

УДК 303.732. 4

UDC 303.732. 4

01.00.00 Физико-математические науки

Physical and mathematical sciences

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА AIDOS-X

PREDICTING GLOBAL CLIMATIC ANOMALIES SUCH AS EL NINO AND LA NINA BY USING ASC-ANALYSIS WITH AIDOS-X ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM

Чередниченко Наталья Алексеевна
Владивосток, Россия

Cherednychenko Natalia Alekseevna
Vladivostok, Russia

Трунев Александр Петрович
Ph. D., к.ф. -м.н.
РИНЦ SPIN-код: 4945-6530
Скопус author Id=6603801161
Директор, A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада

Alexander Trunev
Ph. D.
RISC SPIN code = 4945-6530
Director, A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada

На основе системы искусственного интеллекта AIDOS-X разработан ряд семантических информационных моделей, доказывающих наличие сходства между движением элементов лунной орбиты и динамикой мгновенного полюса Земли, а также нарушениями глобальной атмосферной и водной циркуляции, ведущими к возникновению эпизодов Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Изучены возможности семантических информационных моделей экваториальных регионов Тихого океана для прогнозирования глобальных климатических нарушений в тропической зоне и умеренных широтах. Сделан прогноз глобальной океанической циркуляции и возникновения эпизода Эль-Ниньо классического типа в 2015 году

A number of information and semantic models has been developed using artificial intelligence system AIDOS-X. The similarity between the movement of the elements of the lunar orbit and the dynamics of the instantaneous pole of the Earth, as well as violations of the global atmospheric circulation and water, leading to the emergence of episodes of El Niño and La Niña are justified. We have explored a possibility of semantic information models equatorial regions of the Pacific for prediction of global climatic disturbances in the tropical latitudes. We made a forecast about breaking of global ocean circulation, or the occurrence of El Niño episode of the classical type in 2015

Ключевые слова: СЕМАНТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, ЭЛЬ-НИНЬО, ЭЛЬ-НИНЬО MODOKI, ДВИЖЕНИЕ ПОЛЮСА ЗЕМЛИ

Keywords: SEMANTIC INFORMATION MODEL, COMPUTATIONAL EXPERIMENT, EL NINO, EL NINO MODOKI, POLAR MOTION

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, в Солнечной системе существуют единые причины и механизмы движения небесных тел, влияющие, в свою очередь, на движение полюса Земли, сейсмическую активность, вариации магнитного поля и социально-экономические процессы [1-24]. Как это было показано в наших предыдущих работах [1-18], астрономические параметры небесных тел могут быть использованы для создания семантических информационных моделей, с целью прогнозирования влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли.

Целью данной работы является разработка семантических информационных моделей на основе системы искусственного интеллекта «AIDOS-X», позволяющих выявить корреляцию между динамикой полюса и гло-

бальными климатическими сдвигами, формирующимися в периоды циклов Эль-Ниньо – Ла-Нинья [25-37], исследовать причинно-следственные связи и зависимость их возникновения от влияния внешних по отношению к Земле космических факторов.

Выявление подобных механизмов будет способствовать более совершенному пониманию и прогнозированию глобальных климатических катаклизмов.

ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Научное изучение Эль-Ниньо ведется около 150 лет, но исторические летописи и легенды коренного населения Америки свидетельствуют о существовании этого природного явления в течение как минимум 500 лет, а раскопки археологов позволяют предполагать существование уже за три тысячи лет до нашей эры [25-27].

Исследователи [29-37] выделяют океаническую составляющую (Эль-Ниньо), атмосферную составляющую (Южную осцилляцию или SOI), и полный цикл ENSO (Эль-Ниньо Южная Осцилляция). Как известно, теплая фаза Эль-Ниньо чаще всего переходит в противоположную холодную фазу – Ла-Нинья и затем сменяется нейтральной фазой. Все вместе это образует цикл наиболее важного проявления глобального изменения климата на планете.

Классические циклы Эль-Ниньо – Ла-Нинья имеют характерную динамику с нарушением связанной и согласованной системы циркуляции в тропической части Тихого океана. Несмотря на то, что основные процессы происходят в тропической зоне, катастрофические последствия циклов распространяются на умеренные широты не только в бассейне Тихого океана, но и ведут к изменениям климата на всей планете.

В норме макроциркуляционные процессы, в том числе в Тихом океане, представляют собой относительно стационарную систему в экваториальной зоне с образованием мощных конвективных ячеек Хэдли до 30 ° к северу и югу от экватора [33, 38-39].

Солнечное излучение вблизи экватора вызывает максимальный нагрев воды и воздуха, вследствие испарения и конденсации пара выше точки росы в облаках выделяется большое количество тепла, усиливающего существующие в силу межширотного перепада температур циркуляционные процессы в ячейках Хэдли [39].

Во вращающейся системе координат сила Кориолиса, отсутствующая на экваторе, отклоняет циркулирующие высокие воздушные потоки (струйные воздушные течения) в северном полушарии направо, а в южном – налево, ускоряемые вращением Земли.

Опускающийся в обоих полушариях остывающий воздух в приповерхностных областях создает постоянные пассаты, дующие в западном направлении в сторону экватора, против направления вращения Земли, ко-

торые поддерживаются моментом силы трения, с плечом силы, определяемым расстоянием, существующим до оси вращения планеты. Пассаты над океанами дуют с максимальной интенсивностью, разделяясь примерно в области экватора безветренной полосой. Пассаты генерируют волны Рос-сби, вследствие этого уровень моря в западной части Тихого океана примерно на 60 см. выше, чем в прибрежных регионах американского континента [38].

В приполярных широтах направление циркуляции воздушных потоков сменяется на противоположное, что приводит к образованию ячеек Ферелла в пределах широт от 30 до 60 °.

В тропической части Тихого океана выделяют экваториальную циркуляцию Уолкера. Гармоничная саморегулирующаяся глобальная циркуляция вызывает вследствие пассатов апвеллинг (подъем) глубинных холодных вод у западных прибрежных районов американского континента, локальное охлаждение атмосферы и повышение давления. Благодаря этому климат побережья Перу – холодный, что разительно контрастирует с климатом тех же широт на восточном побережье Южной Америки.

Вне цикла Эль-Ниньо – Ла-Нинья перенос охлажденных воздушных потоков на запад сопровождается их постепенным нагревом и насыщением водяными парами, поэтому в противоположной тропической западной зоне Тихого океана в регионах Индонезии и Австралии наблюдаются повышение температурных показателей, снижение атмосферного давления и выпадение обильные сезонных осадков.

Вследствие перемещения теплых вод к берегам юго-восточной Азии, здесь происходит даунвеллинг - опускание поверхностных теплых вод, что приводит к образованию термоклина - узкой прослойки воды с максимальными градиентами температуры. Глубина теплой воды здесь достигает 150 метров, в отличие от противоположной оконечности океана, куда перемещаются глубокие холодные воды и уровень границы теплой и холодной воды находится близко к поверхности.

Циклы Эль-Ниньо и Ла-Нинья происходят в среднем раз в 4 года, но некоторые эпизоды заканчиваются через несколько месяцев после начала, а другие длятся 3-4 года. В период Эль-Ниньо согласованная система воздушной и океанической циркуляции нарушается.

Южный Индекс Колебания (SOI), основанный на разнице показателей давления между восточной и западной частью Тихого океана, является одним из основных показателей крупномасштабных атмосферных флуктуаций. Измерения SOI производятся на метеостанциях Таити, Фр. Полинезия и Дарвин, Австралия. Устойчивый сдвиг SOI ниже -8 свидетельствует о наступлении Эль-Ниньо, подъем показателя выше +8 является типичным для эпизода Ла-Нинья [41]. Сглаженные временные ряды SOI хорошо соответствуют изменениям температуры во всей тихоокеанской тропической зоне. Вторым показателем окончания нейтральной фазы считается

среднее трехмесячное повышение на $0,5^{\circ}$ С при Эль-Ниньо или снижение температуры при эпизоде Ла-Нинья поверхностных вод в центрально-восточной экваториальной зоне Тихого океана, ограниченной широтами $5N - 5S$ и долготой $170W - 120W$.

В классическом варианте эпизоды Эль-Ниньо и Ла-Нинья начинают формироваться в мае-августе, достигают пика силы в декабре-апреле, а затем происходит их инволюция в течение мая-июля следующего года. Классическое развитие Эль-Ниньо включает в себя:

1. Повышение температуры поверхностных и подповерхностных вод в экваториальной восточной и центральной части Тихого океана на $1,5-3,5^{\circ}$ С выше нормы;
2. Поднятие термоклина на западной половине океана и, соответственно, уменьшение разницы уровней между западной и восточной частью океана;
3. Повышение температуры воздуха, снижение давления и усиление осадков в центрально-восточных регионах экваториальной части Тихого океана и снижение температуры, повышение давления и уменьшение осадков в регионах Австралии, Индонезии и юго-восточной Азии.
4. Снижение показателей SOI, основанных на разнице колебаний атмосферного давления между восточной и западной частью Тихого океана.
5. Ослабление восточных пассатов на всей восточной половине экваториальной части Тихого океана в нижних слоях атмосферы, а также снижение западных ветров в верхних слоях атмосферы. Появление ветров на низких уровнях атмосферы, дующих с запада на восток в экваториальной полосе Тихого океана. Перечисленные выше пункты 1-5 относятся к нарушениям экваториальной циркуляции Уолкера [38].
6. Увеличение вертикального сдвига ветра, смещение струйных течений к флангам ячеек Хэдли [39]. Так как ураганы возникают при умеренном вертикальном сдвиге ветра, в сезон Эль-Ниньо происходит уменьшение их количества в Атлантике, так как туда приходят струйные течения с высоким вертикальным сдвигом. В то же время в восточной части Тихого океана происходит увеличение количества ураганов, так как здесь вертикальный сдвиг велик.
7. Засуха и пожары в регионах Индонезии и Австралии и сильные ливни и вызванные ими оползни на западном побережье Америки. Появление множественных нарушений климата в умеренных широтах.

8. Экономические, социальные и политические нарушения, связанные с глобальными нарушениями климата [25-28].

Фаза Ла-Нинья противоположна теплой фазе Эль-Ниньо, она сопровождается усилением экваториальной циркуляции Уолкера и всем, что с ней связано. Происходит снижение температур воздуха и поверхностных вод океана вблизи западного побережья Америки, здесь увеличивается давление и поднимается термоклин, усиливаются пассаты, на противоположной стороне океана – увеличиваются температурные показатели, соответственно, падает давление и увеличивается SOI, усиливаются ливни, поднимается уровень моря и опускается термоклин.

Происходит снижение вертикального сдвига ветра в ячейках Хэдли и уменьшение струйных течений, что ведет к повышенной активности ураганов по всей тропической северной Атлантике, выше среднего по вертикали сдвиг ветра отмечается над восточной тропической северной частью Тихого океана, соответственно, здесь снижается активность ураганов.

Описанный выше классический вариант Эль-Ниньо недавно был дополнен вариантом Modoki, при котором потепление начинается не у побережья Южной Америки, а в центральной тропической части Тихого океана, где создается соответственно область низкого давления и выпадает большое количество осадков. Область потепления распространяется на восток океана, достигая максимума к концу года. В западной части океана при этом отмечается рост атмосферного давления.

Такой вариант Эль-Ниньо в свой сезон порождает большое количество ураганов, так, например, в сезон Эль-Ниньо Модоки 2004 года зарегистрировано двенадцать тропических штормов, в том числе «Иван», один из самых сильных ураганов в Атлантике с момента начала регистрации климата. В целом, ураганы в 2004 году принесли примерно столько же ущерба, как и супер Эль-Ниньо в 1997-1998 гг. В общей сложности, с 1850 по 1990 гг. прошло 32 классических Эль-Ниньо и 7 Эль-Ниньо Modoki, а после 1990 г. – только 3 классических явления Эль-Ниньо, и 6 Эль-Ниньо Modoki.

Согласно гипотезе [19-21], основное динамическое влияние на глобальную воздушную циркуляцию оказывает вращение Земли и положение оси вращения. В декабре-апреле в экваториальной части Тихого океана температура поверхности моря относительно высока. В это время теплые воды занимают самые большие площади, простираясь от Индонезии до линии меридиана 180E, а пассаты – слабее всего в годовом цикле, поэтому

даже небольшое смещение оси вращения может привести к значительному перераспределению воздушной циркуляции, усилить ее или вызвать блок циркуляции, и, следовательно, привести к повышению или снижению температуры. Поэтому изменение температуры поверхностных вод океана представляется самым надежным критерием для мониторинга в цикле EN-SO, второй же по значимости показатель – колебания атмосферного давления.

