

УДК 303.732. 4+550.2+521.937+523.31

UDC 303.732. 4+550.2+521.937+523.31

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛЮСА  
ЗЕМЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АСК-АНАЛИЗА**

**SIMULATION OF EARTH'S POLES DYNAMICS  
USING ASK-ANALYSIS**

Чередниченко Наталья Алексеевна  
*Владивосток, Россия*

Cherednychenko Natalia Alekseevna  
*Vladivostok, Russia*

Луценко Евгений Вениаминович  
д.э.н., к.т.н., профессор  
*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

Lutsenko Evgeny Veniaminovich  
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Трунев Александр Петрович, Ph. D. , к. ф. -м. н.  
*Директор, A&E Trounev IT Consulting, Торонто,  
Канада*

Alexander Trunev, Ph. D.  
*Director, A&E Trounev IT Consulting, Toronto,  
Canada*

На основе локальных семантических информаци-  
онных моделей исследована зависимость динамики  
смещения полюса от положения небесных объек-  
тов. Разработан дифференцированный анализ и  
АСК-моделирование динамики полюса внутри ше-  
стилетних циклов по реперным точкам. обосно-  
ваны причины возникновения инверсии и особых  
состояний в динамике полюса.

Based on local semantic information models, the de-  
pendence of the dynamics of the displacement of the  
pole positions of celestial objects. Developed and dif-  
ferentiated analysis of ASK-pole modeling of dynam-  
ics within six years cycles of reference points. Sub-  
stantiated reasons for the population inversion and  
singular states in the dynamics of the pole.

Ключевые слова: СЕМАНТИЧЕСКИЕ ИНФОР-  
МАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТ, ЧАНДЛЕРОВСКИЕ КОЛЕБА-  
НИЯ, ДВИЖЕНИЕ ПОЛЮСА ЗЕМЛИ

Keywords: SEMANTIC INFORMATION  
MODEL, COMPUTATIONAL EXPERIMENT,  
CHANDLER WOBBLE, POLAR MOTION

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопрос о природе сил, вызывающих сейсмическую активность, сме-  
щение географического полюса, изменение скорости вращения Земли во-  
круг своей оси, возникновение торнадо и ураганов изучен недостаточно,  
происхождение этих сил и порождаемых ими глобальных процессов явля-  
ется предметом научных дискуссий [1-36].

В плане воздействия на глобальные земные процессы наиболее изу-  
ченными являются приливные воздействия Солнца и Луны, имеющие гра-  
витационный механизм [2-7,14, 21-23].

С разработкой систем АСК-анализа [37-39], позволяющего выявлять  
закономерности в огромных массивах разнородных эмпирических данных,  
появилась возможность поиска корреляции между разнородными глобаль-  
ными земными процессами и информационным взаимодействием Земли с  
другими небесными телами Солнечной системы [25-36].

Существование зависимости сейсмических процессов от подобного взаимодействия в локальном регионе большого калифорнийского разлома Сан-Андреас было показано в предыдущей работе /32/.

Целью данной работы является разработка семантических информационных моделей на основе системы искусственного интеллекта «AIDOS-X», позволяющих моделировать динамику полюса Земли и создать алгоритм прогнозирования его движения.

## ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Описание результирующей силы, вызываемой реальным движением Земли и связанных с этим движением глобальных процессов, состоит из суммы сил, первая связана с движением Земли вокруг Солнца согласно Кеплеру, а все последующие являются возмущениями, количество последних определяется детальностью описания как строения Земли и присущих ей глобальных процессов (эндогенное происхождение возмущений), так и внешних по отношению к ней космических тел (экзогенные источники возмущений) /2, 4-5, 21-23/.

Из множества накопленных эмпирических данных, осмысленных исследователями за более чем вековой период, постараемся выделить особенности и числовые характеристики динамики полюса для того, чтобы целенаправленно выявить наличие корреляции между этими показателями и динамическими характеристиками небесных объектов.

**1.** Изменяется не только угловая скорость Земли, но смещается ось вращения Земли и ее географический полюс. Точки, в которых ось пересекает земную поверхность (мгновенные географические полюсы Земли), движутся, они перемещаются по земной поверхности в направлении вращения Земли, т.е. с запада на восток, при этом движение полюса приводит к смещению сетки широты и долготы на поверхности Земли.

**2.** 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.

**3.** Чандлеровские колебания и годовые колебания представляют собой единый процесс динамики полюса, разделение на гармоники произве-

дено Сетом Чандлером. Низкочастотные чандлеровские колебания неравномерные, причем изменяются как временные циклы, так и амплитуда этих колебаний: увеличение периодов коррелирует с уменьшением амплитуды колебаний (Мельхиор, 1968г.).

**4.** Чандлеровские колебания и приливные лунные возмущения охватывают Землю в целом, включая океаны, аналогичным образом, однако имеются существенные различия: частоты указанных явлений не совпадают, возмущения вследствие чандлеровских колебаний включают колебания оси, в то время как долгопериодические приливные искажения не смещают оси вращения.

**5.** Чандлеровское движение полюса возникает, когда ось вращения Земли отклоняется от оси наибольшего момента инерции планеты, однако оно должно со временем затухать, так как энергия свободного движения полюса преобразуется в тепло. Отсутствие затухания свободного движения полюса указывает на то, что существуют некие процессы, непрерывно его поддерживающие.

**6.** Вековое движение полюса происходит в сторону американского континента со среднегодовой скоростью порядка 0.003" или 10 см. в год.

**7.** Радиус свободного (чандлеровского) движения имеет также амплитудную модуляцию с периодом около 40 лет (волны Марковица). Максимальные значения амплитуды наблюдались около 1915 и 1955гг., а глубокий минимум – около 1930г.

**8.** Известны инверсии в динамике полюса, при которых происходит изменение фазы биения полюса, две из них произошли в 1918-1920 и 2005-2006 годах, когда сбор эмпирических данных уже был регулярным, при этом происхождение инверсии не выяснено.

**9.** Периодически отмечаются также сингулярные состояния в движении полюса, их происхождение также неизвестно /18/.

Со времени создания Международной службы и единой программы наблюдений в 1967 году принято считать начальной точкой координат мгновенного географического полюса усредненные значения его координат за период 1900-1905 гг. (точка СЮ, международный условный центр), при этом ось Z направлена вдоль оси вращения в центр масс Земли, ось X – на Гринвичский меридиан (0° эклиптики), а ось Y – на 90°W.

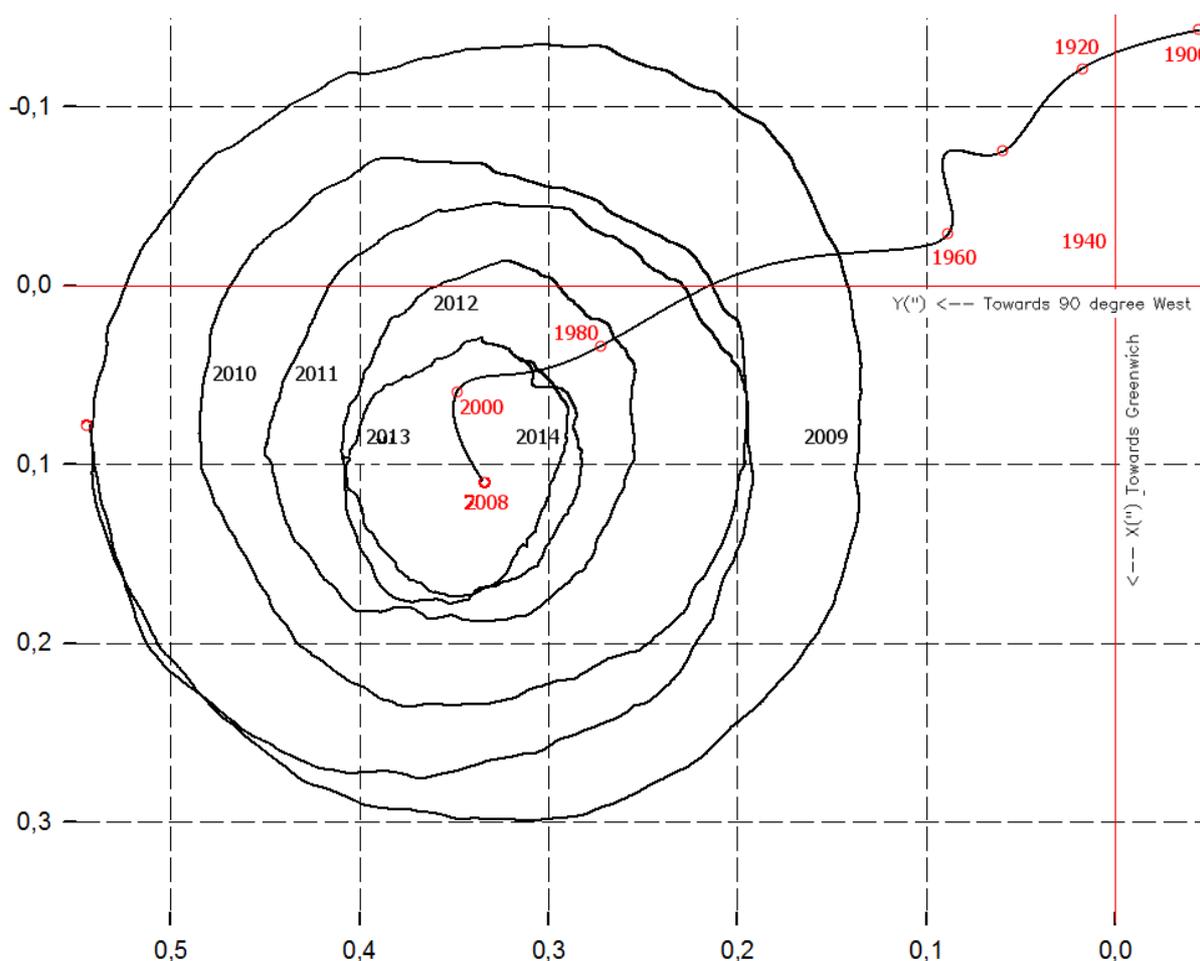


Рис. 1. Движение среднего полюса за период 1900-2008 гг. и динамика внутри шестилетнего цикла, начиная с максимальной амплитуды в 2008 году и заканчивая минимальной амплитудой в начале 2014 г. Красными линиями обозначены оси X и Y, Единицами измерения являются десятые доли секунды дуги.

Рассмотрим механизм движения полюса с учетом влияния Луны и Солнца. Общепринятым является предложение Эйлера /1/ 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 /4-5/.

Л. Эйлер /1/ в работе «Уточненное исследование возмущений движения Земли, производимых Луной» показывает, 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.

Отсюда, гипотетически, открывается возможность использовать характеристики лунного движения для описания, моделирования и прогнозирования динамики полюса. Рассмотрим эти характеристики применительно к поставленной задаче.

Различают тропическое, синодическое и сидерическое обращение Луны: тропический месяц – это промежуток времени, в течение которого долгота Луны увеличивается на  $360^\circ$ , промежуток времени между двумя последовательными одноименными фазами Луны, например, между двумя полнолуниями, называется синодическим месяцем, а сидерический месяц означает, что Луна, сделав полный оборот по своей орбите, занимает прежнее положение относительно неподвижных звезд.

Сидерический месяц длится 27,32 суток, тропический месяц, вследствие прецессии равноденствий, короче сидерического месяца приблизительно на 7", а синодический месяц – длиннее сидерического, причина этого заключается в том, что с момента полнолуния к окончанию сидерического месяца Земля также успевает переместиться по своей орбите, и до момента нового полнолуния проходит еще около 53 часов. Синодический месяц равен 29,53058812 суток, двенадцать же синодических месяцев составляют 354,36706 суток, таким образом, синодический месяц несоизмерим ни с сутками, ни с тропическим годом: он не состоит из целого числа суток и не укладывается без остатка в тропическом году, а его длительность является средним многомесячным значением.

Выделяют также драконический и аномалистический месяцы. Драконический месяц – это период обращения Луны от соединения – до соединения с одним и тем же узлом ее орбиты, т.е. с точкой пересечения ею плоскости эклиптики, его длительность составляет 27,21 суток. Он играет важную роль при вычислении солнечных и лунных затмений. Аномалистический месяц – это период обращения Луны относительно перигея, ближайшей к Земле точке ее орбиты, длительность аномалистического месяца равна 27,55 суток. Разница в их длительности существует потому, что лунные узлы регрессируют в плоскости эклиптики, совершая один оборот за 6798,3 суток (приблизительно 18,61 лет), тогда как ось апсид (перигея-апогея) лунной орбиты поворачивается в ту же сторону, куда движутся планеты и Луна, с периодом 3232,6 суток (8,85 лет).

Ежегодно расстояние восходящего узла от точки весеннего равноденствия уменьшается приблизительно на  $20^\circ$ , а расстояние апогея – соответственно увеличивается примерно на  $40,7^\circ$ . Это приводит к тому, что ориентация линии апсид, соединяющей перигей и апогей орбиты Луны, относительно линии узлов постоянно изменяется так, что совпадение точки апогея или перигея и восходящего узла в проекции на небесную сферу происходит почти точно раз в 6 лет.

Применительно к данному исследованию, с учетом того, что вокруг Солнца обращается система Земля-Луна, можно выделить драконический и аномалистический годы, под драконическим годом понимается период между последовательным прохождением Солнца через один и тот же узел лунной орбиты, его продолжительность составляет 346,62 суток.

Можно провести также параллель между аномалистическим лунным месяцем и аномалистическим годом, заключенным между двумя последовательными соединениями Солнца с лунным апогеем (перигеем), с периодом примерно 412 дней. Этот период подвергается изменчивости в соответствии с неравенством Луны, называемым эвекция, которое имеет связь с синодическим и аномалистическим лунными месяцами.

Эвекция связана с долготой Солнца, поскольку в аргумент эвекции входит угол элонгации Луны от Солнца. Эксцентриситет лунной орбиты возрастает, когда имеется совпадение линии апсид и Солнца, и уменьшается, когда между ними прямой угол, отсюда – половина аномалистического года или интервал времени между двумя положениями лунной орбиты, когда линия апсид направлена на Солнце, вычисляется по формуле эвекции с заменой длительности синодического и аномалистического месяцев на длительность года и период оборота линии апсид. Этот цикл составляет 205,9 суток, а длительность полного аномалистического года составляет примерно 412 суток /7/.

В системах координат (экваториальной и эклиптикальной II типа) общей точкой отсчета является точка весеннего равноденствия ( $0^\circ$  эклиптики), связанная с восходящим лунным узлом, поэтому динамика лунных узлов является в данном исследовании важным фактором.

В эклиптикальной системе координат главная плоскость – это проекция на небесную сферу плоскости земной орбиты (барицентра), а главной осью является нормаль к ней, отстоящая от полюсов мира на  $23,5^\circ$ . Ось апсид при этом колеблется по широте на  $\pm 5,08^\circ$ , в соответствии с углом наклона лунной орбиты.

В экваториальной системе координат расчеты более дифференцированы, в сочетании с наклоном оси вращения Земли, склонение Луны варьирует между  $\pm 28,5^\circ$ , когда склонение Луны сочетается со склонением Земли, и  $\pm 18^\circ$ , когда две плоскости противостоят друг другу, при этом максимумы и минимумы склонения повторяются каждые 18,6 лет, или период, в течение которого восходящий узел орбиты Луны имеет прецессию через полный круг.

Если восходящий узел совпадает или почти совпадает с точкой весеннего равноденствия, то угол наклона плоскости лунной орбиты (и, соответственно, плоскости апсид) равен  $28,5^\circ$ . Спустя примерно 14 суток склонение Луны уже равно своему наименьшему значению –  $28,5^\circ$ , а склонение плоскости апсид займет такое положение через половину своего обращения по эклиптике. Благодаря дрейфу узлов лунной орбиты через 9,3

года вблизи точки весеннего равноденствия будет уже находиться нисходящий узел, и угол наклона плоскости лунной орбиты (плоскости апсид) составит уже  $18,5^\circ$ . Эти характеристики очень важны, так как используются в моделировании динамики полюса.

