрешения сирийского кризиса в 2016 году. В Вене переговорщики приняли решение о проведении всенародных выборов в Сирии, которые должны состояться через 18 месяцев. В 2016 г. правление в Сирии должно перейти из рук действующего президента Башара Асада к переходному правительству. Кроме этого, на встрече сторонам удалось составить список оппозиции, которую допустят к выборам, и террористов, которые не имеют права претендовать на участие в политических процессах страны. В случае срыва «венского

плана» неизбежно продолжение гражданской войны, которая за четыре года унесла жизни сотен тысяч человек и вынудила миллионы сирийцев бежать из страны.

Подобные гипербострения неминуемо приводят к качественным изменениям в структуре миросистемы: возникает либо стагнация (а отсутствие развития – это уже кризис) народонаселения, либо передел мира, либо замена одной доминанты развития другой (с акцентом на новое качество (вместо материального производства – виртуальная экономика). И все эти процессы, как правило, носят циклический характер. 12-летние циклы, которые имеют вполне обоснованное космическое обоснование, тогда как 11-летняя периодичность – это всего лишь среднеарифметическая величина различных по продолжительности циклов СА, характеризуют смену политических, экономических, военных этапов исторического развития, которые начинаются после соответствующих кризисов, повторяющихся каждые 36 лет в рамках т. н. «имперского цикла» ( $144 \text{ года} = 12 \times 12 = 36 \times 4 = 72 \times 2$ ), который в России начался в 1917 г. (после окончания Первой мировой войны и Октябрьской революции) и завершится в 2061 г. радикальным переустройством нашей миросистемы. Обращает на себя внимание тот факт, что после кризисов начинается взлет соответствующего развития политической, экономической и военной обстановки. Так, политические кризисы открывали период оттепели, вслед за которыми спустя 12 лет наблюдались всплески экономической активности.

Эти всплески обусловлены тем, что мировые финансы, представляющие собой эквивалент энергоэкономического потенциала общества, «раздуваются» в периоды солнечной активности и схлопываются, когда энергия этих «пузырей» не находит достойного применения для общественно полезной работы и развития. Объем финансовых деривативов на мировом рынке кратно превышает объем товарной продукции, а динамика цен на ключевые сырьевые товары приобрела гиперболический характер, который неизбежно приводит к кризису. Так, гиперболический рост цен на нефть в 2000–2008 гг. разрешился мировым финансово-экономическим кризисом 2008–2009 гг., а аналогичная динамика цен на золото предсказывала глубокую турбулентность на мировых финансовых рынках в августе – октябре 2011 г., что

и произошло в действительности, причем новая кризисная волна далека от окончания. Неминуем очередной финансово-экономический кризис – «пробой» социоприродного конденсатора в сфере общественного устройства и жизни нашего глобализирующегося мира. С сугубо экономической точки зрения угроза такого кризиса связана с реализацией в 2012 г. целого комплекса угроз и рисков для мировой экономики. Во-первых, долгосрочные проблемы бюджета США, неприемлемый уровень дефицита и одновременно риск нового витка спада ВВП в случае его сокращения будут создавать постоянную угрозу (первое обострение произошло в 2011 г., следует ожидать продолжения политико-экономического кризиса, которое и проявилось новой рецессией мировой экономики в 2012 – 2014 гг.). В будущем мировое развитие будет опираться на два важнейших процесса – индустриализацию развивающихся стран и постиндустриальное развитие богатых стран. В совокупности они приведут к 2030 г. к кризису индустриальной фазы. Кризис индустриальной фазы развития может происходить в трех сценарных вариантах: инерционный, стагнационный и инновационный<sup>27</sup>.

В перспективе зависимость мирового экономического роста от роста потребления энергии сохранится. Экономический рост в развивающихся странах, в том числе в Китае, в последние годы не сопровождался адекватным снижением энергоемкости ВВП. Такой тип развития справедливо рассматривается как временный. Однако без технологической революции эластичность экономического роста по потреблению энергии может оставаться на высоком уровне еще долгое время, что создает инерционный сценарий и связанные с ним риски.

В случае регулятивных ограничений роста энергетики без технологических сдвигов возможен стагнационный сценарий – возникновение положительной обратной связи между ограничениями энергетического роста, снижением инвестиционной привлекательности и падением инвестиций, а также замедлением мирового экономического роста, что и наблюдается на данном этапе развития мировой экономики. Наконец, наиболее благоприятным является инновационный сценарий, предполагающий

---

<sup>27</sup> Бушуев В.В., Соколущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические явления. Энергетическая политика, 2013, №1. С.60-66.

переход на новый уровень технологического развития – к новой энергетической цивилизации.

В ходе практической попытки поиска значимой связи между солнечной активностью и социально-политическими событиями, развивая метод, разработанный А.Л. Чижевским, нами было произведено долгосрочное прогнозирование динамики солнечной активности и социополитических событий. Прогнозирование основывалось на фрактальном выделении, как отдельных известных циклов солнечной активности, так и выявлении отдельных геометрически подобных элементов – частей, кусков графика внутри самого исследуемого цикла, дифференциации социополитических событий на отдельно политические, военные и экономические процессы, что позволило по сравнению с предыдущими работами по данной тематике, более детально формировать прогнозы (сценарии) развития Социума, выявить цикличности и другие закономерности в распределении числа социально-политических движений в исторической перспективе за прошлые периоды времени и использовать установленные закономерности в моделях развития процессов в будущем.

Все долгосрочные прогнозы для природных и социальных катаклизмов были осуществлены на период до 2050 года. В долгосрочных прогнозах были выявлены четыре прогнозируемых цикла солнечной активности с максимумами в 2014, 2025, 2034 и 2043 годах.

К 2018, 2030, 2040 гг. прогнозируется снижение активности всех гео-, социо-динамических катаклизмов, о чем также говорилось в работах<sup>28, 29</sup>. В нашей предыдущей работе<sup>25</sup> был такой прогноз: «... в долгосрочных прогнозах были выделены два прогнозируемых цикла повышенной активности с максимумами в 2011 и 2013-2014 гг. и локальным минимумом в 2012 году. К 2016 г. прогнозируется снижение активности всех геодинамических катаклизмов». Этот вывод на основе когнитивного подхода интеллектуального прогнозирования об активности социополитических событий был сделан в ИЭС почти за два года до обострений событий 2013 -2014 годов. Под эти события явным образом под-

<sup>28</sup> Бушуев В.В., Сокогущенко Н.В. Влияние солнечной активности на социально-политические явления. Энергетическая политика, 2013, №1. С.60-66.

<sup>29</sup> Пахалов А. Влияние солнечной активности на поведение инвесторов на фондовых рынках, Электронный ресурс, <http://www.investor.ru/blog/36231/4026>

падают актуальные события, в частности на Украине и в Сирии. Поэтому, вообще говоря, предлагаемая методика прогноза военных, политических и экономических событий пока себя оправдывает. Настоящее исследование, как уже говорилось, указывает на всплеск активности в 2025, 2034 и 2043 годах. Прогнозируется снижение активности всех гео-, социодинамических катаклизмов к 2018, 2030, 2040 гг., однако при этом, как было замечено, минимум солнечной активности соответствует максимуму деловой и экономической активности в эти годы. На основе данного исследования, можем также сделать следующие выводы:

- приблизительно 91% всех случаев обострения политической обстановки в мире совпадает с годами повышенной солнечной активности;
- в те годы, когда число Вольфа превышает 100, наблюдается большое количество очагов военных действий в мире;
- на годы повышения солнечной активности приходится начало большинства войн, к концу войны солнечная активность идет на спад.

В принципе, можно не сомневаться в существовании солнечно-земных связей. Для более обоснованного доказательства выявленной зависимости необходим дальнейший более объемный анализ оставшихся циклов в ретроспективе. В готовящемся в настоящее время издании ИЭС по дальнейшему изучению поставленной проблемы, собраны подробные сведения о различных политических конфликтах и сопоставлении их с данными о солнечной активности.

Глобальные изменения ряда геофизических параметров и высокая корреляция периода «скачкообразного усиления» природных катаклизмов во всем объеме Земли – в литосфере, гидросфере и атмосфере, в последние два десятилетия, свидетельствуют о выделении необычно высокого уровня дополнительной эндогенной и экзогенной энергии.

### **2.3. Когнитивный и статистический анализ факторов, влияющих на поведение нефтегазового рынка**

Альтернативным методом учета влияния внешних факторов на объект прогнозирования является «очищение» его ретроспективного временного ряда от влияния этих факторов с последующим прогнозированием только этого временного ряда. Однако этот метод имеет также существенный недостаток с точки зрения репрезентативности итоговых результатов, особенно при прогнозировании динамики цен, поскольку получаемый временной ряд, очищенный от влияния основных внешних факторов, представляет собой не объект прогнозирования как он есть, а абстрактную кривую, которая показывает, как объект прогнозирования должен был вести себя в перспективе, если бы на него не оказывали влияние ключевые внешние факторы. Фактическая динамика объекта прогнозирования будет существенно отличаться от полученного с помощью такого метода прогнозирования временного ряда, что делает его, особенно применительно к ценам, малоинформативным для исследователя.

При любом подходе к многофакторному нейросетевому прогнозированию на первом этапе необходимо провести отбор факторов, оказывающих ключевое влияние на ретроспективную динамику исследуемого временного ряда. Данный отбор проводится с помощью выявления корреляционной зависимости между объектом прогнозирования и каждым из факторов.

На процессы в экономике (объекты прогнозирования) оказывают влияние различные факторы. Многие экономические показатели определяют величины других показателей, т.е. изменение одного из них является следствием изменения другого. Поэтому одной из главных задач экономического анализа является нахождение и определение силы взаимосвязи между различными экономическими объектами (временными рядами). Для факторов, выражаемых количественными значениями, в данном случае используется корреляционный анализ. При данном подходе выделяются факторы, которые могут влиять на исследуемую переменную (цену, спрос, предложение), осуществляется корреляционный анализ влияния факторов для отбора наиболее значимых, описывается вид связи между объектом прогнозирования и факторами.

Однако применительно к мировому нефтегазовому рынку далеко не все значимые факторы и даже группы факторов выражаются количественными значениями и соответственно доступны для корреляционного анализа. К ним относятся, прежде всего, геополитические и природно-климатические факторы.

Однако в силу отсутствия количественных временных рядов данные факторы невозможно использовать и в нейросетевом моделировании, что делает их дальнейший анализ в рамках данной работы нецелесообразным<sup>30</sup>.

В долгосрочном развитии мирового нефтегазового рынка до 2050 г. выделяются устойчивые (безальтернативные) и неустойчивые (вариативные) тенденции. Первые задают общий вектор развития, последние – его скорость и формы или сценарии движения. К устойчивым тенденциям, с нашей точки зрения, относятся:

- выравнивание долей нефти, газа и угля в мировом топливно-энергетическом балансе;
- ограниченность роста мирового спроса на нефть;
- поступательное снижение энергоемкости мировой экономики (в т.ч. в основных развивающихся странах);
- ресурсная регионализация;
- технологическая и инвестиционная глобализация;
- рост себестоимости добычи ископаемых энергоресурсов (к текущему уровню);
- значительная роль экологической, в т.ч. климатической политики, в действиях регулирующих органов и субъектов рынка.

К основным неустойчивым тенденциям относятся:

- скорость и уровень электромобилизации и замещения нефтепродуктов в наземных видах транспорта;
- успешность процессов повышения энергоэффективности мировой экономики;
- стагнация спроса на природный газ в развитых странах;

---

<sup>30</sup> Характер влияния указанных факторов на нефтяной рынок подробно рассмотрен ИЭС на примере мировых цен на нефть в монографии: Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М., 2013. С. 48-75.

- темпы прироста спроса на природный газ в развивающихся странах;
- удержание высоких рыночных цен на нефть и природный газ;
- роль геополитических факторов в динамике нефтегазового рынка.

Реализация неустойчивых тенденций зависит от макроэкономической конъюнктуры, технологического развития энергетики в целом и государственной политики на национальном и наднациональном уровне. В общем виде многообразие факторов, оказывающих или способных оказывать влияние на мировой нефтегазовый рынок, представлено на рис. 36-40.

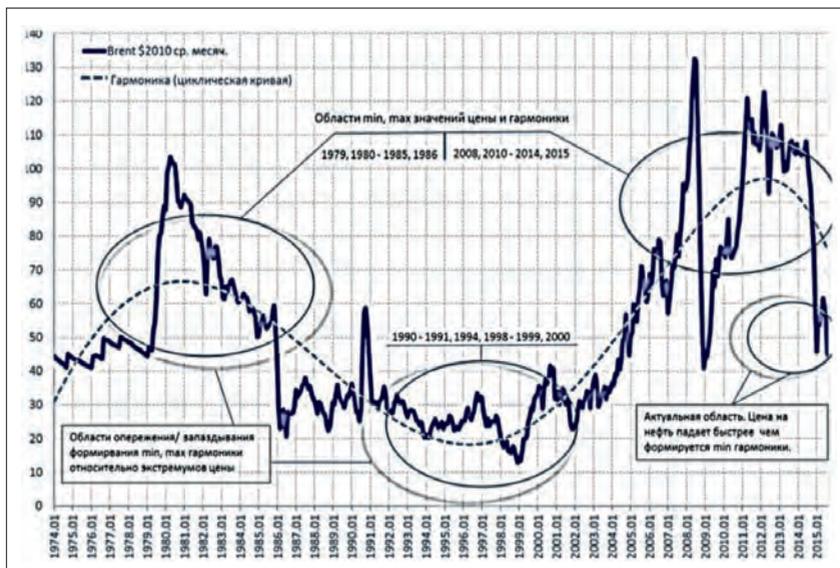
В первой группе представлены факторы рынка реального товара – внутренние, то есть имеющие непосредственное отношение к рынку физической нефти, балансу спроса и предложения, и внешние – имеющие косвенное влияние на рынок реального товара, в целом, это макроэкономические факторы. Исследователь, опирающийся на данную группу факторов, исходит из предположения, что цена на нефть формируется происходящим на реальном рынке нефти и в реальном секторе экономики. Однако баланс спроса и предложения, сокращение естественных запасов, усложнение условий добычи не могут объяснить скачков цен 2008 года, резкого спада цен в период финансового кризиса и их последующего быстрого восстановления, и сохранения на предельно высоком уровне в условиях рецессии в основных развитых странах и резком замедлении роста мировой экономики в 2009-2013 годах.