Для изучения температуры в экваториальной части Тихого океана выделены 4 региона, для которых сбор и анализ температурных показателей проводится отдельно. Зона Niño3.4 является индикаторной для возникновения Эль-Ниньо Modoki, а зона Niño1,2 первой реагирует на Эль-Ниньо классического типа - рис. 1.

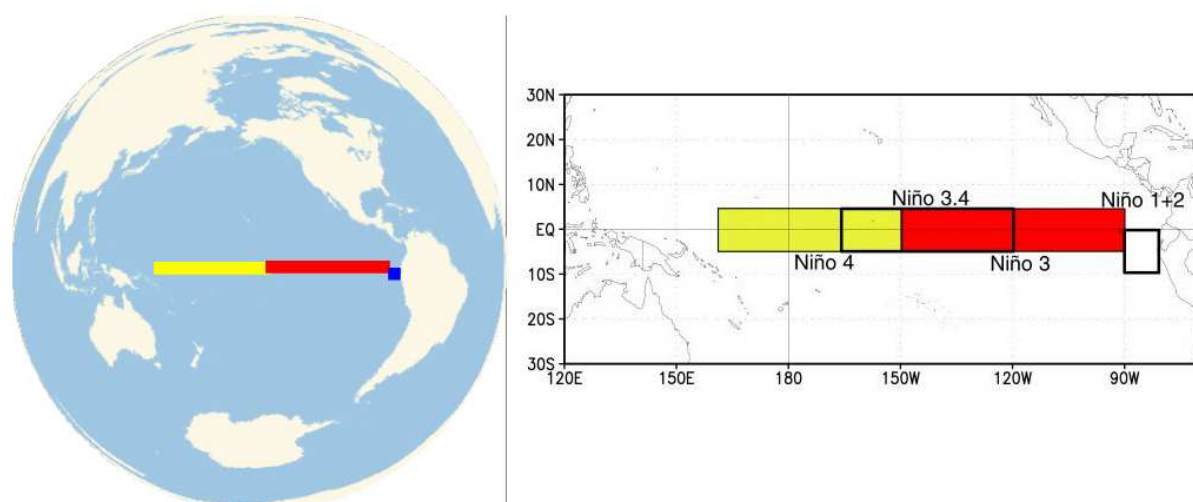


Рис 1. Зоны изучения температурных показателей поверхностных вод Тихого океана.

В предыдущем исследовании [18] мы показали, что основной движущей силой смещения географического полюса Земли является динамика системы Земля-Луна, что выражается в изменении позиции узлов и апогея лунной орбиты.

Общепринятым является предложение Эйлера [42] использовать плоскость эклиптики как основу неподвижной системы координат, пересечение с ней плоскости экватора как подвижной системы координат вследствие дрейфа точки весеннего равноденствия определяет основные астрометрические показатели и является отражением вынужденной прецессии оси вращения Земли.

Но в действительности плоскость эклиптики является плоскостью орбиты барицентра (центра масс системы Земля-Луна), а не орбиты Земли,

поэтому все хорошо изученные характеристики лунного движения являются также и характеристиками орбитального движения Земли [42].

Леонард Эйлер в работе «Уточненное исследование возмущений движения Земли, производимых Луной» показал, что движение Земли вокруг центра масс системы Земля-Луна представляет собой точное отображение движения Луны со всеми неравенствами, поэтому движение Луны позволяет с большой точностью определять возмущения в движении Земли [42].

Определяющим фактором является то, что направление на нулевой градус эклиптики, связанный с восходящим лунным узлом, дает ось X в системе учета эмпирических данных динамики полюса, а, соответственно, ось Y отстоит на 90° от оси X в этой системе.

Имеются две плоскости: первая – плоскость лунных узлов, совпадающая с плоскостью эклиптики, регрессирует по часовой стрелке и совершает оборот за 18,61 года, а вторая, более подвижная, плоскость апсид. Так как эти две плоскости дрейфуют навстречу друг другу, апогей и восходящий лунный узел пересекаются трижды в течение одного оборота лунных узлов.

Вектор скорости этого движения направлен по оси $90-270^\circ$ эклиптики в сторону западного полушария. С учетом трехкратного соединения точки апогея с узлом в течение одного периода оборота узлов по эклиптике, можно ожидать, что этот вектор опишет сложную кривую, имеющую три цикла по 120° , с динамически изменяющейся амплитудой кривой, зависящей от величин склонений и широт.

Отсюда, изменение астрономических параметров по оси $0-180^\circ$ эклиптикальной долготы – дает динамику смещения мгновенного полюса, учитываемую по оси X , а динамика астрономических параметров по линии $90-270^\circ$ эклиптикальной долготы – дает динамику смещения полюса по оси Y .

Хорошая повторяемость геометрических конфигураций лунных и солнечных затмений в течение веков убедительно свидетельствует о том, насколько близко движение системы Солнце-барицентр – к точному периодическому движению, следовательно, все остальные возмущения, в том числе от планет, имеют очень малую величину [18].

Динамика мгновенного полюса представляет собой закручивающуюся и раскручивающуюся спираль с периодом увеличения и падения амплитуды колебаний около 6 лет, при этом траектории движения полюса являются незамкнутыми кривыми, размер и форма контура меняется от цикла к циклу, а амплитуда колебаний может различаться в 5 раз.

Теоретически, движение лунного узла и апогея может приводить к смещению полюса Земли [1, 18], что должно приводить к изменениям температуры и давления. Апсиды (апогей-перигей) являются подвижной системой, к тому же имеющей дрейф по отношению к нулевой точке эклип-

тики, движение апогея в основном определяет динамику полюса внутри шестилетних циклов, поэтому можно ожидать преобладающее влияние апогея в динамике эмпирических данных, связанных с глобальной атмосферной и водной циркуляцией.

Когда соединения лунного узла и апогея в долговременном цикле близки к нулевому градусу эклиптики, то есть движение вдоль оси Y относительно слабое, ведущая роль принадлежит движению полюса вдоль оси X , возникают аномальные отклонения в регионе Nino1,2 и Nino4 (Nino3.4), что означает возникновение Эль-Ниньо Modoki – рис. 2-3.

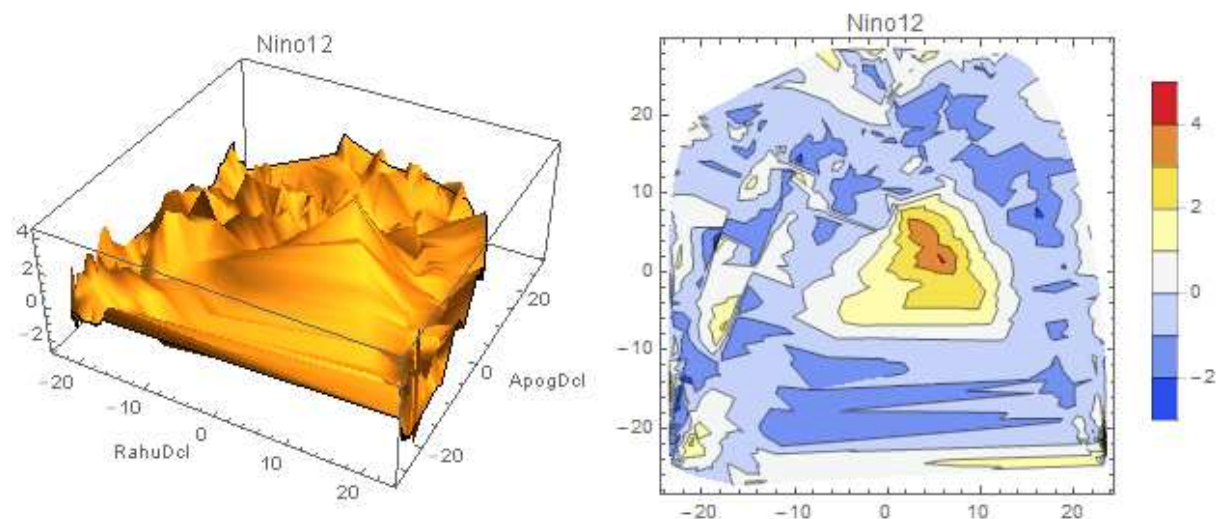


Рис. 2. Распределение отклонений температуры от средней в зоне Nino1,2 в зависимости от склонения апогея и Северного узла орбиты Луны.

Таким образом, мы можем ожидать существование корреляции между позицией элементов лунной орбиты, географического полюса Земли и изменениями температурных показателей и индекса Южной Осцилляции (SOI), с преобладающим влиянием движения полюса вдоль оси Y над движением вдоль оси X .

АСК-анализ [11] позволяет выявлять закономерности в больших массивах разнородных эмпирических данных, что дает возможность поиска корреляции между разнородными глобальными земными процессами и движением небесных тел Солнечной системы [1-18].

Данное исследование выполнено на основе системы искусственного интеллекта «AIDOS-X». В любой информационно-измерительной системе информация от объекта исследования к системе обработки информации (входящей в состав ИИС) всегда передается по некоторому каналу передачи информации. В физических и астрономических исследованиях в качестве канала передачи информации чаще всего выступают электромагнит-

ные волны различных диапазонов: свет, радиоволны и рентгеновское излучение. Наши знания об этих каналах передачи являются неполными.

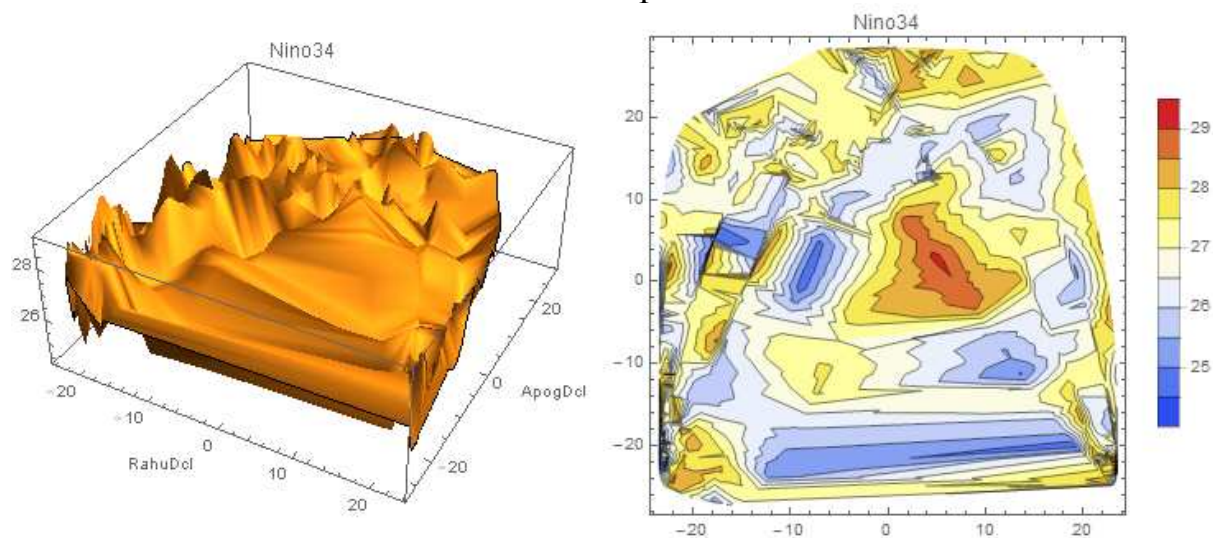


Рис. 3. Распределение температуры по Цельсию в зоне Nino 3,4 в зависимости от склонения апогея и Северного узла орбиты Луны.

Заметим, что на наш взгляд отсутствие знаний о каналах передачи взаимодействия или недостаточное их понимание не является фатальным препятствием на пути изучения свойств объектов с помощью этого взаимодействия. Это означает, что возможно получение адекватной информации об исследуемом объекте по слабо изученным каналам или каналам, природа которых вообще неизвестна. В процессах познания основное значение имеет информация, получаемая об объекте познания по каналам взаимодействия с ним, а не понимание природы этих каналов, которое не имеет принципиального значения на первых этапах познания. Этот подход будем называть информационным методом исследования [11, 15-16].

С целью выявления причин нарушения глобальной атмосферной и водной циркуляции были разработаны семантические информационные модели с высоким уровнем эмерджентности. Так как системный эффект – наличие у системы качественно новых, эмерджентных свойств, которые не сводятся к сумме свойств ее частей, то, чем больше элементов в системе, тем большую долю содержащейся в ней информации составляет информация, имеющаяся во взаимосвязях ее элементов.

Семантическая информационная модель базируется на том факте, что Земля включена в глобальную активную иерархическую информационную систему, компонентами которой, помимо нашей планеты, являются Солнце, Луна и планеты Солнечной системы.