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  $90^\circ$  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.

Если это движение создает вектор, то он, во-первых, будет направлен по оси  $90-270^\circ$  эклиптики в сторону западного полушария, а, во-вторых, 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  $120^\circ$ , 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  $Y$ . При этом смещение по оси  $X$  – возможно как со знаком плюс, так и со знаком минус, а по оси  $Y$  – практически только со знаком плюс, так как вектор нормали всегда направлен по оси  $90-270^\circ$  в сторону западного полушария вследствие того, что плоскость эклиптики расположена под углом  $23^\circ$  к плоскости небесного экватора, а склонение Солнца всегда имеет положительный максимум на  $90^\circ$  E. Таким образом, положительное склонение небесного тела, имеющего долготу (прямое восхождение, RA), около  $90^\circ$  E, равно как и отрицательное склонение вблизи долготы  $90^\circ$  W, будет увеличивать положительную динамику по оси  $Y$ .

Если принять во внимание, что экваториальная система координат является, по своей сути, проекцией на небесную сферу географических координат с главной осью – осью вращения Земли, а в эклиптикальной системе учитывается движение барицентра по орбите, то построение модели динамики полюса в первом приближении, а именно в шестилетних циклах, возможно с использованием показателей астрономических параметров эклиптикальной системы, а динамическое взаимодействие лунных узлов с деклинацией апсид и показателями движения Солнца в экваториальной си-

стеме – может дать возможность детализировать движение мгновенного полюса внутри шестилетних циклов.

Годовая цикличность или повторение положения барицентра относительно Солнца на фоне звезд может быть описана через эклиптикальную долготу Солнца, при этом положение центра масс Земля-Луна относительно экватора Земли в астрономическом обиходе означает склонение Солнца. Таким образом, можно ожидать, что лунные узлы, апериды и Солнце играют ведущую роль в синхронизации движения барицентра, и возможна корреляция между этими показателями и динамикой полюса Земли.

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.

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

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 /26-39/.

С целью выявления причин динамики полюса 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 изменения в интервале (0; 360), 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 возможного воздействия небесных объектов на динамику полюса сформирована Модель №1, моделирование осуществлялось по параметру сходства, который является аналогом коэффициента корреляции в статистике, между показателями динамики полюса и астропараметрами. Астропараметр – это астрономический показатель небесного объекта на определенный момент исследования, который задается в семантической информационной модели (0; 360). С учетом повышения эмергентности каждый астропараметр 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.

В качестве классификационной шкалы взяты показатели ежедневной динамики полюса по осям  $Y$  и  $X$  (данные получены с сайта IERS, модель EOP 08 C04 (IAU2000A) за период 01. 01. 1962 – 31. 12. 2013 годы /2/, всего 18993 строк), разделенные на 180 классов, в зависимости им поставлены астропараметры движения Солнца и Луны, учитываемые в эклиптикальной и экваториальной системах координат, всего 28 факторов, также разделенные на 180 градаций. В настоящем исследовании используются оригинальные значения и величины процесса смещения географического полюса, без деления на свободную и вынужденную гармоники.

### **Задача о распознавании категорий событий в поле центральных сил**

Рассмотрим задачу распознавания категорий по астрономическим данным /26-36, 38-39/. Имеется множество событий  $A$ , которому ставится в соответствие множество категорий  $C_i$ . Событием можно считать 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 широ-

ты (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:

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

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

Здесь  $w$  – плотность распределения событий вдоль нормированной координаты /28/. Нормированная переменная определяется через угловую и радиальную координаты следующим образом:

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

где  $r_{\min}, r_{\max}$  - минимальные и максимальные показатели астропараметров,  $k_0$  – число небесных объектов, используемых в задаче.

Определим матрицу информативности согласно /38-39/

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

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

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

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

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) /26-36, 38-39/. Этот вектор, состоящий из единиц и нулей, можно определить по координатам небесных объектов, соответствующих дате и эмпирическим показателям события  $l$  в виде

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

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» /37/ и «AIDOS-X» осуществляется по параметру сходства, который определяется следующим образом /38-39/:

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

$S_i$  – 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 /26-36/ и других было показано, что процедура распознавания по параметру сходства (6), реализованная в системе искусственного интеллекта «Эйдос-астра» /37/, является устойчивой как относительно объема выборки, так и относительно числа ячеек модели. Математическое обоснование этой процедуры дано в /38-39/. 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 /26-36/. В некоторых случаях этого достаточно, чтобы осуществить распознавание категорий /25/.

4.1.3.6. Обобщ.форма по достов.моделей при разн.инт.крит.. Текущая модель: "INF1"

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентификац...	Вероятность правильной не идентиф...	Средняя вероятность правильного результата	Дата получения результата	Время получения резуль...
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс.частот с обр...	98.800	30.776	<b>64.788</b>	16.03.2014	10:2
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс.частот по признак...	100.000	0.011	<b>50.005</b>	16.03.2014	10:2
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн.частот с о...	98.800	30.749	<b>64.774</b>	16.03.2014	10:3
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн.частот по приз...	100.000	0.011	<b>50.005</b>	16.03.2014	10:3
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн.частот с о...	98.800	30.769	<b>64.784</b>	16.03.2014	10:4
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн.частот по приз...	100.000	0.011	<b>50.005</b>	16.03.2014	10:4
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	92.500	57.503	<b>75.002</b>	16.03.2014	11:0
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	90.300	59.875	<b>75.088</b>	16.03.2014	11:0
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	92.500	57.503	<b>75.002</b>	16.03.2014	11:1
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	90.300	59.875	<b>75.088</b>	16.03.2014	11:1
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	92.900	58.577	<b>75.739</b>	16.03.2014	11:2
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	92.900	58.577	<b>75.739</b>	16.03.2014	11:2
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	88.600	64.988	<b>76.794</b>	16.03.2014	11:3
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	96.300	35.110	<b>65.705</b>	16.03.2014	11:3
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	88.600	64.988	<b>76.794</b>	16.03.2014	11:4
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	96.300	35.110	<b>65.705</b>	16.03.2014	11:4
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	88.200	59.641	<b>73.921</b>	16.03.2014	11:5
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер...	Сумма знаний	92.900	38.792	<b>65.846</b>	16.03.2014	11:5
10. INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	88.200	59.641	<b>73.921</b>	16.03.2014	12:0
10. INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве...	Сумма знаний	92.900	38.792	<b>65.846</b>	16.03.2014	12:0

Помощь

Рис. 2. Скриншот выводной формы 4.1.3.6. результатов расчетов Модели №1 в программе «AIDOS-X».

Результаты расчетов в Модели №1 можно представить в виде показателя интегральной информативности астропараметров.

Таблица 1

№	Наименование астропараметра	Интегральная информативность
1	KETU LNG	2,8340962
2	RAHU LNG	2,8334424
3	RAHU RA	2,7420734
4	AP RA	2,5217417
5	PR LNG	2,5123652
6	AP LNG	2,5121982
7	AP DECL	2,5028802
8	RAHU DECL	2,4387931
9	KETU DECL	2,4387931
10	PR DECL	2,2018794
11	AP LAT	2,0547612
12	SUN RA	1,8700366
13	SUN LNG	1,8510096
14	MO RS	1,5466492
15	AP VEL	1,5384721
16	SUN VEL	1,4736688
17	SUN ALT	1,4235863
18	SUN DECL	1,4172196
19	SUN RE	1,4111021
20	MO ALT	0,9898250
21	MO DECL	0,8906630
22	SUN LAT	0,8729147
23	MO RE	0,8533955
24	RAHU VEL	0,8392663
25	MO VEL	0,8320219
26	MO LAT	0,8175570
27	MO RA	0,7646727
28	MO LNG	0,7619617

Результаты исследования в Модели №1 с корреляцией 76. 794 свидетельствуют: на первом месте по информационному влиянию на показатели динамики полюса по осям X и Y находятся лунные узлы, на втором – апсиды Луны (апогей-перигей) и на третьем – Солнце. Луна по непосредственному информационно-семантическому влиянию оказывается замыкающей, ее воздействие минимально. Такие показатели, как скорость движения и расстояние до Земли для Солнца и Луны оказываются относительно менее значимыми, чем показатели координат – аналогов земной широты и долготы. Таким образом, определенные астропараметры являются факторами, вызывающими на информационном уровне динамику показателей полюса, учитываемых по осям X и Y.

По интегральной информативности эклиптикальная долгота (Lng) или прямое восхождение (RA) лунных узлов оказывается на первом месте. Показатели динамики полюса коррелируют и с движением апсид, но изменение их склонения (Decl) в экваториальной системе рассчитывается с учетом наклона земной оси, а при расчете широты (Lat) в эклиптикальной системе наклон земной оси не привлекается, и информационное воздействие более значимо в случае использования показателей эклиптикальной системы.

На основании этого Модель №2 сформирована с привлечением ежедневных показателей динамики полюса по осям X и Y с 01. 01. 1962 по 31. 12. 2013 гг. в качестве классификационных шкал, с разделением на 180 классов, а в зависимость им поставлены такие астропараметры, как долгота северного лунного узла и широта лунного апогея, также в 180 градациях.

Результат расчетов в Модели №2 с корреляцией 82. 133 является первым шагом в прогнозировании динамики полюса с помощью АСК-анализа.

Полный цикл регрессии лунного узла содержит три шестилетних цикла увеличения и уменьшения амплитуды движения полюса. Максимумы амплитуды по осям Y и X в период 1962-2013 гг. определяются минимумами широты апогея, а минимумы – максимальными значениями широты апогея.

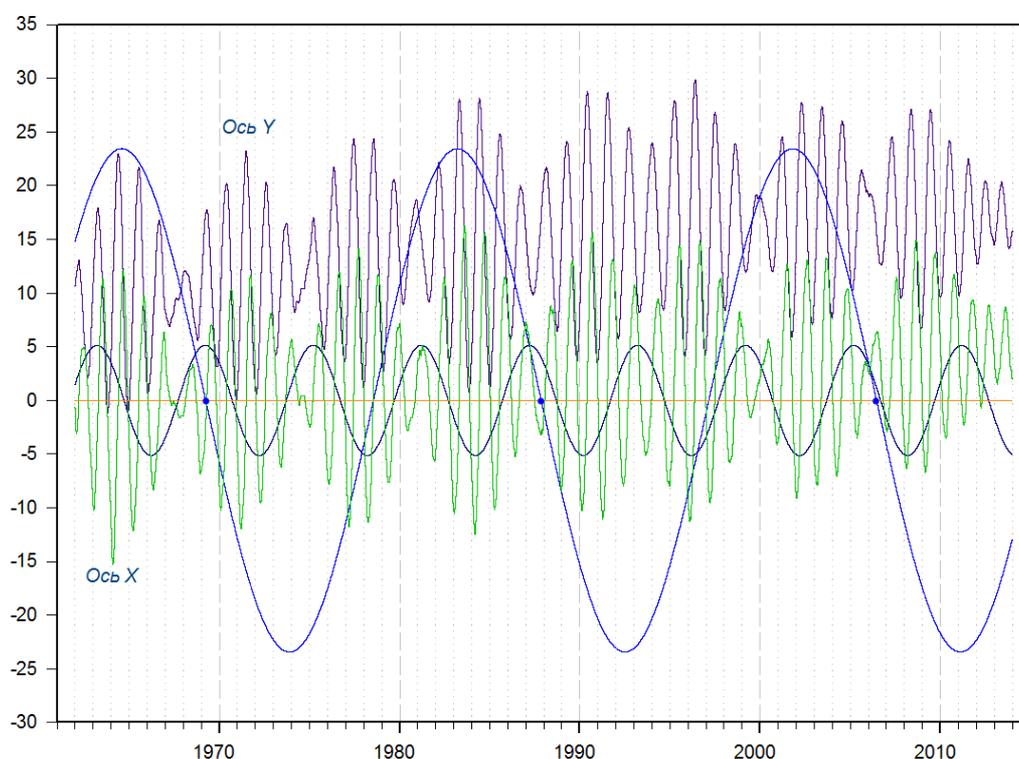


Рис. 3. Графическое представление результатов расчетов в Модели №2. Показатели по осям Y и X для наглядности нормированы (увеличены в 50 раз). Точками отмечены начало и окончание двух полных циклов восходящего лунного узла (синяя линия), каждый их которых включает три цикла изменения широты апогея (черная линия) и, соответственно, три шестилетних цикла разворачивания и сворачивания спирального движения мгновенного полюса.

Показатели по оси Y являются ведущими, показатели по оси X несколько отстают во времени, поэтому на следующем этапе моделирования динамики полюса данные по осям X и Y исследуются раздельно.

В Моделях №№ 3-4 исследованы информационные связи между динамикой астропараметров и динамикой увеличения и уменьшения амплитуды смещения по осям X и Y внутри шестилетних циклов. Учитывая осо-

бенности информационного влияния и учета показателей смещения по двум осям, сформированы базы данных, включающие реперные точки динамики показателей полюса, а именно: максимумы и минимумы отдельно по осям X и Y в качестве классификационных шкал, а в зависимость им поставлены такие астропараметры, как склонения Солнца, восходящего и нисходящего лунных узлов и апсид (лунного перигея и апогея) с разделением всех параметров на 180 градаций.

По результатам исследования в Модели №3, где в качестве классификационной шкалы учтены показатели по оси Y, с корреляцией 97,495, и Модели №4, где в качестве классификационной шкалы учтены показатели по оси X, с корреляцией 97,847, представлены графики выявленных зависимостей, с нормированием показателей движения полюса, а также разбивкой по циклам движения лунных узлов для большей наглядности. Во временном периоде 1962-2013 гг. таких циклов четыре, из них два полных цикла оборота лунных узлов, и два – неполных. На рис. 4-8 представлена динамика показателей полюса по осям Y и X.

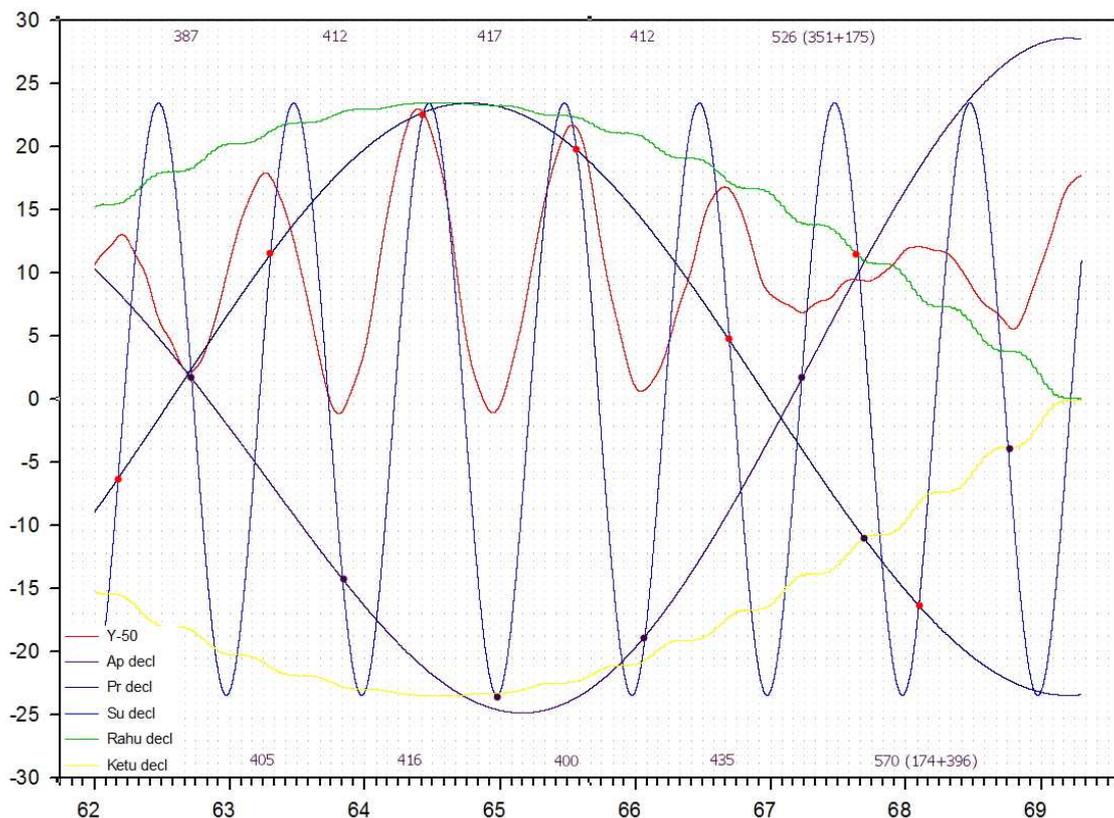


Рис. 4. График зависимости показателей движения полюса по оси Y – от динамики склонений Солнца, лунных узлов и апсид. Цикл лунных узлов 1962-1969 гг. неполный и включает один шестилетний цикл увеличения и уменьшения амплитуды динамики полюса. Черными точками отмечены показатели астропараметров, определяющие минимумы оси Y внутри шестилетнего цикла, а красными точками – соответствующие показатели астропараметров, определяющие максимумы. Цифрами вверху и внизу графика отмечены временные периоды между максимумами и минимумами.