На ранних этапах развития торговли нефтью цены в значительной степени зависели от уровня добычи нефти. Во времена главенства ОПЕК, любое значительное изменение цен было вызвано сокращением или увеличением предложения нефти странами, состоящими в организации. При росте добычи цены падали и росли при падении, взаимосвязь была непропорционально отрицательной. Незначительные снижения объемов добычи приводили к значительным скачкам нефтяных цен и наоборот. По мере развития нефтяного рынка, изменения в предложении стали все чаще игнорироваться рынком.

Предпосылками были не только увеличение добычи нефти в развитых странах и рост стабильности поставок, но и многочисленные финансовые факторы, в частности, формирование рынка опционов и свопов, а также отмена в 1999 г. в США закона Гласса–Стигала, ограничивавшего инвестиционные операции, что способствовало появлению новых крупных финансовых игроков на нефтяном рынке.

В целом за последние 40 лет механизм формирования цен на нефть претерпел значительные изменения. Можно выделить *пять основных этапов*, которые различаются как по организации рынка, так и по общей динамике мировых цен (рис. 36).

*Первый этап (с 1928 г. до 1971 г.)* – этап главенства международных нефтяных компаний, самостоятельно устанавливавших цены. Цены на этом периоде искусственно поддерживались на уровне 1,5 – 3 долл. за баррель. *Второй этап (с 1971 г. по 1986 г.)* – этап резкого роста влияния производителей и, прежде всего, ОПЕК на мировом рынке, к которому перешла функция определения цены. Волатильность нефтяных цен резко возросла и стала зависеть от добычи нефти в странах ОПЕК.



Источник: ИЭС.

**Рис. 36. Мировые цены на нефть подчиняются циклическим закономерностям**

В 1983 году на Нью-Йоркской товарной бирже были введены в практику фьючерсные контракты на сырую нефть. Власть ОПЕК начала уменьшаться. В течение последнего десятилетия группа стран BRIC снизила избыточный запас мировых нефтедобывающих мощностей, что также способствовало восстановлению баланса спроса и предложения.

*Третий этап (с 1986 г. до 2003 г.)* – паритет между влиянием стран-производителей и стран-потребителей нефти, формирование биржевой системы цен, когда рынок нефти приобрел характеристики глобального ликвидного товарного рынка. По сравнению с этапом главенства ОПЕК, цены стабильно находились на относительно низком уровне. Четвертый этап (с 2003 г. по 2008 г.) – этап резкого усиления роли спекулятивного капитала на биржевом рынке нефтяных контрактов. Цены на нефть начали резко расти.

*На четвертом этапе* благодаря появлению биржевых инструментов на долю операций с фактической поставкой нефти и нефтепродуктов стало приходиться около 1-2% общего объема совершаемых биржевых сделок. Остальная, подавляющая часть сделок – это биржевые операции с «бумажной нефтью» - включающая сделки по страхованию от ценовых рисков (хеджирование) и широко распространенные спекулятивные операции.

*Пятый этап (с 2009 по 2014 г.)* имеет свои особенности, отличающими его от предшествующих периодов:

- Стабилизация уровня цен на высоком уровне;
- Масштабный искусственный рост ликвидности на финансовых рынках как целенаправленная политика основных регуляторов (ФРС США, ЕЦБ и др.);
- Учетные ставки в США и ЕС остаются на низком уровне и не стимулируют деловую активность;
- Повышенное предложение денег не вызывает рост инфляционных процессов в реальной экономике, которые, в свою очередь, хеджировались инвесторами через покупку, в том числе нефтяных фьючерсов;
- Китай как драйвер мировой экономики переориентируется на внутренний спрос, так как внешний спрос уже не позволяет поддерживать прежние темпы роста;

- ФРС США официально корректирует свою политику исходя из уровня безработицы (социальный фактор), а не инфляции (экономико-финансовый).

На пятом этапе значительно выросли геополитические риски в мире: «Арабская весна», гражданские войны в Ливии, Египте, Сирии и Ираке, рост напряженности в Южно-Китайском море, международный конфликт вокруг Украины и др.

Нынешний (6-й этап, с 2014 г.) характеризуется как затянувшейся рецессией экономики развитых стран (ЕС), так и снижением темпов развития стран АТР (Китай), что суживает спрос на энергоносители. С другой стороны, в мире появилось много новых нетрадиционных энергоресурсов (сланцевая нефть и газ, ВИЭ, ожидание эпохи газогидратов) и новых игроков – возвращение на мировой рынок Ирана, превращение США в экспортную энергетическую державу. Всё это вызвало обвал мировых нефтяных цен, а их неизбежное (по законам цикличности) возвращение задерживается неясностью перспектив нестабильного рынка как сегмента не товарного, а финансового рынка. Битва стран-экспортеров (Саудовской Аравии, России, Мексики) за сохранение своей ниши на мировом рынке нефти лишь поддерживает общий минимальный уровень цен.

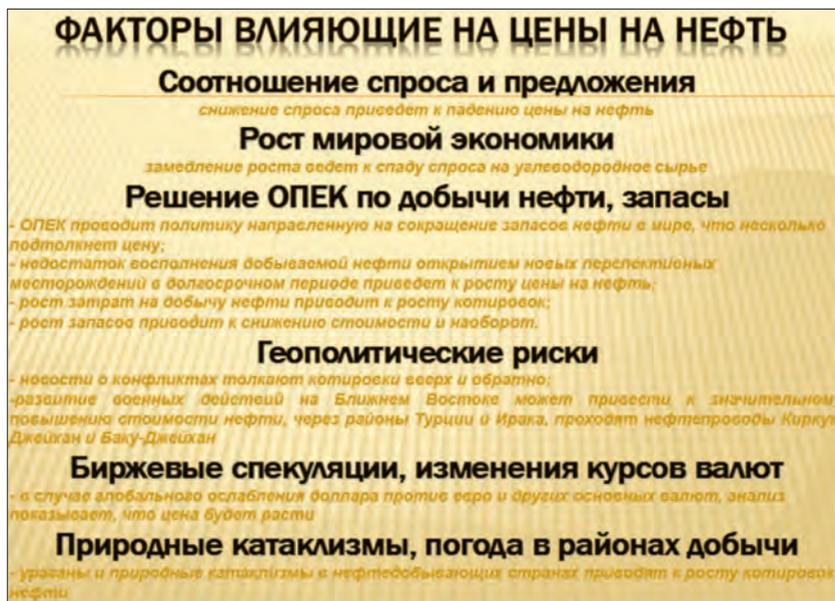
Каждый из этих этапов характеризуется своим облаком динамики цен – облачно высокими значениями на 1-ом, 4-ом и 5-ом этапах, с зонами пониженного уровня цен на 2-ом и 6-ом этапах. Внутри каждого этапа облако цен тоже неоднозначно и характеризуется своим набором фрактальных волн.

И эти области совпадают в основном с зонами соответствующих максимальных и минимальных уровней СА, что позволяет говорить о фрактальном подобии различных процессов (природных и рыночных), когда за счет механизмов социально-психологического поведения субъектов, находящихся в зоне активного влияния СА, формируются соответствующие области поведения товарного (а главное, финансового) нефтяного рынка.

В каждой из этих областей проявляются свои фракталы, различные по параметрам, но имеющие подобную структуру.

В целом динамика мировых цен на энергоносители формируется под воздействием сложного сочетания фундаментальных отраслевых, макроэкономических, валютных, фондовых и иных

финансовых факторов. В наиболее общей форме оправданно проводить построение прогнозирования на основании разделения факторов на финансовые и фундаментальные, а главное выявление структуры соответствующих прогнозируемых зон (облаков).



Источник: ИЭС.

*Рис. 37. Факторы, влияющие на цены на нефть*

Кроме того, для снижения выборки среди многочисленных входных параметров и для исключения случайных попаданий, важно рассматривать корреляционные связи не только на большом временном ряде, но и на мелком шаге. Например, существующая корреляция по году между ценами на нефть и ВВП, снижается на квартальном и месячном уровнях. Что объясняется косвенным влиянием макроэкономического показателя ВВП на нефтяные цены, через спрос на нефть и нефтепродукты.

Фундаментальные факторы (рис. 38), играющие на понижение нефтяных цен, не оказывают заметное отрицательное влияние на котировки: коммерческие запасы нефти в США находятся на максимальных уровнях за последние 30 лет; рост спроса на нефть в Китае в 2013 г. оказался самым слабым за последние

шесть лет – увеличение на 295 тыс. баррелей в день; с декабря 2005 г. по декабрь 2013 г. нефтяной дефицит США снизился почти на 30% (с 16,5 до 11,2 млн баррелей в день);

Таким образом, мировой рынок существует сегодня как бы на двух взаимосвязанных уровнях: исходный уровень – рынок физической нефти, и производный уровень – финансовый рынок нефтяных контрактов. Специфика текущей ситуации состоит в том, что уровни и тенденции изменения цен физического рынка, и, в частности, спотового рынка, во многом задает рынок нефтяных фьючерсных контрактов.

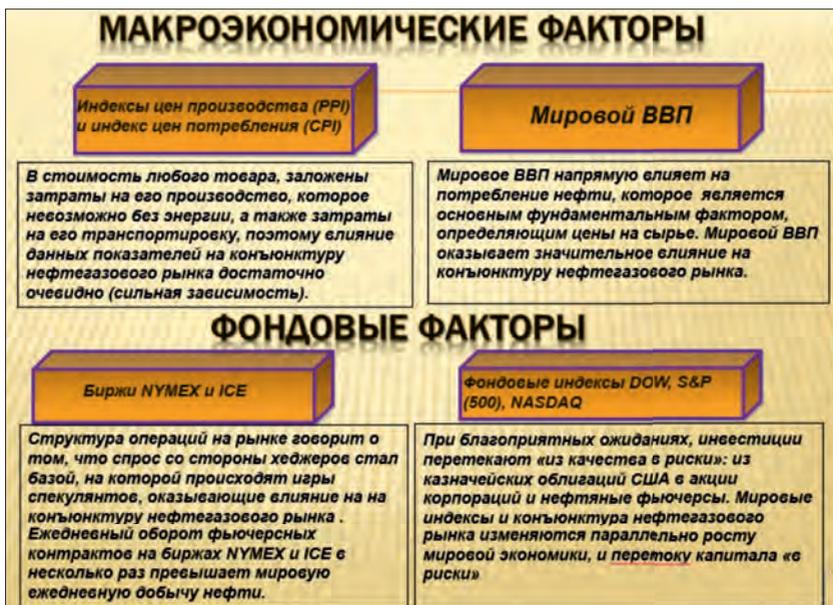


Источник: ИЭС.

Рис. 38. Влияние фундаментальных факторов

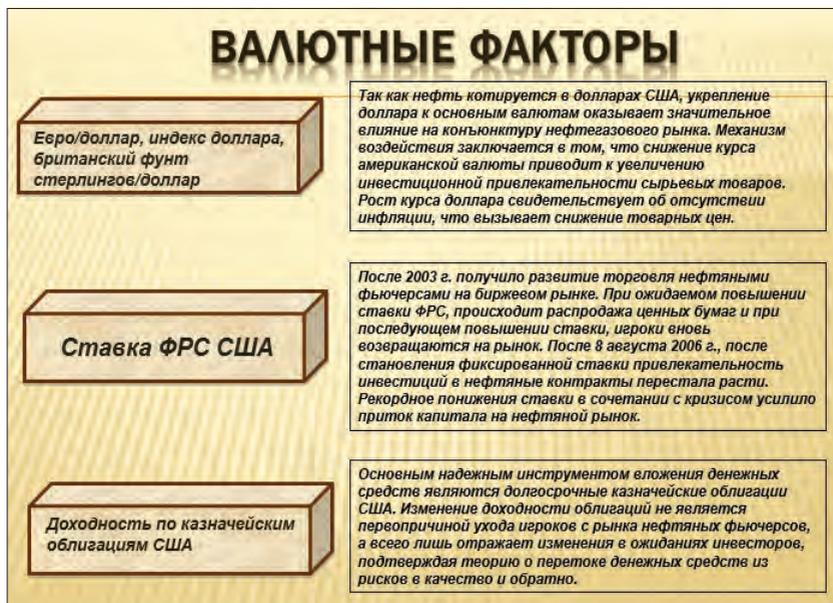
Факторы биржевого рынка (рис. 39, 40): внутренние касаются собственно рынка нефти, внешние оказывают влияние на все биржевые рынки, включая нефтяной. Выбирая для прогнозирования данные факторы, исследователь предполагает, что большую роль в цене играют спекулятивные факторы и перетоки капиталов с других финансовых рынков, альтернативных в определенных случаях товарному рынку нефти.

С точки зрения экономической теории, роль спекулянта на любом рынке исключительно положительна – присутствие спе-



Источник: ИЭС.

*Рис. 39. Влияние макроэкономических и фондовых факторов*



Источник: ИЭС.

*Рис. 40. Валютные факторы*

кулянтов повышает ликвидность рынка и способствует формированию справедливой цены. То есть цена в целом определяется реальными игроками, а спекулянты лишь исключают возможности манипулирования ценой, возникновение временных шоков и прочее.

С другой стороны, спекулянты не в состоянии адекватно оценить происходящее на реальном рынке (точнее даже не стремятся к этому), а учитывая масштаб спекулятивного капитала, финансиализация ведет к искажению справедливой цены.

