

Программа расчета эфемерид

версия 2.1a от 19 апреля 2020 года

1. Общая информация о программе

Программа расчета эфемерид (или ПРЭ, если сокращенно) предназначена, как явствует из ее названия, для вычисления координат различных небесных тел – Солнца, Луны, больших и малых планет Солнечной системы. Говоря вообще, программ, способных вычислять положения (эфемериды) планет, достаточно много, и главной особенностью ПРЭ является то, что результаты своих вычислений она сводит в таблицу, которая пишется в текстовый файл, и такой формат вывода планетных координат – уже сравнительно нечастое явление среди астрономического программного обеспечения. При этом ПРЭ обеспечивает создание текстовых файлов в кодировках MS-DOS и Windows (CP-866 и WIN-1251 соответственно), текстовых файлов, предназначенных для импорта в программу Microsoft Excel (или ее аналог), а также готовых веб-страниц (HTML-файлов).

Ранние версии программы (ПРЭ 1.x), создававшиеся в 2007-2008 годах, являлись, по сути, лишь своеобразными «пробами пера». Увидевшая свет в 2014 году ПРЭ 2.0 была основательно переработана, а правильнее сказать – переписана с нуля (причем на другом языке программирования). От прежних версий были сохранены лишь наиболее бесспорные алгоритмы, а в остальном вычислительная часть написана заново. Изменился и способ управления программой, а самих настроек стало гораздо больше, что обеспечивает более гибкое взаимодействие программы и пользователя. При этом программа была разделена на оболочку и вычислительную часть. В 2019 году появились ПРЭ версий 2.01 и 2.02, содержащие главным образом исправления ошибок, выявленных в ходе эксплуатации ПРЭ 2.0, без добавления каких-либо новых функций.

Предлагаемая Вашему вниманию ПРЭ 2.1a содержит не только исправления ошибок предыдущих версий с модификацией ряда алгоритмов, но и некоторое изменение функционала – при том, что сама по себе концепция программы осталась неизменной. В варианте для Windows сохранено разделение на вычислительную часть и оболочку (которая, к слову сказать, была целиком написана заново), в вариантах для MS-DOS (и совместимых с ней аналогов) вычислительная часть и оболочка были объединены. Вместе с тем, общие принципы взаимодействия программы с пользователем остались неизменными со времен ПРЭ 2.0.

Как отмечалось выше, ПРЭ 2.1a может работать под управлением операционных систем Windows и MS-DOS (либо ее совместимых аналогов). Для первой предусмотрены 32-разрядный и 64-разрядный варианты вычислительной части, для второй – 16-разрядный и 32-разрядный варианты программы. При этом функционал и вычислительные возможности у этих двух вариантов программы совершенно одинаковы, а способ управления – во многом сходен.

ПРЭ 2.1a является абсолютно бесплатной и поставляется согласно известным принципам «как есть» и «не нравится – не пользуйтесь», то есть со всеми своими возможными ошибками и недоработками. Каких-либо ограничений на распространение при условии сохранения неизменным кода программы не предусмотрено, равно как гарантий, то есть автор не несет никакой

ответственности за последствия использования программы или невозможности такого использования, за вероятные несоответствия программы чьим-либо ожиданиям и прочие подобные вещи, никак от воли автора не зависящие. Единственное, что может гарантировать автор, – это лишь то, что программа будет занимать место на диске.

2. Системные требования

В общем случае для использования ПРЭ 2.1a необходимо иметь IBM-совместимый компьютер на базе любого процессора типа x64 или любого 32-разрядного процессора типа x86. Это означает, что для работы программы подойдет практически любой сколько-нибудь современный компьютер или ноутбук. Вместе с тем, надо сделать ряд оговорок, касающихся отдельных вариантов программы.

Оболочка ПРЭ 2.1a для Windows работает через .NET Framework версии не ниже 4.0, откуда следует, что данная программная платформа должна быть установлена на компьютере. Это обстоятельство предъявляет определенные требования к компьютеру: необходимо использовать операционную систему не ниже Windows XP и процессор не ниже Intel Pentium II, а кроме того, может потребоваться установка WIC (Windows Imaging Component), если таковой по какой-либо причине отсутствует в операционной системе.

Вычислительная часть ПРЭ 2.1a для Windows нуждается в наличии процессора и операционной системы соответствующей разрядности: очевидно, что 64-разрядная версия не будет работать на 32-разрядном компьютере или даже на 64-разрядном компьютере под управлением 32-разрядной версии Windows. В остальном никаких специальных требований к аппаратной части и операционной системе не предъявляется: если на компьютере работает сама Windows, заработает и вычислительная часть ПРЭ 2.1a, для 32-разрядной версии которой требуется операционная система не ниже Windows 95. Возможно, она сможет работать и под управлением Windows NT 3.1/3.5/3.51, однако способность программы к функционированию в столь экзотических условиях не проверялась, так как у ее автора нет ни желания, ни возможности этим заниматься.

Наконец, для знающих людей приведем системные требования вариантов ПРЭ 2.1a для MS-DOS. Таковых вариантов предусмотрено три: 16-разрядный и два 32-разрядных (базовый и с использованием упрощенных алгоритмов). Требования в зависимости от варианта программы предъявляются следующие:

- Процессор: не ниже Intel 286 для 16-разрядного варианта и не ниже Intel 386 для 32-разрядных вариантов, причем в обоих случаях сопроцессор требуется в обязательном порядке;
- Оперативная память: не менее 380 килобайт свободной нижней памяти для 16-разрядного варианта, не менее 3 мегабайт и не менее 1 мегабайта соответственно для базового и упрощенного 32-разрядных вариантов;

- Операционная система: не ниже MS-DOS 2.0 для 16-разрядного варианта и не ниже MS-DOS 3.30 для 32-разрядных вариантов либо совместимые с ними аналоги;
- Видеокарта типа EGA, VGA или SVGA, если есть необходимость работать с оболочкой и/или получать от программы сообщения на русском языке.

Варианты ПРЭ 2.1а, предназначенные для MS-DOS, смогут работать под управлением Windows 95/98, однако их работоспособность под NT-подобными Windows, к каковым, помимо собственно Windows NT, относятся также Windows 2000/XP/2003 и все последующие, не гарантируется. При необходимости в таких операционных системах программу можно запустить посредством эмулятора, например, DOSBOX версии 0.74 (возможно, она будет работать и с более ранней версией эмулятора, что, однако, не проверялось).

Также отметим, что на некоторых компьютерах проявляется несовместимость драйвера мыши версии 8.20 от фирмы Microsoft с 32-разрядным вариантом ПРЭ 2.1а, если запускать программу в режиме оболочки: после запуска ПРЭ драйвер мыши инактивируется. Данная проблема решается заменой драйвера мыши, например, на Cute Mouse 2.0 из состава FreeDOS.

3. Комплект поставки

В комплекте поставки программы содержатся папки DOSPREPH и WINPREPH, содержащие файлы вариантов программы для MS-DOS и для Windows соответственно, а также файлы README.PDF и README.TXT, представляющие собой описание программы, причем последний – в кодировке MS-DOS.

Рассмотрим содержимое каждой из папок более подробно.

В папке WINPREPH находятся следующие файлы:

- WINPREPH.EXE – оболочка варианта программы, предназначенного для Windows. В каких-либо дополнительных файлах из комплекта поставки не нуждается, но при отсутствии исполняемых файлов вычислительной части сможет лишь формировать файл конфигурации.
- PREPH21A_X86_FULL.EXE – 32-разрядная базовая вычислительная часть варианта программы, предназначенного для Windows. Для работы необходим файл конфигурации PREPH21A.INI (или его заменитель), а при составлении веб-страниц – также STYLECSS.INI (или его заменитель).
- PREPH21A_X86_SIMPLE.EXE – 32-разрядная упрощенная вычислительная часть варианта программы, предназначенного для Windows. Необходимые файлы – такие же, как и для PREPH21A_X86_FULL.EXE.
- PREPH21A_X64_FULL.EXE – 64-разрядная базовая вычислительная часть варианта программы, предназначенного для Windows. Необходимые файлы – такие же, как и для PREPH21A_X86_FULL.EXE.
- PREPH21A_X64_SIMPLE.EXE – 64-разрядная упрощенная вычислительная часть варианта программы, предназначенного для Windows. Необходимые файлы – такие же, как и для PREPH21A_X86_FULL.EXE.

- PREPH21A.INI – текстовый файл, содержащий параметры для запуска вычислительной части программы и необходимый для ее работы.
- STYLECSS.INI – текстовый файл, содержащий в себе CSS-параметры оформления веб-страниц и необходимый для их создания.

В папке DOSPREPH находятся следующие файлы:

- PREPH21A.EXE – базовый 32-разрядный вариант программы, предназначенный для MS-DOS. Для работы необходим файл CWSDMI.EXE, файл конфигурации PREPH21A.INI (или его заменитель), а при составлении веб-страниц – также STYLECSS.INI (или его заменитель).
- PRE21A32.EXE – упрощенный 32-разрядный вариант программы, предназначенный для MS-DOS. Для работы необходим файл CWSDMI.EXE, файл конфигурации PREPH21A.INI (или его заменитель), а при составлении веб-страниц – также STYLECSS.INI (или его заменитель).
- PRE21A16.EXE – 16-разрядный вариант программы, предназначенный для MS-DOS. Для работы необходим файл конфигурации PREPH21A.INI (или его заменитель), а при составлении веб-страниц – также STYLECSS.INI (или его заменитель).
- CWSDMI.EXE – расширитель DOS, необходимый для работы программ PREPH21A.EXE и PRE21A32.EXE.
- STYLECSS.INI – текстовый файл, содержащий в себе CSS-параметры оформления веб-страниц и необходимый для их создания.