Каждый из этих компонентов системы обладает сложной внутренней организацией, между тем, системный эффект тем выше, чем сложнее активные компоненты, ее составляющие, чем их больше и чем интенсивнее информационные взаимосвязи между элементами системы.

Решение прямой задачи включает в себя нормирование входных параметров и приведение их к одному масштабу измерения в интервале, разбиение интервалов на M частей, вычисление матрицы абсолютных частот информативности.

Решение обратной задачи включает в себя распознавание категорий по заданным астрономическим параметрам. Частным случаем задачи распознавания является определение достоверности идентификации категорий по астрономическим данным в каждой модели.

Для выявления существования корреляции между динамикой полюса и нарушениями глобальной циркуляции сформированы Модели №1 и №2, моделирование осуществлялось по параметру сходства, который является аналогом коэффициента корреляции в статистике, между показателями нарушения глобальной циркуляции – и показателями динамики полюса по осям X - Y соответственно.

Задача о распознавании категорий событий в поле центральных сил

Рассмотрим задачу распознавания категорий по астрономическим данным [4-18]. Имеется множество событий A , которому ставится в соответствие множество категорий C_i . Событием можно считать, например, ежедневную регистрацию положения мгновенного полюса по осям X и Y , а категорией – динамику смещения мгновенного полюса. По этим данным можно построить матрицу, содержащую соответствующие координаты небесных объектов, например углы долготы (прямого восхождения) и широты (склонения). Будем считать, что заданы частотные распределения N_i – число событий, имеющих отношение к данной категории C_i .

Определим число случаев реализации данной категории, которое приходится на заданный интервал изменения астрономических параметров, имеем в дискретном случае:

$$N_{ij}(x_j, k) = N_i w(\tilde{x}_j, k) \Delta x, \quad x_j < \tilde{x}_j < x_j + \Delta x \quad (1)$$

$$1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq 2m, \quad k = 1, \dots, k_0$$

Здесь w – плотность распределения событий вдоль нормированной координаты [3], k_0 – число небесных объектов, используемых в задаче.

Нормированная переменная определяется через угловую и радиальную координату следующим образом:

$$x_{jk} = \begin{cases} \vartheta_j(k) / 2\pi, & 1 \leq j \leq m, \quad 1 \leq k \leq k_0 \\ \frac{r_{\max}(k) - r(k)}{r_{\max}(k) - r_{\min}(k)}, & m + 1 \leq j \leq 2m \end{cases}$$

где r_{\min}, r_{\max} - минимальные и максимальные показатели астропараметров.

Определим матрицу информативности согласно [11]

$$I_{ijk} = \log_2 \frac{N_{ij} / \sum_j N_{ij}}{\sum_i N_{ij} / \sum_{i,j} N_{ij}}, N_{ij}(x_{jk}) \neq 0$$

$$I_{ijk} = 0, N_{ij}(x_{jk}) = 0,$$

$$\delta I_{jk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i \left(I_{ijk} - \frac{1}{n} \sum_i I_{ijk} \right)^2}$$

$$1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq 2m, \quad 1 \leq k \leq k_0 \tag{2}$$

Первая величина (2) называется информативность признака, а вторая величина является стандартным отклонением информативности или интегральная информативность (ИИ).

Каждой категории можно сопоставить вектор информативности астрономических параметров размерности $2mk_0$, составленный из элементов матрицы информативности, путем последовательной записи столбцов, соответствующих нормированной координате, в один столбец, т. е.

$$c_{is} = I_{ijk} \Big|_{jk=s}, \quad 1 \leq s \leq 2mk_0 \tag{3}$$

С другой стороны, процесс идентификации и распознавания может рассматриваться как разложение вектора распознаваемого объекта в ряд по векторам категорий (классов распознавания) [4-16]. Этот вектор, состоящий из единиц и нулей, можно определить по координатам небесных объектов, соответствующих дате и эмпирическим показателям события l в виде

$$a_{ls} = \begin{cases} 1, & (j-1)\Delta x \leq x_{jk}(l) \leq j\Delta x, \quad jk = s \\ 0, & 1 \leq s \leq 2mk_0 \end{cases} \tag{4}$$

Таким образом, если нормированная координата небесного объекта из данных по объекту исследуемой выборки попадает в заданный интервал, элементу вектора придается значение 1, а во всех остальных случаях – значение 0. Перечисление координат осуществляется последовательно для каждого небесного объекта.

В случае, когда система векторов (3) является полной, можно любой вектор (4) представить в виде линейной комбинации векторов системы (3).

Коэффициенты этого разложения будут соответствовать уровню сходства данного события с данной категорией. В случае неполной системы векторов (3) точная процедура заменяется распознаванием. При этом уровень сходства данных события с той или иной категорией можно определить по величине скалярного произведения вектора (4) на вектор (3), т. е.

$$K_{il} = \frac{1}{|a_l||c_i|} \sum_{s=1}^{2mk_0} a_{ls}(A)c_{is} \quad (5)$$

Отметим, что возможны четыре исхода, при которых можно истинно или ложно отнести или не отнести данное событие к данной категории. Для учета этих исходов распознавание категорий в системах искусственного интеллекта «Эйдос-астра» [10, 14] и «AIDOS-X» осуществляется по параметру сходства, который определяется следующим образом [4-16]:

$$S_i = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N (BT_{il} + T_{il} - BF_{il} - F_{il}) \cdot 100 \% \quad (6)$$

S_i – достоверность идентификации «i-й» категории;

N – количество событий в распознаваемой выборке;

BT_{il} – уровень сходства «l-го» события с «i-й» категорией, к которой он был правильно отнесен системой;

T_{il} – уровень сходства «l-го» события с «i-й» категорией, к которой он был правильно не отнесен системой;

BF_{il} – уровень сходства «l-го» события с «i-й» категорией, к которой он был ошибочно отнесен системой;

F_{il} – уровень сходства «l-го» события с «i-й» категорией, к которой он был ошибочно не отнесен системой.

При таком определении параметр сходства изменяется в пределах от -100% до 100%, как обычный коэффициент корреляции в статистике. Очевидно, что параметр сходства должен удовлетворять критерию простой проверки

$$S_i(N_i = 1) = 100 \%$$

В работах [4-16] и других было показано, что процедура распознавания по параметру сходства (6), реализованная в системе искусственного интеллекта «Эйдос-астра» [10, 14], является устойчивой как относительно объема выборки, так и относительно числа ячеек модели. Математическое обоснование этой процедуры дано в [11]. Причина, по которой оказывается возможным идентифицировать подмножества (категории) событий различной даже случайной природы, используя астрономические параметры, достаточно очевидна. Ведь фактически идентифицируются распределения, которые образуются при модулировании исходных распределений астрономическими параметрами [3]. В некоторых случаях этого достаточно, чтобы осуществить распознавание категорий [4-16].

В Модели №1 в качестве классификационной шкалы взяты усредненные трехмесячные показатели аномалии температуры поверхностных вод в регионе Nino3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W), разделенные на 72 класса. Использовались данные ERSST (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature), за период 1900–2012 гг [43]. В зависимость им поставлены параметры движения полюса по осям Y и X по данным IERS [44] - модель EOPC 01 за период 1900 – 2012 гг., также разделенные на 72 класса.

Результаты исследования в Модели №1 с величиной параметра сходства $S = 86.609$ свидетельствуют о наличии информационной связи между динамикой географического полюса Земли и аномалиями температуры поверхностных вод в регионе Nino3,4. Интегральная информативность показателей связи со смещением полюса вдоль оси X составляет -4.490, а вдоль оси Y +4.988, в полном соответствии с обсуждаемой гипотезой.

Модель №2 – рис. 4, сформирована подобным же образом, но в качестве классификационной шкалы взяты ежемесячные показатели Индекса Южной Осцилляции (SOI), свидетельствующие о динамической разнице атмосферного давления между Таити (Фр. Полинезия) и Дарвином (Австралия).

В качестве классификационной шкалы использованы стандартизованные среднемесячные показатели аномалии разницы давления между Таити и Дарвином (SOI) за 1900-2014 гг. по данным [45], разделенные на 72 класса. В зависимость им поставлены те же данные IERS, что и в Модели №1, с соответствующим разделением на 72 класса.

В результате исследования в Модели №2 получен параметр сходства $S = 76.991$, что ниже, чем в Модели №1, поэтому в дальнейших исследованиях в качестве ведущего показателя выбраны температурные аномалии в регионах сбора эмпирических данных Nino1,2-3,4. В Модели №2 интегральная информативность, отражающая связь климатических параметров с движением полюса вдоль координаты Y составляет +3.498, а вдоль координаты X - -3.483, что согласуется с обсуждаемой гипотезой.

В Моделях №3 и №4 взяты те же классификационные шкалы, что и в Моделях №1 и №2, разделенные на 18 классов, но в зависимость им поставлены 18 астрономических параметров, разделенных на 180 градаций. Астрономические параметры долготы и склонения Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, апогея и узлов орбиты Луны вычислялись на определенный момент времени, который задается в семантической информационной модели. С учетом повышения эмерджентности каждый астрономический параметр приобретает неотъемлемые системные свойства. Астрономические параметры вычислялись на начало суток (в 00:00:00 GMT) в фиксированной точке с географическими координатами (00.00E; 55.08N) в тропической системе координат.

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентифика...	Вероятность правильной не идентифика...	Средняя вероятность правильного результата	Дата получения результата	Время получения результата
ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	100.000	41.235	70.618	19.01.2015	18:3
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	100.000	24.383	62.192	19.01.2015	18:3
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	41.235	70.618	19.01.2015	18:3
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	24.383	62.192	19.01.2015	18:3
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	41.235	70.618	19.01.2015	18:4
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	24.383	62.192	19.01.2015	18:4
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	88.116	61.322	74.719	19.01.2015	18:4
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	95.362	43.025	69.193	19.01.2015	18:4
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	88.116	61.322	74.719	19.01.2015	18:4
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	95.362	43.025	69.193	19.01.2015	18:4
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	95.652	58.327	76.990	19.01.2015	18:4
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	95.652	58.330	76.991	19.01.2015	18:4
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	78.551	73.058	75.804	19.01.2015	18:5
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	96.159	41.648	68.904	19.01.2015	18:5
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	78.551	73.058	75.804	19.01.2015	18:5
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	96.159	41.648	68.904	19.01.2015	18:5
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	89.493	58.364	73.928	19.01.2015	18:5
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	95.652	42.484	69.068	19.01.2015	18:5
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	89.493	58.364	73.928	19.01.2015	18:5
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	95.652	42.484	69.068	19.01.2015	18:5

Рис 4. Скриншот выводной формы 4.1.3.6. результатов расчетов Модели №2 в программе «AIDOS-X».

Таблица 1. Результаты вычислений в Моделях №№3-4

№ Модели	Классификационная шкала	Описательные шкалы	Параметр сходства
Модель №3	Аномалии температуры в регионе Nino3.4	18 астрономических параметров	89.597
Модель №4	Индекс SOI	18 астрономических параметров	87.189

Информационное влияние астрономических параметров на показатели температуры поверхностных вод океана выше, чем на показатели атмосферного давления. Действительно, по данным [41] индексы SST являются ведущими показателями нарушений глобальной циркуляции, поэтому на индексах SST основаны наши дальнейшие исследования.

Таблица 2. Интегральная информативность описательных шкал в Модели №3

Название описательных шкал	Интегральная информативность описательных шкал
APOG LNG	1,326
RAHU LNG	1,317
SAT LNG	1,303
APOG DCL	1,293
MA LNG	1,293
SAT DCL	1,292
UR LNG	1,288
JUP LNG	1,278
VEN DCL	1,247
MA DCL	1,238
UR DCL	1,221
MER DCL	1,192
JUP DCL	1,192
VEN LNG	1,183
RAHU DCL	1,137
NEP LNG	1,013
NEP DCL	1,012
MER LNG	1,005

Интегральная информативность элементов лунной орбиты в Модели №3 является самой высокой, что означает их ведущую роль в возникновении аномальной температуры поверхностных вод океана в регионе Nino3,4.

Таким образом, изменение элементов лунной орбиты вызывает не только смещение географического полюса Земли, что доказано в нашей предыдущей работе [18], но, видимо, является причиной нарушений океанической и атмосферной глобальной циркуляции, ведущей к появлению Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

В Моделях №№5,6 исследована зависимость динамики полюса от движения лунного узла и апогея. В качестве классификационной шкалы взяты показатели ежедневной динамики полюса по координатам Y и X. Данные получены с сайта IERS [44], модель EOPC04_08_IAU2000A за период 1962 –2014 годы. Данные были разделены на 72 класса, в зависимость им поставлены астрономические параметры долготы и склонения лунного узла и апогея, также разделенные на 72 градации. Результаты исследования в этой модели представлены на рис. 5.