Фьючерсы на нефть являются инструментом хеджирования рисков долларовой инфляции. В данном случае на цены на нефть влияет ожидаемый курс доллара. В то же время, многие спекулянты привыкли к тому, что курс доллара и мировые цены на нефть движутся в противоположных направлениях и в случае роста доллара спекулянты продают нефтяные фьючерсы, что отрицательно сказывается на нефтяных ценах

С третьей точки зрения, за счет масштабов капитала цена на нефть определяется спекулянтами. Однако действиями спекулянтов руководят фундаментальные факторы. Несмотря на решающую роль спекулянтов в определении нефтяной цены, базой ее формирования по-прежнему остаются баланс «спрос – предложение» и себестоимость добычи. Утверждается, что, чтобы угадать будущее нефтяных цен, спекулянты создали «самую мощную и скрупулезную систему диагностики мировой экономики, состоящую из десятков параметров – от запасов нефти до индикаторов условий деловой среды». Спекулянты пытаются заработать на естественном процессе изменения конъюнктуры нефтяных цен. Конечно, крупные игроки, имеющие соответствующие инструменты, создают информационный шум в выгодном для них свете, но данные действия возможны только в рамках влияния фундаментальных факторов<sup>31</sup>.

Рост цены на нефть обусловлен ежегодным ростом потребления нефти, исчерпаемостью запасов, особенно легкой малосернистой нефти, усложнением условий добычи, а также политическими событиями в нефтедобывающих странах и пр. Спекулянты лишь оценивают данные события и корректируют нефтяную

---

<sup>31</sup> Катюха П.Б. Основы нефтетрейдинга: курс лекций. -М.: ИЦ РГУ нефти и газа и.м. Губкина, 2012, 254 с.

цену до справедливого уровня в данных условиях. Данной точки зрения придерживаются весьма влиятельные и авторитетные структуры, например, компания ВР или Комиссия по срочной биржевой торговле США, которая провела исследования и сделала вывод, что «фундаментальные факторы спроса и поставок являются самым верным объяснением резкого повышения цен на нефть» – таким образом, комиссия опровергла заявления представителей Демократической партии США, называющих основной причиной роста цен на нефть в 2008 г. действия рыночных спекулянтов<sup>32</sup>.

Первая и третья точки зрения требуют анализа факторов, которые принято называть «фундаментальными» или «традиционными»: производство и потребление нефти, а также взаимосвязанные показатели: экономический рост, рост населения и потребления энергии, развитие энергосбережения, структурные изменения рынка энергоносителей, сезонные колебания, политические и некоторые макроэкономические факторы.

Второй подход заставляет в процессе прогнозирования обращаться к факторам, которые могут определять действия спекулянтов – например, движения на других рынках и действия финансовых регуляторов, настроение игроков.

В третьей группе объединены факторы внутренней динамики, циклические факторы. Особенность данных факторов состоит в том, что для их анализа используется собственно ценовой ряд (кроме солнечных циклов). Прогнозист-когнитивист, выбирающий для анализа данную группу факторов, опирается на информацию, получаемую от самого ценового ряда.

В данном случае при формировании интеллектуального прогноза, в соответствии с предлагаемой методикой, объектом исследования для финансовых показателей были закономерно выбраны США как крупнейшая экономика мира. Китай рассматривается как страна-лидер с наибольшим вкладом в мировой рост спроса на энергоносители. Традиционно, развитые страны Европы входят в объединение ОЭСР, что позволяет рассматривать их одним блоком.

---

<sup>32</sup> Маслов О.Ю. Спекулятивная составляющая цены нефти (Нефть в начале XXI века – часть 3) // Независимое аналитическое обозрение, сентябрь 2009.

С другой стороны, основой мирового энергетического рынка в настоящее время являются две крупнейшие универсальные биржи, которые торгуют широким спектром энергетических контрактов. Это Intercontinental Exchange (ICE, Лондон) и New York Mercantile Exchange (NYMEX, Нью-Йорк). По сравнению с этими двумя биржами остальные биржи играют относительно подчиненную роль. Данный факт подчеркивает значимость двух регионов: Северной Америки (США) и Европы.

Корреляция между нефтяными котировками и потребительской инфляцией в США (CPI) всегда стабильно высокая. Однако именно цены на нефть ведут за собой инфляцию, а обратное воздействие инфляции на цены гораздо слабее. Поэтому в работе взят в расчет лишь показатель корреляции выше 0,9 и взаимосвязь обозначена как слабая.

За последние десятилетия роль баланса спроса и предложения в образовании цен на нефть продолжила снижаться. Тем не менее, потребление нефти как совокупное, так и региональное, остается важным фактором в ценообразовании. Поскольку в настоящее время цена на нефть определяется ожиданиями участников рынка, основную роль играет не столько реальное, сколько ожидаемое потребление. Значимую роль в формировании ожиданий участников рынка также играют такие факторы, как товарные запасы нефти, мощности по добыче нефти и свободные мощности ОПЕК.

В рамках фундаментальной группы проявляется также воздействие на рынок научно-технического прогресса. Технологии достаточно обособлены от рынка, хотя и зависят от него. Они положительно влияют на предложение как прямо, так и через изменения характера геологических запасов, но также оказывают воздействие и на спрос путем определения энергоэффективности и изменения ТЭБ. Технологии, оказывающие влияние на рынок нефти, не ограничиваются только совершенствованием добычи нефти (отражающейся в изменении себестоимости и увеличении роли нетрадиционных источников нефти), что определяет неоднозначность их влияния на соотношение спроса и предложения. Этот фактор способен направлять рынок в диаметрально противоположных направлениях.

Инвестиции в рамках модели оказывают влияние как на спрос, так и на предложение. Они прямо влияют на предложение, однако способны также влиять на геологические запасы, уменьшая их с увеличением потоков капитала. Воздействие инвестиций на предложение характеризуется наличием как позитивной, так и корректирующей петель. Влияние инвестиций на спрос происходит через транспортный фактор. Под транспортом следует понимать как средства транспорта нефти, так и те средства, которые работают на производных нефти, но не участвуют на этом рынке. В обоих случаях инвестиции оказывают положительное влияние на транспорт, который составляет петлю обратной связи со спросом (рис. 41, 42).

Состояние мировой экономики имеет как финансовое, так и фундаментальное значение. Он влияет на спрос через мировой ВВП и входит в ряд связей финансовой группы. Финансовая составляющая во многом продиктована ситуацией в США, кото-



Источник: ИЭС.

Рис. 41. Анализ изменения цены на углеводороды при интеллектуальном формировании прогноза цен (I)

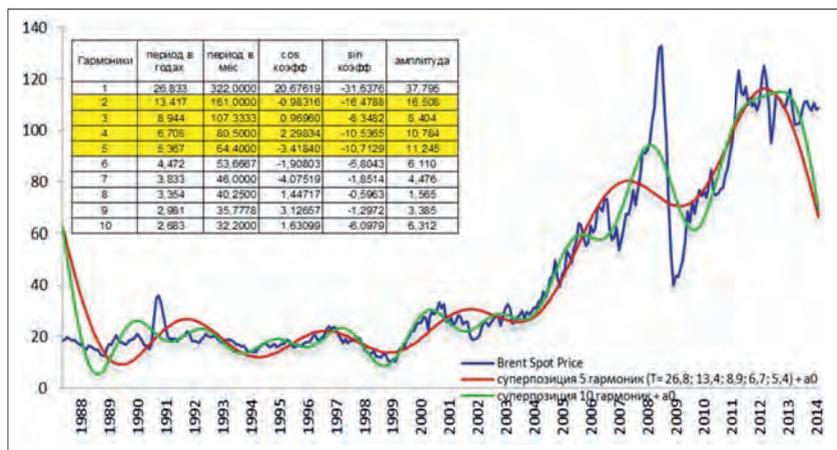


Источник: ИЭС.

*Рис. 42. Анализ изменения цены на углеводороды при интеллектуальном формировании прогноза цен (II)*

рые остаются ключевым игроком на нефтяном рынке, и соответственно их политика оказывает существенное влияние именно на финансовую составляющую.

Ожидания инвесторов представляют собой обобщенный прогноз ситуации на рынке. Соответственно, на него оказывает влияние множество других факторов. В то же время группа финансовых факторов значительно более сложна в прогнозировании, чем фундаментальная группа, что также усложняет модель и снижает степень доверия к приведенным связям, особенно к образующимся петлям. Экономика до сих пор не изучена в такой степени, чтобы дать достаточный аппарат для решения макроэкономических проблем. Сами ожидания инвесторов сильно зависят от ментальных моделей игроков. На основании этой неопределенности трактовку связей на рынке нефти в данной модели можно считать одним из вариантов описания функционирования рынка. Ожидания инвесторов базируются на факторах, представленных в модели, имеющих как финансовый, так и фундаментальный макроэкономический, так и случайный характер. Игроки на рынке пользуются полученной информацией и свои-



Источник: ИЭС.

*Рис. 43. Ретроспектива котировок нефти и значимые гармоники динамики цен на нефть Brent*

ми действиями изменяют ситуацию на рынке, оказывая влияние, в том числе и на фундаментальную группу.

При формировании прогноза с точки зрения выявления фрактальных областей в прошлом, которые могут быть воспроизведены развитием ценообразования в будущем, отдельно следует коснуться обособленных факторов, влияющих на рынок. Речь идет о геополитических и природно-климатических явлениях (см. Часть I настоящей работы). Природа является относительно случайной величиной в рамках модели, и тем не менее оказывает существенное влияние как на фундаментальную, так и на финансовую группы факторов. В рамках этого же фактора рассматривается влияние экологических ограничений. Классификация этих двух принципиально разных факторов в один обобщающий фактор связана с тем, что обе категории связанных с природой событий имеют императивный характер. Рынку остается лишь подстраиваться под изменяющуюся ситуацию. Политика обладает таким же глобальным воздействием, однако является более предсказуемой. Эти два фактора в определенной степени поддаются изучению, но сложность их формализации в виде самостоятельных рядов, не позволяет эти факторы использовать в нейросетевом моделировании. Входные параметры для прогнозирования мирового потребления нефти (5 параметров): ВВП мира; Индекс транспортного обслуживания в США; Ин-

декс промышленного производства в США; ВВП Китая; Индекс промышленного производства в ЕС.

В целом, корреляционный анализ как предварительный инструмент получения информации об окружающей среде — выявления зависимостей между объектами, является необходимой частью для проведения интеллектуального моделирования. Выявленные закономерности позволяют повысить эффективность применения нейронных сетей, что увеличивает точность получаемых прогнозов.

Выявить и обобщить существующие закономерности развития рыночных явлений позволяет гармонический анализ. Его суть заключается в разложении колебаний на гармонические составляющие. Базируясь на идеях фрактальности рынков, теория гармонического анализа позволяет систематизировать основные волновые модели, выделяя среди них, наиболее частые сочетания импульсивных и коррекционных формаций. Подобный анализ протекающих рыночных процессов позволяет получить необходимую информацию для успешного применения нейронных сетей. Гармонический анализ осуществляется на основании ряда Фурье, представляя периодическую функцию в виде тригонометрического ряда.

Выявление периодичности влияющих факторов на изучаемые процессы, полученной с помощью гармонического анализа, позволяет лучше разобраться в сути и структуре повторяющихся событий, обеспечивая тем самым качественное нейронное моделирование и более осмысленное прогнозирование.

На представленных графиках (рис. 43), сделанных на основе таблицы с вычисленными ( $\sin$  и  $\cos$ ) коэффициентами спектра заданных ретроспективных данных, также даны периоды в годах и амплитуды соответствующих гармоник. Эти расчеты позволяют дать ответ на вопрос, какие гармоники значимы, т.е. из каких гармоник состоит кривая соответствующих значений, что позволяет определить тренд изменений данного параметра в будущем в рамках изучения цикличности. Представлены суперпозиции 5 и 11 гармоник, построенных по Europe Brent Spot Price, значимые периоды: 28, 14, 9, 7 и 5 лет. Это позволяет ожидать изменений котировок североамериканской нефти через эти периоды времени. Важно отметить, что указанные периоды разделены по

своей значимости исходя из расчетной амплитуды. Более низкая амплитуда говорит о более высокой вероятности данного периода, так как значения имеют наименьший разброс.

По нашим оценкам, наибольшую значимость имеет период около 7 лет. То есть в ближайшие семь лет можно ожидать, снижение и, как минимум, боковое движение цен на нефть марки Brent. С фундаментальной точки зрения это вполне вписывается в прогнозы Министерства энергетики США. Согласно их данным, падение цен произойдет в результате увеличения добычи нефти в США, которая к 2016 г. составит 9,6 млн баррелей в сутки. Это максимальный результат с 1970 года. Ежегодно нефтедобыча будет расти на 800 тыс. баррелей в сутки. После 2017 г. ее рост стабилизируется, а с 2020 г. нефтедобыча начнет сокращаться. Доля импортной нефти в США снизится до 25% в 2016 г. по сравнению с 37% в 2013 году. То есть только через 7 лет – к 2020 г. можно будет ожидать сокращение предложения собственной нефти в США, что является важным фактором, влияющим на ценообразование.

В России, фактически за счет обесценивания рубля, нивелируется для государства и нефтегазовых компаний негативный эффект от падения мировых цен на нефть (риск снижения денежных поступлений в бюджет и риск снижения доходности компаний). Таким образом, рентабельность добычи сырой нефти, конечно, имеет отношение к динамике цен на нефть. Тем не менее, в независимости от мировых цен на нефть, рентабельность отрасли находится в диапазоне от 20 до 40% и определяется, прежде всего, государственным регулированием<sup>33</sup>.