Учитывая вышеизложенное, Вы можете самостоятельно отобрать те файлы, которые реально необходимы Вам для работы, удалив из папки с программой все то, что представляется Вам ненужным.

4. Основные возможности программы

Ниже вкратце отметим основные функции и возможности ПРЭ 2.1а. Итак, программа умеет:

1. Вычислять координаты Солнца, Луны, больших планет Солнечной системы, карликовых планет Цереры и Плутона, а также астероидов Паллады, Юноны, Весты, Икара, Гидальго, Хирона, Диоретсы, Варуны, Иксиона и Седны в трех различных системах координат – эклиптической, 2-й экваториальной и горизонтальной, при этом может учитываться влияние аберрации, нутации, атмосферной рефракции и параллакса (топоцентрическая поправка);
2. Записывать эфемериды указанных небесных тел как в сводные таблицы, так и в индивидуальные, где помимо собственно координат даются времена восхода, захода и верхней кульминации, а по возможности – и некоторые физические параметры;
3. Составлять таблицы эфемерид как для одного тела на некоторый период времени, так и для всех известных программе объектов на один момент;

4. Рассчитывать эфемериды больших и малых планет Солнечной системы в эклиптической и экваториальной системах гелиоцентрических координат;
5. Вычислять гелиоцентрические и геоцентрические прямоугольные координаты больших и малых планет Солнечной системы;
6. Вычислять планетоцентрические геоэкваториальные сферические и прямоугольные координаты планет Солнечной системы, причем центром системы координат может быть любая из планет, известных программе;
7. Рассчитывать эфемериды любого объекта Солнечной системы, обращающегося непосредственно вокруг Солнца, по шести кеплеровским элементам орбиты, которые задаются пользователем, а также времена восхода, захода и верхней кульминации этого объекта;
8. Любую из создаваемых таблиц сохранять в любом из четырех поддерживаемых форматов, будь то текст MS-DOS, текст Windows, текст для импорта в Microsoft Excel или веб-страница.

Таким образом, функционал по сравнению с ПРЭ ранних версий несколько расширен, произведены многочисленные качественные улучшения, хотя функции, реализованные в ПРЭ 1.x, в целом повторяются. При этом вычисление селеноцентрических (или луноцентрических, как их еще называют) координат больше не производится. За ненадобностью. По аналогичной причине в ПРЭ 2.1a больше не предусматривается возможность вычислять гелиоцентрические координаты, приведенные к плоскости орбиты какой-либо планеты. Планетоцентрические координаты теперь рассчитываются в геоэкваториальной системе, а не приводятся к плоскости орбиты соответствующей планеты.

О том, чем характерна та или иная возможность программы, а также о том, как всем этим пользоваться, будет подробно рассказано далее.

5. Комментарии к функциям программы

5.1. Вычисление геоцентрических координат Солнца, Луны и планет

Одно из важнейших усовершенствований в ПРЭ 2.x по сравнению с ее ранними версиями – это существенно возросшая точность вычислений, что привело к значительному увеличению размеров исполняемых файлов, входящих в комплект программы.

Вместе с тем, сам принцип вычисления тех или иных координат почти не претерпел изменений: для Солнца и Луны в первую очередь вычисляются геоцентрические эклиптические координаты на среднее равноденствие даты, гелиоцентрические координаты Земли вычисляются из геоцентрических координат Солнца, для планет вычисляются сначала гелиоцентрические координаты, а из них – уже геоцентрические эклиптические. Экваториальные координаты вычисляются из эклиптических, а горизонтальные – из

экваториальных, в силу чего они включают в себя влияние всех поправок, которые делались к экваториальным координатам.

В отличие от более ранних версий, в ПРЭ 2.x можно учесть влияние на эклиптические координаты эффектов, связанных с конечностью скорости света, то есть абберации. При этом для эклиптических координат учитываются только планетная (в том числе годовая) абберация, а учет суточной абберации, зависящей от нахождения наблюдателя на поверхности Земли, делается только для экваториальных и, соответственно, горизонтальных координат. Учет нутации и атмосферной рефракции также производится лишь для экваториальных и горизонтальных координат, а если активировать соответствующие опции программы при вычислении эклиптических координат, они будут проигнорированы. Учет нутации затрагивает также местное звездное время, представляющее собой часовой угол точки весеннего равноденствия в данном месте и в данный момент. При вычислении горизонтальных координат всегда берется топоцентрическая поправка (другое дело, что во многих случаях ее величина довольно незначительна), тогда как для экваториальных координат ее вычисление сугубо опционально.

Учет абберации позволяет перейти от истинных координат на среднее равноденствие даты к видимым, учет нутации – от среднего равноденствия даты к истинному равноденствию, а учет рефракции – вычислить поправку за влияние земной атмосферы на видимые координаты.

Для Солнца производится учет лишь годичной (при использовании экваториальных и горизонтальных координат – также и суточной) абберации, поскольку в течение промежутка времени, необходимого свету, чтобы пройти от Солнца до Земли, движение Солнца относительно центра масс солнечной системы фактически равно нулю.

Для Луны абберация никогда не вычисляется, поскольку в случае с ней эффекты, обусловленные конечностью скорости света, и эффекты, вызванные обращением Луны вокруг Земли и вместе с ней – вокруг Солнца, по большей части компенсируют друг друга, а остальные – учитываются непосредственно при вычислении эфемерид.

Координаты Солнца и больших планет Солнечной системы вычисляются по теории VSOP87, координаты Луны – по модифицированной теории Э. Брауна, координаты всех прочих объектов – по методу И. Кеплера. Теоретически точность вычислений координат Солнца и больших планет при использовании полной версии теории VSOP87, а также координат Луны должна быть в пределах 1". Однако при этом все равно возможны расхождения между результатами вычислений и фактическим положением светил, особенно в отдаленном будущем. Дело в том, что для вычисления координат Солнца, Луны и больших планет с высокой точностью необходимо учесть разницу между всемирным (UT) и земным (TT) временем, которое раньше еще называлось эфемеридным (ET), – так называемую поправку ΔT . Но величина этой поправки может быть достоверно определена только из наблюдений, а на будущее вычислена лишь предположительно. Для ее вычисления в программе используется алгоритм на

основе данных, опубликованных Ф. Эспеньяком в статье «Polynomial Expressions for Delta T» (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltatpoly.html>).

Упрощенная версия теории VSOP87, применяемая в соответствующих вариантах программы, позволяет получить результаты, которые могут на 1-3" отличаться от координат, вычисленных по полной ее версии. В упрощенном варианте теории оставлены только те члены, у которых присутствует что-то кроме нуля в пятом знаке после запятой. Подобное упрощение, хоть оно и отрицательно сказывается на точности вычислений, позволяет в разы уменьшить размеры программного кода, тогда как для технических целей сравнительно невысокой точности оказывается вполне достаточно: здесь мы можем наблюдать в действии известный закон Парето.

Вычисление координат Плутона производится по методу И. Кеплера и даже в теории с меньшей точностью: погрешность в вычислении его гелиоцентрической долготы составляет до 5", гелиоцентрической широты – до 2". Такая точность обеспечивается лишь на временном интервале с 1800 по 2050 год и в системе координат, приведенной к стандартному равноденствию эпохи J2000.0 (она же 2451545,0). За пределами этого интервала возможны более значительные расхождения. Кроме того, на эту ошибку могут накладываться погрешности при переходе от гелиоцентрических координат к геоцентрическим и при переводе элементов орбиты с равноденствия эпохи J2000.0 к равноденствию даты, а также то обстоятельство, что для Плутона ввиду изначально невысокой точности вычислений не учитывается разница между всемирным и земным временем.

Координаты Цереры и астероидов вычисляются приближенно и будут в общих чертах соответствовать действительности лишь несколько предыдущих и последующих лет. Основой для вычислений являются кеплеровские элементы орбит этих небесных тел, заданные, как правило, на эпоху 2458600,5 и приведенные к равноденствию эпохи J2000.0. Для большей математической корректности значения элементов приводятся к равноденствию даты, однако их вековые изменения не учитываются ввиду отсутствия у автора программы какой-либо информации о них. Разница между всемирным и земным временем в данном случае также не учитывается.

5.2. Вычисление гелиоцентрических координат планет

В ПРЭ 2.1а реализована функция вычисления гелиоцентрических координат и составления соответствующих таблиц. При этом в одну таблицу сводятся координаты всех больших и малых планет, с которыми может работать программа, но при этом дополнительной информации в таблицу почти не пишется, что связано с увеличивающимся при этом числом столбцов.

Простейший вариант – это эклиптические гелиоцентрические координаты. Именно исходя из них вычисляются координаты планет, видимые с Земли. Долготы планет отсчитываются от точки весеннего равноденствия, а широты – от плоскости эклиптики.

Экваториальные гелиоцентрические координаты получаются из соответствующих эклиптических. Гелиоцентрические прямые восхождения планет также отсчитываются от точки весеннего равноденствия, а гелиоцентрические склонения – от плоскости, которая наклонена к плоскости эклиптики на угол, равный углу наклона к ней плоскости небесного экватора. Таким образом, плоскость небесного экватора и фундаментальная плоскость при вычислении экваториальных гелиоцентрических координат являются параллельными друг другу.

5.3. Планетоцентрические координаты

Планетоцентрические координаты вычисляются в геоэкваториальной системе и определяются из гелиоцентрических экваториальных координат Земли и планет (без перехода к геоцентрическим координатам). В качестве фундаментальной плоскости берется плоскость небесного экватора, в качестве основного направления – направление на земную точку весеннего равноденствия. При этом планетоцентрическое положение Земли диаметрально противоположно геоцентрическому положению планеты: планетоцентрическое склонение Земли равно по величине и противоположно по знаку геоцентрическому склонению планеты, а разность планетоцентрического прямого восхождения Земли и геоцентрического прямого восхождения планеты составляет 180° .