Реперные точки максимумов и минимумов оси  $Y$  коррелируют с исследуемыми астропараметрами. Минимум в конце 1964 года совпадает с минимумом деклинации Солнца (зимним солнцестоянием) и с максимальной амплитудой динамики полюса в шестилетнем цикле, таким образом, пик раскручивания спирали определяется совпадением по фазе с годовой динамикой склонения Солнца.

Минимумы 1963 и 1966 годов определяются совпадением одной из координат в экваториальной системе, а именно: одинаковыми значениями склонений Солнца и апогея, но в 1963 году – на нисходящей дуге склонения Солнца, а в 1966 – на восходящей, соответственно, между минимумами 1963 и 1964 годов прошло 416 дней, а между минимумами 1964 и 1966 годов – 400 дней. Между минимумом 1962 года, который определяется пересечением нисходящей дуги склонения Солнца и апогея, и минимумом 1964 года прошло 405 дней. Минимальная точка 1967 года определяется пересечением склонения Солнца на восходящей дуге и апогея, между этой и предыдущей реперной точкой 1966 года прошло 435 дней. Таким образом, минимальный временной период в данном цикле составляет 400 дней, а максимальный – 435 дней, в период сворачивания спирали полюса движение замедляется, максимумы и минимумы становятся неотчетливыми, в этот период между минимальными значениями оси  $Y$  различимы промежутки в 174 и 396 дней (или 570 дней в целом).

Соответственно, максимумы 1964 и 1965 годов определяются совпадающими значениями склонения Солнца на восходящей и нисходящей дугах и перигеем. Подобным же образом образуются максимумы оси  $Y$  1962, 1963, 1966 и 1968 годов, временные периоды между максимальными реперными точками на графике отмечены, они совпадают в 1963-1964 гг. и 1965-1966 гг., составляя 412 дней, минимальный период составляет 387, а максимальный – 417 дней. Здесь также в период сворачивания спирали между слабо выраженными максимумами проходят 351 и 175 дней, или 526 дней в целом.

Когда амплитуда смещения полюса падает, максимумы и минимумы могут определяться пересечениями значений склонений Солнца и узла, как, например, минимум 1968 года или склонения аписид и узла, как нечетко выраженная реперная точка минимума в 1967 году.

Таким образом, одна из двух основных координат Солнца и элементов лунной орбиты в экваториальной системе определяет в каждый конкретный отрезок временного цикла динамику и границы смещения мгновенного полюса в драконическом и аномалистическом годах, и в каждой петле спирали внутри шестилетнего цикла временные промежутки между реперными точками минимумов и максимумов определяются фактическим движением астропараметров с учетом всех реально воздействующих возмущений, это положение объясняет факт квазипериодичности чандлеровской компоненты в движении мгновенного полюса, отсутствие равных ин-

тервалов при средних показателях 428 дней, впрочем, разные авторы вычисляют этот средний интервал чандлеровских колебаний в пределах от 410 до 436 суток.

Поэтому разделение динамики мгновенного полюса на годовую и чандлеровскую компоненты представляется неправомерным, более правильным является подход, когда анализу подвергаются оскулирующие (соприкасающиеся) отрезки траектории небесных объектов и динамики полюса, каждый из которых представляет собой результат информационно-семантического взаимодействия системы Солнце-Земля-Луна со всеми реально существующими возмущениями.

Показатели динамики полюса по оси Y точнее сопряжены с динамикой склонений астропараметров, ось X является в этом смысле ведомой, но и здесь отчетливо просматривается зависимость реперных точек по оси X от экваториальных координат Солнца и элементов лунной орбиты.

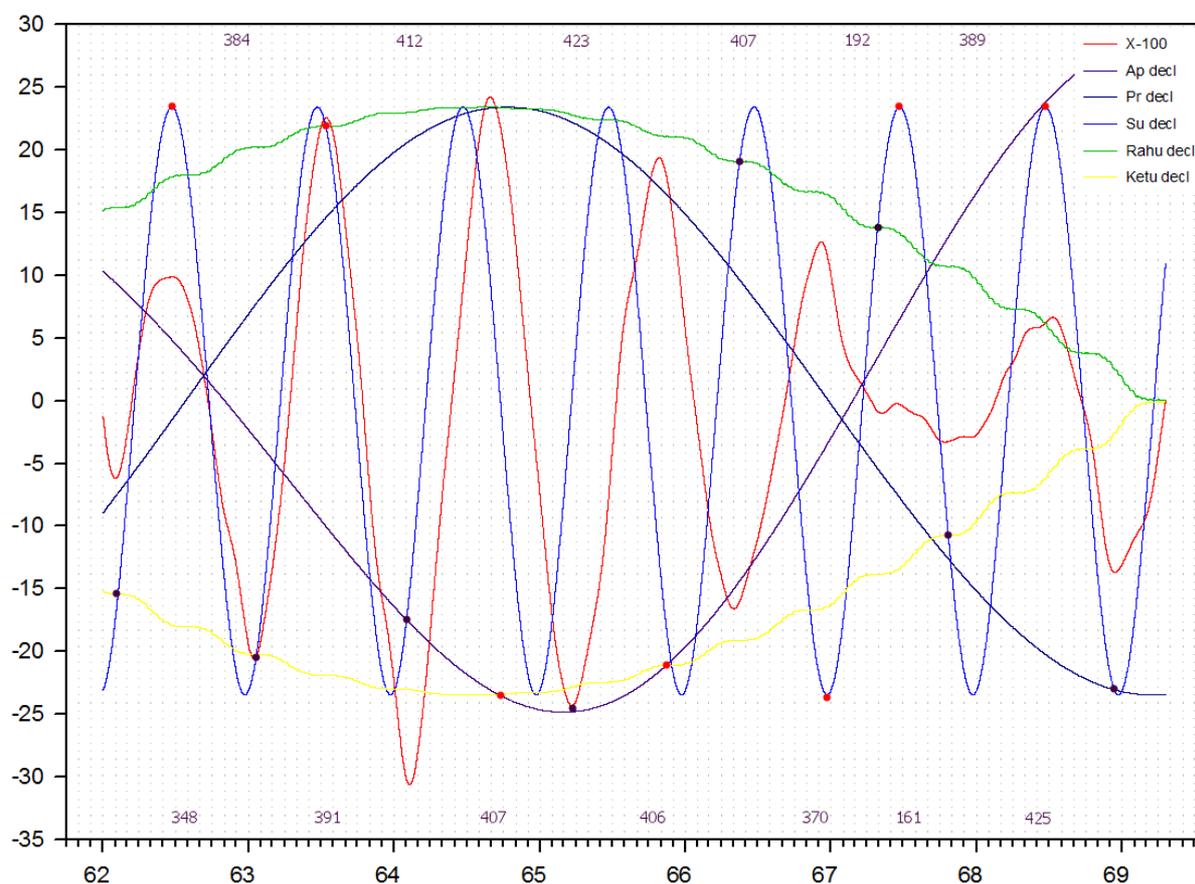


Рис. 5. График зависимости показателей движения полюса по оси X (нормированы на 100) – от динамики склонения Солнца, лунных узлов и апсид, цикл лунных узлов 1962-1969 гг. неполный. Черными точками отмечены показатели астропараметров, определяющие минимумы оси X внутри шестилетнего цикла, а красными точками – соответствующие показатели астропараметров, определяющие максимумы. Цифрами сверху и внизу графика отмечены временные периоды между максимумами и минимумами.

На представленном графике – рис. 5, отмечается корреляция динамики показателей по оси X от динамики астропараметров, при этом большее информационное значение приобретает динамика лунных узлов. Значения временных интервалов между максимумами и минимумами не являются равномерными, не повторяются ни в одном цикле.

При сравнении динамики по двум графикам хорошо видно, что показатели по обеим осям в 1967-1968 годах замедляются, их траектория теряет свою гладкость, появляются мелкие нутации, а в середине 1967 года отмечается отклонение осей в противофазу, и восстановление правильной динамики полюса происходит только к концу 1967 года. Пояснение по периодам сингулярностей будет дано ниже в разделе «Инверсии и особенности в динамике полюса».

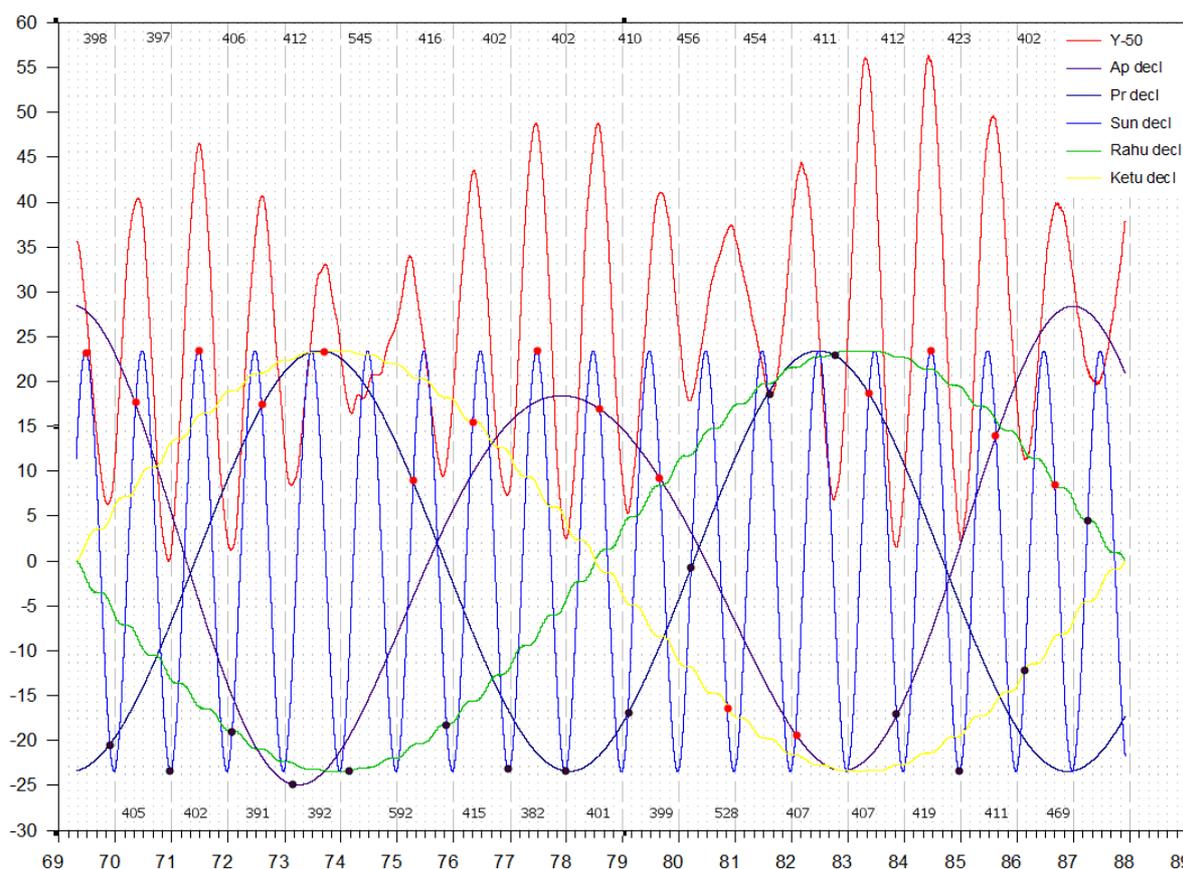


Рис. 6. График зависимости показателей движения полюса по оси Y от динамики склонений Солнца, лунных узлов и апсид, полный цикл лунных узлов 1969-1987 гг.

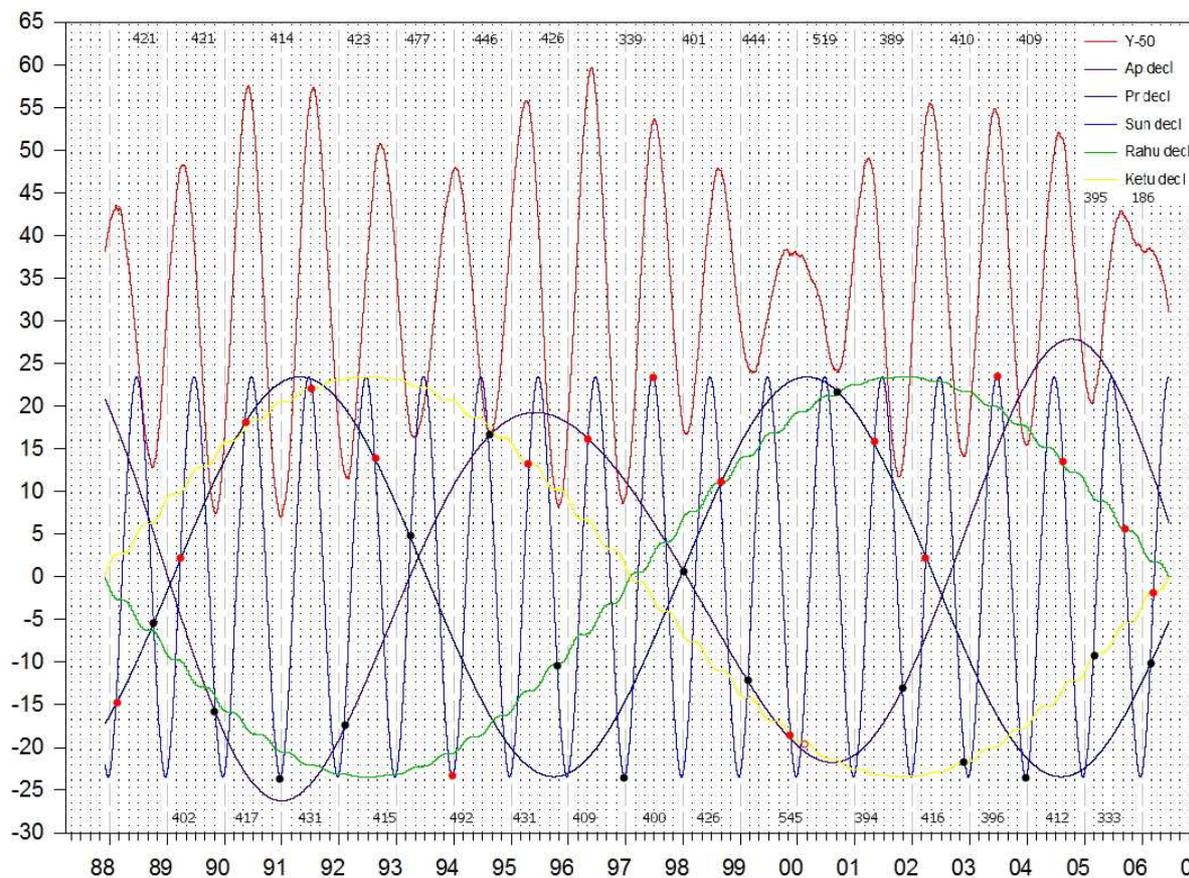


Рис. 7. График зависимости показателей движения полюса по оси Y от динамики склонений Солнца, лунных узлов и асид, полный цикл лунных узлов 1988-2006 гг.