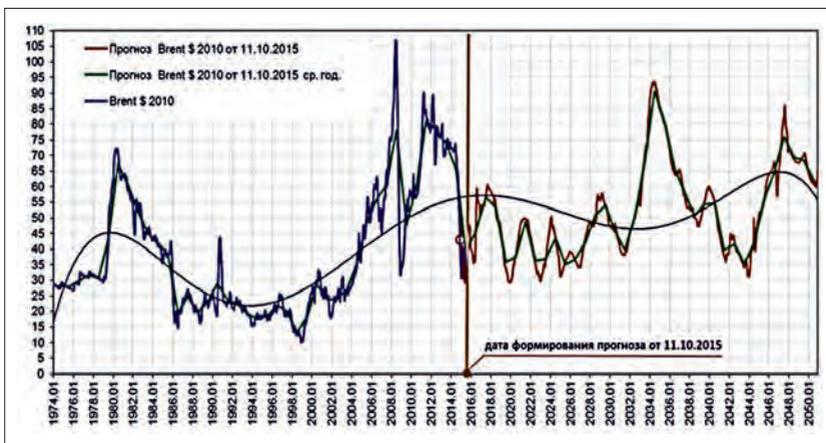
В итоге, после анализа возможных вариантов сценариев динамики цен на нефть с учетом выделения фрактальности, анализа, проведенного выше, фундаментальных, макроэкономических, фондовых, валютных факторов, с помощью разработанного комплекса нейросетевого моделирования как элемента интеллектуальной методики для выявления и формирования волн Эллиотта, а также с учетом экспертного отбора и учета когнитивных особенностей объекта прогнозирования (цены на нефть) *получен долгосрочный вид развития динамики цен на нефть до 2050 года* (рис. 44). Также приведены реализации интеллектуального прогнозирования по интересным сравнительным прогнозам цен на нефть

---

<sup>33</sup> Н. Исаин, О себестоимости нефти и газа в России, ж. «Академия Энергетики», март 2015 г.

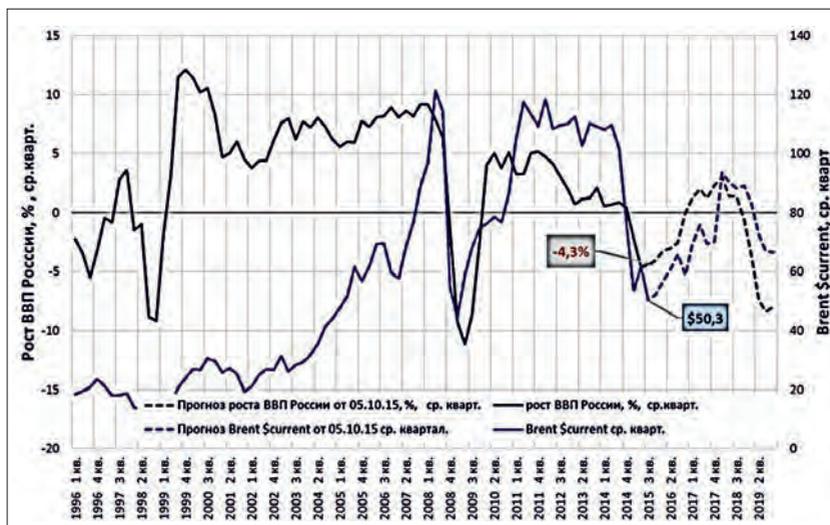
с ВВП России, где очевидна выявленная с помощью изложенной методики ИЭС по интеллектуальному прогнозированию корреляция между прогнозируемыми величинами (рис. 45, 46).

Необходимо, напомнить, что в соответствии с методикой ИЭС по формированию интеллектуальных прогнозов (блок-схема рис. 47), рекомендации ИЭС в вопросе формирования интеллектуальных прогнозов говорят о том, что любой прогноз требует постоянной коррекции, при этом настройки сети являются следствием полученных прогнозных кривых, но никак не их отправным пунктом. Одна из общих рекомендаций ИЭС по прогнозированию состоит в том, что процесс формирования прогноза, независимо от горизонта прогнозирования, – это процесс постоянный, не прекращающийся, включающий в себя постоянное проведение экспериментов по Data Mining из-за постоянно изменяющихся факторов, которые влияют на прогноз в современной геополитико-экономической обстановке, практически on-line (см. Введение к настоящей монографии).



Источник: ИЭС.

**Рис. 44. Тренд (циклическая кривая) и актуальный долгосрочный прогноз цены на нефть BRENT до 2050 г.**



Источник: ИЭС.

Рис. 45. Корреляция мировых цен на нефть с российским ВВП

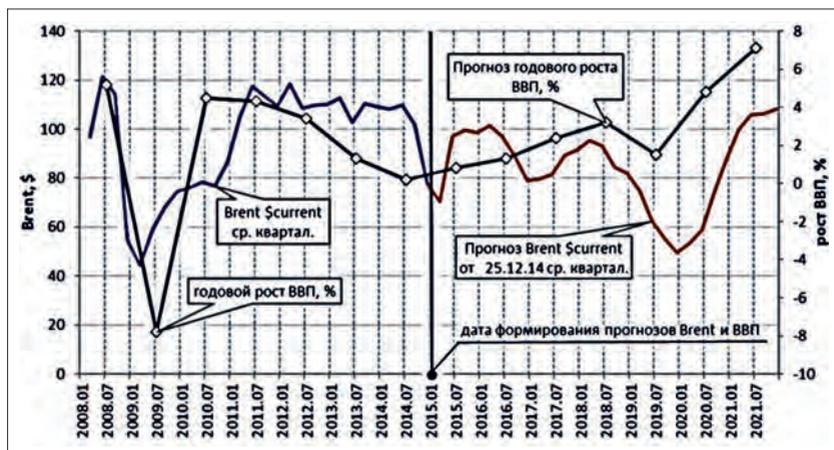
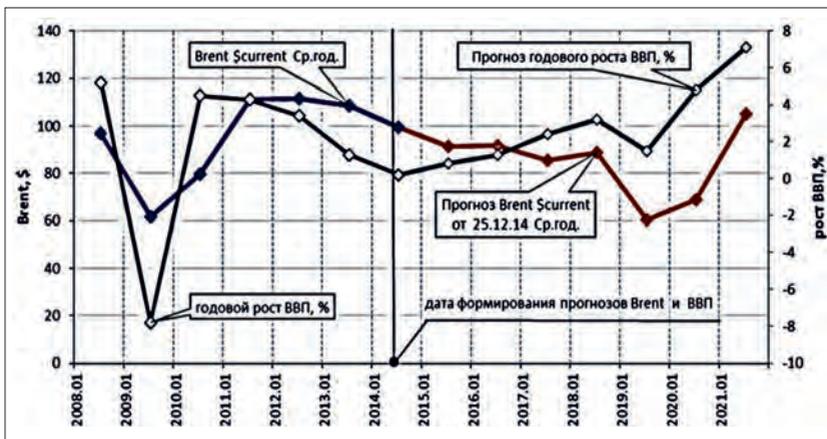


Рис. 46. Среднеквартальные цены нефти Brent (U.S. Dollars Per Barrel) / Рост ВВП России, %



*Рис. 47. Среднегодовые цены нефти Brent (U.S. Dollars Per Barrel) / рост ВВП России, %*

#### **2.4. Выводы о факторах, влияющих на корректировку долгосрочного прогноза в моделях интеллектуального прогнозирования цен на нефть**

На основе анализа, представленного в предыдущих пунктах, можно сделать следующие выводы о факторах, влияющих на корректировку долгосрочного прогноза в моделях интеллектуального прогнозирования цен на нефть.

*Входные параметры для прогнозирования цен на нефть.* Для дальнейшего использования представленного прогноза на основе предлагаемой методики интеллектуального прогнозирования при коррекции и формировании актуальных вариантов динамики цен, экспертно (с учетом поступающей образно-когнитивной информации) были отобраны следующие действия эксперта (качественные параметры и характеристики с наибольшим явным влиянием на цены нефти Brent):

- учет цикличности, начиная с периода формирования биржевой системы цен, когда рынок нефти приобрел характеристики глобального ликвидного товарного рынка;
- биржевым рынкам свойственны риски сильных колебаний котировок, поэтому ретроспектива и прогноз нефтяных котировок должны учитывать диапазон колебаний цен, а не только среднегодовые уровни;

- по мере развития нефтяного рынка набор факторов, влияющих на динамику цен на нефть и их взаимосвязь, меняются: факторы, малозначимые на одном этапе, становятся доминирующими на следующем, и наоборот. Эта закономерность положена в основу настоящего прогноза.

В прогнозный период на нефтяные цены будут воздействовать, как постоянные факторы, так и переменные. Воздействие факторов носит двойкий характер. Одни факторы будут оказывать понижающее давление на цены, а другие, создавать предпосылки для роста нефтяных котировок.

К постоянным факторам, которые будут *оказывать понижающее давление* на нефтяные цены, прежде всего, относятся:

- сужение потенциального роста спроса на нефть со стороны как развитых, так и развивающихся стран;
- высокие цены на энергоресурсы, в частности на нефть, тормозят рост мировой экономики;
- существенное давление высокие цены оказывают и на экономику энергодефицитных развивающихся стран, в т.ч. за счет снижения профицита торгового баланса;
- неизбежность ужесточения регулирования финансовых рынков в целях преодоления кризисных явлений в мировой экономике. В частности, речь идет об установлении спекулятивных ограничений для товарных фьючерсных контрактов и в конечном итоге на свопы подобных производных финансовых инструментов;
- наиболее вероятно, хотя и путем преодоления сильного сопротивления участников рынка, возвращение США к нормам банковского закона 1933 г. Гласса-Стигалла в части запрета коммерческим банкам заниматься инвестициями на финансовых рынках, а также распространение этого закона на рынок ЕС и, возможно, других развитых стран. Все это должно привести к существенному оттоку спекулятивного капитала с товарного рынка нефти.

К факторам, *оказывающим повышающее давление* на нефтяные цены можно отнести следующие:

- рост средней себестоимости добычи нефти за счет увеличения доли трудно извлекаемых запасов, в т.ч. расширение использования нетрадиционных источников нефти;
- возросшие бюджетные потребности стран-членов ОПЕК. ОПЕК прогнозирует цены на нефть в текущем десятилетии в коридоре 85–95 долл. за баррель. К 2035 г. нефтяные цены ожидаются ОПЕК на уровне 133 долл., при этом пересмотр вверх ценовых уровней сделан, в том числе по причине роста бюджетных потребностей стран-членов ОПЕК. На текущий момент бездефицитный уровень бюджета в Саудовской Аравии находится на уровне 85–95 долл. за баррель;
- поступательное снижение нефтеемкости мировой экономики, ограничивающее негативные эффекты для ее развития от роста цен на нефть. Это приводит к тому, что экономика легче приспосабливается к высоким ценам. Отсюда можно сделать вывод об относительности возможного коридора изменений нефтяных котировок, где верхний уровень, в номинальных ценах, может постоянно смещаться вверх;
- необходимость поддержания высоких цен на нефть для обеспечения конкурентоспособности и окупаемости капиталоемких проектов в области развития возобновляемой альтернативной энергетики;

*Геополитические риски.* Основные геополитические риски могут быть связаны с тремя факторами: нестабильность и вооруженные конфликты на Ближнем Востоке и в Центральной Азии; угрозы морским путям транспортировки нефти со стороны пиратства, терроризма и локальных конфликтов; рост противоречий между крупнейшими странами мира (особенно между США и Китаем) и военно-политическая эскалация их борьбы за доступ к энергетическим ресурсам. Указанные геополитические риски тесно взаимосвязаны и могут реализоваться в двух основных формах. Во-первых, в жестком сценарии – в виде масштабной войны на Ближнем Востоке. В этом случае неизбежно шоковое и затяжное падение поставок нефти из региона и тяжелые экономические последствия. Во-вторых, в более мягком сценарии – в виде борьбы («холодной войны») США и Китая за до-

ступ к энергоносителям, в ходе которой особое значение получит Юго-Восточная Азия как экспортер энергоносителей в Китай и транзитная зона поставок нефти с Ближнего Востока. Результатом обоих конфликтов может стать существенная дезинтеграция мирового нефтегазового рынка и необходимость опоры на собственные энергетические ресурсы.

*Факторы, использование которых возможно и целесообразно в рамках нейросетевой модели, представлены ниже отдельно для марки нефти Brent.*

1) Индекс доллара USDX — индекс, показывающий отношение доллара США к корзине из шести основных валют: евро, иена, фунт стерлингов, канадский доллар, шведская крона и швейцарский франк. Индекс рассчитывается как среднее геометрическое взвешенное этих валют.

Как уже отмечалось, вопрос образования устойчивой корреляции между курсом доллара и ценами на нефть объясняется во многом тем, что нефтяные фьючерсы используются финансовыми инвесторами (банками, страховыми компаниями и пенсионными фондами) как инструмент защиты от долларовой инфляции.

2) Изменение курса доллара США к евро как составляющая индекса доллара США, где доля европейской валюты доминирующая — 56,6%. На разных временных отрезках корреляция индекса доллара и валютной пары евро/доллар нарушается. При этом возникшее сильное расхождение между трендами котировок нефти и валютной пары евро/доллар индексирует о возможном «схлопывании» двух активов (нефть и евро/доллар), тогда как индекс доллара (USDX) может не сигнализировать об этих рисках (следствие влияния на индекс доллара других валют).

3) Динамика ожидаемой инфляции в США, рассчитываемая как разница между доходностью 10-летних казначейских облигаций США и их же доходностью, очищенной от инфляции<sup>34</sup>.

4) Потребление нефти в мире как основная фундаментальная составляющая динамики цен на нефть.

5) Индекс капитальных затрат на операции в секторе «ап-стрим» (разведка и добыча) — UCCI, разработанный Кембриджской Ассоциацией исследователей-энергетиков (CERA). Индекс

<sup>34</sup> Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Я.М. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М., 2013. С. 19.

рассчитывается ежегодно по 28 проектам, учитывая затраты на оборудование, материалы, оплату персонала, и другие затраты при обустройстве месторождений. Определяется в процентных пунктах по отношению к 2000 году. Цены на нефть находятся в тесной зависимости от предельных затрат на ее добычу и, как правило, превышают их. Влияние на цены динамики затрат на добычу хорошо просматривается на усредненных длительных периодах (например, годовых).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

### АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Нейронные сети используются везде, где требуется решать задачи прогнозирования, классификации или управления, поскольку они применимы практически в любой ситуации, когда имеется связь между входными переменными (переменными-предикторами) и выходными переменными (прогнозируемыми переменными). Всякая нейронная сеть принимает на входе числовые значения и выдает на выходе также числовые значения.