Данная опция представляет в основном теоретический интерес, чтобы можно было хотя бы примерно оценить, как выглядело бы движение планет в Солнечной системе с точки зрения гипотетического наблюдателя, находящегося не на Земле, а на другой планете.

5.4. Прямоугольные координаты

Прямоугольные координаты (абсцисса, ордината и аппликата) вычисляются из соответствующих сферических (долгота/прямое восхождение, широта/склонение и радиус-вектор) и могут быть геоцентрическими и гелиоцентрическими, а также эклиптическими и экваториальными либо планетоцентрическими геоэкваториальными. Ось абсцисс при этом направлена на точку весеннего равноденствия, ось ординат лежит вместе с ней в фундаментальной плоскости и расположена перпендикулярно ей, а ось аппликат перпендикулярна фундаментальной плоскости и показывает, насколько объект «поднимается» над ней. Нужно отметить, что радиус-вектор выражается в астрономических единицах, а это значит, что и координаты, отложенные по трем осям, будут выражаться в них же. Одна астрономическая единица равна 149597870,691 км.

5.5. Восходы, заходы и кульминации светил

Вычисление времен восходов и заходов имеет ряд особенностей. Так, при их определении в обязательном порядке производится учет атмосферной рефракции, величина которой на горизонте принимается равной $35'$, хотя, конечно, в зависимости от состояния атмосферы в месте наблюдения она может иметь и другое значение, что будет сказываться на действительном времени восхода и захода. Чем спокойнее состояние тропосферы, тем больше будет величина рефракции и, соответственно, тем раньше будет иметь место восход и позже – заход; также играют свою роль температура воздуха и давление. Однако погодные условия невозможно предсказать на длительный срок, и поэтому берется лишь усредненное значение величины рефракции на горизонте. По этой же причине нет смысла вычислять время восхода или захода с точностью большей, чем до минут времени: все «тонкие эффекты» будут нивелированы рефракцией, точная величина которой фактически не поддается заблаговременному вычислению.

Для Солнца и Луны, помимо рефракции, учитываются видимые размеры диска, для Луны также учитывается ее горизонтальный параллакс. При этом, как и в случае с рефракцией, берутся усредненные значения, что, тем не менее, в целом обеспечивает достаточную точность вычислений.

Для Солнца, Луны, больших и малых планет Солнечной системы учитывается изменение координат в течение суток. При этом используется метод, подобный тому, что был изложен в книге О. Монтенбрука и Т. Пфлегера «Астрономия с персональным компьютером» (М.: Мир, 1993). Суть метода заключается в том, что на начало каждого часа интересующих суток по упрощенному алгоритму вычисляется высота светила над горизонтом, а затем производится анализ значений высот, исходя из чего уже вычисляются моменты восхода и захода. Наиболее существенным отличием от этого метода (не считая, конечно, особенностей его программной реализации) в ПРЭ 2.1а является использование при вычислении времени восходов и заходов линейной интерполяции вместо параболической. Последняя, впрочем, тоже находит свое применение, но лишь для особых случаев, когда восход и заход имеют место в течение одного и того же часа, а также для определения времени верхней кульминации.

В случае с объектами, параметры орбит которых задаются пользователем, изменение координат в течение суток не учитывается. Для этих небесных тел время восхода и захода вычисляется через часовые углы.

При вычислении времени восходов, заходов и верхних кульминаций имеют место свои особенности, которые, на первый взгляд, могут свидетельствовать о недостоверности данных, приводимых в таблицах. Особенно явственно эти вещи проявляются в полярных широтах, хотя в ряде случаев могут наблюдаться и в средней полосе. Так, например, высота в верхней кульминации для Солнца или Луны может быть отрицательной, но, тем не менее, время восхода и захода указано. Объясняется это тем, что согласно общему правилу моментом восхода или захода считается момент пересечения горизонта верхним краем диска светила, а высота в верхней кульминации относится не к верхнему краю диска, а

к его центру. Таким образом, даже в верхней кульминации будет видна лишь часть диска светила, но восход и, соответственно, заход будут иметь место. При этом алгебраическая сумма высоты в верхней кульминации и величины видимого радиуса будет неотрицательным числом. Для светил, кульминирующих над горизонтом, вычисляется поправка к высоте, обусловленная влиянием атмосферной рефракции.

Другой пример: табличные времена восхода и захода Солнца в Мурманске ($68,9667^\circ$ с.ш., $33,0833^\circ$ в.д., часовой пояс – UTC+4) на 2 августа 2014 года представляются неправдоподобными по сравнению с таковыми для соседних суток (на 01.08: восход в 3 ч. 38 мин., заход в 0 ч. 10 мин.; на 02.08: восход в 3 ч. 45 мин., заход в 23 ч. 56 мин.; на 03.08: восход в 3 ч. 52 мин., заход в 23 ч. 51 мин.). Но ошибка тут только кажущаяся, поскольку в этот день имеют место два захода: один в самом начале суток, другой – в самом конце, то есть на начало суток Солнце находится над горизонтом, в скором времени заходит, через некоторое время восходит и вновь заходит незадолго до полуночи. В таблицу вносится только время второго захода, а время первого можно оценить путем экстраполяции времен заходов Солнца для двух предшествующих суток. В нашем случае первый заход Солнца произойдет приблизительно в 0 ч. 2 мин.

Аналогичные явления могут иметь место и для других небесных тел.

5.6. Азимуты

В ПРЭ 2.1а всегда вычисляются астрономические, а не геодезические азимуты. Это значит, что отсчет азимута производится от точки юга по часовой стрелке, то есть в западном направлении. Такая особенность характерна и при вычислении горизонтальных координат, и при определении азимутов точек восхода и захода светил.

5.7. Эклиптическая широта Солнца

Эклиптическая широта Солнца, которая, на первый взгляд, всегда должна была быть равной нулю (просто по своему определению), а на самом деле незначительно отклоняется от него вследствие вращения Земли вокруг центра масс системы Земля-Луна, в ПРЭ 2.1а имеет более существенное применение, чем во всех предыдущих версиях. Теперь она вычисляется во всех случаях, за исключением определения наклона колец Сатурна и нахождения координат светил для определения моментов их восходов и заходов, поскольку для данных целей высокая точность вычислений заведомо не требуется.

Если настройки программы предусматривают создание таблицы эфемерид с записью эклиптических координат в виде градусов, минут и секунд, то вместо солнечной эклиптической широты в таблицу будет вноситься прочерк, поскольку в противном случае запись была бы совершенно неинформативной ввиду малого значения этой величины. То же касается и гелиоцентрической эклиптической

широты Земли, которая равна эклиптической широте Солнца по величине и противоположна ей по знаку.

5.8. Физические параметры Солнца, Луны и планет

Физическими параметрами, которые вычисляет ПРЭ 2.1а, являются видимый размер, блеск и фаза небесного светила. Также вычисляются расстояния: до Земли – для Солнца и Луны, до Солнца и Земли – для планет. При этом для Луны расстояния указываются в километрах, а во всех остальных случаях – в астрономических единицах. Кроме того, при составлении сводной таблицы положений Солнца, Луны и планет на заданный момент времени (далее – сводная таблица) определяется также расстояние от Луны до Солнца, выраженное в астрономических единицах, однако, поскольку расстояние от Земли до Луны пренебрежимо мало по сравнению с расстоянием от Земли до Солнца, практического смысла в вычислении данной величины не так много: оно осуществляется только для того, чтобы не нарушать внутреннее логическое единство таблицы эфемерид.

Видимый размер вычисляется для Солнца и Луны (в угловых минутах), а также для больших и малых планет (в угловых секундах). Видимый блеск вычисляется для больших и малых планет Солнечной системы и для Луны, он выражается в звездных величинах. Для Сатурна также учитывается влияние яркости колец, зависящее от степени их раскрытия, то есть угла наклона плоскости колец к плоскости его орбиты (этот параметр также вносится в таблицу эфемерид Сатурна, а также в сводную таблицу). Именно этим обстоятельством объясняются возможные различия в величине яркости Сатурна, вычисленные разными астрономическими программами, – где-то яркость колец могли не учитывать. Видимый блеск Солнца записывается только при составлении сводной таблицы и представляет собой константу. Это делается, как и при вычислении расстояния от Луны до Солнца, лишь для сохранения внутренней логики таблицы.

Видимый размер и блеск Плутона, Цереры и астероидов вычисляются очень и очень приблизительно как ввиду их малой изученности, так и ввиду недостатка информации о них у автора программы.

Для Луны, Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера, Цереры, Паллады, Юноны, Весты и Икара вычисляется фаза, то есть отношение площади освещенной части видимой поверхности к общей ее площади. Фаза выражается в виде десятичной дроби. В таблицах эфемерид Луны, в отличие от ранних версий ПРЭ, словесное наименование фазы исключено, однако исходя из вышеприведенного определения ясно, что фаза, равная единице, соответствует полнолунию, равная нулю – новолунию, а равная пяти десятым – первой или последней четверти в зависимости от того, увеличивается фаза или идет на убыль. Для остальных небесных тел вычисление фазы не производится за ненадобностью, так как она все время почти точно равна единице.

5.9. Эфемериды заданного пользователем объекта

Одно из важнейших нововведений ПРЭ 2.0, благополучно сохранившееся и в ПРЭ 2.1a, – это возможность рассчитывать координаты, расстояния и времена восхода и захода любого объекта, обращающегося вокруг Солнца, просто введя его кеплеровские орбитальные элементы. Понятно, что высокой точности при этом не добиться, однако сама по себе такая возможность была бы полезной, например, если нужно вычислить координаты астероидов, работа с которыми в программе напрямую не предусмотрена. Также эту функцию можно применить для вычисления координат известных программе астероидов, когда содержащаяся в ней информация по их орбитальным элементам устареет и перестанет давать адекватные результаты (орбитальные элементы астероидов можно поискать, например, тут: <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi>).