По полученным данным можно построить матрицу информативности, которая может быть использована в решении прямой задачи для выявления и визуализации когнитивных функциональных зависимостей в зашумленных данных большой размерности, а также обратной задачи прогнозирования.

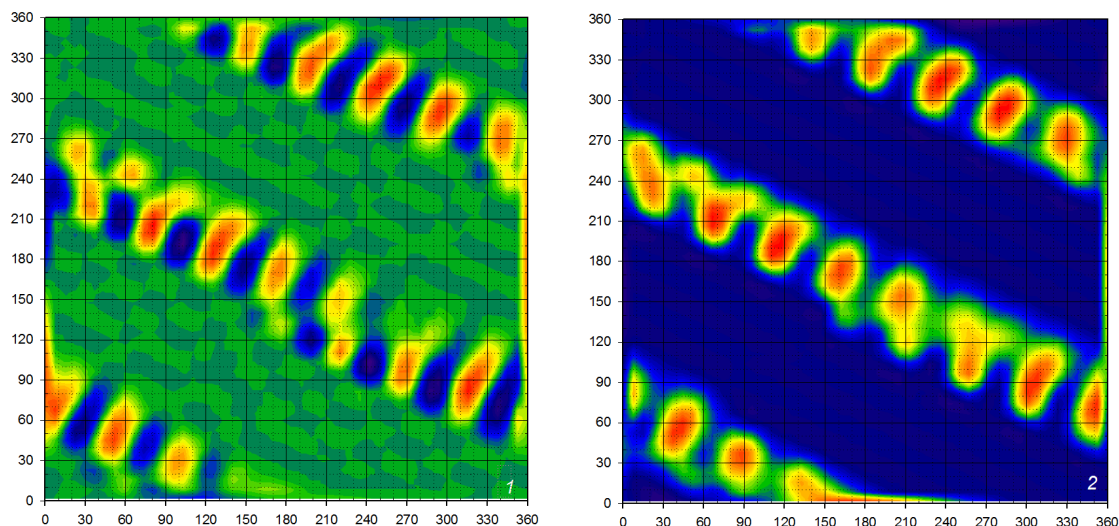


Рис 5. Матрица информативности в Моделях №№ 5 и 6, отображающая зависимость координаты полюса X (левый рисунок) и Y (правый рисунок) от долготы Апогея и Лунного узла.

Движение географического полюса по осям в сторону положительных величин отражается на графиках в виде пятен красного цвета, в сторону отрицательных величин – в виде пятен синего цвета. Каждое из цветовых пятен на графике 2 означает шестилетний цикл разворачивания и сворачивания траектории полюса [18].

На рис. 6 представлена матрица информативности модели №3 в зависимости от долготы апогея и лунного узла. Цветовыми пятнами от синего к красному отражена зависимость появления температурных аномалий в регионе Nino3,4, таким образом, периоды наступления Эль-Ниньо, отраженные красным цветом, и периоды Ла-Нинья, отраженные синим цветом, чередуются в зависимости от движения элементов лунной орбиты.

Кратко поясним суть этого метода. Матрица информативности (2) представляет собой таблицу, в которой столбцы соответствуют *обобщенным* образам классов, т. е. будущим состояниям моделируемой системы, строки – значениям факторов, влияющих на эту систему [11]. На пересечениях строк и столбцов матрицы находится количество информации, которое содержится в факте действия значения фактора, соответствующего строке, на переход системы в состояние, соответствующее столбцу.

Максимальное количество информации, которое может быть в значении фактора, определяется числом будущих состояний моделируемой системы. Модуль количества информации отражает силу влияния значения фактора, а знак – направление этого влияния, т. е. то, способствует он или препятствует наступлению данного состояния.

Если последовательности классов и значений факторов образуют порядковые шкалы или шкалы отношений, т. е. соответственно, на них определены отношения «больше-меньше» или, кроме того, единица измерения,

начало отсчета и арифметические операции, то матрица информативности допускает наглядную графическую визуализацию, *традиционного* для функций типа. Тогда значения факторов рассматриваются в качестве значений аргумента, а классы, о наступлении которых в этих значениях факторов содержится *максимальное* количество информации – в качестве значений функции.

Другие классы, менее обусловленные данным значением фактора, а также те, наступлению которых это значение препятствует в большей или меньшей степени, также могут отображаться соответствующими цветами, и это также может представлять интерес, т. к. позволяет задействовать мощные способности человека к анализу изображений. Когнитивные функции, представляемые в форме матрицы информативности (2), соответствуют очень общему виду функциональной зависимости: *многозначной функции многих аргументов*, т. к. каждое значение фактора влияет на все состояния моделируемого объекта, и каждое его состояние обусловлено всеми значениями факторов.

С учетом выделенных регионов для сбора эмпирических данных и отдельного изучения температурных аномалий в них сформированы Модели №№7-10. В качестве классификационных шкал взяты среднемесячные показатели температуры (матрицы информативности 1-4) и температурные аномалии (матрицы информативности 5-8) выделенных регионов экваториальной зоны Тихого океана за период 1950-2014 гг. - SSTOI.indices по данным [43]. Классификационные шкалы регионов Nino3, Nino4, Nino3,4 имеют для удобства анализа и прогнозирования 10 градаций, а регион Nino1,2 – 14 градаций. Описательные шкалы разделены на 180 градаций.

Сравнительный анализ результатов показывает, что наибольшим параметром сходства температуры с долготой апогея и лунного узла обладают регионы Nino1,2 и Nino4. Регион Nino3 является промежуточным между регионами Nino1,2 и Nino4, а регион Nino3,4, специально выделенный для изучения Эль-Ниньо Modoki, имеет меньшую информационную значимость, чем регион Nino4.

Характерная особенность представленных на рис. 7 матриц информативности – выраженные температурные аномалии при соединениях лунного узла и апогея вблизи оси 0-180° эклиптики, при этом соединения вблизи точки 180° дают температурную аномалию, ведущую к Эль-Ниньо, подобный период Эль-Ниньо наблюдался в течение 1997-1998 гг., а вблизи точки 0° эклиптики – периоды Ла-Нинья (2008-2009 гг).

Из данных, представленных на рис. 7 видно, что температурные аномалии, как со знаком плюс, так и со знаком минус, отчетливее всего проявлены в регионе Nino1,2, что означает его ведущую роль в возникновении нарушений глобальной циркуляции и соответствует появлению

классического Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Регион Nino4 является наиболее значимым для изучения и раннего прогнозирования Эль-Ниньо Modoki.

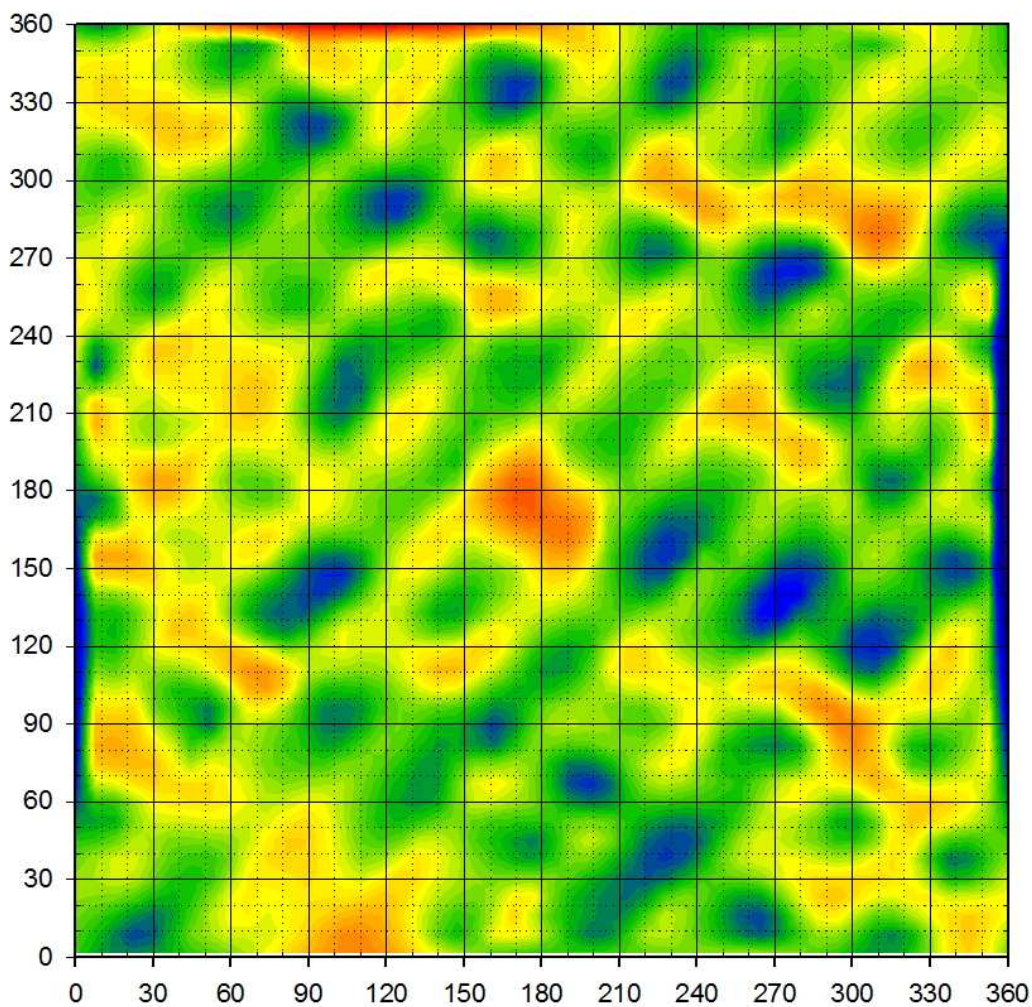
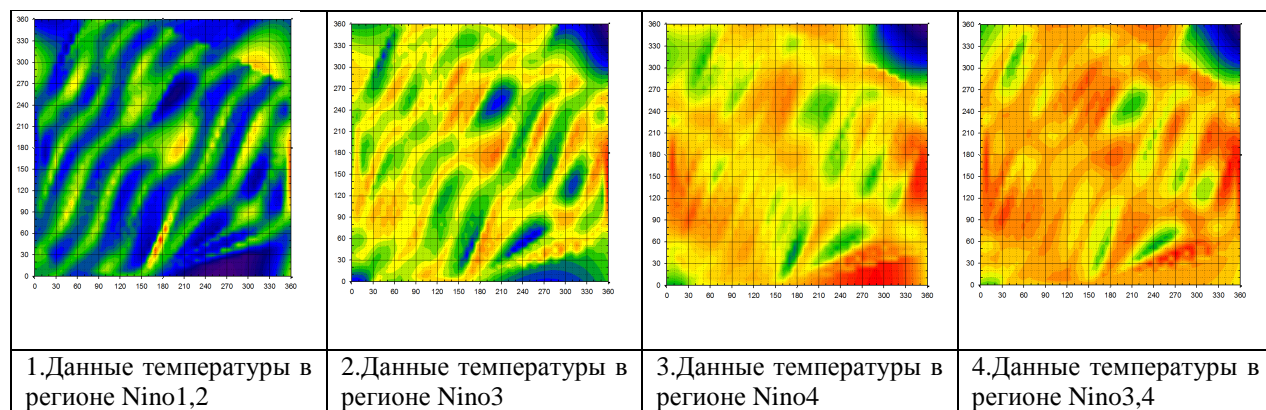


Рис. 6. Матрица информативности Модели №3, отображающая зависимость температурных аномалий поверхностных вод океана в регионе Nino3,4 от долготы лунного узла и апогея.



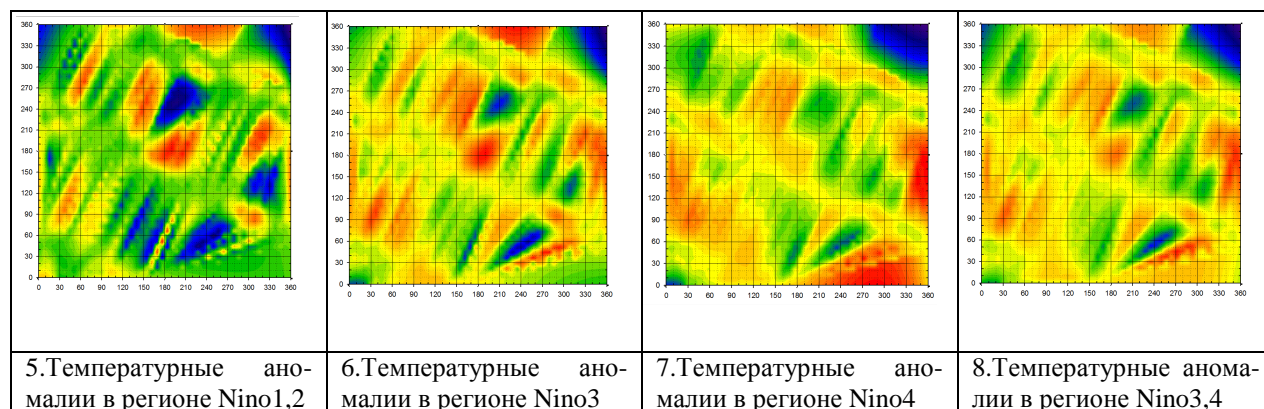


Рис. 7. Матрицы информативностей Моделей №№7-10 в зависимости от долготы апогея и лунного узла.