Методы нейронных сетей могут использоваться независимо или служить эффективным дополнением к традиционным методам анализа данных. При этом нейросетевой подход свободен от модельных ограничений, в отличие от большинства статистических методов связанных с построением моделей, основанных на тех или иных предположениях (например, предположении, что искомая зависимость является линейной, или переменные имеют определенное распределение вероятности). Рассмотрим обозначенные во введении основные парадигмы интеллектуальной обработки информации, совершенствование методов которой привело к объединению нескольких направлений и технологий искусственного интеллекта в одно мощное направление, которое получило название «мягкие вычисления» (soft computing)<sup>35</sup>.

*Нечеткие нейронные сети.* Нечеткие нейронные сети (fuzzy-neural networks) осуществляют выводы на основе аппарата нечеткой логики, однако параметры функций принадлежности настраиваются с использованием алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей, в том числе и методом обратного распространения ошибки. Нечеткая нейронная сеть, как правило, состоит из четырех слоев: слоя фазификации входных переменных, слоя агрегирования уровней активности входных данных, слоя агрегирования нечетких правил и выходного слоя. Наибольшее распространение в настоящее время получили ар-

<sup>35</sup> Подробнее см., например: Жидков В.Н. Мягкие вычисления в интегрированных системах ЛА: Учебное пособие. – М.: Издательство МАИ, 2013.—388 с.

хитектуры нечетких нейронных сетей вида ANFIS, которые являются универсальными аппроксиматорами<sup>36</sup>.

*Адаптивные нечеткие системы.* Классические нечеткие системы обладают тем недостатком, что для формулирования правил и функций принадлежности необходимо привлекать экспертов той или иной предметной области, что не всегда удастся обеспечить. Адаптивные нечеткие системы (adaptive fuzzy systems) решают эту проблему<sup>37</sup>. В таких системах подбор параметров системы производится на экспериментальных данных. Идея такого подхода рекомендована к использованию, посредством предварительного проведения экспериментов с данными, получения некоторой базы прогнозов из которых уже выбирается приемлемый. То есть, задается алгоритм обработки добытых знаний (Data Mining), а не алгоритм решения задачи. Вместе с этим, в данной работе также используются и конкретные алгоритмы, реализованные в коде программы IT SPEE Neural.

*Нечеткие ассоциативные правила.* Нечеткие ассоциативные правила (fuzzy associative rules) – инструмент для извлечения из баз данных закономерностей, которые формулируются в виде лингвистических высказываний<sup>38</sup>.

*Нечеткие когнитивные карты.* Нечеткие когнитивные карты (fuzzy cognitive maps)<sup>39</sup> используются для моделирования причинных связей, выявленных между сущностями некоторой предметной области. Применение нечетких когнитивных карт к решению поставленных задач в данной работе не представлялось эффективным, по причине отсутствия объективных однозначных и прямых причинных связей, между факторами, которые могут повлиять на факторы спроса, предложения и цен на мировом и региональных нефтегазовых рынках. Отсутствует также объективный закон изменения величины этих факторов на мировых рынках. Однако, рекомендуется указать эти факторы с экспертной когнитивной точки зрения, которые могли бы

<sup>36</sup> Zhenyuan Wang, George Klir. Fuzzy measure theory, Plenum Press, New York, 1991.

<sup>37</sup> Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений// Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 3. С. 150-154.

<sup>38</sup> Технологии анализа данных. Base Group Labs. – <http://www.basegroup.ru>, 2013.

<sup>39</sup> Борисов В.В., Федулов А.С. Обобщенные нечеткие когнитивные карты// Нейрокомпьютеры: разработка. применение. 2004. № 4. С.3-20; Kosko B. Fuzzy cognitive maps. – Int. Journal of Man-Machine Studies, vol. 24, 1986, pp. 65-75.

повлиять на динамику цен на мировом и региональных нефтегазовых рынках. Это необходимо для корректировки получаемых прогнозов. И также является своего рода Data Mining для формирования среднесрочных и долгосрочных прогнозов цен на мировом и региональных нефтегазовых рынках в перспективе до 2020 и 2050 годов.

*Нечеткая кластеризация.* Нечеткие методы кластеризации, в отличие от четких методов вообще, позволяют одному и тому же объекту принадлежать одновременно нескольким кластерам, но с различной степенью принадлежности. Нечеткая кластеризация во многом более естественна, чем четкая. Наиболее распространен алгоритм нечеткой самоорганизации *c-means* и его обобщение в виде алгоритма Густафсона-Кесселя<sup>40</sup>.

Также можно указать: нечеткие деревья, нечеткие сети Петри, нечеткая ассоциативная память, нечеткие самоорганизующиеся карты и другие гибридные методы. Тем не менее, наибольшее распространение получили: нечеткая логика и нечеткие вычисления; нейрокомпьютинг – обучение, адаптация, классификация, системное моделирование и идентификация; генетические вычисления – синтез, настройка и оптимизация с помощью систематизированного случайного поиска и эволюции.

Эти составные части «мягких вычислений» не конкурируют друг с другом, а создают эффект взаимного усиления. Например, нечеткие нейронные сети дополненные алгоритмами настройкой параметров, образуют так называемые гибридные системы. Гибридные системы демонстрируют взаимное усиление достоинств и нивелирование недостатков отдельных методов: представление знаний в нейронных сетях в виде матриц весов не позволяет объяснить результаты полученного решения – это недостаток, тогда как в системах вывода на базе нечетких правил логика получения результата прозрачна – это достоинство; нейронные сети обучаются с помощью универсального алгоритма, т.е. трудоемкое извлечение знаний (Data Mining) включает в себя сложные процессы формализации понятий, определение функций принадлежности, формирование правил вывода – это

---

<sup>40</sup> Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных/ под ред. В.П. Боровикова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008.

недостаток, нивелируется путем использования программы IT SPEE Neural с заложенным в ней алгоритмом обучения, но возможностью влиять на «черный ящик» нейронной сети непосредственно экспертом.

Наряду с термином «мягкие вычисления» используется термин «вычислительный интеллект» – научное направление, где решаются задачи искусственного интеллекта на основе теории нечетких систем, нейронных сетей и эволюционных (генетических) вычислений.

Из изложенных далее рекомендаций по формированию нейропрогнозов, обоснования методики, выбираемых алгоритмов и программ ясно, каким образом и с учетом каких нюансов можно формировать прогнозы. Вместе с этим, здесь приведем обзор работ по исследованию методов настройки многослойных нейронных сетей, трех связанных между собой проблем: сокращение размеров нейронной сети, выбор информативных признаков и независимый компонентный анализ, из которого также станут более понятными предпосылки, используемые в методике и алгоритмах рекомендуемые ИЭС для решения задач в рамках данной работы. Также будет, затронут вопрос о настройках многослойных нейронных сетей при малой выборке входных данных – именно эта трудность характерна для задач нефтегазовой отрасли и ТЭК и представляет основную причину выбора именно тех методик и алгоритмов, которые рекомендуются для решения задач, поставленных в данной работе.

*Нейронные сети с изменяемой функцией активации.* Выбору функции активации нейронов в нейронной сети, а также изменение параметров функции активации в процессе настройки нейронной сети всегда уделялось пристальное внимание ученых<sup>41</sup>. Эта идея не нова, но программная реализация возможности изменения параметра самой активационной функции осуществлена именно в рекомендованной ИТ–Центром «Интеллектуальное прогнозирование в энергетике и экономике» программе IT SPEE Neural.

---

<sup>41</sup> См., в частности: Ziu Wcng. Нейронные сети и волновое преобразование. // J.Fudan Univ. Nat. Sci., vol. 35, no. 1, 1996. P. 113-118; Jia M., Wang G., Zhong B. Улучшение нейронных сетей с помощью эллипсоидных функций активации и применение их при диагностике ошибок. // China Mech. Eng., vol. 10, no. 8. 1999. P. 890-893.

*Методы настройки многослойных нейронных сетей.* Разработка методов настройки многослойных нейронных сетей началась еще в конце 1980-х – начале 1990-х годов прошлого столетия. В работе Yao Xin и Chen Guoliang<sup>42</sup> предлагается и анализируется новый эвристический метод оптимизации, названный алгоритмом имитации отжига. Это универсальный алгоритм случайного поиска, основанный на применении метода Монте-Карло для итеративного улучшения качества обучения. Приводится достаточное условие сходимости алгоритма, анализируются основные его параметры, обсуждается его реализация в программном обеспечении.

Несмотря на то что нейронные сети уже существуют несколько десятилетий и проведено много разнообразных исследований в этой области, пока что остается открытой проблема отбора точных выборок для обучения сети. В работе Zhou Yi и Xu Boling<sup>43</sup> представлен ортогональный метод отбора выборки и его принципы. Без потери универсальности использована трехслойная сеть обратного распространения. Из всех вычислений и сравнений сделаны следующие выводы. Использование ортогонального метода в отборе выборок обучения сети позволяет получить эффективное моделирование. Изменение уровня выборок (экспертного качества выборок) дает лучший результат, чем изменение числа скрытых нейронов. В работе Liu Jungiang, San Ye и Wang Zicai<sup>44</sup> предложен алгоритм обучения нечетких сетей, менее подверженный локальным экстремумам, чем градиентный спуск, и более пригодный для режима реального времени, чем генетические алгоритмы. Идея заключается в объединении симплекс-метода с оценками к методу наименьших квадратов.

*Генетический алгоритм (genetic algorithm)* – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путем случайного подбора, комби-

---

<sup>42</sup> Yao Xin, Chen Guoliang. Алгоритм имитации отжига и его приложения. // Comput. Res. and Dev., vol. 27, no. 7, 1990. P. 1-6

<sup>43</sup> Zhou Yi, Xu Boling. Ортогональный метод обучения нейронной сети. // J. Nanjing Univ. Natur. Sci. Ed., vol. 37, no. 1 2001. P. 72-78

<sup>44</sup> Liu Jungiang, San Ye, Wang Zicai. Симплекс-метод с наименьшими квадратами для обучения нечетких нейронных сетей. A least square-simplex algorithm for training fuzzy neural networks. // High Technol. Lett., vol. 10, no. 6, 2000. P. 48-50

нирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию<sup>45</sup>.

В работе Lu Yuchang, Zhang Zhaohui и Zhou Yuanhui<sup>46</sup> отмечается, что нейронные сети полезны для решения задач распознавания образов, оптимизации, прогнозирования и др. Однако способы решения нейронными сетями задач трудно поддаются пониманию. Выполнено извлечение из нейронной сети символических правил путем стратегического обучения (этот прием рекомендуется и выполняется в данной работе при использовании программы IT-SPEE Neural) с целью решения этой проблемы «черного ящика». Исследован метод отсечения с помощью генетического алгоритма соединений и узлов обученной нейронной сети с упреждением. Остаются лишь те соединения и узлы, которые не ухудшают точности результатов. Подобный прием извлечения знаний, очевидно необходим и актуален для решения сложнейших задач нефтегазовой отрасли и ТЭК, однако весьма трудоемок и требует дополнительных исследований и времени исследования.

В статье Li Yuanqing, Wei Gang и Liu Yongqing<sup>47</sup> получены условия, при которых не происходит накопления ошибки из-за возмущений входов в рекурсивных нейронных сетях. Условия могут быть использованы при проектировании нейросетевых архитектур. А в работе Zhang Quan-ja<sup>48</sup> описан метод обучения, гарантирующий глобальную оптимизацию в случае, если штрафная функция имеет конечное число стационарных точек. Произведена оценка размеров аттракторов.

---

<sup>45</sup> Подробно алгоритм описан в следующих работах: Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А. Сергеев. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.; Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М., 2004; Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы// М.: Физматлит, 2006

<sup>46</sup> Lu Yuchang, Zhang Zhaohui, Zhou Yuanhui. // Извлечение понятных символических правил из нейронных сетей // J. Tsinghua Univ. Sci. and Technol., vol. 38, S1, 1998. P. 112-115

<sup>47</sup> Li Yuanqing, Wei Gang, Liu Yongqing. Устойчивость рекурсивных нейронных сетей с полным набором связей. Stability of completely connected recursive neural networks. // Contr. Theory and Appl., vol. 17, no. 4, 2000. P. 537-541

<sup>48</sup> Zhang Quan-ja. О глобальной сходимости градиентных нейронных сетей и оценке областей притяжения точек равновесия. On the global convergence of gradient neural networks and the attractive region of the equilibrium point. //J. Xidian Univ., vol. 28, no. 4, 2001. P. 546-548

*Выбор начальных условий при настройке коэффициентов многослойных нейронных сетей.* Выбор начальных условий является важным фактором ускорения процесса настройки многослойных нейронных сетей, а, следовательно, ускорения времени решения задачи. Это важная научная задача, решение которой, как показывают исследования, является специфической для каждой отдельно взятой решаемой задачи.

Например, в работе Sui Qing и Wang Zheng<sup>49</sup> доказана сходимость описанного варианта самоорганизации и его устойчивость при произвольных начальных значениях. Изучена зависимость скорости сходимости от начальных значений.

*Сокращение размеров нейронной сети. Выбор информативных признаков.* Независимый компонентный анализ. Эти три проблемы тесно связаны с проблемой ускорения решения задачи из-за большого количества весовых коэффициентов нейронной сети, которые необходимо настраивать. Нейросетевые модели имеют ряд недостатков, такие как большая сложность обучения, отсутствие доказательства сходимости, высокая чувствительность к ошибкам и т.д. Увеличение размеров сети усугубляет ситуацию, поэтому было принято решение использовать по мере возможности наиболее простых, но учитывающих структуру и специфику интеллектуальных прогнозов. Вместе с этим, для преодоления этих трудностей в работе Zhang Bo и Zhang Ling<sup>50</sup> представлен ряд подходов к построению архитектуры сети, основанных на различных математических методах. Показана их эффективность для улучшения нейронных моделей.

В работе Chen Yaqiu, Hu Shangxu и Chen Dezha<sup>51</sup> предложена новая стратегия сокращения структуры для установления оптимальных размеров многослойных нейронных сетей прямого распространения. Стратегия разработана для независимых нейронных сетей, сходящихся после обучения. Настройка много-

---

<sup>49</sup> Sui Qing, Wang Zheng. Сходимость усовершенствованного алгоритма обучения на основе самоорганизующейся нейронной сети. Часть 2. Convergence of improved teaming algorithm based on self-organization neural network. P.II// Elct. Mach. Contr., vol. 4, no. 2000. P. 236-238.