Рис. 6-7 демонстрируют зависимость динамики показателей по оси Y в двух полных циклах лунных узлов 1969-1987 и 1988-2006 гг. Каждый полный цикл регрессии узлов включает в себя три шестилетних цикла бие-ния полюса. Так же, как и в предыдущих графиках, максимальная ампли-туда петли спирали, то есть пик ее раскручивания, отмечается, когда сов-падают фазы увеличения или уменьшения амплитуды и годовой динамики склонения Солнца: это происходит в 1970-1971, 1978-1979, 1983-1984, 1990-1991 и 1995-1996 гг., некоторое исключение здесь составляет только цикл 2000-2006 гг., когда максимум амплитуды по оси Y приходится на 2001-2002 годы.

Временные периоды между реперными точками максимумов и ми-нимумов неравномерные, их величина зависит от реального движения ас-тропараметров, интервалы между максимумами колебались от 339 до 545 суток, а между минимумами – от 333 до 592 суток.

На этих графиках отмечаются три периода сингулярности: в 1974, 1999-2000 и 2005-2006 гг., в остальных периодах сворачивания полюса уменьшение амплитуды бие-ний не сопровождается нарушением гладкости спирали.

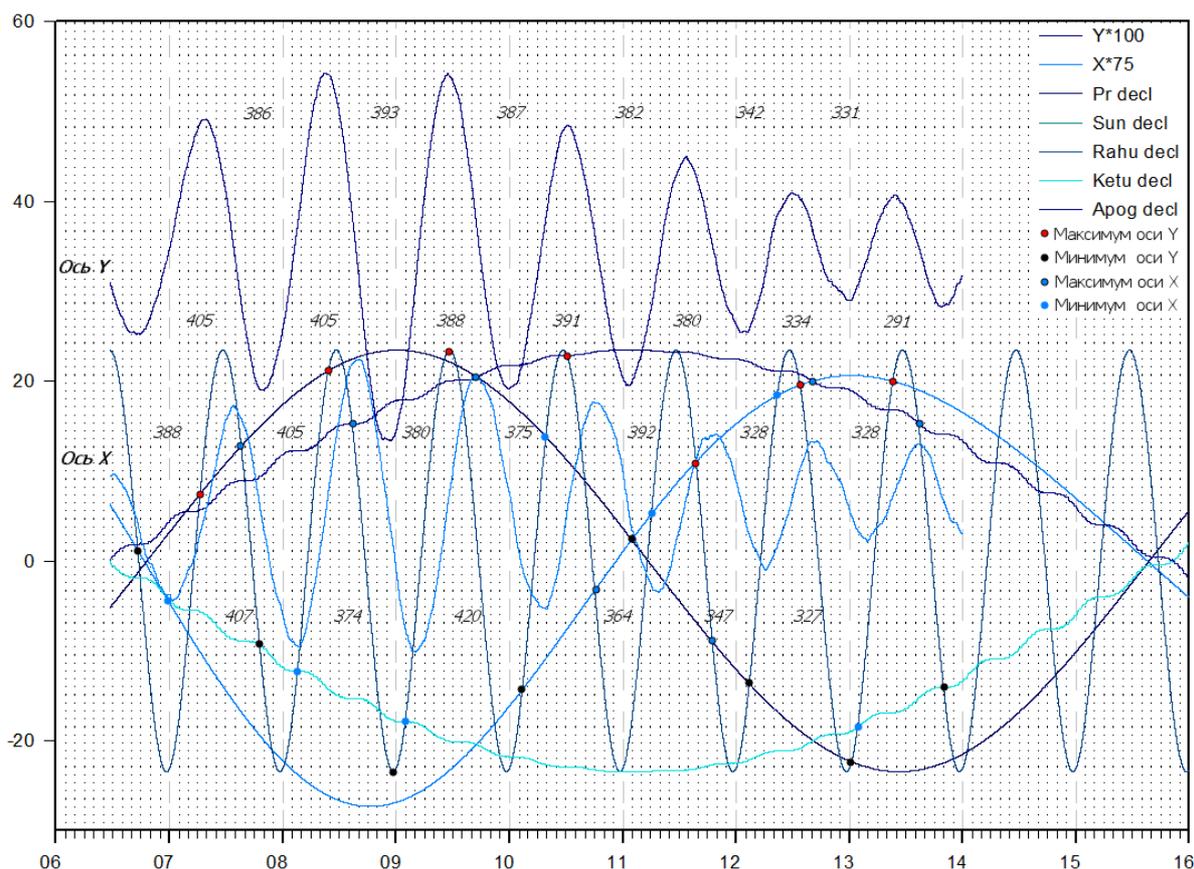


Рис. 8. График зависимости показателей движения полюса по осям Y и X от динамики склонений Солнца, лунных узлов и апсид, неполный цикл узлов 2006-2015 гг.

Отмечается корреляция между максимумами и минимумами значений оси Y и соединениями (одинаковыми значениями) деклинации Солнца и апсид, при этом отрицательным значениям деклинации апсид соответствуют минимумы оси Y, а положительным показателям – максимумы динамики оси Y. Максимальная амплитуда показателей по ведущей оси Y в шестилетнем цикле определяется совпадением фазы уменьшения амплитуды и минимума склонения Солнца в конце 2008 года.

Сингулярные состояния в биениях полюса в данном цикле не отмечаются, временные периоды между максимумами составляют от 328 до 405 суток, а между минимумами – от 291 до 420 суток.

В середине данного цикла лунных узлов 2006-2024 гг. имеется характерная особенность: совпадение во второй половине 2015 года нулевых показателей склонений апсид, лунных узлов и Солнца, что объясняет будущее снижение амплитуды мгновенного полюса в начавшемся в 2012 году шестилетнем цикле. В 2015 году должен наблюдаться периодический максимум раскручивания спирали мгновенного полюса, но вследствие вышеназванных причин амплитуда биений будет определяться в большей мере склонениями Солнца, поэтому не достигнет таких максимальных значений, как в предыдущих циклах, а временные периоды между максимумами и минимумами будут более равномерными.

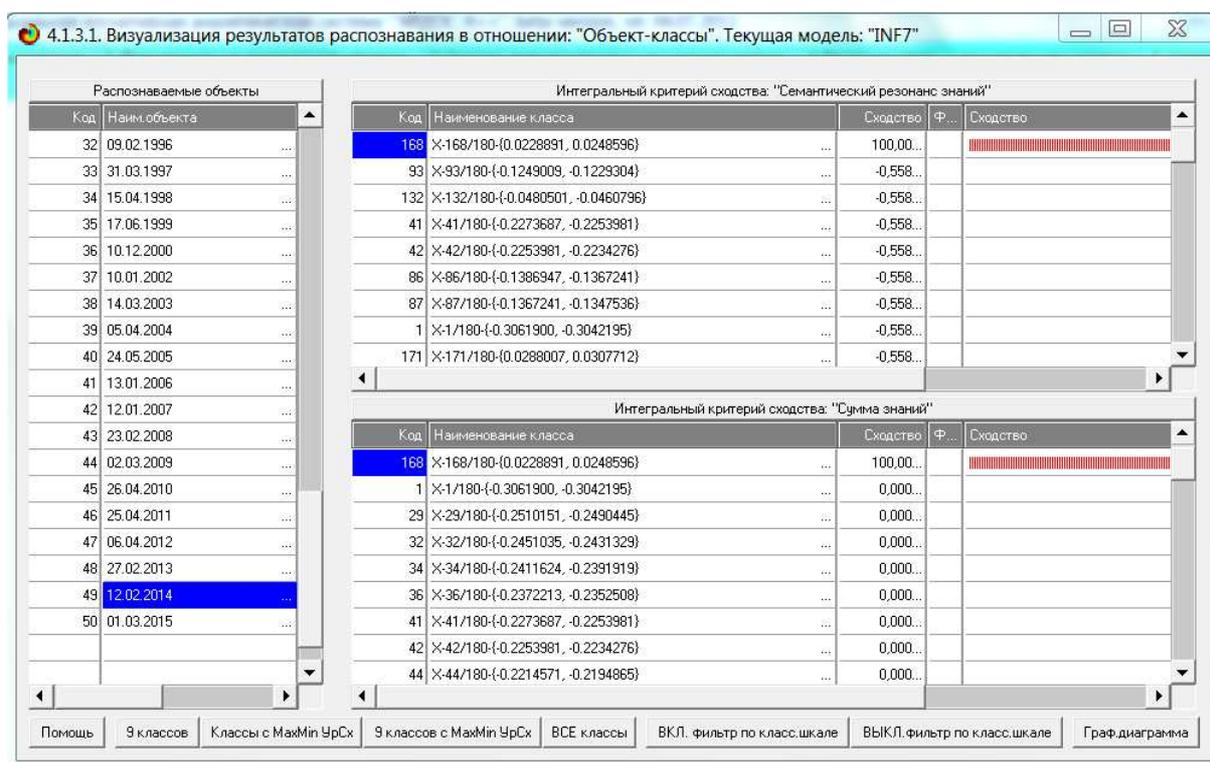


Рис. 9. Скриншот выводной формы 4.1.3.1. файла распознавания в Модели №3.

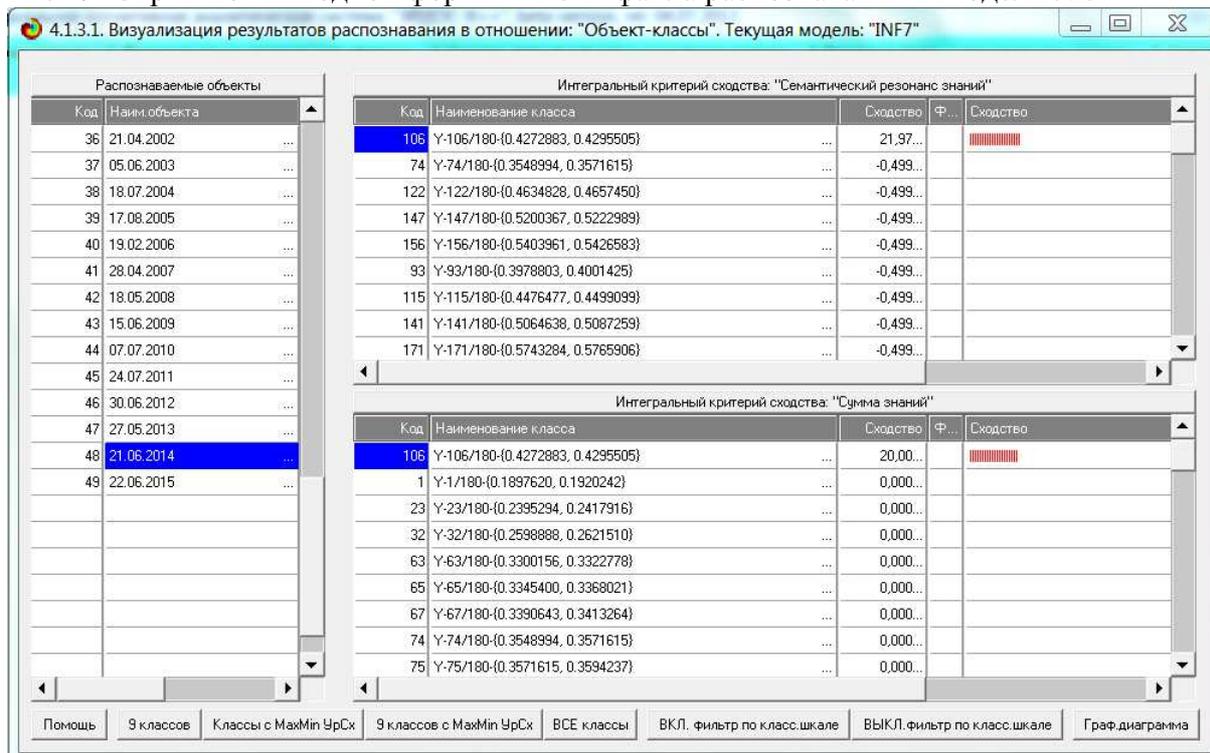


Рис. 10. Скриншот выводной формы 4.1.3.1. файла распознавания в Модели №4.

Так как основная база классификационных шкал сформирована по эмпирическим данным за 1962-2013 годы, включение в Модели №3 и 4 файлов распознавания на 2014-2015 годы позволяет сделать прогноз динамики полюса на период ближайших реперных точек по осям X и Y. К моменту публикации данной статьи прогноз по оси X с корреляцией 98. 479

уже проверен, а прогноз максимального показателя по оси  $Y$  с корреляцией 97.495 – еще предстоит оценить.

Минимум по оси  $X$  в градации 0.0228891–0.248596 прогнозировался на 12.02.2014, что отличается от реального показателя на пять суток (зарегистрирован 07.02.2014), реальный показатель составил 0.024486.

Ближайший максимум по оси  $Y$  прогнозируется на 21.06.2014 в градации 0.4272883–0,4295505.

### **Инверсии и особенности в динамике полюса**

Изучением инверсии полюса занимались Манк, Макдональд, 1964, Lambek, 1980, Мориц, Мюллер, 1992; Орлов, 1961; Н.Секигучи, 1975.

Помимо регулярных биений полюса в шестилетних циклах, существуют и более длительные амплитудные колебания: максимальные значения радиуса около 9 м. наблюдались около 1915 и 1955 гг., а глубокий минимум (2 м.) – около 1930 г. Низкочастотные вариации, с периодом около 40 лет, получили название волн Марковица. Подобные амплитудные модуляции имеют сложный неравномерный характер и плохо изучены вследствие небольшого периода наблюдений, в этой связи особенно актуальны любые исследования структурных особенностей этих вариаций, что помогает понять природу их происхождения.

Кроме этого, за время научных наблюдений динамики полюса известны три инверсии полюса, или периода, когда амплитуда колебаний снижалась почти до нуля, после чего отмечалось изменение фазы его движения.

К нарушениям периодической динамики полюса относятся и так называемые «квазисингулярные» состояния /18/, которые характеризуются уменьшением амплитуды и гладкости траектории движения, а также резким изменением периода колебаний полюса, эти периоды также являются нерегулярными, временные интервалы между ними составляют от 6,2 до 31,6 лет.

По-видимому, невозможно сделать качественный анализ подобных сингулярностей полюса до периода 1962 года, когда не существовало ежедневной регистрации эмпирических данных, поэтому анализ особенностей в движении полюса ограничен 1962-2013 гг.

Основное совместное динамическое воздействие оказывают Солнце и элементы лунной орбиты, когда же их влияние невелико и амплитуда биений близка к минимальной, можно проследить влияние вторичных факторов, а именно – воздействие на динамику полюса астропараметров Меркурия, Венеры и Марса. Поскольку нарушения биений в фазе смыкания шестилетних циклов могут быть по продолжительности небольшими, например, 2-4 месяца, поиски подобного воздействия со стороны быстро движущихся планет представляются наиболее перспективными. Анализ позволяет выявить кратковременное воздействие астропараметров внутри го-

довых циклов, а возможное воздействие медленно движущихся планет можно рассматривать как фон, но не как возбуждение колебаний полюса.

Информационное воздействие со стороны Меркурия, Венеры и Марса исследовано в Модели №5. В качестве классов использовались показатели динамики полюса по осям X и Y в 180 градациях, в зависимость им поставлены такие экваториальные координаты Марса, Венеры и Меркурия, как прямое восхождение и склонение, также в 180 градациях факторов. Результаты с коэффициентом корреляции около 74.267 графически представлены на рисунках 11-19.