Таблица 3. Сравнительные результаты исследований в Моделях №№7-10

Регион	Параметр сходства
Nino1.2	84. 522
Nino3	83. 821
Nino4	84. 058
Nino3.4	82. 931

Несмотря на то, что главные события, связанные с Эль-Ниньо, происходят в тропической зоне Тихого океана, они тесно связаны с процессами, происходящими в других регионах Земного шара. Это прослеживается в явлениях телеконнекции, или в дальних пространственно-временных связях. В годы Эль-Ниньо увеличивается перенос энергии в тропосферу умеренных широт, что проявляется в увеличении термических контрастов между тропическими и полярными широтами, активизацией циклонической и антициклонической деятельности в умеренных широтах.

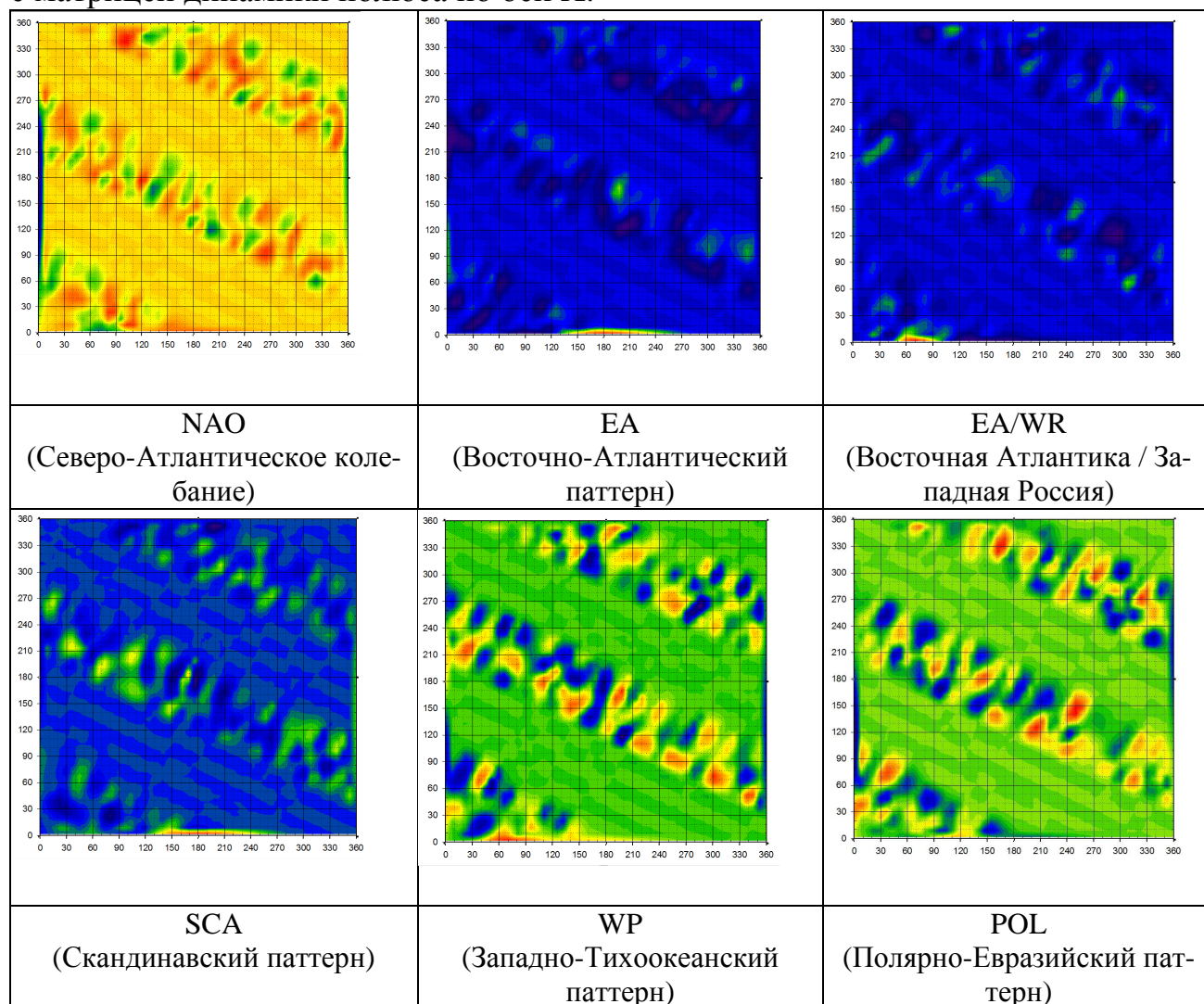
Индексы телеконнекции вычисляются на основе стандартизированных ежемесячных аномалий с учетом высотных перепадов и пространственной ротации. В результате выделяют девять временных рядов индексов телеконнекции для различных пространственных паттернов за период 1950-2014 гг.

В Моделях №№11-18 изучены информационные связи между динамикой показателей в различных пространственных паттернах и движением апогея и лунного узла. В качестве классификационных шкал взяты последовательно индексы телеконнекции восьми пространственно-временных паттернов, разделенные на 18 градаций, в зависимость им поставлены показатели долготы Лунного узла и апогея, разделенные на 72 градации. Источник данных – базы [43], содержащие Tele_index.nh. Результаты исследования представлены в Таблице 4.

Таблица 4. Результаты исследования индексов телеконнекции

Модель	Параметр сходства
NAO (Северо-Атлантическое колебание)	77. 583
EA (Восточно-Атлантический паттерн)	76. 824
EA/WR (Восточная Атлантика / Западная Россия)	77. 317
SCA (Скандинавский паттерн)	76. 742
WP (Западно-Тихоокеанский паттерн)	77. 578
POL (Полярно-Евразийский паттерн)	77. 632
PNA (Северо-Американская модель)	76. 751
EP/NP (Восточно-Тихоокеанская/Северо-Тихоокеанская модель)	70. 395

Наибольшей информативностью обладают паттерны NAO (Северо-Атлантическое колебание), WP (Западно-Тихоокеанский паттерн), POL (Полярно-Евразийский паттерн), что означает единый планетарный механизм формирования климатических аномалий и возможность прогнозирования нарушений глобальной циркуляции по некоторым регионам. На представленных матрицах информативностей имеется визуальное сходство с матрицей динамики полюса по оси X.



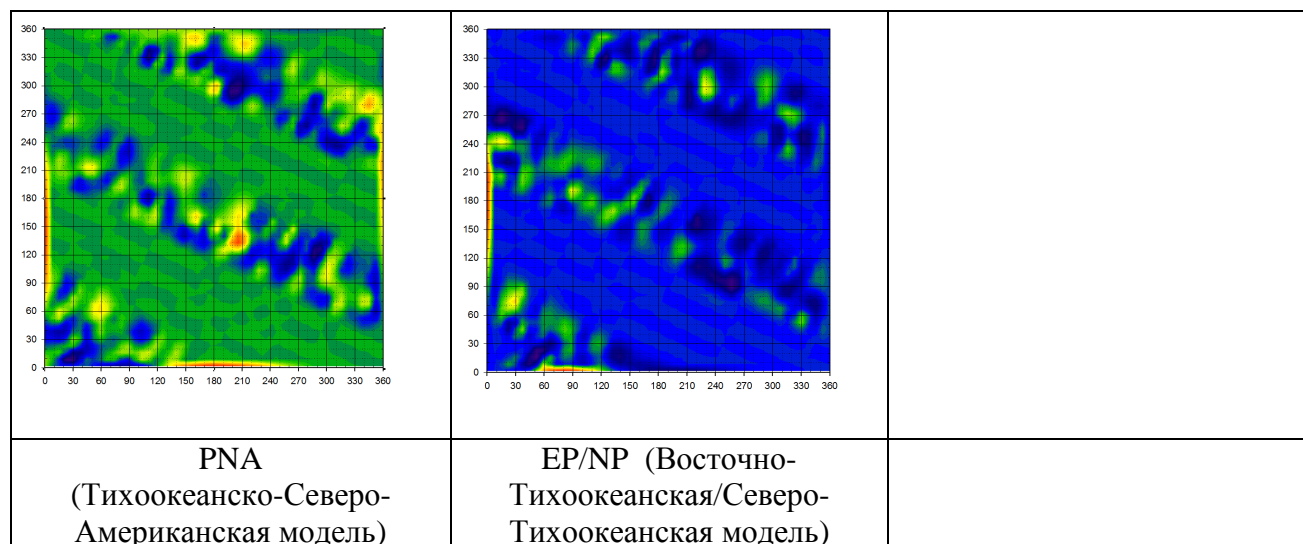


Рис. 8. Матрицы информативностей Моделей №№11-18

Модуль распознавания в программе «AIDOS-X» позволяет на основе будущих положений элементов лунной орбиты не только рассчитывать динамику полюса, что было продемонстрировано в нашей предыдущей работе [18], но и прогнозировать появление климатических аномалий Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

В модели №19 в качестве классификационной шкалы использованы среднемесячные, сглаженные по сезонно, показатели температурных аномалий в исследуемом регионе Nino3.4 по данным [43], разделенные на 10 градаций. В качестве описательных шкал использованы данные о долготе апогея и лунного узла, разделенные на 180 градаций. В этой модели коэффициент корреляции составляет 82.102. Матрица информативности модели №19 дает представление не только о прошлых температурных аномалиях, или периодах Эль-Ниньо и Ла-Нинья, но и о будущих глобальных нарушениях. На матрице проставлены годы с температурными аномалиями, а также отмечен будущий трек элементов лунной орбиты белыми точками. Апогей движется по эклиптике в прямом направлении, а лунный узел – противозодиакально, поэтому их совместная динамика отмечена на матрице информативностей соответствующим образом.

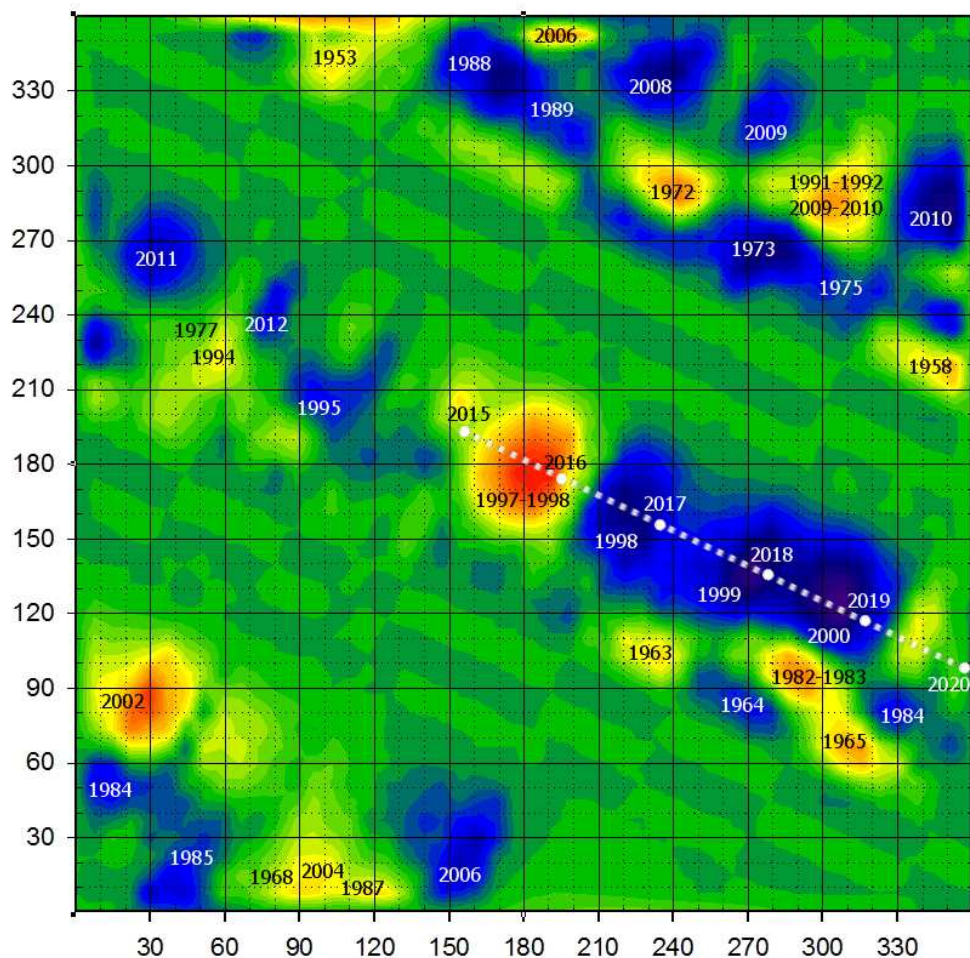


Рис 9. Матрица информативностей Модели №19 с результатами распознавания.