<sup>50</sup> Zhang Bo, Zhang Ling. Конструкция искусственных нейронных сетей J.Tsinghua Univ. Sci. and Technol., vol. 38, S1, 1998. P. 1-4.

<sup>51</sup> Chen Yaqiu, Hu Shangxu, Chen Dezha. Стратегия быстрого сокращения для оптимизации размера нейронной сети и ее применение // J. Chem. Ind. and Eng, vol. 52, no. 6, 2001. P. 522-526.

слои нейронных сетей при малой выборке входных данных. В работе Zhang Yong, Chen Xiaodong и Wang Xin<sup>52</sup> для случайных выборок предложена нейронная сеть, способная строить нечеткие правила и функции принадлежности по малым обучающим выборкам с помощью дифференциальных правил Хебба. Приведено описание структуры нейронной сети, правил ее обучения и примеров ее работы. Постулат Дональда Хебба вошел в большинство учебников по искусственным нейронным сетям в виде правила<sup>53</sup>. В соответствии с правилом Хебба в процессе обучения нейросетевых структур увеличивается сила связи между двумя одновременно активными нейронами. Правило учитывает также уровень активности нейронов – увеличение силы связи пропорционально уровню активности нейронов, и часто используется для обучения не только бинарных нейросетевых структур. Весьма эффективным было бы использование результатов этих работ в программной реализации для решения задач нефтегазовой отрасли, и в частности для задач, поставленных в данной работе о прогнозировании цен на мировом и региональных нефтегазовых рынках в перспективе до 2020 и 2050 года в условиях малой выборки входных данных. Реализация этих идей в алгоритмах могла бы быть предметом весьма перспективных дальнейших исследований.

*Работы по нейронному моделированию в нефтехимической, нефтегазодобывающей промышленности и энергетике.* Проблема состоит в том, что некоторые эксперты в данных областях не могут четко выразить или достаточно ясно сформулировать свои знания относительно полученных вариантов нейропрогнозов, т.к. эти знания часто находятся на уровне подсознательных, автоматических действий, обусловленных предыдущим опытом и квалификацией эксперта. Эксперты часто не могут четко сформулировать свои знания в виде правил принятия решений, а могут описать лишь примеры принятия решений. Однако, набор решений, например набор настроек для формирования прогноза того или иного фактора, не могут дать полного удовлетворительного ответа в другой раз, когда, быть может, условия,

---

<sup>52</sup> Zhang Yong, Chen Xiaodong, Wang Xin. Новый метод построения нечетких правил по малым выборкам. A new method for extraction of fuzzy rules from small samples. // J. Harbin Inst. Techn., vol. 6, no. 1, 1999. P. 65-68

<sup>53</sup> Hebb D.O. The organization of behavior: a neuropsychological theory. New-York, 2002

при которых формируется прогноз изменились незначительно, но приемлемый результат должен быть существенно изменен, исходя из экспертного анализа развития событий. Именно поэтому, в частности, и была задумана программа IT-SPEE Neural как программа для экспертов, которым важны готовые решения – результат, а не технические вопросы связанные, например, с устойчивостью нейронной сети. Вновь, повторим, что технические вопросы выбора и настройки сети весьма важны, но рекомендуется разделять эти две стороны дела. С этой точки зрения эксперт работает с готовыми решениями – и эта работа весьма трудоемка, и требует от эксперта других отличных знаний, от тех знаний, которые необходимы для выбора и настройки нейронной сети при формировании прогноза в той или иной области. От эксперта требуются специфические знания в той области, в которой он хочет получить прогноз от прогнозиста. Хотя, конечно, возможно совмещение навыков и знаний и эксперта в своей профессиональной области и самого прогнозиста, специалиста в настройках нейронной сети. Создание программы IT-SPEE Neural это и есть попытка объединить эти две стороны дела, чтобы в случае если эксперт не знаком с тонкостями нейросетевого моделирования смог получать качественные прогнозы с помощью минимума настроек IT-SPEE Neural, но не в ущерб качеству прогноза.

Далее, приведем некоторые работы, касающиеся развития теории построения нейронных сетей в нефтегазовой отрасли и ТЭК. Так в работе Wei Pengsheng<sup>54</sup> описывается структурно-управляемая нейронная сеть, предназначенная для анализа и решения с ее помощью структурных уравнений системы. Быстрая сходимость процесса решения в этом случае обеспечивается благодаря использованию алгоритма динамического самообучения. По данным числового моделирования, рассматриваемая нейронная сеть превосходит традиционный метод решения Гаусса – Зейделя для линейных уравнений как по точности решений, так и по скорости сходимости вычислительного процесса.

---

<sup>54</sup> Wei Pengsheng. Структурный анализ на основе структурно управляемой нейронной сети. // J. Huaqio Univ. Natur. Sci., vol. 19, no. 3, 1998. P. 275-279.

В статье Li Ben-liag, Sun Yan, Zhang Xi-hui и Wen Shi-hong<sup>55</sup> описывается решение задачи оценивания запасов природного газа на базе нейронных сетей. Представлена нейросетевая модель оценивания рангов запасов. Сравнение результатов оценивания запасов природного газа предложенным методом и с помощью экспертов показало их удовлетворительную близость.

В работе Lu Jin, Xu Wenli и Han Zengjin<sup>56</sup> описан способ объединения нечеткого вывода и нейронного обучения для разработки регулятора управления сложными и нелинейными технологическими процессами. Рассмотрено применение системы управления на основе указанного регулятора для оптимизации управления вторичным процессом катализа на нефтеперерабатывающем заводе.

Анализ специфики задач прогнозирования в энергетике (неисправностей электростанций и аномалий химических процессов) проведен в работе Bi Mei-hua, Xiao Li-chuan и Xue Guo-xin<sup>57</sup>. Предложен подход к их решению, основанный на сочетании нечетких представлений и их классификации с помощью нейронных сетей с радиальными базисными функциями. Подход не требует наличия априорных моделей.

В работе Yingduo Han, Lincheng Xiu и др.<sup>58</sup> предложена мультиобъектная оптимальная модель, в которой критерием надежности электроэнергетической системы служит максимальный запас регулирования статически стабильной системы. Экономическим критерием являются минимальные потери активной энергии. Описан алгоритм реализации искусственной нейронной сети, решающий задачу оптимизации работы электроэнергетической системы. Проанализированы результаты испытаний

---

<sup>55</sup> Li Ben-liag, Sun Yan, Zhang Xi-hui, Wen Shi-hong. Приложение усовершенствованных самоперестраиваемых искусственных нейронных сетей к решению задачи оценивания запасов. // J.Nanjing univ. Natur. Sci. Ed., vol. 36, no. 3, 2000. P. 391-396.

<sup>56</sup> Lu Jin, Xu Wenli, Han Zengjin. Применение нейронного прогнозирования и нечеткого вывода для оптимизации управления каталитическим процессом. // Inf. and Contr., vol. 24, no. 2, 1995. P. 71-77.

<sup>57</sup> Bi Mei-hua, Xiao Li-chuan, Xue Guo-xin. Прогноз неисправностей с использованием нечеткой математики и нейронных сетей с радиальными базисными функциями. Failure predictor based on both fuzzy mathematics and a radial basis function (RBF) neural network. // J. Eng. Therm. Energy and Power., no. 4, 2000. P. 426-428.

<sup>58</sup> Yingduo Han, Lincheng Xiu и др. Artificial Neural Networks Controlled Fast Valving in a Power Generation Plant. // IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 8, no. 2, March 1997. P. 373.

практических систем. Подтверждена эффективность модели. Обеспечиваются гибкая настройка модели и удовлетворительная сходимость.

В работе «Краткосрочное прогнозирование объема газопотребления с использованием искусственных нейронных сетей»<sup>59</sup> предлагается методика для краткосрочного прогнозирования объема потребления газа. Особенность заключается в применении трех независимых нейронных сетей. Первая нейронная сеть прогнозирует значение объема потребляемого в каждом интервале рассматриваемого периода с использованием метода окон или метода Z. Вторая нейронная сеть предсказывается с использованием максимального и минимального значения нагрузок в прогнозируемом периоде. Третья нейронная сеть предсказывает будущий тренд на основе оптимальной экстраполяции стохастической функции газопотребления. Этот метод аналогичен предлагаемой методике дифференцированного прогнозирования на основе синтеза классических, нейросетевых и фрактальных моделей.

С помощью ИНС решается задача прогнозирования дебита нефти по скважине в зависимости от параметров бурения<sup>60</sup>. В ходе работы был проведен анализ состава предоставленных данных по ряду месторождений, анализ влияющих параметров, и так же были проведены эксперименты по созданию нейронных сетей различной структуры для прогнозирования нефтеотдачи скважины в зависимости от параметров ее бурения и вскрытия пласта. Была построена в пакете MATLAB нейронная сеть со следующими общими параметрами:

- функция выполнения – реализует оценку ошибки сумма квадратов отклонений SSE;
- функции обучения (`learngdm`) – производит обучение на основе метода градиентного спуска с учетом моментов;
- функция активации – в данном случае используется сигмоидная (логистическая) функция активации (`logsig`) и др.

---

<sup>59</sup> Агаев Н.Б. Краткосрочное прогнозирование объема газопотребления с использованием искусственных нейронных сетей // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. Научно-технический журнал. №7. 2007. С. 66-74.

<sup>60</sup> Шбат И.Т. Применение методов искусственного интеллекта в задачах нефтегазовой отрасли. М., 2007.

Далее производится нормирование исходных данных. В связи с тем, что сигмоидная функция активации имеет диапазон выхода от 0 до 1, необходимо было провести нормирование выходного параметра ( $z$ ) в этот диапазон. Было выполнено линейное преобразование вида  $(z - \min z)/(\max z - \min z)$ . Затем подобная операция была проделана и с входными параметрами.

В результате работы было выяснено, что нейронные сети с большим количеством нейронов очень близко приближаются к обучающей выборке, однако плохо прогнозируют тестовую, в то время, как сети малого размера могут выявить базовые закономерности, и прогнозируют тестовую выборку с достаточно большим коэффициентом корреляции. Так же можно было заметить, что моделирование на основе ансамбля сетей на тестовой выборке дает лучший результат, чем любая из одиночных сетей. Этот вывод можно распространить и на задачи прогнозирования, спроса и предложения нефти и газа при формировании прогноза общей мировой конъюнктуры нефтегазового комплекса.

Не менее интересно применение нейросетевого прогнозирования расхода электроэнергии в трубопроводном транспорте нефти<sup>61</sup>. Имеется нефтепровод, обеспечивающий перекачку нефти из начального резервуарного парка в другой резервуарный парк конечного пункта. В этих условиях расход электроэнергии определяется для нефтепровода в целом с учетом всех объектов и фиксируется ежечасно для каждого насоса. Необходимо, по имеющимся данным за  $N$  прошлых периодов составить прогнозный план ежесуточного расхода электроэнергии на  $T$  шагов вперед. При этом прогноз необходимо осуществить с некоторой заданной точностью  $H$ . Для решения задачи предлагается использовать математическую модель на основе нейронных сетей.

Решение задачи было осуществлено с помощью ИНС с архитектурой многослойного персептрона (с двумя скрытыми слоями). Функцией активации нейронов скрытого слоя был выбран гиперболический тангенс, выходного слоя – линейная функция.

Приведенные по работе результаты свидетельствуют о хорошей степени аппроксимации.

---

<sup>61</sup> Шаммазов А.М., Козачук Б.А., Алгоритм решения задачи прогнозирования расхода электроэнергии в трубопроводном транспорте нефти с использованием нейронных сетей. Нефтегазовое дело, №11, 2010.

Установлено, что прогнозирование потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем с применением искусственных нейронных сетей имеет более высокую точность по сравнению с традиционными методами и успешно может быть применено в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами<sup>62</sup>. У крупных энергоемких производств доля платы за электроэнергию в себестоимости продукции может достигать десятков процентов, а в условиях рыночной экономики себестоимость продукции предприятия будет определять его конкурентоспособность. В настоящее время большинство крупных промышленных предприятий России покупает электроэнергию на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Плата за электроэнергию для таких предприятий складывается из платы за фактический объем потребленной электроэнергии и платы за отклонение объема фактически потребленной электроэнергии от планового объема потребления. Чем больше отклонения фактических объемов электропотребления от заявленных, тем больше дополнительных расходов на электроэнергию несет предприятие.

Для успешного решения реальных задач с помощью ИНС необходимо определить ряд их характеристик, включая модель сети, ее размер, функцию активации или выхода, параметры алгоритма обучения и множество образов, классифицированных учителем, разделенное на обучающую и контролирующую последовательности. Многие задачи прикладной нейроматематики не решаются на известных типах ЭВМ. Среди них задачи, сводимые к обработке многомерных векторов действительных переменных с помощью ИНС.

---

<sup>62</sup> Воронов И.В. Прогнозирование электропотребления промышленных предприятий с помощью искусственных нейронных сетей. Кемерово, 2010.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО АЛГОРИТМАМ И ПРОГРАММАМ, НЕОБХОДИМЫМ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В РАМКАХ ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Нейронная сеть – это сеть с конечным числом слоев из однотипных элементов с различными типами связей между слоями. Эти элементы представляют собой аналоги нейронов. В слоях выбирается число нейронов, необходимое для обеспечения заданного качества решения задачи. Заранее знать это число нейронов, необходимое для заданного качества решения задачи, невозможно. Задача усложняется еще и тем, что количество данных должно быть порядка десятков и сотен тысяч, в этом случае считается, что информации для обучения нейронной сети достаточно, если количество данных меньше, то имеет место недостаток данных. По причине недостатка информации о входных данных применяют метод или способ тренировки или эксперимента (нельзя путать с процедурой обучения нейронной сети, которая состоит в подборе весов межнейронных связей). Способ эксперимента состоит в том, что прежде нарабатывают некоторую базу данных результатов для решения задачи, а затем выбирают приемлемое с точки зрения качества решение или пакет решений. Число слоев выбирают, однако, как правило, как можно меньшее с целью сокращения времени решения задачи. Этой парадигме (или установке) соответствует как общая методология формирования нейропрогнозов, так и построение математических алгоритмов реализованных, например, в программе IT SPEE Neural. Далее изложен алгоритм нейронной сети, реализованный в программе IT SPEE Neural, построенный на принципе выбора наименьшего числа слоев нейронной сети и в то же время на возможности пользователя влиять непосредственно на ядро алгоритма – активационную функцию. В итоге мы имеем минимум настроек, но настроек, предназначенных для пользователя-эксперта, который может влиять, например, на крутизну активационной функции, но при этом количество слоев остается постоянным, а количество нейронов определяется автоматически программой из условия минимальной ошибки.