Для проведения вычислений нужно указать имя объекта (это, впрочем, не обязательно), эпоху, на которую заданы элементы орбиты (большая полуось, эксцентриситет, наклонение орбиты к эклиптике, долгота восходящего узла, аргумент перигелия и средняя аномалия), а также вековые изменения орбитальных элементов (не обязательно) и тип равноденствия – даются ли элементы на эпоху даты или же на фиксированную эпоху. В последнем случае нужно будет указать, к какому равноденствию они приведены.

Нужно помнить, что ПРЭ 2.1a воспринимает свои конфигурационные файлы как записанные в кодировке MS-DOS, то есть в 866-й кодовой странице (такова расплата за кроссплатформенность), поэтому, подвергая их ручному редактированию, лучше либо отказаться от русскоязычных наименований объектов, либо пользоваться текстовыми редакторами, позволяющими работать с различными кодировками файлов (например, BRED).

Теперь немного о единицах измерения. Эпохи (как начальная, так и эпоха равноденствия) задаются в юлианских сутках, причем указывается полная, а не модифицированная юлианская дата. Большая полуось задается в астрономических единицах, эксцентриситет – величина безразмерная, а все остальные элементы выражаются в градусах. Изменение значений элементов задается в тех же единицах, что и сами элементы, и должно характеризовать изменение величины того или иного орбитального элемента за 36525 эфемеридных суток. Изменение средней аномалии, в противоположность изменениям остальных элементов, вычисляется программой даже тогда, когда оно не задано пользователем. Потому что в противном случае вычислить координаты объекта не представится возможным.

О том, как правильно задавать величины элементов орбиты объекта, будет рассказано в разделе, посвященном управлению программой.

6. Управление программой

6.1. Управление оболочкой, предназначенной для Windows

На рис. 1 представлен общий вид окна оболочки для ПРЭ 2.1а.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ЭФЕМЕРИД: версия 2.1a от 19 апреля 2020 года для Microsoft® Windows®
(С) 2007-2020, Дмитрий М. Ключков <prephem@yandex.ru>

Настройки входных данных:

Дата начала расчета: 19.04.2020
 Дата окончания расчета: 31.12.2020
 Время расчета: 22:55:11
 Часовой пояс: 4,00
 Географическая широта, градусы: 51,5667
 Географическая долгота, градусы: 46,0333
 Высота над уровнем моря, метры: 100,0
 Атмосферное давление, мм рт. ст.: 749,0
 Температура воздуха, градусы: 0,0
 Шаг в таблице эфемерид, сутки: 1
 ПЛАНЕТА (ЕСЛИ ДОСТУПНО): Венера

Настройки выходных данных:

Система координат: 2-я экваториальная геоцентрическая
 Прямое восхождение: ☒ В градусной мере ☐ В часовой мере
 Формат координат: ☒ Градусы, минуты и секунды ☐ Градусы и доли градусов
 Формат таблицы: Текст в формате Windows
☐ Учет aberrации ☐ Учет нутации ☐ Учет рефракции

ТИП СОЗДАВАЕМОЙ ТАБЛИЦЫ:
 Таблица эфемерид и восходов/заходов планеты

ИМЯ ВЫХОДНОГО ФАЙЛА:
 ephable.txt

Параметры орбиты пользовательского объекта:

Начальная эпоха: 2456800.5000000000000 Название объекта: 38083 RHADAMANTHUS
 Эпоха равноденствия: 2451545.0000000000000 Тип равноденствия: ☒ Фиксированная эпоха ☐ Эпоха даты

A0 = 39.0743941413987700 E0 = 0.15543897466482370 I0 = 12.7368140398242100
 dA = 0.000000000000000000 dE = 0.000000000000000000 dI = 0.000000000000000000
 N0 = 9.98190274653070900 P0 = 81.0815038141503800 M0 = 95.6694512223334100
 dN = 0.000000000000000000 dP = 0.000000000000000000 dM = 0.000000000000000000

64-разрядная ОС: установлена

Выбрать файл Сохранить настройки Произвести расчеты

Рис. 1. Общий вид оболочки для ПРЭ 2.1а (вариант для Windows)

При запуске оболочки в папке с программой ищется конфигурационный файл PREPH21A.INI, при наличии которого из него загружаются сохраненные в нем параметры. При его отсутствии выдается соответствующее сообщение и используются настройки по умолчанию.

В левой части окна задаются различные численные параметры, которые необходимы для расчетов. При запросе дат вводятся число, месяц и год (слева направо), а при запросе времени – часы, минуты и секунды. Даты начала и окончания расчетов могут быть заданы как вручную, так и с помощью соответствующего элемента управления. Часовой пояс может быть задан как дробная величина, так как в ряде местностей время отличается от гринвичского на некоторое количество целых часов и некоторое количество минут сверху. При этом он должен быть положительным к востоку от Гринвича и отрицательным к Западу от него. Часовой пояс должен задаваться с учетом летнего времени, если в интересующей местности предусмотрено его использование.

Географические координаты задаются в градусах с дробными частями и могут быть как положительными, так и отрицательными числами. Широта

является положительной к северу от экватора и отрицательной к югу от него, а долгота положительна в Восточном полушарии и отрицательна в Западном.

Обратите внимание, что в левой части окна разделителем целой и дробной части числа является запятая, как это принято на территории нашей страны.

В правой верхней части окна настройки являются достаточно очевидными: там нужно просто выбрать подходящий вариант среди предложенных, поэтому не будем подробно останавливаться на них. Скажем только, что если выбрать экваториальную систему координат и запись прямого восхождения в часовой мере, выбор между записью в виде градусов, минут и секунд и градусов и их долей тоже будет актуальным, только вместо градусов программа будет вычислять часы.

Отдельно скажем про имя выходного файла. Одним из немногих ограничений на него является требование отсутствия в имени пробелов, поскольку при обработке такого имени в программе все пробелы будут удалены. Выходной файл можно расположить не только в папке с программой, но и в любой другой, однако при этом в пути к файлу тоже не должно быть пробелов.

Название планеты нужно выбрать только в том случае, если оно будет иметь значение, то есть при вычислении планетоцентрических координат или составлении таблицы эфемерид этой планеты. Во всех остальных случаях данный параметр будет проигнорирован, а раз так, то в подобном случае можно выбрать любую планету либо не указывать ее вовсе, оставив вариант по умолчанию.

На выборе опции программы тоже не будем останавливаться подробно, так как там нужно лишь указать необходимый вариант из числа предложенных.

Теперь рассмотрим, как правильно указывать параметры орбиты объекта. Нужно сразу же обратить внимание на то обстоятельство, что разделителем целой и дробной части числа в данном случае является точка, как это принято в США и других англоязычных странах. Кроме того, введенные пользователем значения будут записаны в файл конфигурации ровно так, как они были указаны, поэтому при заполнении этого раздела нужно быть внимательным.

При указании названия объекта через оболочку вполне допустимо использовать и русскоязычное имя, поскольку проблему с кодировкой она решает самостоятельно. Нужно будет определиться с начальной эпохой и эпохой равноденствия (не всегда они совпадают). При выборе эпохи даты любое введенное значение эпохи равноденствия будет проигнорировано.

Запрашиваемые у пользователя кеплеровские элементы орбиты обозначаются шестью буквами: А – большая полуось, Е – эксцентриситет, I – наклонение к эклиптике, N – долгота восходящего узла, P – аргумент перигелия, M – средняя аномалия. Например, A0 – это большая полуось орбиты объекта по состоянию на заданную начальную эпоху, а dA – это ее вековое изменение. Аналогично обозначаются и другие орбитальные элементы. Про единицы измерения, используемые для задания орбитальных элементов, было подробно рассказано в предыдущем разделе.

При нажатии кнопки «Сохранить настройки» введенные пользователем параметры будут записаны в конфигурационный файл `PREPH21A.INI`. Если в этот момент в папке с программой обнаружится файл с таким именем, он будет

перезаписан. Поэтому имеет смысл делать резервные копии слишком важных файлов конфигурации.

При нажатии кнопки «Произвести расчеты» производится запись введенных параметров в конфигурационный файл `PREPH21A.INI` и запуск на исполнение вычислительной части программы, которая откроется в отдельном окне. После окончания ее работы можно открыть полученный файл с таблицей эфемерид и пользоваться ей.

Кроме того, перед производством расчетов можно выбрать разрядность запускаемой вычислительной части (если установлена 64-разрядная версия Windows), а также использование полной или упрощенной версии планетной теории VSOP87.

6.2. Управление вариантом ПРЭ 2.1а, предназначенным для MS-DOS

Говоря о варианте ПРЭ 2.1а для MS-DOS (а точнее, обо всех ее вариантах, предназначенных для данной операционной системы), нужно отметить, что, в отличие от ПРЭ 2.0, вычислительная часть и оболочка теперь объединены, поэтому программа может работать и в режиме оболочки, и как утилита командной строки, управляемая исключительно конфигурационным файлом (как это делалось раньше и как это оставлено у вычислительной части варианта программы для Windows).

Теперь рассмотрим, как задействовать тот или иной режим работы ПРЭ 2.1а в варианте для MS-DOS.

Как отмечалось выше, для работы ПРЭ 2.1а для MS-DOS необходимо наличие в папке с программой конфигурационного файла `PREPH21A.INI`. Вместо него может быть использован и другой файл конфигурации, и тогда его имя должно указываться как параметр, передаваемый из командной строки. Например, так:

```
PREPH21A.EXE SETTINGS.CFG
```

В конфигурационном файле предусмотрен параметр `Silent`. Если необходимо запускать программу в режиме оболочки, его значение необходимо установить равным нулю либо вовсе удалить или закомментировать соответствующую строку (поставить в начале строки точку с запятой). При указании иного значения параметра `Silent` ПРЭ 2.1а будет работать как утилита командной строки.