На рис. 10-13 представлены результаты распознавания будущих сценариев развития климата и температурных аномалий в регионах Nino 1,2 – рис. 10, Nino 4 рис. 11, Nino 3 – рис. 12, Nino 3,4 – рис. 13.

Согласно расчетам в исследуемом регионе Nino1,2 с вероятностью 84.522% произойдет аномальное отклонение температуры поверхностных вод в сторону положительных величин, которое начнется в марте 2015 года. Так как распознавание проводилось для месячных интервалов, а для официального прогноза необходимо отклонение температуры на $+0,5^{\circ}\text{C}$ от средних величин в течение трех месяцев, период Эль-Ниньо, согласно прогнозу, наступит в апреле-мае 2015 года и будет продолжаться весь период 2015 года.

Здесь также с корреляцией 84.058 отмечается аномальное превышение температурных показателей свыше $+0,5^{\circ}\text{C}$, но этот период кратковременный, основное аномальное отклонение отмечается в сторону снижения температуры. Таким образом, по расчетам в модуле распознавания в Мо-

делях №7 и №9 можно сделать прогноз о наступлении в апреле-мае 2015 года Эль-Ниньо классического типа.

Так как величины температурных аномалий сопоставимы с аномалиями 1997-1998 годов, можно ожидать значительного нарушения глобальной океанической и атмосферной циркуляции.

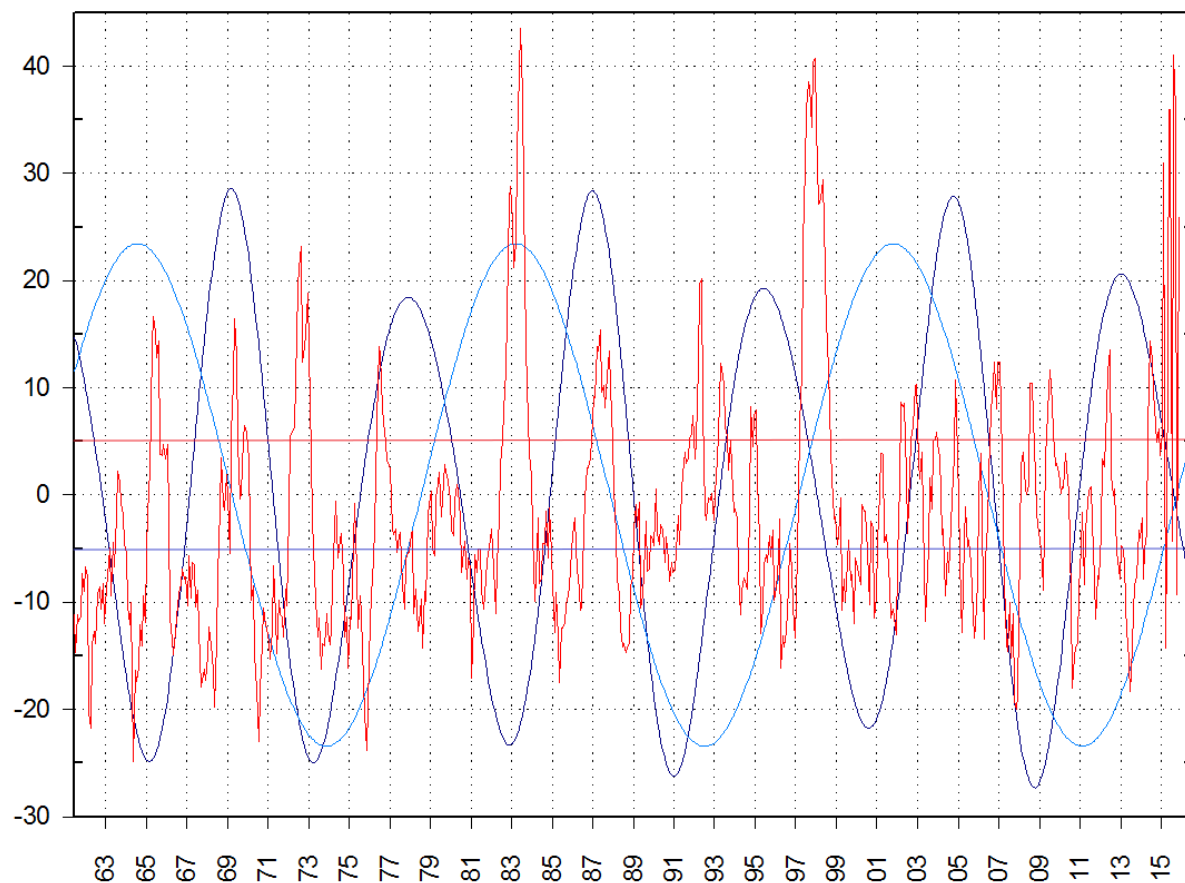


Рис. 10. Результаты распознавания в Модели №7 – динамика температурных аномалий в регионе Niño1,2 и прогноз на 2015 год. Красным цветом отмечены средне-месячные аномалии температуры поверхностных вод, нормированные для удобства анализа. Красная и синяя горизонтальные линии – порог отклонения, выше и ниже которого наступают периоды Эль-Нинья и Ла-Нинья соответственно, голубая и синяя линии – склонение лунного узла и апогея соответственно.

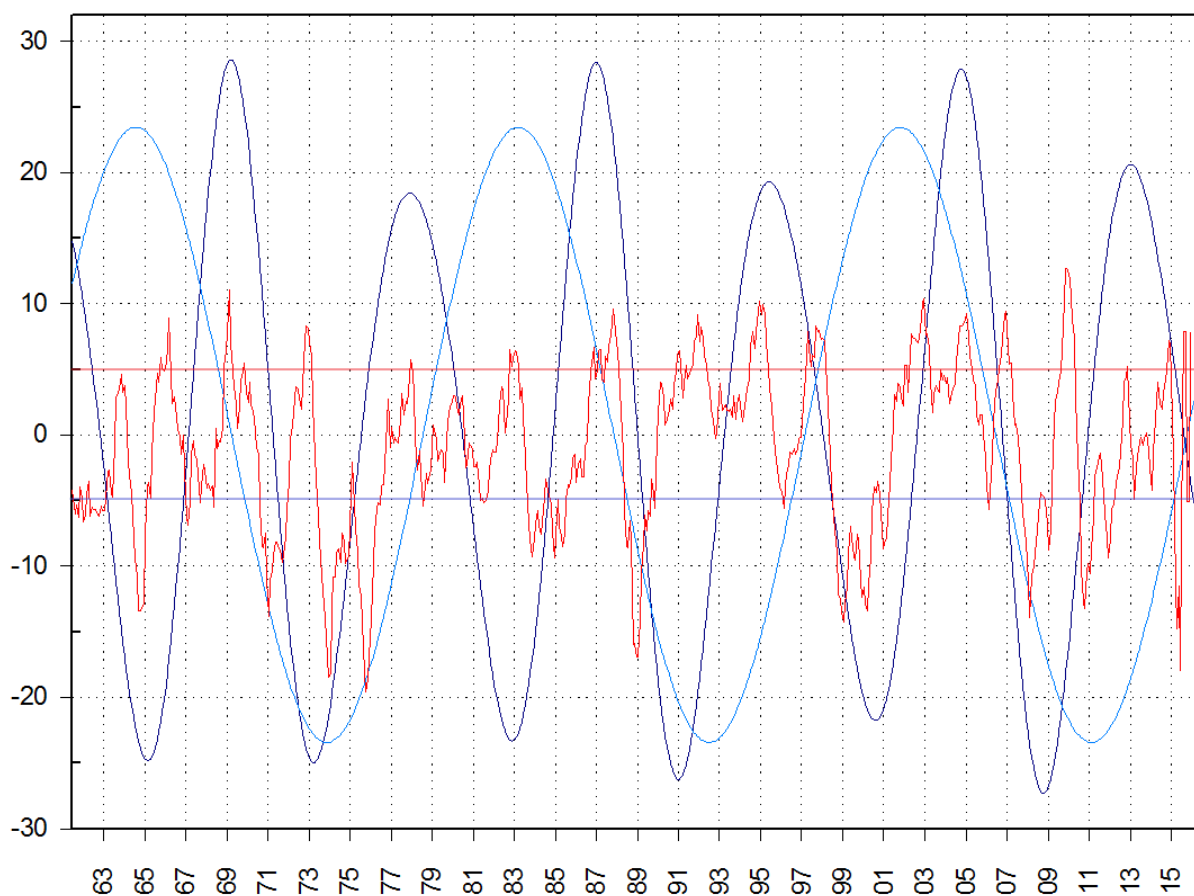


Рис. 11. Результаты распознавания в Модели №9 – прогноз температурных аномалий поверхностных вод океана в регионе Niño4. Красным цветом отмечены средне-месячные аномалии температуры поверхностных вод, нормированные для удобства анализа. Красная и синяя горизонтальные линии – порог отклонения, выше и ниже которого наступают периоды Эль-Нинья и Ла-Нинья соответственно, голубая и синяя линии – склонение лунного узла и апогея соответственно.

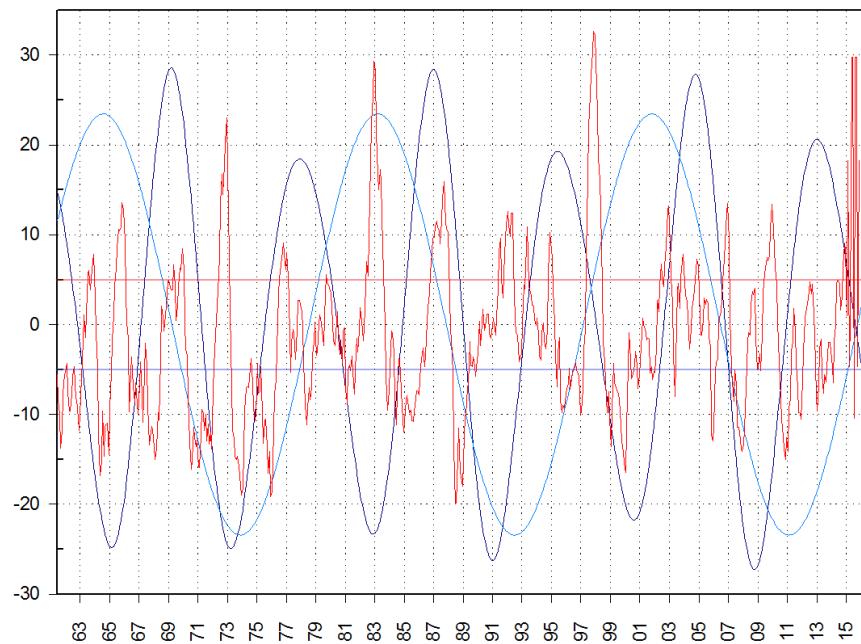


Рис. 12. Результаты распознавания в Модели №8 – прогноз температурных аномалий поверхностных вод океана в регионе Niño3. Обозначения см. на рис 10-11.

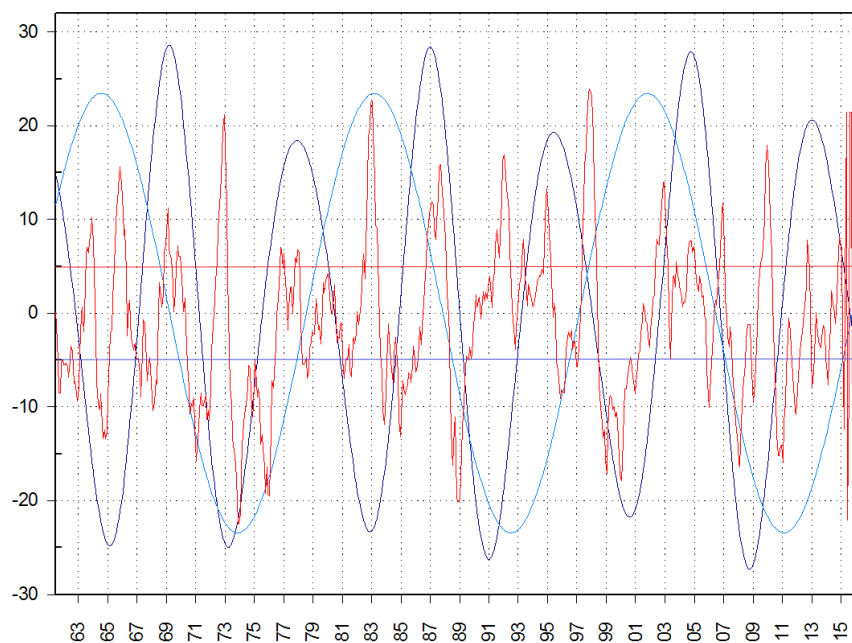


Рис. 13. Результаты распознавания в Модели №10 – прогноз температурных аномалий поверхностных вод океана в регионе Niño3,4. Обозначения см. на рис. 10-11.

