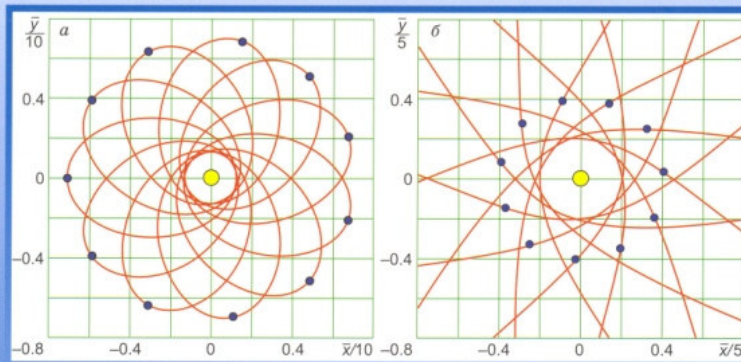


В.П. МЕЛЬНИКОВ, И.И. СМУЛЬСКИЙ

**АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ
ЛЕДНИКОВЫХ ПЕРИОДОВ:
НОВЫЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ.
РЕШЕННЫЕ И НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**



СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ КРИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

В.П. МЕЛЬНИКОВ, И.И. СМУЛЬСКИЙ

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПЕРИОДОВ:

***НОВЫЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ. РЕШЕННЫЕ И НЕРЕШЕННЫЕ
ПРОБЛЕМЫ***

Ответственный редактор д-р физ.-мат. наук,
профессор *Е.А. Гребеников*

НОВОСИБИРСК
АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО "ГЕО" 2009

УДК 523.2+551.34+551.324

ББК 22.62:26.237 М482

Мельников, В.П. Астрономическая теория ледниковых периодов: Новые приближения. Решенные и нерешенные проблемы / В.П. Мельников, И.И. Смульский ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т криосферы Земли. - Новосибирск : Академическое изд-во "Гео", 2009. - 98 с.: цв. ил. - ISBN 978-5-9747-0142-9.

В работе рассмотрен новый подход в астрономической теории изменения климата, который заключается в решении задач орбитального и вращательного движения численными методами. В задаче орбитального движения новым методом интегрируются дифференциальные уравнения движения системы из 11 материальных точек: девять планет, Солнце и Луна. Исследованы погрешности метода и разработана система контроля достоверности результатов. Уравнения проинтегрированы на интервале 100 млн. лет, исследованы амплитуды и периоды колебаний орбит планет. Из полученных результатов следует, что в указанном промежутке времени Солнечная система устойчива и стабильна.

На основе теоремы изменения момента количества движения выведены уравнения вращательного движения, которые численно проинтегрированы при воздействии на Землю каждой из планет и Солнца за 10 тыс. лет. Кроме того, для решения задачи о вращательном движении другим способом разработана составная модель вращения Земли. Движения тел модели и Солнечной системы проинтегрированы на интервале 110 тыс. лет и исследована эволюция углов прецессии и нутации модельной оси вращения Земли. Полученные результаты согласуются с результатами других исследователей и с аппроксимацией данных наблюдений.

Проанализированы проблемы астрономической теории изменения климата и намечены направления дальнейших исследований.

Книга будет полезна специалистам, интересующимся причинами изменения климата, в том числе студентам разных специальностей и любознательным старшеклассникам.

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор *Ю.А. Рябов*.

д-р физ.-мат. наук, профессор *В.В. Дикусар*,

д-р физ.-мат. наук *А.В. Шавлов*

Рисунки на обложке

Вверху. Точное аналитическое решение осесимметричной задачи для 12 тел для эллиптических (а) и гиперболических орбит (б). На результатах этой задачи основана составная модель вращения Земли.

Внизу. "Этот современный ледник в Гренландии очень похож на гигантские ледники, наползавшие на Северную Америку, Северную Европу и приполярные районы Азии в наиболее холодные периоды плейстоцена". Цитата и фотография заимствованы на сайте "Теория эволюции как она есть. Разд. Плейстоценовая и голоценовая эпохи" (http://evolution.powernet.ru/history/Life_16/). Фотография взята авторами сайта с диска gs interactive software "Доисторический мир".