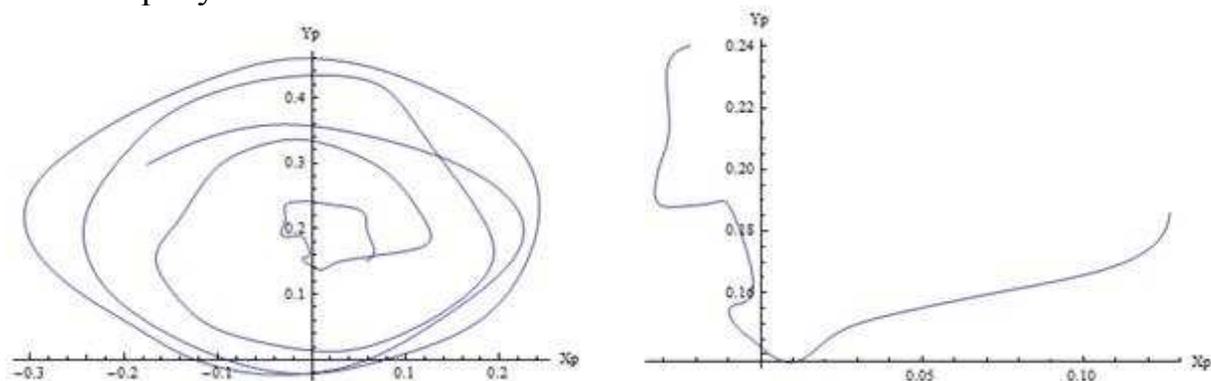


Рис. 11. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1967 г.

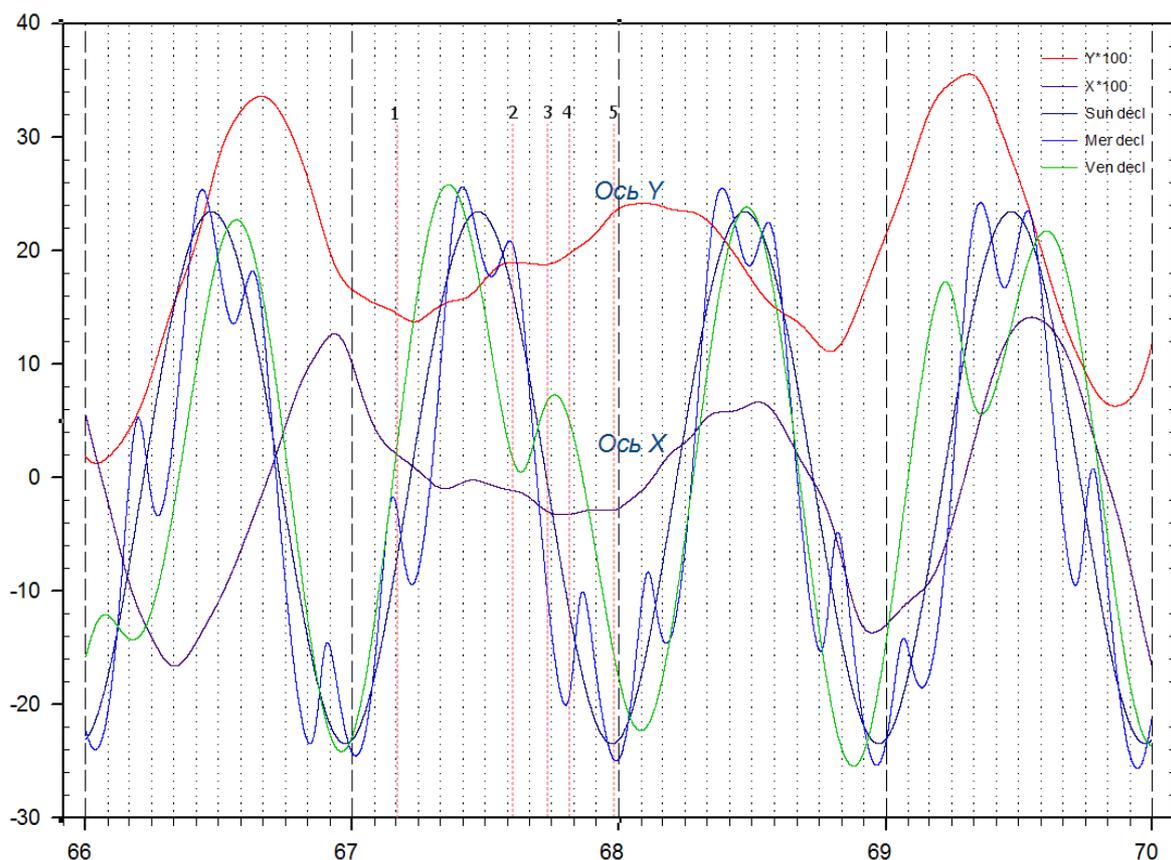


Рис. 12. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1967 г., представлено движение по двум осям X и Y (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца, Меркурия и Венеры.

На рис. 12 хорошо видно, что, по мере падения амплитуды колебаний полюса в 1967-1968 годах, начинает проявлять свое сочетанное воздействие динамика деклинации Меркурия и Венеры в коротко периодических движениях по осям X и Y, которые нивелируются по мере возрастания амплитуды колебаний.

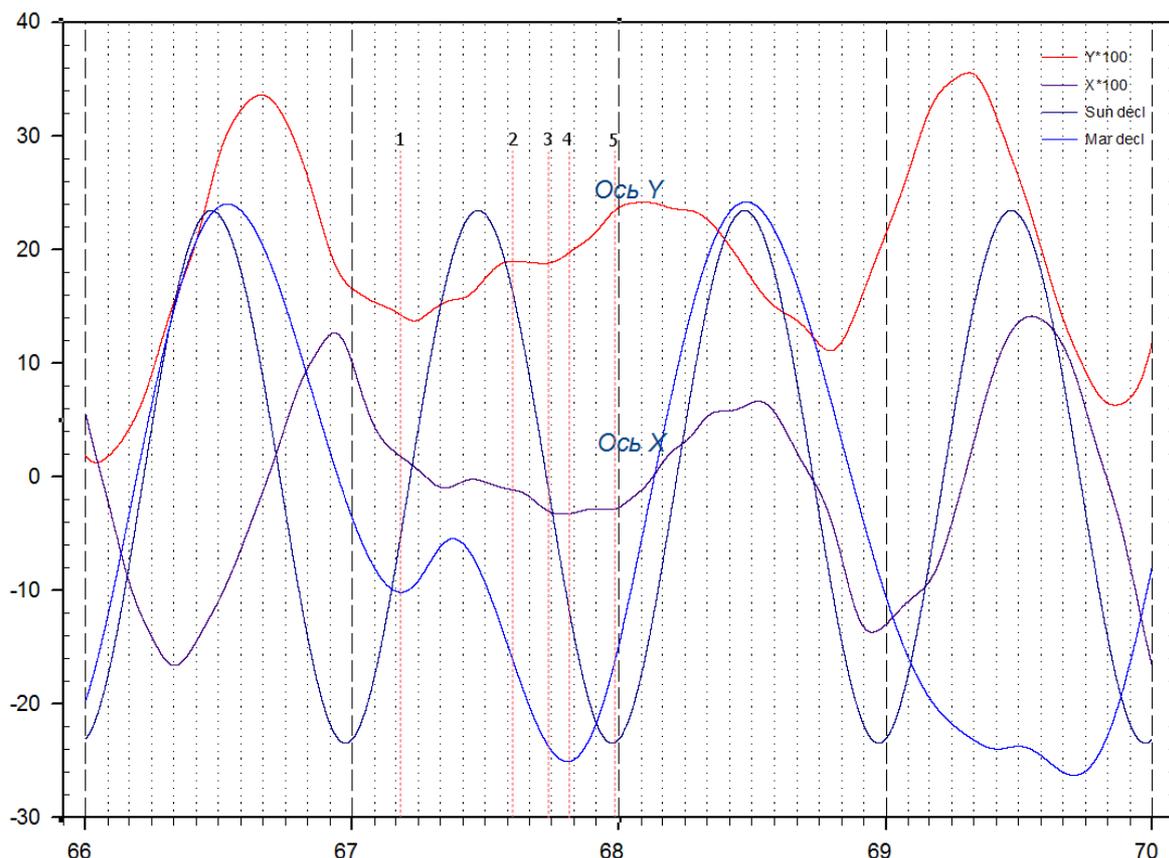


Рис. 13. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1967 г., представлено движение по двум осям X и Y (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца и Марса.

04.03.1967 г. (1) начинается период ретроградного движения Марса, при этом его долгота (RA) составляла 211.86581, за период ретроградного движения доходя до 195.11700, при склонении -5.74335, что объясняет его воздействие на ось X (0-180) динамикой отрицательных показателей, а на ось Y (90-270) – ростом положительных величин, что мы и видим на рис. 13 в виде разнонаправленного движения по двум осям. Это воздействие Марса увеличивается вплоть до 22.10.1967 г, с координатами долготы (RA) 269.11626 при максимально отрицательном склонении -25.05941, когда его воздействие на ось X (0-180) практически было сведено к нулю, и показатели по этой оси почти не двигались, а на ось Y (90-270) – максимально выражено (4).

На это воздействие Марса наслаивается ретроградное движение Венеры в августе-сентябре 1967 г. (рис. 12), ее склонение, близкое к нулевому в этот период, дает горизонтальное плечо оси  $Y$ , в то время как ось  $X$  реагирует динамикой в сторону отрицательных показателей: при уменьшении долготы склонение несколько растет, но при этом нужно учитывать вращение Венеры вокруг оси в сторону, противоположную вращению Земли (2-3). К окончанию 1967 года (5) преобладает влияние Солнца на показатели по обеим осям.

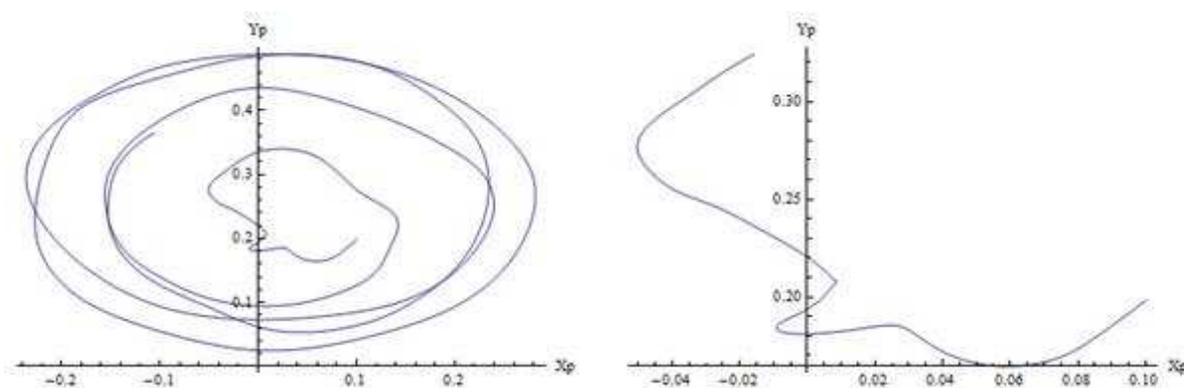


Рис. 14. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1974 г.

На рис. 14-16 представлен период прохождения особенности 1974 г. Цифрами 1 и 4 на графиках отмечены начало и окончание периода особенности в движении мгновенного полюса. Отчетливо видно по рис. 15, что периоды ретроградного движения Венеры и Меркурия деформируют максимумы по оси  $X$  в 1972 - 1975 годах, и  $Y$  - в 1973 г., а в период (3-4) полюс практически не двигался. Положительная нутация (2) по оси  $Y$  в марте-апреле 1974г., определяется Марсом, долгота которого 20. 04. 1974 достигает 89. 79418 (ось 90-270) при положительном склонении 24. 97688. Дальнейшее его смещение с уменьшением склонения ведет к отрицательным показателям по обеим осям, которое поддерживается движением Венеры к оси 0-180 и увеличением ее склонения.

Меркурий достигает  $90^\circ$  и максимума склонения 30. 05. 1974, в своем движении поддерживая динамику по оси  $X$  в сторону отрицательных величин, но уже 17.06.1974 его ретроградное движение заставляет мгновенный полюс застыть на месте, что поддерживается движением Марса к  $180^\circ$  при нулевой деклинации.

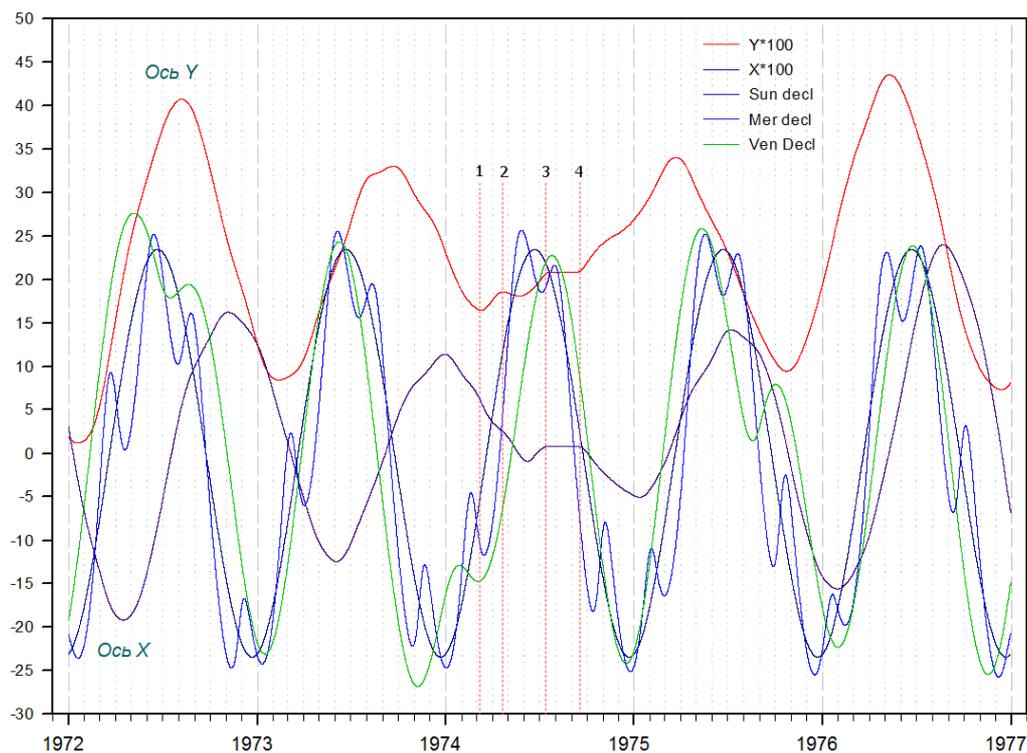


Рис. 15. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1974 г., представлено движение по двум осям X и Y (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца, Меркурия и Венеры.