Впрочем, про параметры конфигурационных файлов и их возможные значения более подробно будет сказано в следующем подразделе.

При запуске программы из `PREPH21A.INI` или иного файла конфигурации загружаются сохраненные в нем параметры. Конфигурационный файл должен присутствовать в обязательном порядке, даже если он пуст и имеет нулевую длину. В подобном случае, а также если какие-то параметры в нем не указаны либо указаны не вполне корректно, устанавливаются значения по умолчанию.

На рис. 2 представлен интерфейс ПРЭ 2.1а для MS-DOS в режиме оболочки.

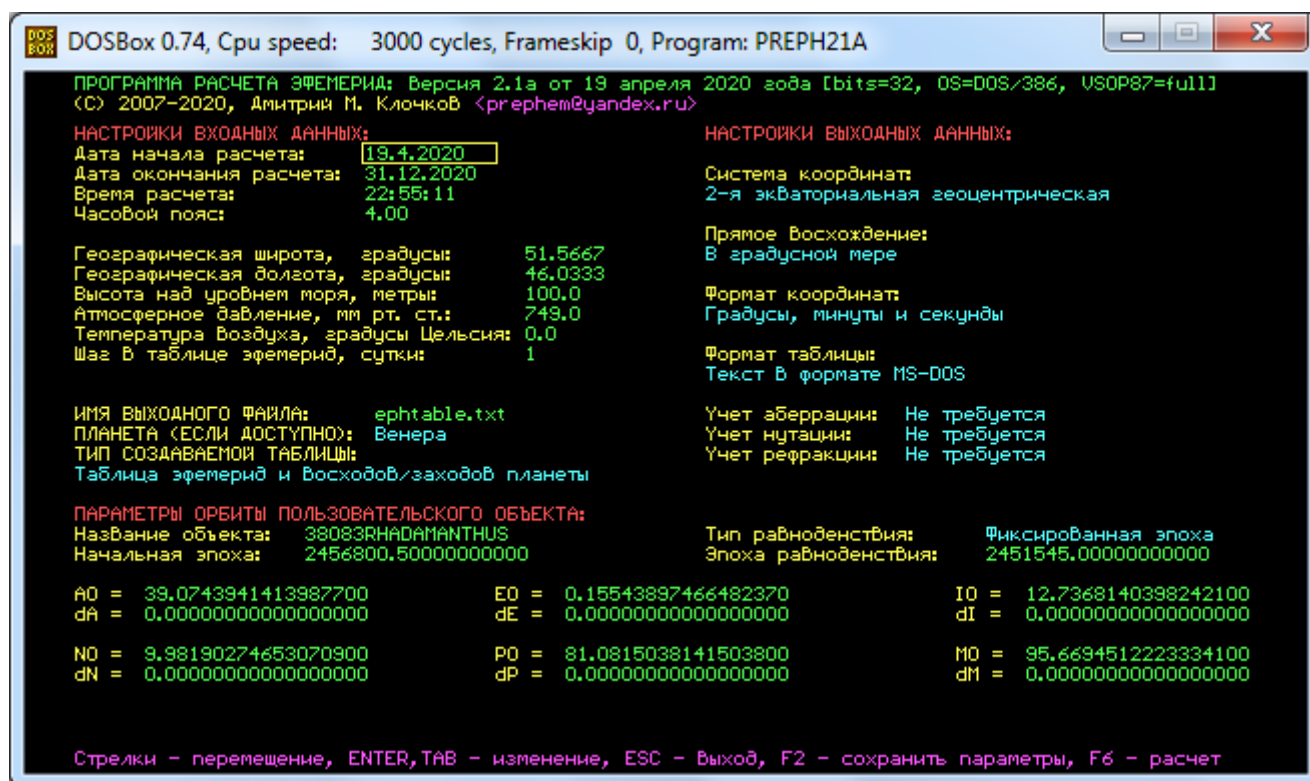


Рис. 2. Общий вид ПРЭ 2.1a (вариант для MS-DOS) в режиме оболочки

Самым принципиальным отличием этой встроенной оболочки варианта для MS-DOS от оболочки для Windows является способ управления. Выбор параметра, который, возможно, будет изменяться, осуществляется посредством клавиш: стрелка вверх, стрелка влево и Page Up перемещают прямоугольник выделения на одну позицию вверх, а стрелка вниз, стрелка вправо и Page Down – на одну позицию вниз. Чтобы начать редактировать выбранный параметр, нужно навести на него желтый прямоугольник и нажать ENTER. Выход из программы осуществляется посредством нажатия клавиши Esc. Нажатие кнопки F2 приведет к сохранению введенных параметров, а нажатие F6 – к их сохранению и выполнению расчетов.

Как несложно заметить, в рассматриваемом варианте программы значения одних параметров выделены светло-зеленым цветом, а значения других параметров – голубым цветом. «Зеленые» параметры будут записаны в конфигурационные файлы ровно так, как они были введены пользователем, а «голубые» предусматривают выбор одного варианта из нескольких предложенных. Обратите внимание, что разделителем целой и дробной части у «зеленых» параметров всегда является точка.

Дата и время, в противоположность оболочке для Windows, задаются одной строкой. При этом разделитель совсем не обязан быть, например, точкой или двоеточием, а может быть любым, кроме пробела.

Итак, рассмотрим, как всем этим пользоваться. Предположим, мы хотим изменить дату начала расчета (рис. 3) или другой «зеленый» параметр.

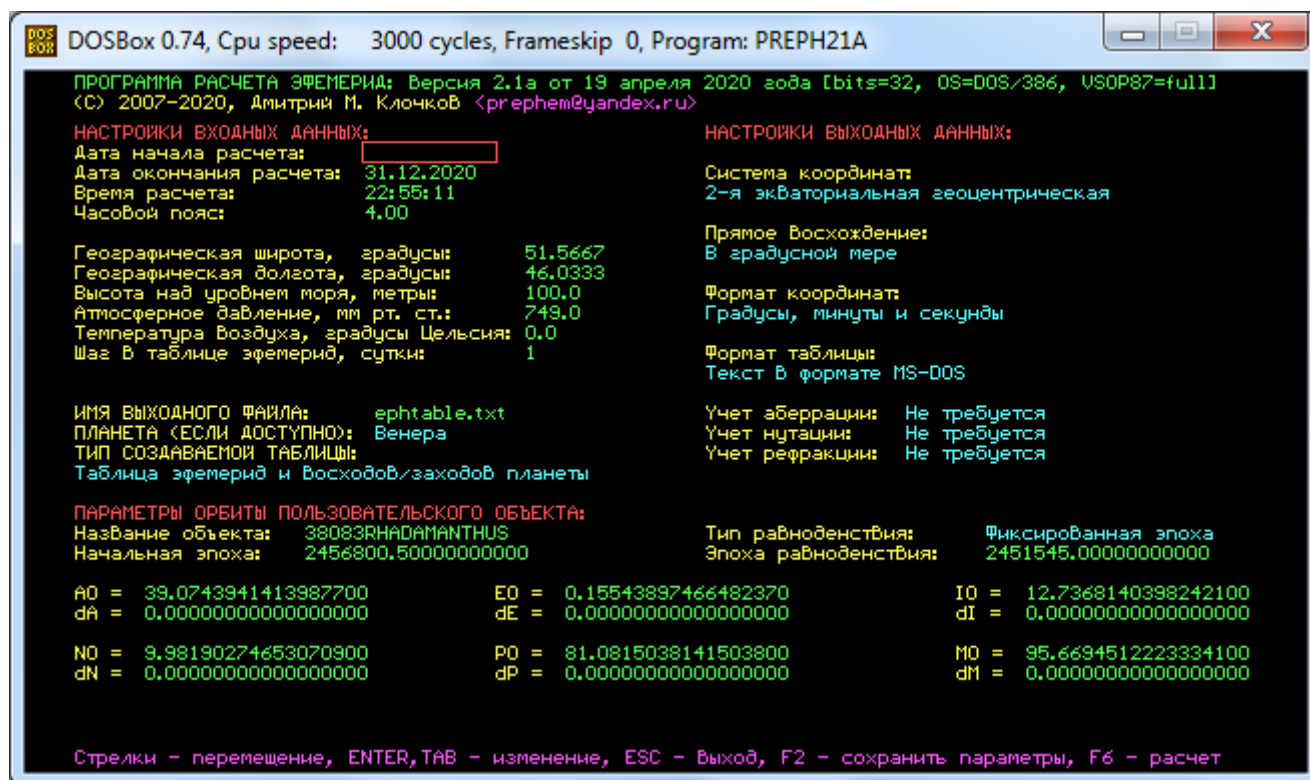


Рис. 3. Изменение даты начала расчета

Для этого нужно выбрать соответствующее значение и нажать на ENTER. Желтый прямоугольник выделения станет красным, а ранее установленное значение сотрется. Теперь можно вводить новое значение. Ввод будет завершён автоматически, если длина введенной строки достигла определенного значения, предусмотренного оболочкой, а в противном случае для этого нужно будет снова нажать ENTER. Внешне завершение ввода будет проявляться тем, что красный прямоугольник снова станет желтым. Пока процесс ввода не завершён, ошибочно введенные символы можно удалить с помощью клавиши Backspace. После этого – только вводить значение заново.

Теперь предположим, что мы хотим изменить один из «голубых» параметров, например, название планеты, таблицу эфемерид для которой мы собираемся составить (рис. 4).