Результаты распознавания в Моделях №№8,10 подтверждают аномальное отклонение в положительную сторону температурных показателей поверхностных вод океана в апреле-мае 2015 года.

Имеется характерная особенность в динамике полюса и движениях лунных узлов и апсид в разных системах координат. Широта апсид, учитываемая в эклиптикальной системе, изменяется равномерно с увеличением их долготы, в то время как в экваториальной системе, где динамика склонения апсид зависит от движения узлов, их нулевое склонение отмечается только при приближении долготы к оси пересечения плоскостей эклиптики и плоскости экватора, то есть оси 0-180 градусов.

Лунные узлы движутся относительно равномерно, и при нулевых склонениях в экваториальной тропической системе координат их долготы могут смещаться в пределах одного градуса, это – стабильная плоскость системы.

Дрейф апогея Луны при нулевой деклинации 1900-2300 гг.

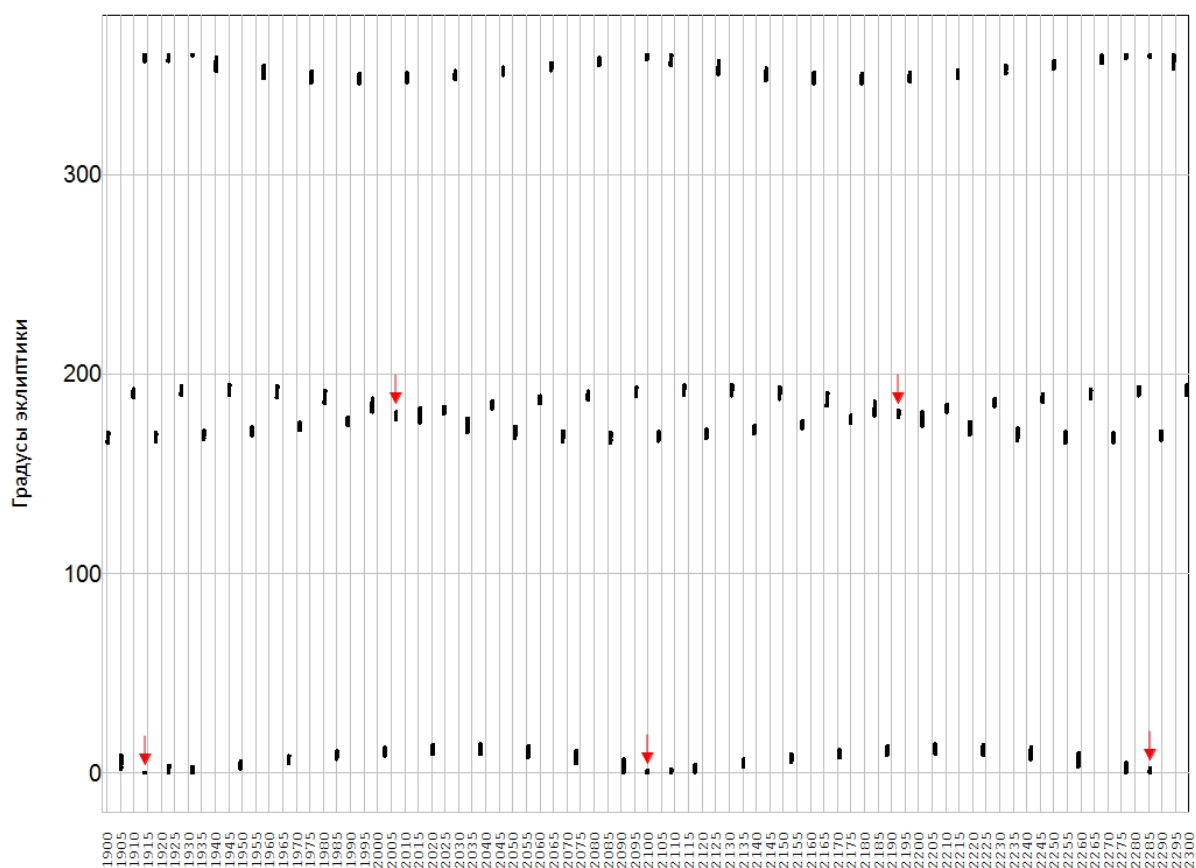


Рис. 14. Дрейф долготы апогея при нулевом склонении в период 1900-2300 гг.

Движение апогея в экваториальной системе неравномерное. В силу возмущений, оказываемых на движение Луны, происходит изменение долготы апсид при нулевом склонении в пределах 15 градусов относительно оси 0-180 °, к которой нулевое склонение «привязано». И это – корректирующая динамическая плоскость системы Земля-Луна, в то же время в длительных временных циклах – все лунные возмущения и неравенства сами себя компенсируют, о чем свидетельствует существование сароса.

В долговременных периодах, когда соединения лунного узла и апогея случаются вблизи линии $0-180^\circ$ эклиптики, происходят, вследствие не активности движения полюса вдоль оси Y, Эль-Ниньо Modoki. Именно такой период наблюдается в настоящее время, когда температурные аномалии начинаются не в типичном для классического варианта Эль-Ниньо регионе Nino1,2, а в регионе Nino4, или на оси X. Следующий подобный период будет в 2099 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан ряд семантических информационных моделей, доказывающих наличие сходства между движением элементов лунной орбиты и динамикой мгновенного полюса Земли, а также нарушениями глобальной атмосферной и водной циркуляции, ведущими к возникновению эпизодов Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Показана сравнительная информационная значимость регионов Nino 1.2, 3, 4, 3.4, выделенных для изучения температурных аномалий поверхностных вод экваториальной зоны Тихого океана, а также их роль в прогнозировании возможных аномалий.

Изучены семантические информационные модели пространственно-временных паттернов для прогнозирования климатических нарушений в умеренных широтах.

На основе системы искусственного интеллекта AIDOS-X сделан прогноз нарушения глобальной океанической циркуляции или возникновения эпизода Эль-Ниньо классического типа в 2015 году.

Результаты данного исследования расширяют возможности изучения и прогнозирования глобальных процессов изменения климата на планете.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трунев А. П. Моделирование влияния небесных тел на движение полюса Земли // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №10(64). С. 285 – 308. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0257. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/22.pdf>
2. Трунев А. П. Моделирование электромагнитного и гравитационного влияния небесных тел солнечной системы на смещение географического полюса и магнитное поле Земли // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №07(61). С. 174 – 203. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0152. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/16.pdf>
3. Трунев А. П. /Распределение случайных событий в поле центральных сил // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №05(49). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0046. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/05/pdf/03.pdf>
4. Трунев А. П. , Луценко Е. В. / Корреляция фондового индекса s & p 500 с астрономическими и геофизическими параметрами (Системно-когнитивный анализ взаимосвязи

- ноосферы, литосферы, магнитосферы и космической среды) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №03(57). С. 237 – 256. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0039. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/03/pdf/13.pdf>
5. Трунев А. П. , Луценко Е. В. Прогнозирование сейсмической активности и климата на основе семантических информационных моделей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №09(53). С. 98 – 122. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0098. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/09/pdf/09.pdf>
 6. Трунев А. П. , Луценко Е. В. Семантические информационные модели глобальной сейсмической активности при смещении географического и магнитного полюса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №02(56). С. 195 – 223. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0023. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/02/pdf/15.pdf>
 7. Трунев А. П. , Луценко Е. В. Системно-когнитивный анализ и прогнозирование сейсмической активности литосферы Земли, как глобальной активной геосистемы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №01(55). С. 299 – 321. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/22.pdf>
 8. Трунев А. П. , Луценко Е. В. Семантические информационные модели влияния солнечных пятен на сейсмическую активность, движение полюса и магнитное поле Земли // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №02(66). С. 546 – 571. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0030. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/46.pdf>
 9. Трунев А. П. , Луценко Е. В. , Бандык Д. К. /Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния тел Солнечной системы на движение полюса Земли и визуализация причинно-следственных зависимостей в виде когнитивных функций // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №01(65). С. 232 – 258.– Шифр Информрегистра: 0421100012\0002.– Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/20.pdf>
 10. Луценко Е. В. , Трунев А. П. «Эйдос-астра» – интеллектуальная система научных исследований влияния космической среды на поведение глобальных геосистем // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №07(61). С. 204 – 228. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0163. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/17.pdf>
 11. Луценко Е. В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.
 12. Луценко Е. В. , Трунев А. П. , Бандык Д. К. / Метод визуализации когнитивных функций – новый инструмент исследования эмпирических данных большой размерности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №03(67). С. 240 – 282. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0077. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>
 13. Луценко Е. В. , Трунев А. П. , Трунев Е. А. Развитие интеллектуальной системы «Эйдос-астра», снимающее ограничения на размерность баз знаний и разрешение когни-

- тивных функций // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №05(69). С. 353 – 377. – Шифр Информрегистра: 0421100012/0159. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/05/pdf/31.pdf>
14. Patent 2008610097, Russia, System for Typification and Identification of the Social Status of Respondents Based on the Astronomical Data at the Time of Birth - "AIDOS-ASTRO" / E. V. Lutsenko, A. P. Trunev, V. N. Shashin; Application № 2007613722, January 9, 2008.
 15. Трунев А. П., Луценко Е. В. Астросоциотипология: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008, – 279 с.
 16. Трунев А.П., Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2012. – 480 с. ISBN 978-5-94672-519-4.
 17. Чередниченко Н. А., Луценко Е. В., Бандык Д. К., Трунев А. П. / Прогнозирование землетрясений на основе астрономических данных с применением аск-анализа на примере большого калифорнийского разлома Сан-Андреас // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 1322 – 1377. – IDA [article ID]: 0911307093. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/93.pdf>
 18. Чередниченко Н.А., Луценко Е. В., Трунев А. П. / Моделирование смещения полюса Земли и алгоритм прогнозирования его динамики с применением АСК-анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). С. 149 – 188. – IDA [article ID]: 0991405010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/10.pdf>
 19. Сидоренко Н.С. Межгодовые колебания системы Атмосфера – Океан – Земля. Физические проблемы экологии № 13, 1999, с. 355 – 365.
 20. Сидоренков Н. С. Атмосферные процессы и вращение Земли. Гидрометеиздат, СПб, 2002.
 21. Сидоренков Н.С.. НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ//ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, том 74, № 8, с. 701-715 (2004)
 22. Акуленко Л.Д., Кумакшев С.А., Марков Ю.Г., Рыхлова Л.В. Модель движения полюса деформируемой Земли, адекватная астрометрическим данным// Астрон. ж. - 2002. - Т. 79. - N 1. - С. 81-89.
 23. Л.Д. Акуленко, С.А. Кумакшев, А.М. Шматков. Возмущенное вращение Земли// http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop_theory_rus.pdf
 24. Пономарева О.В. О механизме возмущения периодического движения полюса земли планетами солнечной системы// http://kcs.dvo.ru/ivs/publication/volc_day/2007/art20.pdf
 25. Caviedes Cesar N. El Nino in History: Storming Through the Ages. Gainesville: University of Florida Press. ISBN 0-8130-2099-9, 2001.
 26. Fagan Brian M. Floods, Famines, and Emperors: El Nino and the Fate of Civilizations. New York: Basic Books. ISBN 0-7126-6478-5, 1999.
 27. Li J., *et all.* El Nino modulations over the past seven centuries// Nature Climate Change 3 (9), 822, 2013.
 28. Семенов Е.К. Грандиозные последствия далекого «Эль-Ниньо», Россия в окружающем мире, Аналитический ежегодник, М.: Изд-во МНЭПУ, 1999.
 29. Philander S. George. El Nino, La Nina and the Southern Oscillation. San Diego: Academic Press. ISBN 0-12-553235-0, 1990.
 30. Trenberth Kevin E. The definition of El Nino// Bulletin of the American Meteorological Society 78 (12), 1997.
 31. Гущина Д.Ю., Девицт Б., Петросянц М.А. Объединенная модель атмосферы и тропического Тихого океана. Прогноз явления Эль-Ниньо - Южное Колебание 1997-1998гг//Известия АН. Физика атмосферы и океана. 2000. Т.36. N0 5. с.581-604.