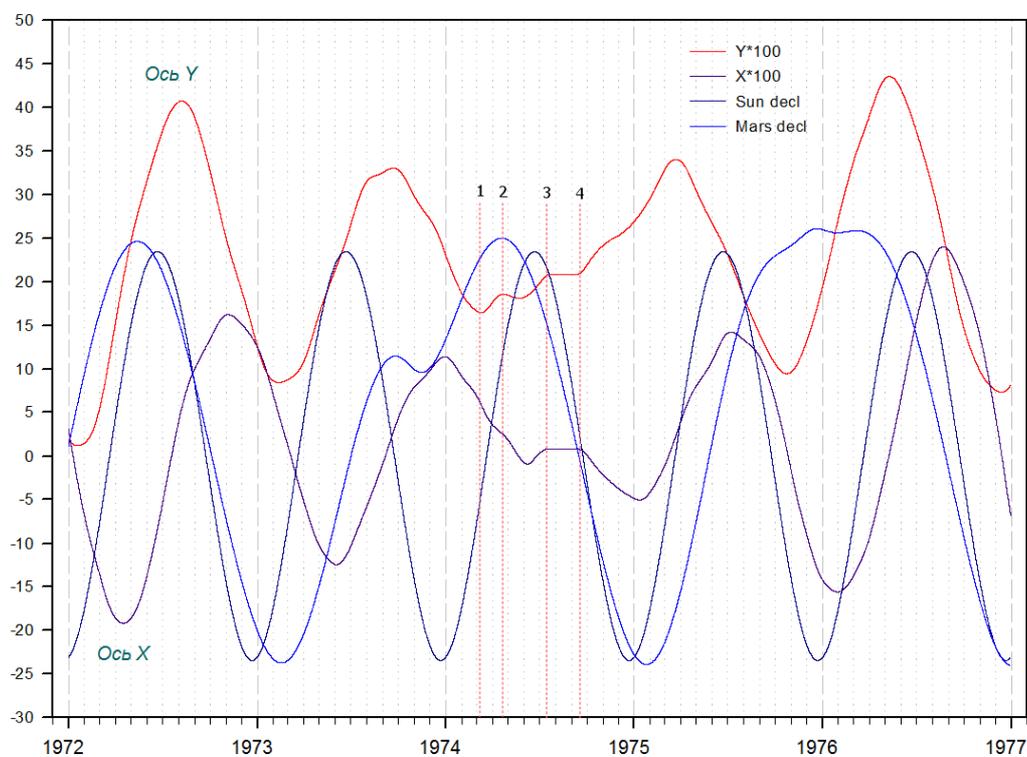


Рис. 16. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 1974 г., представлено движение по двум осям X и Y (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца и Марса.

Таким образом, период сингулярности 1974 года отличается основным воздействием на ось  $Y$ , заставляя ее показатели преждевременно отклоняться в сторону положительных величин.

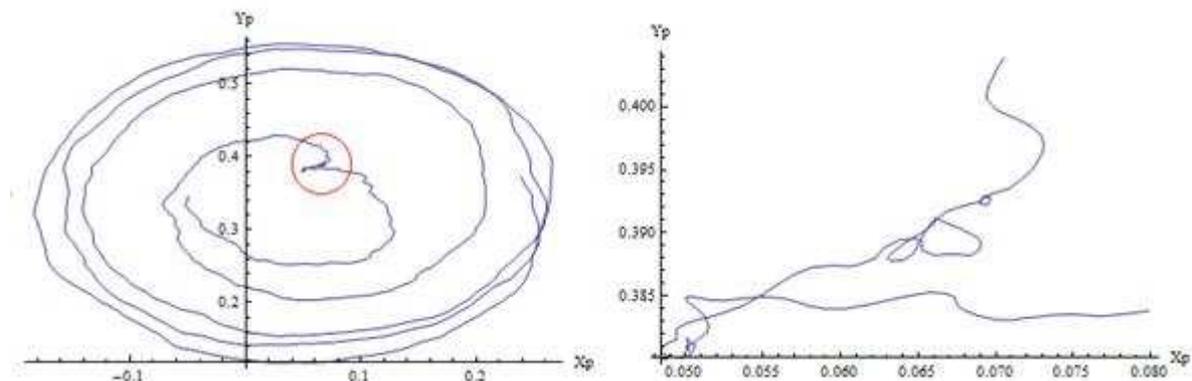


Рис. 17. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 2005-2006 г.

В период особого состояния полюса в 2005-2006 гг выявляется влияние Марса на обе компоненты, но влияние Венеры оказывается определяющим: 06.11.2005 Венера имеет долготу 270.65221 и отрицательное склонение 27.08484, то есть занимает ось 90-270 градусов. Ее воздействие, в сочетании с ретроградным движением Марса, вызывает, вместо увеличения  $Y$ , уменьшение, и при дальнейшем движении к нулевой точке эклиптики, вместо увеличения  $X$ , дает падение.

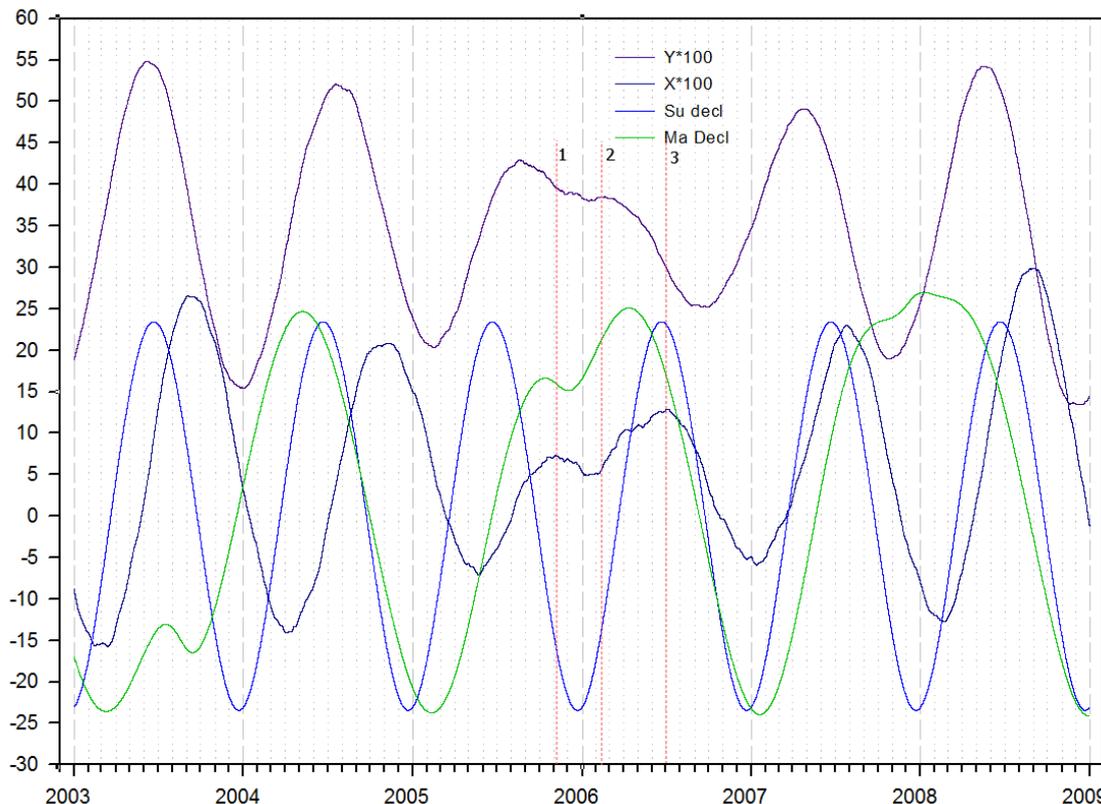


Рис. 18. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 2005-2006 гг., представлено движение по двум осям  $X$  и  $Y$  (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца, Меркурия и Венеры.

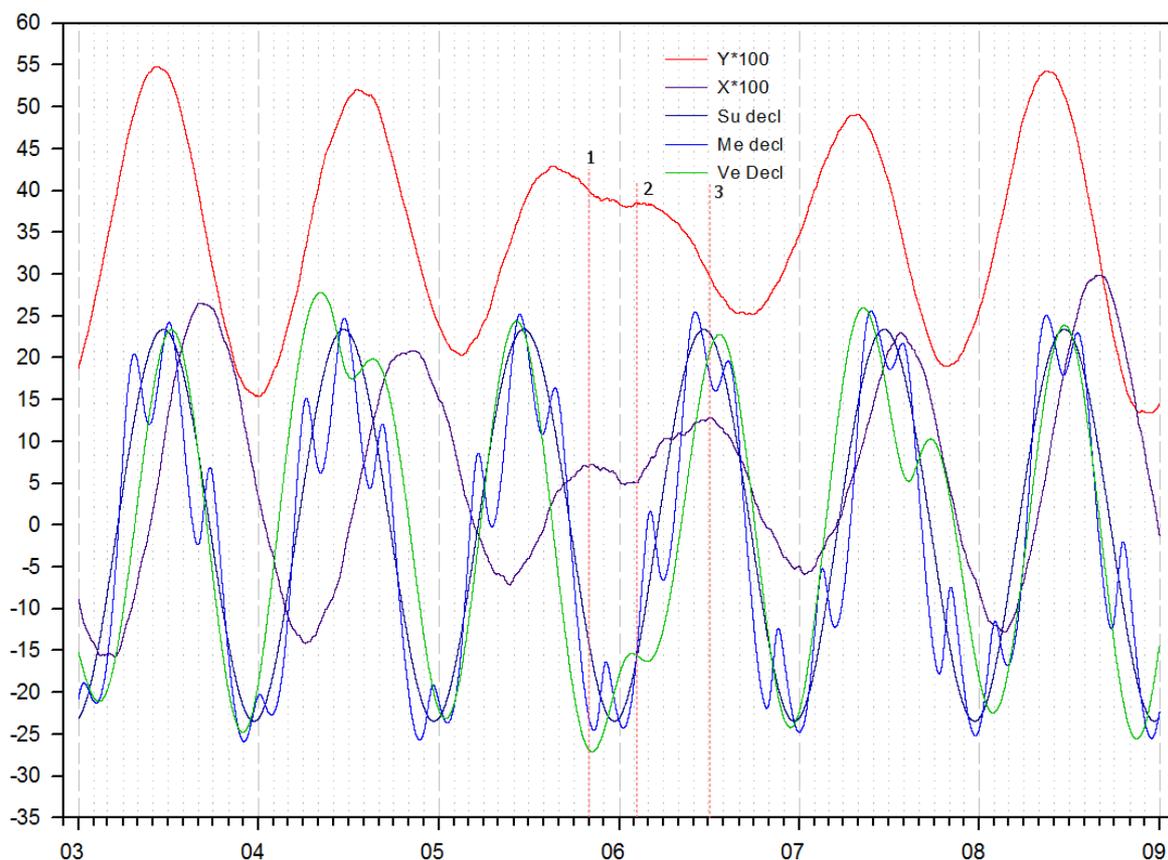


Рис. 19. Особое состояние в динамике мгновенного полюса в 2005-2006 гг., представлено движение по двум осям X и Y (показатели нормированы), а также динамика склонения Солнца и Марса.

В дальнейшем с 25. 12. 2005 начинается вначале период стационарной, а затем ретроградной Венеры, который заканчивается 04.02.2006 г., в соответствии с этим движение обеих осей изменяется вначале на нейтральное, а потом на противоположное. Компонента X при этом более лабильна, так как Венера движется в секторе от 270 до 360 градусов, что видно по рис. 17-19.

Таким образом, для данного периода характерно основное воздействие на компоненту X, движение которой меняется на противоположное (инверсия), при этом восстановление фазы движения происходит только в середине 2006 года.

Имеется характерная особенность в динамике показателей полюса и движениях лунных узлов и аписид в разных системах координат: широта аписид, учитываемая в эклиптикальной системе, изменяется равномерно с увеличением их долготы, в то время как в экваториальной системе, где динамика склонения аписид 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 1900-2020 гг.

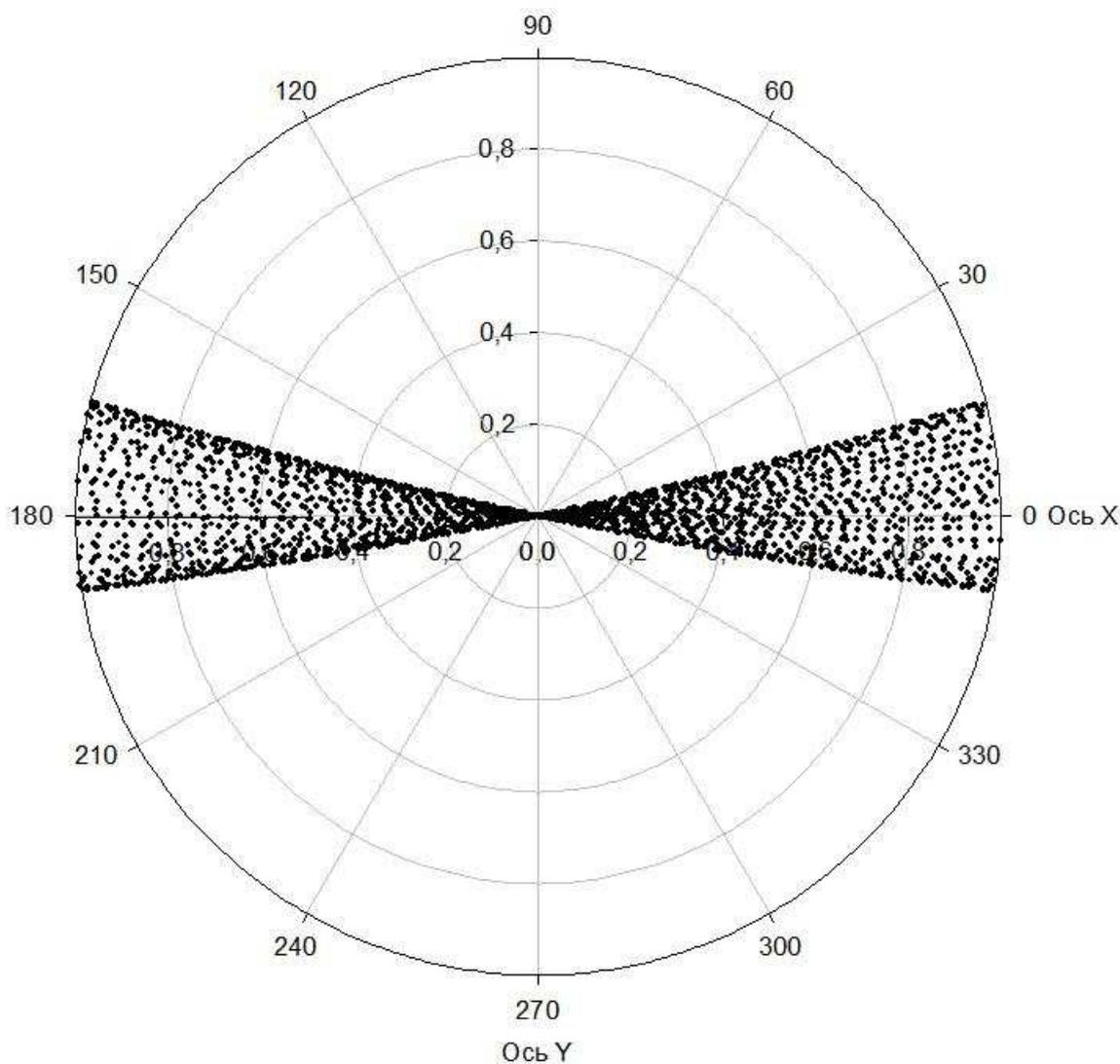


Рис. 20. Дрейф долготы апогея Луны при нулевом склонении.

Движение апогея в экваториальной системе – неравномерное, в силу возмущений, оказываемых на движение Луны, происходит люфт 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.

Дрейф апогея Луны при нулевой деклинации 1900-2300 гг.