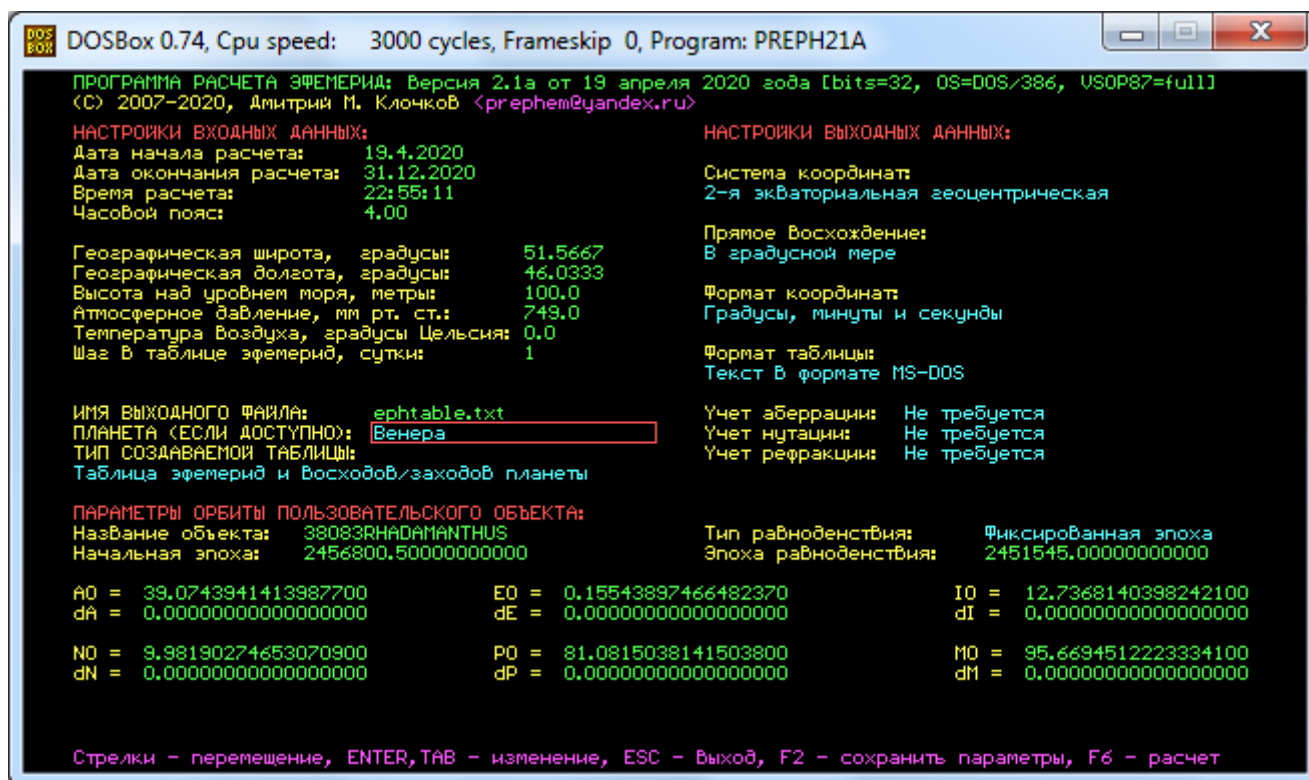


Рис. 4. Выбор другой планеты

Для совершения сего действия нужно навести прямоугольник на соответствующее значение и нажать на ENTER. Установленное значение, как видно из рисунка, при этом не сотрется. Дальше с помощью клавиши TAB можно перебирать все доступные значения соответствующего параметра. После того, как предпочтительное значение будет выбрано, нужно снова нажать на ENTER. Красный прямоугольник опять станет желтым.

Отметим также, что для имени выходного файла (включая точку для разделения собственно имени и расширения) оболочка отводит 12 символов (требование не включать в имя пробелы сохраняется), но зато в среде MS-DOS можно безболезненно дать объекту русскоязычное имя (если, конечно, в операционной системе загружен драйвер COUNTRY.SYS), поскольку проблем с кодировкой там не возникнет по определению.

После редактирования параметров можно сохранить конфигурационный файл или же непосредственно приступить к расчету.

6.3. Управление программой через конфигурационные файлы

По сравнению с ПРЭ 2.0x в ПРЭ 2.1a число конфигурационных файлов сокращено с четырех до двух – оставлен в качестве самостоятельного файла STYLECSS.INI, а все остальные настройки, которые ранее хранились в файлах SETTINGS.INI, NUMERIC.INI и OBJECT.INI, были перемещены в файл PREPH21A.INI, который теперь является основным файлом конфигурации.

При этом название PREPH21A.INI используется по умолчанию: при запуске любого варианта программы для MS-DOS или любого исполняемого файла

вычислительной части программы для Windows в качестве параметра командной строки можно указать и иное наименование файла конфигурации, например, так:

```
PREPH21A_X86_SIMPLE.EXE SETTINGS.CFG
```

По общему правилу конфигурационные файлы должны находиться в одной папке с программой. При этом файл PREPH21A.INI или его заменитель должен присутствовать обязательно, даже если он пуст и имеет нулевую длину. При использовании заменителя данного файла допускается размещать его вне папки с программой, но тогда при указании его имени в командной строке необходимо задавать полный путь к нему.

Файл STYLECSS.INI, необходимый при создании веб-страниц, хотя бы он будет пустым и с нулевой длиной, также может размещаться вне папки с программой, но тогда полный путь к нему нужно будет указать в файле PREPH21A.INI или его заменителе. Данный путь имеет ограничение: он не должен содержать пробелов, поскольку они удаляются при обработке строк.

Регистр символов и число пробелов в строках конфигурационных файлов значения не имеют. Комментарии в конфигурационных файлах начинаются с точки с запятой. Ниже будет рассказано, какие параметры имеют конфигурационные файлы, какие значения можно им присваивать и чего с помощью этого можно добиться.

6.3.1. Структура файла PREPH21A.INI или его заменителя

Файл PREPH21A.INI имеет следующую структуру:

```
; Основные параметры программы (бывший SETTINGS.INI)
Option      = 6.02
Coords      = 2
FormatTab   = 2
FormatRA    = 1
FormatCrd   = 1
Nutation    = 0
Aberration  = 0
Refraction  = 0
FileTab     = ephtable.txt
FileCSS     = stylecss.ini
Silent      = 0
; Численные параметры программы (бывший NUMERIC.INI)
Start       = 19.04.2020
Finish      = 31.12.2020
Time        = 22:55:11
Zone        = 4
glat        = 51.5667
```

```

glon      = 46.0333
h         = 100
p         = 749
t         = 0
Step      = 1
; Параметры орбиты заданного пользователем объекта (БЫВШИЙ OBJECT.INI)
ON        = 38083 RHADAMANTHUS
TE        = 1
EQ        = 2451545.000000000000
IE        = 2456800.500000000000
AO        = 39.0743941413987700
dA        = 0.000000000000000000
EO        = 0.15543897466482370
dE        = 0.000000000000000000
IO        = 12.7368140398242100
dI        = 0.000000000000000000
NO        = 9.98190274653070900
dN        = 0.000000000000000000
PO        = 81.0815038141503800
dP        = 0.000000000000000000
MO        = 95.6694512223334100
dM        = 0.000000000000000000

```

Это, как отмечалось выше, – основной конфигурационный файл программы, то есть первый файл, с которым она начинает работу. Некоторые или даже все параметры могут не указываться, но файл или его заменитель должен присутствовать в обязательном порядке. Ниже приводится описание параметров:

1. **Option** – указывает на тип создаваемой таблицы. Описания типов создаваемых таблиц приводятся отдельно. По умолчанию: 1.1.
2. **Coords** – задает тип координат, используемых в таблицах. Здесь 1 – это эклиптические координаты, 2 – экваториальные геоцентрические, 3 – экваториальные топоцентрические, 4 – горизонтальные. По умолчанию: 1.
3. **FormatTab** – формат выходного файла с таблицей. Значения: 1 – текстовый файл для MS-DOS (в кодировке CP-866), 2 – текстовый файл для Windows (в кодировке WIN-1251), 3 – текстовый файл для вставки в Microsoft Excel (в кодировке WIN-1251, пробелы в таблице заменены табуляцией), 4 – веб-страница (текстовый файл в HTML-формате и кодировке WIN-1251). По умолчанию: 1.
4. **FormatRA** – формат записи прямого восхождения при использовании экваториальных координат. Значения: 1 – в градусной мере, 2 – в часовой мере. По умолчанию: 1.
5. **FormatCrd** – формат записи координат. Значения: 1 – указываются целые градусы (часы), минуты и секунды, 2 – указываются только градусы (часы) в виде десятичной дроби. По умолчанию: 1.