В целом, основные свойства нейронных сетей, в этом смысле, следующие:

- структура однородной нейронной сети предоставляет возможность массового параллельного синхронного выполнения большого числа операций, состоящих при этом из простейших операций сложения, умножения и нелинейного безынерционного преобразования;
- в структуре нейронной сети отсутствуют сложные иррациональные операции над операндами (деление, извлечение корня и т.п.), характерные для алгоритмов, свойственных однопроцессорным машинам. Отсюда простота (на первый взгляд – примитивность) существующих алгоритмов различных нейронных сетей. Алгоритмы содержат, как правило, 3-4 шага;
- нейронные сети реализуют достаточно гибкое и сложное функциональное преобразование входных данных в выходные.

В классических алгоритмах реализованных, например, в Statistica, гибкость регулируется либо числом слоев нейронной сети и/или типом связей. В IT SPEE Neural вариативность выходных данных обеспечивает не количественная возможность изменения числа слоев, а подстройка самой активационной функции (вкладка крутизна активационной функции на панели пользователя), т.е. реализована возможность качественного изменения самого алгоритма нейросети непосредственно на панели пользователя, но вместе с этим количество слоев остается неизменным – реализован всего лишь двухслойный персептрон.

В работе Liang Yanchun и Wang Zaishen<sup>63</sup> представлена процедура предпроцессорной обработки данных с использованием нейросетевого алгоритма обратного распространения ошибок. Сделан вывод о том, что эффективность обучения нейронной сети может быть существенно повышена за счет предварительной обработки вектора входных данных. Основываясь на этой идее, методика формирования нейропрогнозов, базируется на предварительной предпрогнозной обработке данных. Первым

---

<sup>63</sup> Liang Yanchun, Wang Zaishen. Метод предварительной обработки данных плотного типа с использованием нейросетевого алгоритма обратного распространения.// Actra Sci. Univ. Jilinensis, no.3, 1995. (p. 19-22). In Chinese.

шагом в методологии формирования прогноза является анализ цикличности мировых цен, спроса и предложения нефти и природного газа, а также основных факторов, влияющих на их поведение, проведение циклического (гармонического) анализа указанных объектов, выделение кусков наиболее значимых циклов для каждого объекта, обоснование необходимости их выделения и алгоритма дальнейшего применения при построении нейросетевого прогноза.

Гибридный подход Liu Guangyuan, Yu Juebang и Qiu Yuhui<sup>64</sup> основан на изменении функции активации и использует гибкую оценку ошибки для увеличения скорости обучения сети обратного распространения. Используемая функция активации представляет собой недифференцируемую кусочную линейную функцию, и ее производная переопределяется как новая непрерывная. Обучение в сети производится под действием новой функции ошибок. А в статье Q. Zhou<sup>65</sup> исследована нейронная сеть обратного распространения с нелинейно соединенными входными элементами.

Программа IT SPEE Neural создана для экспертов в той области, в которой формируется прогноз. Эксперт-аналитик может вообще не быть знаком с теорией нейронных сетей и не владеть даже терминологией нейросетевого прогнозирования, но строить нейропрогнозы, исходя из экспертных оценок получаемых вариантов прогноза, что на наш взгляд является универсальным средством с практической точки зрения для формирования тех или иных прогнозов в различных областях.

При этом проблема робастности алгоритма очевидна. Ведь робастность метода, алгоритма – это его свойство сохранять работоспособность за пределами предположений, при которых он выведен. Работоспособность алгоритма программы IT SPEE Neural априори выше в силу его простоты и надежности по сравнению со сложнейшими алгоритмами, заложенными, например, в Statistica. Эта проблема робастности интеллектуальной системы

---

<sup>64</sup> Liu Guangyuan, Yu Juebang, Qiu Yuhui. A fast BP learning algorithm via a hybrid approach. Быстрый обучающий алгоритм обратного распространения ошибки на основе гибридного подхода. // J. Univ. Electron, and Technol. China., vol. 27, no. 3, 1998. P. 265-268.

<sup>65</sup> Q. Zhou. Ассоциативные возможности нейронной сети обратного распространения с нелинейно соединенными входными элементами. // Acta electron.sin., vol.28, no 6, 1997. (p. 586-588).

управления в условиях неопределенной ситуации (а именно такая ситуация наблюдается на мировом рынке энергоносителей), является неизбежной проблемой, и рассматривается, например, в работе Z. Cai и J. Liu<sup>66</sup>. На примере расширенной модели Тагачи-Сугено нечеткой нейронной сети с помощью статистики измеренных данных получен и доказан критерий робастности. Последний включает в себя нечеткую нейронную сеть, волновое преобразование и статистическую меру информации. При этом объединены данные обработки сигнала нейронной сети, переменное разрешение и данные обработки случайного сигнала. Указанный критерий представляет собой эффективное математическое средство анализа робастности интеллектуальной системы управления.

Выделение из сигнала его случайной величины положено в основу математического алгоритма построения общей методологии формирования интеллектуальных нейропрогнозов, как алгоритм, для программиста включающий в себя 43 шага (Приложение 3). Однако, в силу своей математической сложности и трудоемкости, а также трудности в программной интерпретации не позволили нам в полной мере создать программу на основе этого алгоритма. Вместе с этим некоторые модули были запрограммированы в IT SPEE Neural, и мы получили рабочую программу для эксперта-пользователя (Свидетельство о Государственной регистрации программы для ЭВМ IT SPEE Neural №2010611122). Вместе с этим работа продолжается и в следующей версии программы IT SPEE Neural планируется значительно продвинуться в осуществлении этого плана по переводу упомянутого математического алгоритма в программный код.

Актуален вопрос о том, сколько наблюдений нужно иметь для обучения сети. Этот вопрос часто оказывается непростым. Известен ряд эвристических правил, увязывающих число необходимых наблюдений с размерами сети. Простейшее из них гласит, что число наблюдений должно быть в десять раз больше числа связей в сети<sup>67</sup>. Однако рекомендуется принять, что это число зависит от (заранее неизвестной) сложности того отображения, которая нейронная сеть стремится воспроизвести. С ростом ко-

---

<sup>66</sup> Cai Z., Liu J.. Статистический критерий робастности для модели нечеткой нейронной сети Тагачи-Сугено. // J. Cent. S. Univ. Technol., vol. 28, no. 6, 1997. P. 586-588.

<sup>67</sup> Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных/ под ред. В.П. Боровикова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008.

личества переменных количество требуемых наблюдений растет нелинейно, так что уже при довольно небольшом числе переменных может потребоваться огромное число наблюдений. Эта трудность известна как «проклятие размерности». В работе<sup>68</sup> признанной во всём мире как одно из авторитетнейших исследований в области нейронных сетей, где большое внимание уделяется решению именно практических задач, где также всесторонне рассмотрена методология, и технология исследований в пакете Statistica отмечается, что: «для большинства реальных задач, как правило, достаточно несколько сотен или тысяч наблюдений. Для особо сложных задач может потребоваться ещё большее количество, однако очень редко может встретиться (даже тривиальная) задача, где хватило бы менее сотни наблюдений. Если данных меньше, чем здесь сказано, то на самом деле у вас недостаточно информации для обучения сети и лучшее, что можно сделать в такой ситуации, это попробовать подогнать к данным некоторую линейную модель».

Именно по причине недостатка информации о данных, точнее недостатка количества входных данных для обучения по формированию прогноза цены на мировом и региональных нефтегазовых рынках ИЭС рекомендует использовать методологию интеллектуального прогнозирования (частности, метод эксперимента) линейных моделей. Теоретически для моделирования любой задачи достаточно многослойного персептрона с двумя промежуточными слоями (в точной формулировке этот результат известен как теорема Колмогорова). При этом может оказаться и так, что для решения некоторой конкретной задачи более простой и удобной будет сеть с еще большим числом слоев. Однако, известно, что для решения большинства практических задач, достаточно всего одного промежуточного слоя, два слоя применяются как резерв в особых случаях, а сети с тремя слоями практически не применяются. Именно эта возможность принципа простоты для практических задач и была использована и реализована в алгоритме программы IT SPEE Neural (реализована сеть с двумя слоями и структурой прямой передачи сигнала). С учетом недостатка данных для обучения, с одной стороны, и сложности задачи, с другой, рекомендуется придерживаться

---

<sup>68</sup> Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных/ под ред. В.П. Боровикова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008.

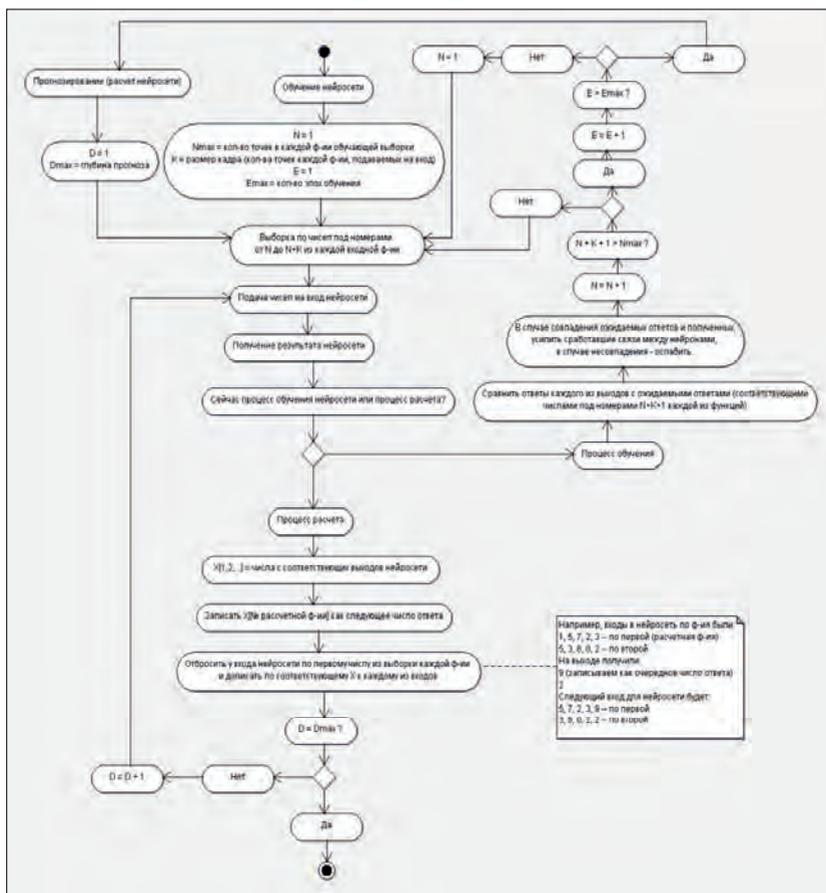
этого известного опытного факта, тем более, что программа IT SPEE Neural и была задумана и создана именно для экспертов ТЭК под решение подобных задач нефтегазовой отрасли, когда имеется существенный недостаток данных при сложности задачи. Усложнение алгоритма нейронной сети, ее архитектуры при таком существенном недостатке в постановке, а именно недостатке информации о входных данных, лишено всякого смысла. Усложнение парадигмы сети в этом случае может дать неадекватный результат или не дать вообще никакого результата – прогноз может не получиться.

Такая структура имеет устойчивое поведение. Поэтому вопрос устойчивости отпадает в данном случае, в силу выбора парадигмы сети, а последняя как уже указывалось, определяется когнитивной структурой и спецификой самих данных. Если же, наоборот, использовать рекуррентную сеть, т.е. содержащую связи, ведущие назад от более дальних к более ближним нейронам, то она может быть неустойчива и иметь очень сложную динамику поведения. Общая рекомендация при решении задач с недостатком информации по данным для обучения, это использование, в том числе и упомянутой модели прямой передачи информации.

Вместе с этим программа IT SPEE Neural создана именно для подобных задач, задач с недостатком информации по данным. Именно поэтому в программе IT SPEE Neural реализована структура прямой передачи сигнала, но как уже упоминалась с возможностью именно качественной подстройки путем непосредственного влияния на активационную функцию.

Поэтому рекомендуется при формировании прогнозов цен на мировом и региональных нефтегазовых рынках в перспективе до 2020 и 2050 гг., исходя из количества предоставленной информации о данных, использовать программу IT SPEE Neural. При этом необходимо помнить, что выбор переменных, по крайней мере, первоначальный осуществляется интуитивно. Опыт эксперта в данной предметной области должен помочь определить, какие переменные являются важными. Согласно когнитивному принципу, если более сложная модель не дает результат лучше, чем более простая, то из этих двух моделей следует предпочесть последнюю. В терминах аппроксимации отображений самой простой моделью будет линейная, в которой подгоночная функ-

ция определяется гиперплоскостью. Гиперплоскость должна проходить через заданные точки. Линейная модель обычно записывается с помощью матрицы  $N \times N$  и вектора смещения размера  $N$ . Архитектура сети, реализованная в программы IT-SPEE Neural, на практике используется наиболее часто, имея ввиду условия в которых происходит постановка задач ТЭК и нефтегазовой отрасли в целом – это недостаток данных и сложность поставленной задачи. Ниже приведена блок-схема программы IT-SPEE Neural.



Источник: ИЭС.