32. Ashok, K., Behera S.K., Rao S.A, Weng H., Yamagata T. El Niño Modoki and its possible teleconnection // J. Geophys. Res., 2007, 112.
33. Бондаренко А.Л. Крупномасштабные течения и долгопериодные волны Мирового океана. Москва, 2012 г
34. Yamasaki K., Gozolchiani A., Havlin S., De Arcangelis L., Godano C. Climate networks around the globe are significantly affected by El Nino// Phys. Rev. Lett 100 (3): 228501. arXiv:0709.1792, 2008.
35. M. C. Wu, W. L. Chang, and W. M. Leung. Impacts of El Nino–Southern Oscillation Events on Tropical Cyclone Landfalling Activity in the Western North Pacific// Journal of Climate: pp. 1419–1428, 2003.
36. Yuan Xiaojun. ENSO-related impacts on Antarctic sea ice: a synthesis of phenomenon and mechanisms// Antarctic Science 16 (4): 415–425, 2004.
37. Rosario Romero-Centeno, Jorge Zavala-Hidalgo, Artemio Gallegos, and James J. O’Brien. Isthmus of Tehuantepec wind climatology and ENSO signal// Journal of Climate 16 (15): 2628–2639, August 2003.
38. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. - М.:Мир. Т. 2. 1986. 415 с.
39. Hou A. Hadley circulation as a modulator of the extratropical climate // J. Atmospheric Sciences. 1998. 15.
40. Аметистова Л.Е., Добролюбов С.А., Гулев С.К. Изменчивость деятельного слоя Северной Атлантики по гидрологическим данным и значениям потоков тепла и влаги//Окенология, Т.41. № 3, 2001.
41. Hudson D., Alves O., Hendon H.Y., Guomin Wang. The impact of atmospheric initialisation on seasonal prediction of tropical Pacific SST// Clim Dyn, 25 February 2010.
42. Леонард Эйлер: Сборник статей в честь 250-летия со дня рождения. Под ред. М.А.Лаврентьева, А.П.Юшкевича, А.Т.Григорьяна. М., Издательство Академии Наук СССР, 1958.
43. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
44. <http://www.iers.org/>
45. <http://www.bom.gov.au/climate/>

References

1. Trunев А. П. Modelirovanie vlijanija nebesnyh tel na dvizhenie poljusa Zemli // Po-litematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasno-dar: KubGAU, 2010. – №10(64). S. 285 – 308. – Shifr Informregistra: 0421000012\0257. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/22.pdf>
2. Trunев А. П. Modelirovanie jelektromagnitnogo i gravitacionnogo vlijanija nebesnyh tel solnechnoj sistemy na smeshhenie geograficheskogo poljusa i magnitnoe pole Zemli // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №07(61). S. 174 – 203. – Shifr Informregistra: 0421000012\0152. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/16.pdf>
3. Trunев А. П. /Raspredelenie sluchajnyh sobytij v pole central'nyh sil // Nauchnyj zhurnal KubGAU [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №05(49). – Shifr Informregistra: 0420900012\0046. – Rezhim dostupa:<http://ej.kubagro.ru/2009/05/pdf/03.pdf>
4. Trunев А. П. , Lucenko E. V. / Korreljacija fondovogo indeksa s & p 500 s astronomi-cheskimi i geofizicheskimi parametrami (Sistemno-kognitivnyj analiz vzaimosvjazi noosfery, litosfery, magnitosfery i kosmicheskoy sredy) // Politematicheskij se-tevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №03(57). S.

237 – 256. – Shifr Informregistra: 0421000012\0039. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/03/pdf/13.pdf>

5. Trunев A. P. , Lucenko E. V. Prognozirovaniye sejsmicheskoy aktivnosti i klimata na osnove semanticheskikh informacionnykh modelej // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №09(53). S. 98 – 122. – Shifr Informregistra: 0420900012\0098. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/09/pdf/09.pdf>

6. Trunев A. P. , Lucenko E. V. Semanticheskie informacionnye modeli global'noj sejsmicheskoy aktivnosti pri smeshhenii geograficheskogo i magnitnogo poljusa // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №02(56). S. 195 – 223. – Shifr Informregistra: 0421000012\0023. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/02/pdf/15.pdf>

7. Trunев A. P. , Lucenko E. V. Sistemno-kognitivnyj analiz i prognozirovaniye sejsmicheskoy aktivnosti litosfery Zemli, kak global'noj aktivnoj geosistemy // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №01(55). S. 299 – 321. – Shifr Informregistra: 0421000012\0001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/22.pdf>

8. Trunев A. P. , Lucenko E. V. Semanticheskie informacionnye modeli vlijaniya solnechnykh pjaten na sejsmicheskuyu aktivnost', dvizhenie poljusa i magnitnoe pole Zemli // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №02(66). S. 546 – 571. – Shifr Informregistra: 0421100012\0030. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/46.pdf>

9. Trunев A. P. , Lucenko E. V. , Bandyk D. K. /Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz vlijaniya tel Solnechnoj sistemy na dvizhenie poljusa Zemli i vi-zualizacija prichinno-sledstvennykh zavisimostej v vide kognitivnykh funkcij // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №01(65). S. 232 – 258. – Shifr Informregistra: 0421100012\0002. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/20.pdf>

10. Lucenko E. V. , Trunев A. P. «Jejdos-astra» – intellektual'naja sistema nauchnykh is-sledovaniy vlijaniya kosmicheskoy sredy na povedenie global'nykh geosistem // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №07(61). S. 204 – 228. – Shifr Informregistra: 0421000012\0163. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/17.pdf>

11. Lucenko E. V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob'ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomicheskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizacionno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2002. – 605 s.

12. Lucenko E. V. , Trunев A. P. , Bandyk D. K. / Metod vizualizacii kognitivnykh funk-cij – novyj instrument issledovaniya jempiricheskikh dannykh bol'shoj razmernosti // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №03(67). S. 240 – 282. – Shifr Informregistra: 0421100012\0077. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>

13. Lucenko E. V. , Trunев A. P. , Trunев E. A. Razvitie intellektual'noj sistemy «Jej-dos-astra», snimajushhee ogranichenija na razmernost' baz znanij i razreshenie kognitivnyh funkcyj // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubansko-go gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №05(69). S. 353 – 377. – Shifr Informregi-stra: 0421100012\0159. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/05/pdf/31.pdf>
14. Patent 2008610097, Russia, System for Typification and Identification of the Social Status of Respondents Based on the Astronomical Data at the Time of Birth - "AIDOS-ASTRO" / E. V. Lutsenko, A. P. Trunев, V. N. Shashin; Application № 2007613722, January 9, 2008.
15. Trunев A. P. , Lucenko E. V. Astrosociotipologija: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008, – 279 s.
16. Trunев A.P., Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz vlijanija faktorov kosmicheskoy sredy na noosferu, magnitosferu i litosferu Zemli: Pod nauch. red. d.t.n., prof. V.I.Loiko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, Kub-GAU. 2012. – 480 s. ISBN 978-5-94672-519-4.
17. Cherednichenko N. A., Lucenko E. V., Bandyk D. K., Trunев A. P. / Prognozirovanie zem-letrjasenij na osnove astronomicheskikh dannyh s primeneniem ask-analiza na primere bol'shogo kalifornijskogo razloma San-Andreas // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 1322 – 1377. – IDA [article ID]: 0911307093. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/93.pdf>
18. Cherednichenko N.A., Lucenko E. V., Trunев A. P. /Modelirovanie smeshhenija poljusa Zemli i algoritm prognozirovaniya ego dinamiki s primeneniem ASK-analiza // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). S. 149 – 188. – IDA [article ID]: 0991405010. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/10.pdf>
19. Sidorenko N.S. Mezhhodovye kolebanija sistemy Atmosfera – Okean – Zemlja. Fizicheskie problemy jekologii № 13, 1999, s. 355 – 365.
20. Sidorenkov N. S. Atmosfernye processy i vrashhenie Zemli. Gidrometeoizdat, SPb, 2002.
21. Sidorenkov N.S.. NESTABIL"NOST" VRASHHENIJA ZEMLI//VESTNIK ROSSIJSKOJ AKADEMII NAUK, tom 74, № 8, s. 701-715 (2004)
22. Akulenko L.D., Kumakshev S.A., Markov Ju.G., Ryhlova L.V. Model' dvizhenija poljusa deformiruemoj Zemli, adekvatnaja astrometricheskim dannym// Astron. zh. - 2002. - T. 79. - N 1. - S. 81-89.
23. L.D. Akulenko, S.A. Kumakshev, A.M. Shmatkov. Vozmushhennoe vrashhenie Zemli// http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop_theory_rus.pdf
24. Ponomareva O.V. O mehanizme vozmushhenija periodicheskogo dvizhenija poljusa zemli planetami solnečnoj sistemy// http://kes.dvo.ru/ivs/publication/volc_day/2007/art20.pdf
25. Caviedes Cesar N. El Nino in History: Storming Through the Ages. Gainesville: University of Florida Press. ISBN 0-8130-2099-9, 2001.
26. Fagan Brian M. Floods, Famines, and Emperors: El Nino and the Fate of Civilizations. New York: Basic Books. ISBN 0-7126-6478-5, 1999.
27. Li J., et all. El Nino modulations over the past seven centuries// Nature Climate Change 3 (9), 822, 2013.

28. Semenov E.K. Grandioznye posledstvija dalekogo «Jel'-Nin'o», Rossija v okruzhajushhem mire, Analiticheskij ezhegodnik, M.: Izd-vo MNJePU, 1999.
29. Philander S. George. El Nino, La Nina and the Southern Oscillation. San Diego: Academic Press. ISBN 0-12-553235-0, 1990.
30. Trenberth Kevin E. The definition of El Nino// Bulletin of the American Meteorological Soci-ety 78 (12), 1997.
31. Gushhina D.Ju., Devitt B., Petrosjanc M.A. Ob#edinennaja model' atmosfery i tropiche-skogo Tihogo okeana. Prognoz javlenija Jel'-Nin'o - Juzhnoe Kolebanie 1997-1998gg//Izvestija AN. Fizika atmosfery i okeana. 2000. T.36. N0 5. c.581-604.
32. Ashok, K., Behera S.K., Rao S.A, Weng H., Yamagata T. El Niño Modoki and its possible teleconnection // J. Geophys. Res., 2007, 112.
33. Bondarenko A.L. Krupnomasshtabnye techenija i dolgoperiodnye volny Mirovogo okea-na. Moskva, 2012 g
34. Yamasaki K., Gozolchiani A., Havlin S., De Arcangelis L., Godano C. Climate networks around the globe are significantly affected by El Nino// Phys. Rev. Lett 100 (3): 228501. arXiv:0709.1792, 2008.
35. M. C. Wu, W. L. Chang, and W. M. Leung. Impacts of El Nino–Southern Oscillation Events on Tropical Cyclone Landfalling Activity in the Western North Pacific// Journal of Climate: pp. 1419–1428, 2003.
36. Yuan Xiaojun. ENSO-related impacts on Antarctic sea ice: a synthesis of phenomenon and mechanisms// Antarctic Science 16 (4): 415–425, 2004.
37. Rosario Romero-Centeno, Jorge Zavala-Hidalgo, Artemio Gallegos, and James J. O'Brien. Isthmus of Tehuantepec wind climatology and ENSO signal// Journal of Climate 16 (15): 2628–2639, August 2003.
38. Gill A. Dinamika atmosfery i okeana. - M.:Mir. T. 2. 1986. 415 s.
39. Hou A. Hadley circulation as a modulator of the extratropical climate // J. Atmospheric Sci-ences. 1998. 15.
40. Ametistova L.E., Dobroljubov S.A., Gulev S.K. Izmenchivost' dejatel'nogo sloja Sever-noj Atlantiki po gidrologicheskim dannym i znachenijam potokov tepla i vlagi//Okenologija, T.41. № 3, 2001.
41. Hudson D., Alves O., Hendon H.Y., Guomin Wang. The impact of atmospheric initialisation on seasonal prediction of tropical Pacific SST// Clim Dyn, 25 February 2010.
42. Leonard Jejler: Sbornik statej v chest' 250-letija so dnja rozhdenija. Pod red. M.A.Lavrent'eva, A.P.Jushkevicha, A.T.Grigor'jana. M., Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 1958.
43. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
44. <http://www.iers.org/>
45. <http://www.bom.gov.au/climate/>