6. **Nutation** – необходимость вычисления поправки за нутацию к экваториальным и горизонтальным координатам. Значения: 0 – не вычислять эту поправку, 1 – вычислять ее. По умолчанию: 0.
7. **Aberration** – необходимость вычисления поправки за аберрацию к эклиптическим, экваториальным и горизонтальным координатам. Значения: 0 – не вычислять эту поправку, 1 – вычислять ее. По умолчанию: 0.
8. **Refraction** – необходимость вычисления поправки за атмосферную рефракцию к экваториальным и горизонтальным координатам. Значения: 0 – не вычислять эту поправку, 1 – вычислять ее. По умолчанию: 0.
9. **FileTab** – имя файла, в который будет записана таблица эфемерид. Значение по умолчанию: EPHTABLE.TXT.
10. **FileCSS** – имя файла, содержащего каскадную таблицу стилей. Содержимое этого файла вставляется в веб-страницу, создаваемую программой. Значение по умолчанию: STYLECSS.INI.
11. **Silent** – указывает программе, нужно ли выводить на экран какие-либо сообщения. Значения различаются в зависимости от варианта программы. В варианте для MS-DOS: 0 – запустить программу в режиме оболочки, 1 – запретить вывод сообщений, иное значение – разрешить вывод сообщений. В варианте для Windows: 1 – запретить вывод сообщений, иное значение – разрешить вывод сообщений. По умолчанию значение этого параметра во всех вариантах программы равно нулю.
12. **Start** – указывает на дату начала расчета в виде «ДД.ММ.ГГГГ». При этом разделитель может быть любым (кроме пробела). По умолчанию используется текущая системная дата.
13. **Finish** – указывает на дату окончания расчета аналогично указанию даты начала расчета. По умолчанию используется текущая системная дата.
14. **Time** – задает время, на которое будет производиться расчет положения планет, в виде «ЧЧ:ММ:СС». Разделитель может быть любым (кроме пробела). По умолчанию используется текущее время операционной системы.
15. **Zone** – задает часовой пояс (с учетом летнего времени), т.е. разницу во времени между местом наблюдения и Гринвичем (положительное число к востоку от Гринвича и отрицательное к западу от него). По умолчанию используется нулевое значение.
16. **Glat** – географическая широта места наблюдения. Указывается в градусах и является положительной к северу от экватора и отрицательной к югу от него. По умолчанию используется нулевое значение.
17. **Glon** – географическая долгота места наблюдения. Указывается в градусах и является положительной к востоку от Гринвича и

отрицательной к западу от него. По умолчанию используется нулевое значение.

18. **H** – высота места наблюдения над уровнем моря. Указывается в метрах. По умолчанию используется нулевое значение.
19. **P** – атмосферное давление. Указывается в миллиметрах ртутного столба. По умолчанию: 760 мм рт. ст.
20. **T** – температура воздуха. Указывается в градусах Цельсия. По умолчанию используется нулевое значение.
21. **Step** – шаг в таблице эфемерид. Задается в сутках и может быть от 1 до 25. По умолчанию: 1.
22. **ON** – имя объекта, параметры орбиты которого задаются пользователем. Указывается в виде текстовой строки. Если в названии объекта будут использованы русские буквы, стоит учесть, что файл `OBJECT.INI` составляется в кодировке CP-866. По умолчанию: `Object0`.
23. **TE** – тип равноденствия, на которое рассчитываются элементы орбиты объекта. Значения: 1 – равноденствие фиксированной эпохи, 2 – равноденствие даты. По умолчанию: 1.
24. **EQ** – эпоха, относительно равноденствия которой рассчитываются элементы орбиты объекта (при `TE=2` значение этого параметра игнорируется).
25. **IE** – эпоха, от которой ведется отсчет времени при вычислении значений орбитальных элементов и координат объекта.
26. **AO** и **dA** – большая полуось орбиты объекта по состоянию на эпоху `IE` и ее вековое изменение (за 36525 эфемеридных суток). Выражаются в астрономических единицах. По умолчанию получают нулевые значения.
27. **EO** и **dE** – эксцентриситет орбиты объекта по состоянию на эпоху `IE` и его вековое изменение. По умолчанию получают нулевые значения.
28. **IO** и **dI** – наклон плоскости орбиты объекта к плоскости эклиптики по состоянию на эпоху `IE` и его вековое изменение. Выражаются в градусах. По умолчанию получают нулевые значения.
29. **NO** и **dN** – долгота восходящего узла орбиты объекта по состоянию на эпоху `IE` и ее вековое изменение. Выражаются в градусах. По умолчанию получают нулевые значения.
30. **PO** и **dP** – аргумент перигелия орбиты объекта по состоянию на эпоху `IE` и его вековое изменение. Выражаются в градусах. По умолчанию получают нулевые значения.
31. **MO** и **dM** – средняя аномалия объекта по состоянию на эпоху `IE` и ее вековое изменение. Выражаются в градусах. `MO` по умолчанию равняется нулю. При нулевом значении параметра `dM` средняя аномалия на нужную дату вычисляется через величину большой полуоси и суточное движение объекта.

6.3.2. Структура файла STYLECSS.INI или его заменителя

В этом файле содержится каскадная таблица стилей, которая переносится в веб-страницу с таблицей эфемерид при ее создании. Имя STYLECSS.INI используется по умолчанию, в качестве параметра в файле PREPH21A.INI или его заменителе можно указать и иное имя для этого файла. Файл должен содержать HTML-тег STYLE и заключенную в него информацию. При этом файл может быть и пустым, но при создании веб-страницы его наличие обязательно.

6.3.3. Допустимые опции программы

Параметр **Option** в файле PREPH21A.INI или его заменителе может принимать следующие значения:

- **1.1** – «Классическая» таблица эфемерид, унаследованная от ПРЭ 1.x (координаты Солнца, Луны, восходящего лунного узла, больших планет и Плутона, ныне считающегося карликовой планетой);
- **1.2** – Сводная таблица эфемерид астероидов (в том числе Цереры, ныне считающейся карликовой планетой);
- **1.3** – Сводная таблица эклиптических гелиоцентрических координат планет, астероидов, Цереры и Плутона;
- **1.4** – Сводная таблица экваториальных гелиоцентрических координат планет, астероидов, Цереры и Плутона;
- **2.x** – Сводная таблица эфемерид в прямоугольных координатах, выраженных в астрономических единицах, тип координат задает цифра после точки (1 – гелиоцентрические эклиптические, 2 – гелиоцентрические экваториальные, 3 – геоцентрические эклиптические, 4 – геоцентрические экваториальные);
- **3.xx** – Сводная таблица сферических планетоцентрических геоэкваториальных координат планет, астероидов, Цереры и Плутона, две цифры после точки указывают на планету, которая является центром системы координат (здесь и далее: 01 – Меркурий, 02 – Венера, 03 – Марс, 04 – Юпитер, 05 – Сатурн, 06 – Уран, 07 – Нептун, 08 – Плутон, 09 – Церера, 10 – Паллада, 11 – Юнона, 12 – Веста, 13 – Икар, 14 – Гидальго, 15 – Хирон, 16 – Диоретса, 17 – Варуна, 18 – Иксион, 19 – Седна);
- **4.xx** – Сводная таблица прямоугольных планетоцентрических геоэкваториальных координат планет, астероидов, Цереры и Плутона, две цифры после точки указывают на планету, которая является центром системы координат;
- **5.1** – Таблица эфемерид Солнца, включающая в себя физические параметры, а также времена восхода, захода и верхней кульминации;
- **5.2** – Таблица эфемерид Луны, включающая в себя физические параметры, а также времена восхода, захода и верхней кульминации;

- **6.xx** – Таблица эфемерид одной из планет, на которую указывают две цифры после точки, содержащая также времена восхода, захода и верхней кульминации и ряд физических параметров;
- **7** – Таблица эфемерид объекта, параметры орбиты которого задаются пользователем, содержащая информацию о времени восхода, захода, верхней кульминации и расстоянии объекта от Солнца и Земли;
- **8** – Сводная таблица эфемерид Солнца, Луны, больших и малых планет, известных программе, рассчитанных на заданный момент времени, содержащая также их времена восхода, захода и верхней кульминации и ряд физических параметров.

7. Использование ПРЭ 2.1a совместно с Microsoft Office

После того, как программа расчета эфемерид создала таблицу и записала ее в файл, с ней можно работать дальше. И если веб-страницы какой-либо дальнейшей обработки в общем случае не требуют – достаточно открыть такую страницу с помощью браузера, – то работать непосредственно с текстовыми файлами не очень удобно, особенно если потребуется распечатать их или разместить на каком-нибудь ресурсе в Интернете. Поэтому для их дальнейшей обработки имеет смысл воспользоваться пакетом Microsoft Office или его аналогами. Впрочем, нет полной уверенности в том, что все нижесказанное будет распространяться и на них.

7.1. Импорт таблиц эфемерид в Microsoft Word

В первую очередь необходимо открыть файл с таблицей с помощью текстового редактора Microsoft Word. Для облегчения этой процедуры файлу с таблицей можно сразу задать расширение .doc или .txt, хотя на самом деле это не обязательно. Если при открытии файла Word не сумеет самостоятельно распознать кодировку, в которой записана таблица, лучше указать ее прямо (Windows или MS-DOS). Если таблица изначально была записана в кодировке Windows, можно просто открыть текстовый файл с помощью Блокнота, скопировать все его содержимое в буфер обмена, а затем вставить его в Word.

Теперь, когда содержимое таблицы эфемерид оказалось в текстовом редакторе Word, нужно привести ее в удобочитаемый вид. Для этого нужно выбрать альбомное расположение страницы и минимальный размер полей, а также выровнять весь текст по обоим краям страницы и проследить за тем, чтобы он был написан моноширинным шрифтом, например, Courier New. Чтобы не сползали строки таблицы, нужно подобрать размер шрифта так, чтобы ее столбцы умещались на одном листе. Как правило, для этого нужно установить размер шрифта, равный 5-7 кеглям (устанавливать его менее 5 особого смысла нет, поскольку пострадает читаемость). После этого файл можно сохранять в любом из поддерживаемых Word'ом форматов или редактировать дальше.

7.2. Импорт таблиц эфемерид в Microsoft Excel

В ряде случаев таблицы эфемерид предпочтительнее импортировать не в Word, а в Excel. Для этого в ПРЭ 2.1а предусмотрен специальный формат записи файлов: вместо пробелов для разделения столбцов используется табуляция. При просмотре такого файла в качестве текстового все форматирование, естественно, «сползает», однако использование табуляции позволяет автоматически разнести содержимое столбцов текстового файла по столбцам в таблице Excel.