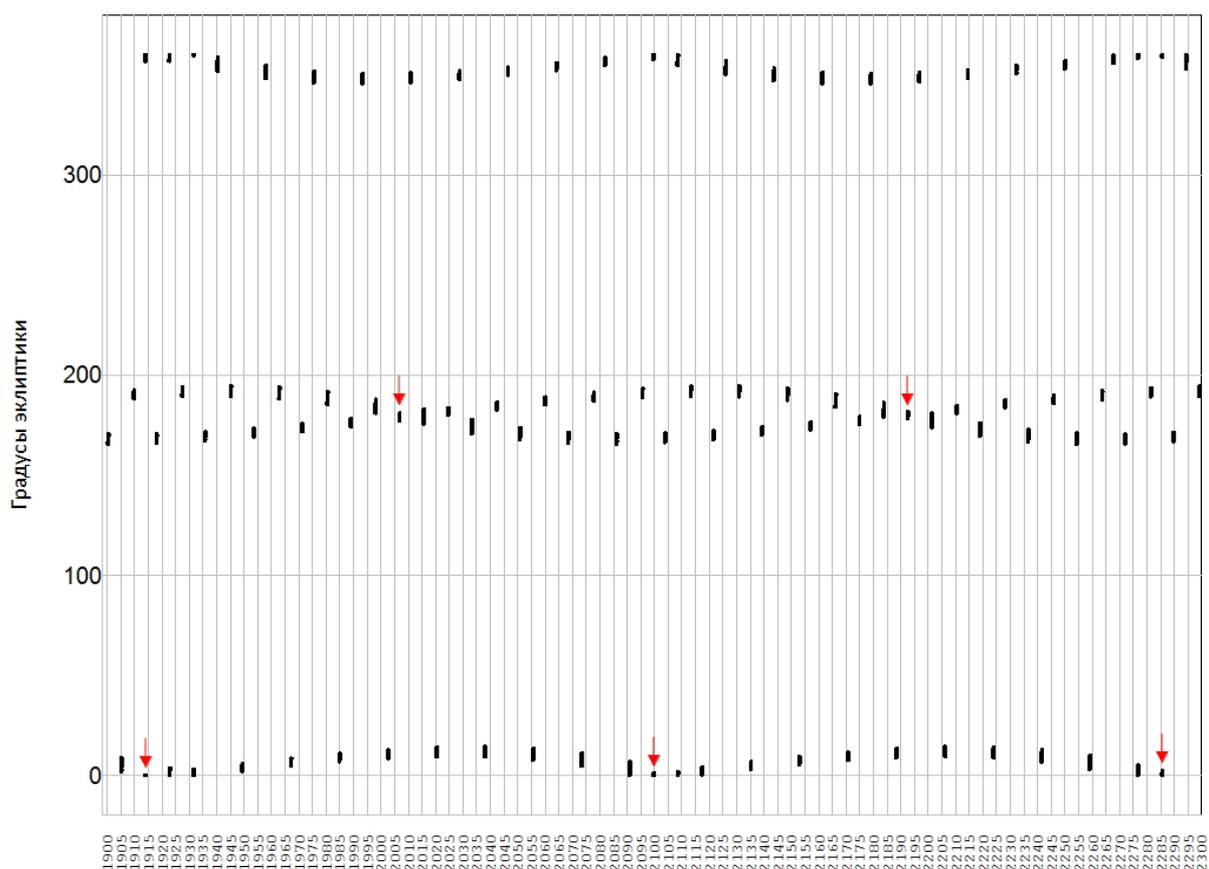


Рис. 21. Графическое моделирование люфта долготы относительно эклиптики при нулевом склонении апогея в экваториальной тропической системе координат.

На графике точное совпадение долготы с осью 0-180 ° эклиптики и нулевого склонения апогея происходило в 1915 и 2005 годах. Именно в эти временные периоды, в подходящие моменты сворачивания спирали динамики полюса внутри шестилетнего цикла, происходили его инверсии: падение амплитуды динамики почти до нуля и смена фазы движения. Следующая инверсия полюса гипотетически произойдет около 2100 года. Полный цикл составляет 185 лет, между шестилетними циклами, заключающими в себе возможность инверсии полюса, временной промежуток составляет в первом случае – 90 лет, а во втором – 95 лет; вследствие неравномерности люфта долготы при нулевом склонении, она дрейфует к оси 0-180 ° несколько быстрее, чем отдаляется от нее.

Таким образом, основной причиной инверсии полюса является дрейф долготы (RA) апогея при нулевой точке склонения, а так как склонение плоскости апсид связано с углом наклона земной оси к оси эклиптики (прецессии), то временные циклы инверсии могут претерпевать такие же изменения, как и динамика наклона земной оси. Сейчас эта ось демонстрирует вариации  $\pm 1,3^\circ$  вокруг среднего значения  $23,3^\circ/3'$ , отсюда и ве-

личина прецессии также не является неизменной. Мы можем сделать вывод, что имеется связь инверсии полюса с прецессией земной оси.

Таким образом, существование дрейфа долготы апсид при их нулевом склонении создает вектор векового дрейфа среднего полюса, но период эмпирических наблюдений составляет всего около 110 лет, что не позволяет сделать выводы о том, изменялось ли направление движения среднего полюса в предыдущие века.

Можно предположить, что инверсия 2005 года была лишь началом изменения векового тренда полюса, которое может занять около 10-15 лет. Сдвиг долготы апогея в сторону увеличения при нулевом склонении вызывал дрейф среднего полюса в сторону увеличения его положительных показателей по обеим осям с основным направлением в сторону  $280^\circ$  эклиптики, разворот дрейфа долготы в сторону их уменьшения до 2100 года должен вызвать разворот векового тренда среднего полюса на противоположное направление, при этом скорость обратного движения будет выше, чем мы могли наблюдать это за период эмпирических наблюдений.

Можно представить данную зависимость в другом виде: если использовать регулярные эмпирические данные за все время наблюдений, становится очевидным факт: в 1955 году отрицательное склонение апогея сочеталось с таким же склонением северного лунного узла. В течение циклов регрессии лунного узла, продолжительностью 18,61 года, и циклов обращения апогея продолжительностью 8,85 лет, нет абсолютного совпадения временных промежутков, и три цикла соединений апогея-узла не укладываются точно в полный цикл регрессии узла, следующее точное повторение отрицательных склонений произойдет только в 2140 году, или через 185 лет.

При этом период около 1955 года является переходным, также вызывая своеобразную инверсию: в период до 1955 года максимумы широты апогея давали максимумы по оси Y, а минимумы совпадали со снижением амплитуды биений, после 1955 года ситуация меняется на противоположную. Периоды между совпадающими максимальными и минимальными склонениями узла и апогея близки к 40 годам и могут определять волны Марковица.

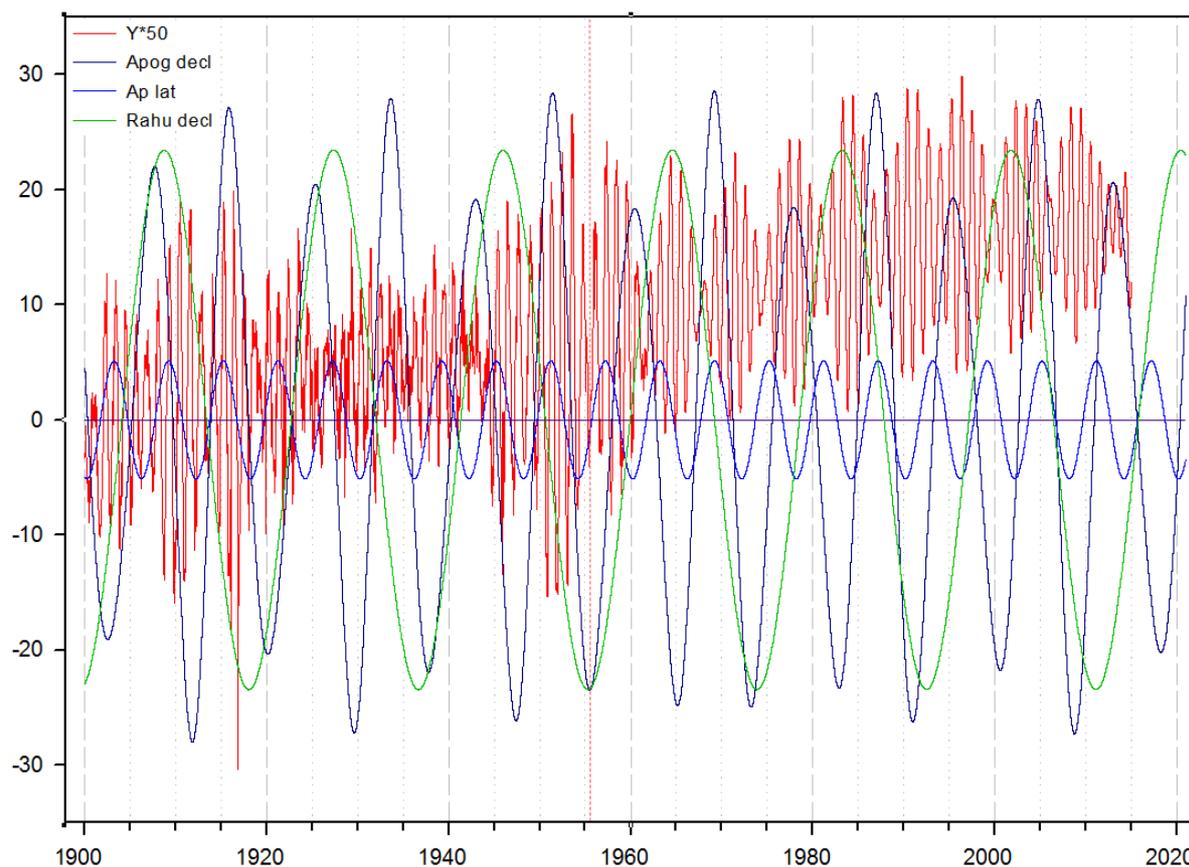


Рис. 22. Графическое моделирование динамики склонения узла, широты и склонения апогея в экваториальной тропической системе координат.

В глобальной системе «Земля – небесные тела Солнечной системы» возможно выявление влияния астрономических параметров небесных объектов не только на процесс динамики мгновенного полюса, но и на процесс сейсмогенеза, как это было показано в нашей работе /32/, а также на другие глобальные процессы, такие, как возникновение торнадо или извержения вулканов, возникновение и развитие ураганов, где сохраняют свое действие и информационное влияние астрономические параметры.

Движение полюса Земли отражает множество процессов, на что указывают как спектрограммы, так и периодограммы соответствующих сигналов – рис. 23. Поэтому, например, в работах /2, 23-24/ использовалось разложение действующих сил и моментов в сумму, содержащую вклады всех небесных тел.

Модель /23/ можно представить в виде

$$\ddot{x}(n) = a_1 X(n) + a_{12} \dot{X}(n) + b_1 + \sum_{j,k} c_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N \quad (7)$$

$$\ddot{y}(n) = a_2 Y(n) + a_{21} \dot{Y}(n) + b_2 + \sum_{j,k} d_{jk} P_{jk}(n), \quad 1 \leq n \leq N$$

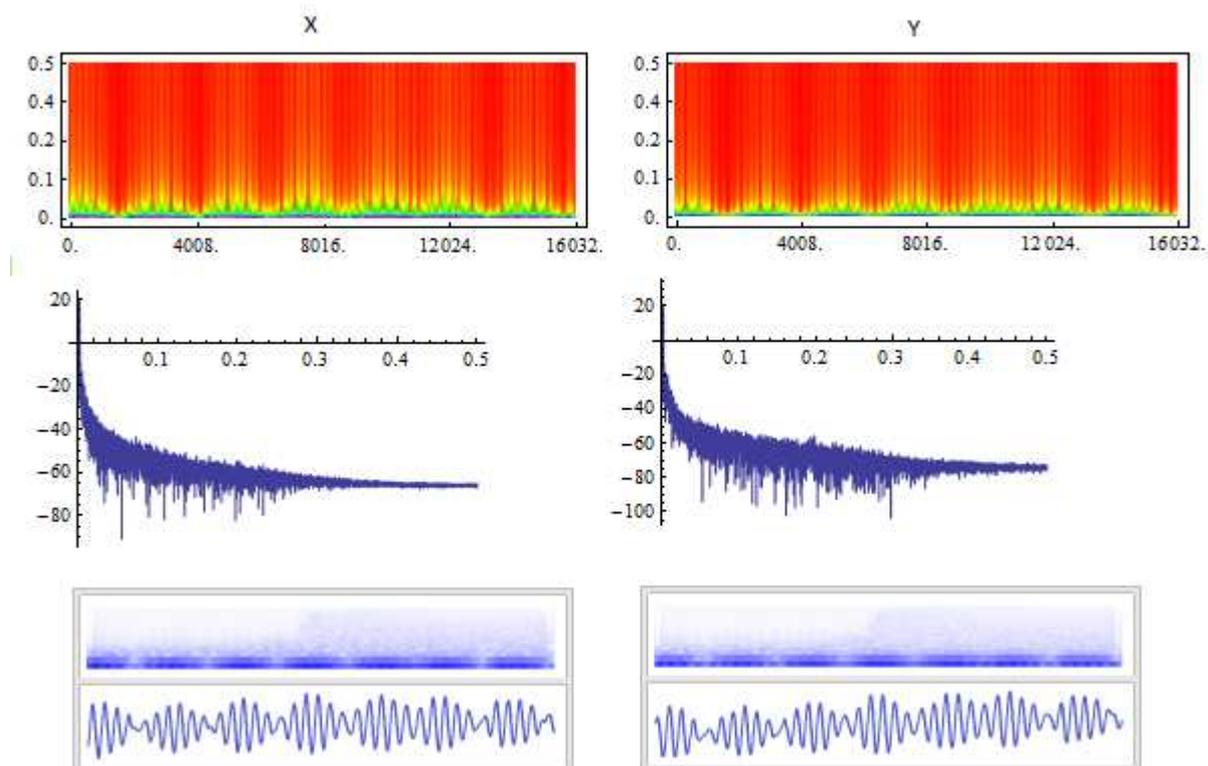


Рис. 23. Спектрограммы и периодограммы движения полюса построенные по данным /2/ на протяжении 16032 суток с 1963 по 2006 гг.

Вычисленные по данным /2/ частоты и коэффициенты вязкости зависят от исследуемого интервала. Период чандлеровских колебаний, определенный в интервале 1990-2006 гг близок по величине к стандарту IERS – 433,1 средних солнечных суток /2/. В интервал 1963-1980 периоды колебаний по двум осям, определенные согласно (7), не совпадают. В этом случае применяется более сложная модель /23/, позволяющая усреднить периоды колебаний в интервале 1963-2006 гг. Полученный в результате период – 428,9 средних солнечных суток, близок по величине к периоду 428 дней, который впервые установил в 1891 г американский астроном Сет Карло Чандлер. Вязкость системы в двух из трех исследованных интервалах времени проявляется лишь при движении полюса вдоль меридиана

90°W, тогда как при движении вдоль меридиана Гринвич в 1963-1980 и в 1990-2006 гг наблюдалось усиление амплитуды колебаний.

Отметим, что модель (7) позволяет прямо оценить величину угловых моментов сил отдельных небесных тел по коэффициентам линейной регрессии. Данные [23] показывают, что Солнце, Луна и планеты гиганты – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, вносят определяющий вклад в динамику полюса Земли. Эти результаты согласуются, как с моделью IERS [2], так и с данными настоящей работы. На рис. 24 представлены данные визуализации матрицы информативности, отображающей координаты и угловую скорость движения полюса в зависимости от долготы Солнца. Полученные результаты свидетельствуют о взаимосвязи явлений и событий в Солнечной системе, что может быть установлено путем применения АСК-анализа.