Рис. П1. Блок-схема программы IT-SPEE Neural

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

## АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В БАЗАХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ

Выявление скрытых закономерностей, в частности периодичностей, т.е. распознавание спектральной структуры реальных процессов по результатам их измерения, является актуальной проблемой в теории математической обработки баз данных и интеллектуального прогнозирования. Практическое применение алгоритмов данного исследования может быть использовано в различных технических системах, а также в нефтегазовой отрасли и ТЭК, сопровождающихся существенной проблемой для анализа и прогнозирования данных, характерной, в том числе и для нефтегазовой отрасли и ТЭК – это проблема недостатка информации по входным данным.

Задача о выявлении скрытой периодичности, которая принципиально отлична от задачи разложения в ряд Фурье, может быть сформулирована следующим образом. На конечном интервале  $[-L, L]$  задана функция  $x(t)$ , представляющая собой результат наблюдения, измерения некоторого процесса. Функция может быть задана непрерывной записью (графиком) либо таблично, в виде совокупности значений в дискретные моменты времени. Предположим, что функция  $x(t)$  содержит слагаемое, представляющее собой периодическую функцию времени:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n s_i(t) + \Delta(t),$$

где  $s_i(t)$  – функции имеют периоды  $T_i$  (частоты  $\varphi$ ),

$\Delta(t)$  – непериодическая функция – случайная помеха.

Наличие в анализируемом процессе случайной компоненты обычно связано с ошибками процесса измерения, и вообще с наличием относительно стабильных внешних воздействий, мешающих проявлению периодического процесса в «чистом виде». Основные подходы к решению поставленной задачи следующие.

1. Селекция периодической компоненты исходного процесса  $x(t)$ .

Цель – трансформировать анализируемый процесс так, чтобы в нем усилилось влияние той или иной периодической компоненты. В итоге, найти такое преобразование процесса (1) при котором влияние – непериодической функции ( $\Delta(t)$  – случайной помехи) было бы минимальным. Эта теория на техническом языке именуется как теория оптимального выделения сигнала на фоне помех.

Существуют дискретные и непрерывные линейные и нелинейные селектирующие преобразования. Например, для дискретно заданного сигнала на отрезке  $[-L, L]$  в  $2N+1$  равноотстоящих точках:

$$t_k = \frac{kL}{N}, k = 0, \pm 1, \dots, \pm(N - M),$$

линейное селектирующее преобразование имеет вид:

$$x' \left( \frac{kL}{N} \right) = \sum_{s=-M}^M g \left( \frac{sL}{N} \right) x \left[ (k - s) \frac{L}{N} \right] \equiv \sum_{s=-M}^M g_s x_{k-s},$$

где  $g(\tau_s) \equiv 0$  при  $|S| > M$ , ( $M \leq N$ ) – весовые функции.

Из нелинейных преобразований особое значение имеет так называемое корреляционное, т.е. преобразование вида:

$$x'(t) = \frac{1}{2a} \int_{-a}^a x(\tau)x(t - \tau)d\tau,$$

При этом оптимальным преобразованием будет считаться преобразование в смысле минимума среднеквадратичной ошибки.

2. Методы оценки параметров гармонических составляющих (периодов, амплитуд), содержащихся в исследуемом процессе.

3. Методы определения частот гармоник с помощью специального алгебраического уравнения, составляемого различными способами.

Однако, в этих методах математико-статистическая сторона вопроса не рассматривается. Между тем при естественном предположении о том, что погрешности измерений, наблюдений

можно рассматривать как случайные величины, применение математической статистики позволяет сформулировать такой алгоритм исследования закономерностей, который рекомендуется к применению многофакторных нейронных сетей для долгосрочного прогнозирования развития мирового нефтегазового рынка. С одной стороны, этот алгоритм позволяет глубже понять смысл и значение скрытых параметров, а с другой, полнее и точнее использовать извлечённую информацию в практических целях.

Постановка задачи.

Процесс  $x(t)$  (например, динамика цен на нефть) представляет сумму функций:

$$y(t) = A + \sum_{i=1}^n (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t), \quad (0)$$

и случайной компоненты  $\Delta(t)$ ,

$$x(t) = y(t) + \Delta(t). \quad (1)$$

Наблюдения, проводимые в равноотстоящие моменты времени

$$t \equiv \lambda = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N,$$

дали результаты:

$$x_\lambda = x(\lambda), \quad \lambda = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N. \quad (2)$$

Требуется по результатам наблюдений (2) найти амплитуды  $A_j, B_j$  и частоты  $\omega_j$ .

Приведем сначала алгоритм для одной гармоник ( $n=1$ ), а затем для спектра гармоник.

Алгоритм выявления скрытых периодичностей ( $n=1$ ).

Для функции:

$$x(t) = A + A_1 \cos \omega t + \Delta(t), \quad (3)$$

вычисляем математическое ожидание:

$$y(t) \equiv \overline{x(t)} = A + A_1 \cos \omega t. \quad (4)$$

Вводим обозначение:

$$\varphi_\lambda = \varphi(\lambda) = \cos \omega \lambda - \frac{\sin(N + 1/2)\omega}{(2N + 1)\sin \omega / 2},$$

причем:  $\sum_{\lambda=-N}^N \varphi_\lambda = 0. \quad (5)$

Тогда уравнение (4), примет вид:

$$y(t) = A + A_1 \left[ \varphi(t) + \frac{\sin(N + 1/2)\omega}{(2N + 1)\sin \omega / 2} \right] = A_0 + A_1 \varphi(t), \quad (6)$$

и на основании результатов наблюдений (2), имеем:

$$x_\lambda = A_0 + A_1 \varphi_\lambda + \Delta_\lambda, \lambda = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N. \quad (7)$$

Плотность распределения системы случайных величин

$$\Delta_{-N}, \dots, \Delta_N:$$

$$\prod_{\lambda=-N}^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{\Delta_\lambda}{2\sigma^2} \right].$$

Функция правдоподобия:

$$L[x_{-N}, \dots, x_N; A_0, A_1, \sigma^2] = \prod_{\lambda=-N}^N p(x_\lambda; A_0, A_1, \sigma^2), \quad (8)$$

где плотность распределения наблюдаемых величин:

$$p(x_\lambda; A_0, A_1, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x_\lambda - A_0 - A_1\varphi_\lambda}{2\sigma^2}\right]. \quad (9)$$

Функция правдоподобия для нормального распределения (9) имеет вид:

$$L[x_{-N}, \dots, x_N; A_0, A_1, \sigma^2] = (2\pi)^{-\frac{2N+1}{2}} \sigma^{-(2N+1)} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{\lambda=-N}^N (x_\lambda - A_0 - A_1\varphi_\lambda)^2\right]. \quad (10)$$

Наилучшие оценки параметров  $A_0, A_1$  и  $\sigma^2$  находим из условия:

$$L[x_{-N}, \dots, x_N; A_0, A_1, \sigma^2] = \max \quad (11)$$

$$A_0^* = \frac{\sum_{\lambda=-N}^{\lambda} x_\lambda}{2N+1}, \quad A_1^* = \frac{\sum_{\lambda=-N}^{\lambda} x_\lambda \varphi_\lambda}{\sum_{\lambda=-N}^{\lambda} \varphi_\lambda^2},$$

$$(\sigma^*)^2 = \frac{1}{2N+1} \sum_{\lambda=-N}^{\lambda} (x_\lambda - A_0^* - A_1^* \varphi_\lambda)^2. \quad (12)$$

Для оценки точности и надежности определения параметров, вычисляем отклонения:

$$\Delta'_\lambda = x_\lambda - y_\lambda^* = x_\lambda - A_0^* - A_1^* \varphi_\lambda. \quad (13)$$

Вычисляем несмещенную оценку :

$$s_{A_0^*} = \frac{\sigma^*}{\sqrt{2N-1}} = \sqrt{\frac{1}{4N^2-1} \sum_{\lambda=-N}^{\lambda} \Delta_\lambda'^2}. \quad (14)$$

Вычисляем с заданной надежностью (доверительной вероятностью):  $1 - p_\Delta$ , доверительный интервал:

$$\left[ A_0^* - t_\Delta s_{A_0^*}, A_0^* + t_\Delta s_{A_0^*} \right]. \quad (15)$$

Для каждого  $p_\Delta$  можем найти такое  $t_\Delta$  ( $t$ -распределение Стьюдента), что вероятность неравенства  $|t| \leq t_\Delta$  равна:

$$\mathcal{D}\{|t| \leq t_\Delta\} = 1 - p_\Delta. \quad (16)$$

Аналогично, вычисляем оценку для  $A_1^*$  :

$$s_{A_1^*} = \frac{\sigma^* \sqrt{2N+1}}{\sqrt{(2N-1)[\varphi\varphi]}} = \sqrt{\frac{1}{(2N-1)[\varphi\varphi]} \sum_{\lambda=-N}^{\lambda} \Delta_\lambda'^2}, \quad (17)$$

также имеем  $t$  - распределение Стьюдента с  $2N-1$  степенями свободы.

Найдя по табулированным значениям  $t$  - распределения Стьюдента такое  $t'_\Delta$ , что:  $\mathcal{D}\{|t'| \leq t'_\Delta\} = 1 - p_\Delta$ . Получим доверительный интервал:

$$\left[ A_1^* - t'_\Delta s_{A_1^*}, A_1^* + t'_\Delta s_{A_1^*} \right]. \quad (18)$$

Оценивая  $\sigma^2$ , используем  $(\sigma^*)^2$  и закон  $X^2$  для  $\frac{2N+1}{\sigma^2}(\sigma^*)^2$  с  $2N-1$  степенями свободы.

Правильность выбора частоты  $\omega$  проверяем путем построения, в координатной системе  $(\varphi, x)$  полученной функции  $y^*(t) = A_0^* + A_1^* \varphi(t)$  являющейся оценкой для функции (6).

Алгоритм выявления скрытых периодичностей (для любых  $n$ ).  
Для функции:

$$x(t) = A + \sum_{i=1}^n (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t) + \Delta(t), \quad (19)$$

вычисляем математическое ожидание:

$$y(t) \equiv \overline{x(t)} = A + \sum_{i=1}^n (A_i \cos \omega_i t + B_i \sin \omega_i t). \quad (20)$$

Вводим обозначения:

$$\varphi_j(t) = \cos \omega_j(t) - \frac{\sin(N+1/2)\omega_j}{(2N+1)\sin \omega_j / 2} \quad (21)$$

$$\varphi_{j+n}(t) = \sin \omega_j t \quad A_{j+n} = B_j \quad j=1, 2, \dots, n$$

Вычисляем:

$$x(t) = A_0 + \sum_{j=1}^{2n} A_j \varphi_j(t) + \Delta(t) = 0, \quad (22)$$

$$\text{где } A_j = A_0 + \sum_{j=1}^n \frac{\sin(N+0.5)\omega_j}{(2N+1)\sin \omega_j / 2}.$$



$$D'' = \left| \begin{array}{ccc} [\varphi_{n+1}\varphi_{n+1}] & [\varphi_{n+1}\varphi_{n+2}] \cdots [\varphi_{n+1}\varphi_{2n}] \\ [\varphi_{n+2}\varphi_{n+1}] & [\varphi_{n+2}\varphi_{n+2}] \cdots [\varphi_{n+2}\varphi_{2n}] \\ \dots & \dots & \dots \\ [\varphi_{2n}\varphi_{n+1}] & [\varphi_{2n}\varphi_{n+2}] \cdots [\varphi_{2n}\varphi_{2n}] \end{array} \right|, \quad (29)$$

где  $D'_i, D''_i$  – определители, получающиеся соответственно из  $D', D''$  заменой  $i$ -го столбца определителя столбцом из свободных членов системы (25).

Дисперсия  $\sigma^2$  имеет оценку:

$$\sigma^2 \approx (\sigma^*)^2 = \frac{1}{2N+1} \sum_{\lambda=-N}^{\lambda} \left( x_{\lambda} - A_0^* - \sum_{j=1}^{2n} A_j^* \varphi_{\lambda} \right)^2, \quad (30)$$

$$\frac{(2N+1)(\sigma^*)^2}{\sigma^2}$$

Причем  $\frac{(2N+1)(\sigma^*)^2}{\sigma^2}$  имеет  $X^2$ -распределение с  $2(N-n)$  степенями свободы. Чтобы построить доверительные интервалы для коэффициентов  $A_0, A_j$ , воспользуемся тем, что величины:

$$t = \frac{A_0^* - A_0}{s_{A_0^*}}, \quad t^{(j)} = \frac{A_j^* - A_j}{s_{A_j^*}},$$

распределены по закону Стьюдента с числом степеней свободы  $2(N-n)$ ; здесь обозначено:

$$s_{A_0^*} = \frac{\sigma^*}{\sqrt{2N-1}}, \quad s_{A_j^*} = \frac{\sigma^* \sqrt{2N-1}}{\sqrt{[\varphi_i \varphi_j] (2N-1)}} \sqrt{\left| \frac{D''_{ij}}{D''} \right|}, \quad \text{при } j > n, \quad (31)$$

$D''_{ij}, D''$  главные миноры определителей  $D', D''$ , полученный вычеркиванием в этих определителях  $j$ -й строки и  $j$ -го столбца.

По заданному  $p_\Delta$  и числу степеней свободы  $2(N-n)$  находим по  $t$ -распределению Стьюдента соответствующее  $t_\Delta^{(j)}$  и строим доверительный интервал:  $\left[ A_j^* - t_\Delta^{(j)} s_{A_j^*}, A_j^* + t_\Delta^{(j)} s_{A_j^*} \right]$ , покрывающий  $A_j$  с вероятностью  $1 - p_\Delta$ .

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

Бушуев Виталий Васильевич  
Сокотущенко Вадим Николаевич

Ответственный редактор *Я. Каминская*  
Компьютерная верстка *К. Горошкин*

Подписано в печать 20.02.2016 г.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Печать офсетная. Печ. л. 10,25  
Тираж. 500 экз.  
Заказ № 3 от 20.02.2016

Издательский дом «Энергия»  
г. Москва, 1-й Саратовский проезд, д. 4, под. 6  
Тел. 8(499)173-47-54; 8(499) 707-30-13  
Интернет-магазин: [www.energypublish.ru](http://www.energypublish.ru)

Отпечатано в ООО «ИД «ЭНЕРГИЯ»