Для импортирования таблицы эфемерид необходимо открыть выходной файл с помощью Блокнота, выделить все его содержимое и вставить его в Excel'е. Можно и просто открыть этот файл с помощью MS Excel, но нет уверенности, что его ранние версии на такое способны. После того, как прошла вставка, можно заниматься оформлением: изменять ширину столбцов так, чтобы в них уместилось содержимое, объединять верхние ячейки, чтобы в них полностью отображались заголовки и так далее. При этом рекомендуется установить альбомную ориентацию страницы и установить минимально возможный размер ее полей. После этого можно сохранять таблицу эфемерид в любом из поддерживаемых Excel'ем форматов.

В программе Excel из состава Microsoft Office 2010 и Microsoft Office 2013 есть еще одна интересная функция, которая может оказаться очень полезной для нашей цели: открыв меню предварительного просмотра, можно изменить размер листа – так, чтобы все столбцы были вписаны на одну страницу. Это избавит от необходимости вручную осуществлять соответствующую подгонку таблицы, а при выводе ее на печать текст будет крупнее, чем при вставке в Word.

В более ранних версиях Excel нечто подобное можно реализовать иначе. Для этого нужно зайти в «Параметры страницы» и установить ее масштаб – не более чем на одну страницу в ширину.

8. История версий

ПРЭ 2.1а (19.04.2020)

- В варианте программы для MS-DOS вычислительная часть объединена с оболочкой, в которой попутно устранен ряд ошибок и ограничений, характерных для оболочки ПРЭ 2.0, в том числе решена проблема совместимости с видеокартами на чипе Trident T9000i, для которых ранее необходимо было использовать сторонние программы, которые после выхода из графического режима, в котором работала оболочка, принудительно устанавливали бы использование текстового режима экрана, а кроме того файл с русифицированным шрифтом S_AS.CHR для оболочки больше не требуется, поскольку встраивается в саму программу.
- Для операционной системы Windows написана новая оболочка, которая, однако, не объединена с вычислительной частью, а лишь запускает ее на исполнение.

- Три конфигурационных файла – SETTINGS.INI, NUMERIC.INI и OBJECT.INI – объединены в один файл под названием PREPH21A.INI, причем обе оболочки теперь могут как записывать в него данные, так и читать их оттуда.
- Внесен ряд изменений в алгоритмы программы:
 - Специальные упрощенные алгоритмы для вычисления координат Солнца, Луны и больших планет Солнечной системы более не используются, во всех случаях, когда необходимо вычислить их координаты, используется один и тот же алгоритм (VSOP87 для Солнца и больших планет, модифицированная теория Э. Брауна для Луны);
 - Вычисление моментов восходов и заходов Плутона, Цереры и астероидов осуществляется так же, как и у больших планет, то есть рассчитываются их высоты на каждый час интересующих суток, после чего производится анализ полученных значений;
 - Вычисление высот Солнца, Луны, планет и астероидов над горизонтом при определении моментов их восходов и заходов производится по методу линейной интерполяции: определяются экваториальные координаты светила на начало интересующих и начало следующих суток, а при определении высоты светила на каждый час программа ради упрощения вычислений исходит из того, что в течение суток экваториальные координаты изменяются линейно, тогда как ранее необходимое число раз вызывалась процедура вычисления координат светила; кроме того, аналогичным образом теперь вычисляется и местное звездное время, необходимое для нахождения высот;
 - При определении координат Солнца, переходе от гелиоцентрических координат к геоцентрическим, а также при определении геоцентрических расстояний теперь учитывается гелиоцентрическая эклиптическая широта Земли, но она не учитывается при определении наклона колец Сатурна и при нахождении координат светил для определения моментов их восходов и заходов, поскольку для данных целей высокая точность вычислений заведомо не требуется;
 - Заменен алгоритм перехода к иному центру системы координат: теперь вместо тригонометрических формул для этого используется преобразование сферических координат к прямоугольным, где такой переход осуществляется более чем элементарно, с последующим (при необходимости) обратным преобразованием;
 - При использовании горизонтальных координат вместо зенитного расстояния теперь всегда вычисляется высота светила над горизонтом;
 - Афелийное расстояние объекта, параметры орбиты которого задаются пользователем, теперь сравнивается не с 1 а.е., а с перигелийным расстоянием Земли от Солнца.

- Исправлена ошибка, приводящая к некорректному вычислению элонгации при использовании горизонтальных координат.
- Исправлена ошибка, которая в ряде случаев могла приводить к некорректному определению времени восходов, заходов и верхних кульминаций;
- В рамках борьбы за повышение степени научности программы и избавлению оной от алгоритмов, которые могут использоваться преимущественно в псевдонаучных целях, внесен ряд изменений в опции вычисления координат планет:
 - При вычислении планетоцентрических координат теперь используется принятая в астрономии геоэкваториальная система вместо доставшейся «в наследство» от ПРЭ 1.x системы отсчета долгот от восходящего узла орбиты планеты (впрочем, обе эти системы дают возможность оценить, как выглядело бы движение планет в Солнечной системе с точки зрения гипотетического наблюдателя, находящегося не на Земле, а на другой планете);
 - Добавлена возможность вычислять эти же самые планетоцентрические геоэкваториальные координаты не только в сферической, но и в прямоугольной форме;
 - Исключена за ненадобностью функция вычисления гелиоцентрических координат, приведенных к плоскости орбиты какой-либо планеты.
- Добавлено очень приблизительное вычисление физических параметров – углового размера и видимого блеска – для известных программе карликовых планет и астероидов.
- Добавлена возможность составлять таблицы, включающие в себя эфемериды всех известных программе объектов (Солнца, Луны, больших и малых планет) на заданный момент времени.
- Немного изменено текстовое представление координат при использовании ряда настроек программы:
 - Запись сферических координат, если они выражаются в градусах (часах) и их долях, теперь выражается фиксированным числом символов, число знаков после запятой при этом не является постоянным;
 - Аналогичный подход применяется при записи прямоугольных координат;
 - При вычислении экваториальных координат и выражении прямого восхождения в часовой мере с записью в виде часов, минут и секунд склонение записывается в таблицу с точностью до секунд, а не до минут, как раньше;
 - При составлении сводных таблиц горизонтальные координаты указываются аналогично эклиптическим с экваториальным, т.е. приводятся с точностью до секунд (если не выбрана запись в виде

градусов и их долей) и без символического обозначения наименования координаты;

- Несколько увеличено число разрядов при определении видимых размеров светил, однако сделано это не от возросшей точности вычислений, а чтобы результаты вычислений данной величины для некоторых объектов были хоть в минимальной степени информативными.
- Изменена нумерация опций программы в связи с изменением их состава.
- Улучшена обработка программой некорректно указанных номеров опций.
- Внесены небольшие изменения в алгоритм контроля корректности параметров программы, в частности, теперь надлежащим образом обрабатывается ситуация, когда дата начала расчета позже даты его завершения.

ПРЭ 2.02 (03.11.2019)

- Исправлена ошибка, характерная для таблиц положений Солнца, Луны, планет, астероидов и объектов, параметры орбит которых задаются пользователем, связанная с определением созвездия, в котором находится светило: в результате, находясь недалеко от границы созвездий Рака и Льва, небесное тело, по мнению программы, могло оказаться в созвездии Жирафа, чего в действительности, учитывая его расположение, просто не может быть.
- В тех случаях, когда высокой точности вычислений положений планет не требуется, определение геоцентрических координат Солнца, гелиоцентрических координат Земли и других больших планет теперь осуществляется на основе упрощенного варианта планетной теории VSOP87: алгоритмы И. Кеплера и С. Ньюкома для вычисления координат указанных светил более не используются ни в каком виде.
- При вычислении элонгации объекта, параметры орбиты которого задаются пользователем, теперь делается проверка его максимального (афелийного) расстояния от Солнца: если оно больше или равно 1 а.е., элонгация определяется как для внешних планет (в виде простого угла), а в противном случае – как для внутренних планет (с указанием на то, является ли она восточной или западной).
- Неофициально возвращен 16-разрядный вариант программы.

ПРЭ 2.01 (06.01.2019)

- Исправлена досадная ошибка, характерная для таблиц положений Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна: если программа находила, что верхняя кульминация планеты имеет место и в конце текущих суток, и в начале следующих (либо наоборот), эта ситуация трактовалась как отсутствие в данные сутки верхней кульминации вовсе.

- Обновлены значения орбитальных элементов астероидов, работа с которыми поддерживается программой.
- Вычисление геоцентрических координат Солнца и гелиоцентрических координат Земли теперь осуществляется на основе теории VSOP87, а не по модифицированной теории С. Ньюкома.
- Часовой пояс указывается в таблицах с точностью до двух знаков после запятой, географические координаты – до четырех знаков после запятой.
- В генерируемых таблицах эфемерид теперь указывается шаг, с которым выполнялись расчеты.
- Если шаг в таблице эфемерид составляет более одних суток, а указанная пользователем дата окончания расчета не сможет войти в расчетный период, в шапке таблицы она соответствующим образом корректируется.
- Из комплекта поставки программы исключен ее 16-разрядный вариант.

ПРЭ 2.0 (09.09.2014)

Первая версия программы текущего поколения.

9. Контактная информация

Связаться с автором программы проще всего посредством электронной почты: prephem@yandex.ru, адрес которой остался неизменным с тех пор, как появились первые версии ПРЭ.

Если Вам не лень этим заниматься, на указанный почтовый адрес можно присылать и информацию о возможных ошибках в работе программы. При этом нужно сообщить, какой вариант программы показал некорректную работу, при каких условиях это происходит, а также приложить конфигурационные файлы, с которыми в этот момент работала программа.

Эти сведения, возможно (но не обязательно), будут учтены при разработке новой версии ПРЭ, если до этого когда-либо дойдет дело.