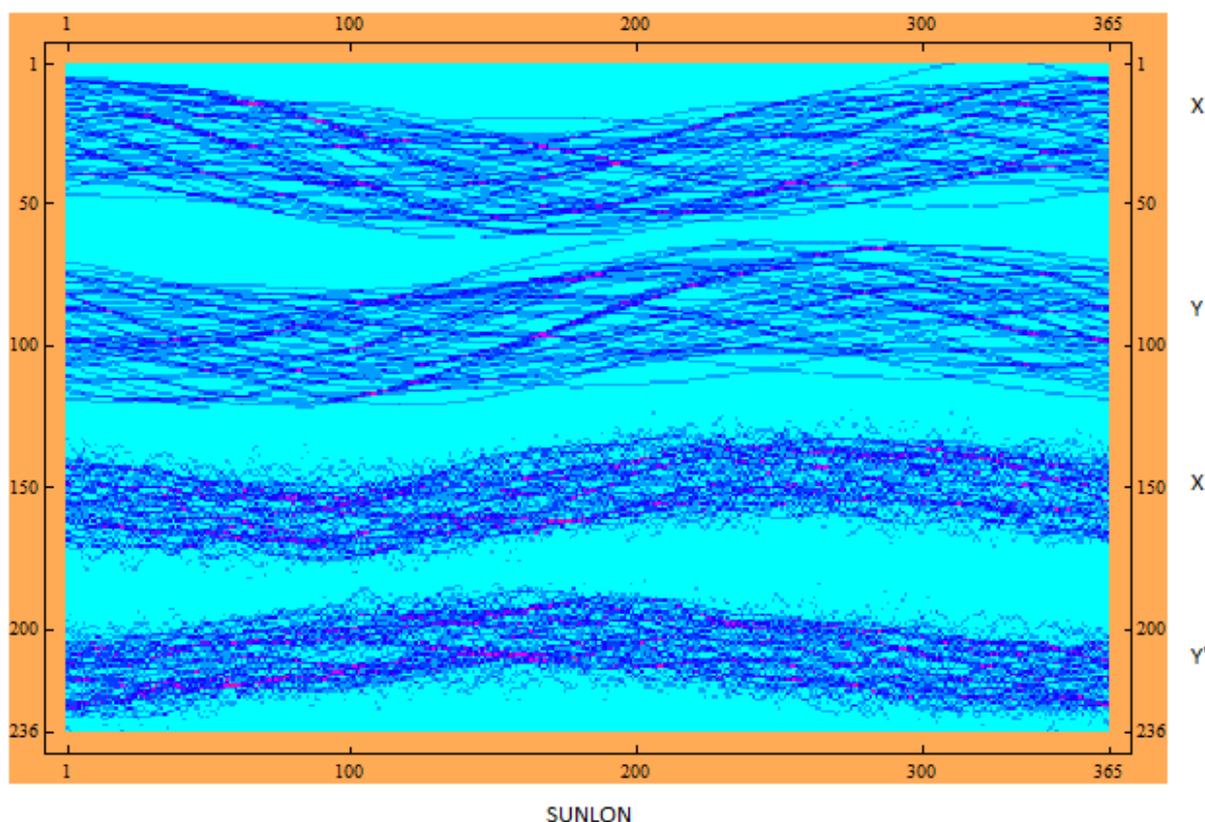


Рис. 24. Координаты и угловая скорость движения полюса Земли в зависимости от долготы Солнца: изображение получено путем визуализации матрицы информативности с использованием функции MatrixPlot в системе Wolfram Mathematica 9.0.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана информационно-семантическая многофакторная модель динамики мгновенного полюса под воздействием внешних небесных объ-

ектов. Обоснованы принципы спиралевидного движения в шестилетних циклах. Разработаны критерии астропараметров, вызывающих динамику мгновенного полюса внутри шестилетних циклов. Разработаны модели прогнозирования динамики полюса по реперным точкам. АСК-моделирование его динамики может найти применение при решении задач навигации, а также при исследовании ряда астрометрических и геофизических проблем.

Обоснованы причины возникновения особых «квазисингулярных» состояний в динамике полюса и их зависимость от информационно-семантического воздействия планет. Разработана модель инверсии полюса и векового дрейфа среднего полюса, выявлена их связь с прецессией земной оси. Это расширяет возможности изучения глобальных процессов изменения климата на планете. Определены направления и перспективы дальнейшего применения семантических информационных моделей в прогнозировании глобальных природных явлений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. IERS Conventions (2010). G´erard Petit<sup>1</sup> and Brian Luzum (eds.), IERS Technical Note No. 36, Frankfurt am Main, 2010, <http://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/data.html>
3. J. Laskar, F. Joutel & P. Robutel, Stabilization of the Earth's obliquity by the Moon// Nature 361, 18 February 1993, 615 – 617.
4. Авсюк Ю. Н. Приливные силы и природные процессы. - Москва, ОИФЗ РАН, 1996, 188 стр.
5. Авсюк Ю. Н. Исследование приливной эволюции системы Земля–Луна и ее проявления в геодинамике. Институт физики Земли РАН, Москва.
6. Арчи Э. Рой. Движение по орбитам. - М., Мир, 1981.
7. Бронштэн В. А. Как движется Луна? - М, «Наука», 1990.
8. Викулин А.В., Кролевец А.Н. Чандлеровское колебание полюса и сейсмотектонический процесс // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 6. С. 996-1009.
9. Горшков В.Л., Воротков М.В. Динамика движения полюса и долгопериодические вариации скорости вращения Земли // Изв. ГАО РАН. 2002. № 216. С. 415-425.
10. Горшков В.Л., Миллер Н.О. Исследования низкочастотных компонент в движении полюса и неравномерности вращения Земли. Астрономические исследования в Пулковке сегодня / под редакцией А.В.Степанова. – СПб: ВВМ, 2009, стр. 267-277.
11. Горшков В. Л., Миллер Н. О. Прогнозирование параметров вращения Земли с помощью сингулярного спектрального анализа, Известия ГАО РАН, 2009, СПб, №219, вып.1, с. 91 – 100.
12. Горшков В. Л. Об амплитудной модуляции чандлеровского движения полюса Земли// Известия ГАО РАН, СПб, 2006, №218, с. 209-215.
13. Кузнецов В. В. Физика Земли. Учебник-монография. Новосибирск, 2011.
14. Курбасова Г.С., Рыхлова Л.В., 2001, АЖ, Свободные колебания полюса Земли в системе Земля-Луна, т. 78, №11, с. 1049 – 1056.

15. Манк У., Макдональд Г. Вращение Земли. Пер. с англ. В.В. Нестерова, под ред. Я.Я. Успенского. — М.: Мир, 1964. — 384 с.
16. Миллер Н. О. Чандлеровское колебание в изменениях широты Пулковы за 170 лет// *Астрономический вестник*, 2011, том 45, № 4, с. 353–364
17. Миллер Н. О., Наумов В. А. Вековое движение полюса// *Изв. ГАО №213*. 1998. С.67-71.
18. Пономарева О. В. О механизме возмущения периодического движения полюса Земли планетами солнечной системы. Камчатский государственный университет им. В. Беринга, Петропавловск-Камчатский.
19. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. М.: Наука, 2002. 384 с
20. Сонечкин Д. М. Объяснение чандлеровского колебания полюсов Земли// *Институт океанологии им. П.П.Ширшова, РАН*, <http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/life/sonchkin.pdf>
21. 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.
22. Л.Д. Акуленко, С.А. Кумакшев, А.М. Шматков. Возмущенное вращение Земли// [http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop\\_theory\\_rus.pdf](http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop_theory_rus.pdf)
23. 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>
24. 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>
25. 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>
26. Трунев А. П. , Луценко Е. В. / Корреляция фондового индекса s & p 500 с астрономическими и геофизическими параметрами (Системно-когнитивный анализ взаимосвязи нососферы, 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>
27. 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>
28. 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>
29. Трунев А. П. , Луценко Е. В. Системно-когнитивный анализ и прогнозирование сейсмической активности литосферы Земли, как глобальной активной геосистемы // *Полите-*

матический 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>

30. 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>

31. 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>

32. 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>

33. 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>

34. 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.

35. 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>

36. Луценко Е. В., Трунев А. П., Трунев Е. А. Развитие интеллектуальной системы «Эйдос-астра», снимающее ограничения на размерность баз знаний и разрешение когнитивных 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>

37. 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.

38. Трунев А. П., Луценко Е. В. Астросоциотипология: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008, – 279 с.

39. Трунев А.П., Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли: Под на-

уч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2012. – 480 с. ISBN 978-5-94672-519-4.

### SPISOK LITERATURY

1. 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.
2. IERS Conventions (2010). G' erard Petit1 and Brian Luzum (eds.), IERS Techni-cal Note No. 36, Frankfurt am Main, 2010, <http://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/data.html>
3. J. Laskar, F. Joutel & P. Robutel, Stabilization of the Earth's obliquity by the Moon// Nature 361, 18 February 1993, 615 – 617.
4. Avsjuk Ju. N. Prilivnye sily i prirodnye processy. - Moskva, OIFZ RAN, 1996, 188 str.
5. Avsjuk Ju. N. Issledovanie prilivnoj jevoljucii sistemy Zemlja–Luna i ee pojavlenija v geodinamike. Institut fiziki Zemli RAN, Moskva.
6. Archi Je. Roj. Dvizhenie po orbitam. - M., Mir, 1981.
7. Bronshtjen V. A. Kak dvizhetsja Luna? - M, «Nauka», 1990.
8. Vikulin A.V., Krolevec A.N. Chandlerovskoe kolebanie poljusa i sejsmo-tektonicheskij process // Geologija i geofizika. 2001. T. 42. № 6. S. 996-1009.
9. Gorshkov V.L., Vorotkov M.V. Dinamika dvizhenija poljusa i dolgoperiodi-cheskie variacii skorosti vrashhenija Zemli // Izv. GAO RAN. 2002. № 216. S. 415-425.
10. Gorshkov V.L., Miller N.O. Issledovanija nizkochastotnyh komponent v dvizhenii poljusa i neravnomernosti vrashhenija Zemli. Astronomicheskie issledovanija v Pulkove segodnja / pod redakciej A.V.Stepanova. – SPb: VVM, 2009, str. 267-277.
11. Gorshkov V. L., Miller N. O. Prognozirovanie parametrov vrashhenija Zemli s pomoshh'ju singuljarnogo spektral'nogo analiza, Izvestija GAO RAN, 2009, SPb, №219, vyp.1, s. 91 – 100.
12. Gorshkov V. L. Ob amplitudnoj moduljaciji chandlerovskogo dvizhenija polju-sa Zemli// Izvestija GAO RAN, SPb, 2006, №218, c. 209-215.
13. Kuznecov V. V. Fizika Zemli. Uchebnik-monografija. Novosibirsk, 2011.
14. Kurbasova G.S., Ryhlova L.V., 2001, AZh, Svobodnye kolebanija poljusa Zem-li v sisteme Zemlja-Luna, t. 78, №11, s. 1049 – 1056.
15. Mank U., Makdonal'd G. Vrashhenie Zemli . Per. s angl. V.V. Nesterova, pod red. Ja.Ja. Us-penskogo. — M.: Mir, 1964. — 384 s.
16. Miller N. O. Chandlerovskoe kolebanie v izmenenijah shirotj Pulkova za 170 let// Astro-nomicheskij vestnik, 2011, tom 45, № 4, s. 353–364
17. Miller N. O., Naumov V. A. Vekovoe dvizhenie poljusa// Izv. GAO №213. 1998. S.67-71.
18. Ponomareva O. V. O mehanizme vozmushhenija periodicheskogo dvizhenija po-ljusa Zemli planetami solnečnoj sistemy. Kamchatskij gosudarstvennyj universitet im. V. Beringa, Petropavlovsk-Kamchatskij.
19. Sidorenkov N.S. Fizika nestabil'nostej vrashhenija Zemli. M.: Nauka, 2002. 384 s
20. Sonechkin D. M. Ob#jasnenie chandlerovskogo kolebanija poljusov Zemli// Institut okeanologii im. P.P.Shirshova, RAN, <http://lnfm1.sai.msu.ru/grav/russian/life/sonechkin.pdf>
21. Akulenko L.D., Kumakshev S.A., Markov Ju.G., Ryhlova L.V. Model' dvizhe-nija poljusa deformiruemoj Zemli, adekvatnaja astrometricheskim dannym// Astron. zh. - 2002. - T. 79. - N 1. - S. 81-89.
22. L.D. Akulenko, S.A. Kumakshev, A.M. Shmatkov. Vozmushhennoe vrashhenie Zemli// [http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop\\_theory\\_rus.pdf](http://www.ipmnet.ru/~kumak/Earth/eop_theory_rus.pdf)
23. Trunев A. P. Modelirovanie vlijanija nebesnyh tel na dvizhenie poljusa Zemli // Polite-maticheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudar-stvennogo agrarnogo univer-siteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №10(64). S. 285 – 308. – Shifr Informregistra: 0421000012\0257. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/22.pdf>
24. Trunев A. P. Modelirovanie jelektromagnitnogo i gravitacionnogo vlija-nija nebesnyh tel solnečnoj 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 Informregi-stra: 0421000012\0152. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/16.pdf>

25.Trunev A. P. /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>

26.Trunev A. P. , Lucenko E. V. / Korreljacija fondovogo indeksa s & p 500 s astronomicheskimi i geofizicheskimi parametrami (Sistemno-kognitivnyj analiz vzaimosvjazi noosfery, litosfery, magnitosfery i kosmicheskoy sredy) // Politema-ticheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarno-go universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: Kub-GAU, 2010. – №03(57). S. 237 – 256. – Shifr Informregistra: 0421000012\0039. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/03/pdf/13.pdf>

27.Trunev A. P. , Lucenko E. V. Prognozirovanie sejsmicheskoy aktivnosti i klimata na osnove semanticheskikh informacionnyh modelej // Politematicheskij se-tevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer-siteta (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>

28.Trunev A. P. , Lucenko E. V. Semanticheskie informacionnye modeli glo-bal'noj sejsmicheskoy aktivnosti pri smeshhenii geograficheskogo i magnitnogo polju-sa // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarst-vennogo 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>

29.Trunev A. P. , Lucenko E. V. Sistemno-kognitivnyj analiz i prognoziro-vanie sejsmicheskoy aktivnosti litosfery Zemli, kak global'noj aktivnoj geosiste-my // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarst-vennogo 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>

30.Trunev A. P. , Lucenko E. V. Semanticheskie informacionnye modeli vlijaniya solnechnyh pjaten na sejsmicheskiju aktivnost', dvizhenie poljusa i magnitnoe pole Zemli // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo go-sudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj re-surs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №02(66). S. 546 – 571. – Shifr Informregist-ra: 0421100012\0030. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/46.pdf>

31.Trunev A. P. , Lucenko E. V. , Bandyk D. K. /Avtomatizirovannyj sistem-no-kognitivnyj analiz vlijaniya tel Solnechnoj sistemy na dvizhenie poljusa Zemli i vizualizacija prichinnosledstvennyh zavisimostej v vide kognitivnyh funkcij // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvenno-go agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Kras-nodar: KubGAU, 2011. – №01(65). S. 232 – 258.– Shifr Informregis-tra: 0421100012\0002.– Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/20.pdf>

32.Cherednichenko N. A., Lucenko E. V., Bandyk D. K., Trunev A. P. / Prognozi-rovanie zem-letrjasenij na osnove astronomicheskikh dannyh s primeneniem ask-analiza na primere bol'shogo kali-fornijskogo razloma San-Andreas // Politematicheskij se-tevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer-siteta (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>

33.Lucenko E. V. , Trunev A. P. «Jejdos-astra» – intellektual'naja sistema nauchnyh issledo-vanij vlijaniya kosmicheskoy sredy na povedenie global'nyh geosis-tem // Politematicheskij setевой jel-ektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarst-vennogo 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>

34.Lucenko E. V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v uprav-lenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issle-dovanii jekonomicheskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizaci-onno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2002. – 605 s.

35.Lucenko E. V. , Trunev A. P. , Bandyk D. K. / Metod vizualizacii kogni-tivnyh funkcij – novyj instrument issledovanija jempiricheskikh dannyh bol'shoj razmernosti // Politematicheskij setевой

jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №03(67). S. 240 – 282. – Shifr Informregi-stra: 0421100012\0077. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>

36.Lucenko E. V. , Trunев A. P. , Trunев E. A. Razvitie intellektual'noj sistemy «Jejdos-  
astra», snimajushhee ogranichenija na razmernost' baz znaniy i razre-shenie kognitivnyh funkciy // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №05(69). S. 353 – 377. – Shifr Informregistra: 0421100012\0159. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/05/pdf/31.pdf>

37.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.

38.Trunев A. P. , Lucenko E. V. Astrosociotipologija: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008, – 279 s.

39.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.Lojsko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2012. – 480 s. ISBN 978-5-94672-519-4.