ISBN 978-5-9747-0142-9

© В.П. Мельников, И.И. Смульский, 2009

© Институт криосферы Земли СО РАН, 2009

© Обложка. Л.И. Смульский, 2009

© Оформление. Академическое изд-во "Гео", 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ответственного редактора	5
Введение	7
1. Эволюция инсоляции в течение миллиона лет.....	9
2. Зависимость инсоляции от орбитального и вращательного движений Земли	12
3. Постановка проблемы	15
4. Решения орбитальной задачи.....	19
4.1. Уравнение движения	
4.2. Начальные условия	20
4.3. Метод решения	21
4.4. Исследования погрешностей решения	23
4.4.1. Контроль достоверности решений	
4.4.2. Смещение по орбите.....	26
4.4.3. Сравнение результатов интегрирования уравнений (3) с эфемеридами планет и Луны.....	27
4.5. Движение Солнца	28
4.6. Движение Земли	33
4.7. Вековые изменения орбиты Земли	36
4.7.1. Результаты интегрирования уравнений (3).....	
4.7.2. Сопоставление расчетов с аппроксимацией данных наблюдений	37
4.7.3. Сопоставление вековых изменений	41
4.8. Эволюция орбиты Земли за 3.76 млн. лет	
4.9. Прецессия орбит планет и Земли	43
4.10. Эволюция орбиты Земли на интервале 50 млн. лет	49
4.11. Эволюция орбиты Земли на интервале 100 млн. лет и устойчивость Солнечной системы	53
4.12. Сравнение с приближенными аналитическими решениями	55
4.13. Сравнение с результатами численных решений других авторов . . .	58
4.14. Об орбитальном движении Луны. Итоги исследования орбитального движения	60
5. Исследования вращательного движения.....	62
5.1. Интегрирование исходных уравнений вращательного движения . . .	
5.1.1. Состояние проблемы	
Теорема моментов и следующие из нее результаты	63

5.1.2. Дифференциальные уравнения вращательного движения	66
5.1.3. Интегрирование уравнений (42)-(44)	68
5.2. Составная модель вращающейся Земли	70
5.2.1. Формулировка положений составной модели	73
5.2.2. Изучение динамики тел в модели	74
5.2.3. Эволюция орбиты периферийного тела	77
5.2.4. Прецессия орбиты периферийного тела	78
5.2.5. Нутационные колебания оси вращения составной модели Земли	80
5.2.6. Сравнение с другими результатами.....	81
5.2.7. Возможный механизм взаимодействия континентов	82
5.3. Некоторые итоги исследования вращательного движения Земли . . .	82
6. Недостатки современной теории эволюции угла наклона между орбитой Земли и ее экватором	84
7. Решенные и нерешенные проблемы	86
7.1. Итоги выполненных исследований	87
7.2. Нерешенные проблемы.....	88
7.2.1. Предстоящие исследования по орбитальному движению	88
7.2.2. Предстоящие исследования по вращательному движению	88
Благодарности	89
Литература	91
Приложение. Таблицы исходных данных и начальных условий при интегрировании уравнений (3), сравнение результатов интегрирования с эфемеридами	95

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА

В 20-х гг. XX в. югославский математик и астроном Милутин Миланкович разработал основы современной астрономической теории изменения климата. Согласно этой теории, эволюция инсоляции (освещения, нагрева) поверхности Земли определялась, в частности, как следствие эволюции орбиты Земли и оси ее вращения. Задача об изменении орбитального движения была достаточно подробно исследована аналитическими методами в рамках теории вековых возмущений. Большой интерес к этой задаче вызывала также глобальная проблема существования и устойчивости Солнечной системы, однако окончательный ответ на вопрос об устойчивости Солнечной системы до сих пор не получен, в первую очередь из-за сложности дифференциальных уравнений, описывающих ее орбитальные движения.

Сложными являются дифференциальные уравнения вращательных движений планет вокруг своей оси, поэтому в исследованиях они заменялись более простыми уравнениями (уравнениями Пуассона), которые допускают интегрирование аналитическими методами.

С созданием высокоточных систем наблюдения небесных тел появилась возможность более точного сравнения теоретических результатов с данными наблюдений. В связи с этим во второй половине XX в. начали развиваться новые теории орбитального и вращательного движений планет, в которых стремились уменьшить неувязку между теорией и наблюдениями за счет введения ньютоновского взаимодействия тел, учета их формы и других физических факторов.

Цель настоящего исследования - получение более точных решений дифференциальных уравнений орбитального и вращательного движений планет. Для этого авторы не упрощают дифференциальные уравнения динамики компонентов Солнечной системы, а решают их современными численными методами. Следует особо отметить разработанный авторами метод численного интегрирования, в котором производные определяются специальным аналитическим приемом, что позволяет существенно повысить точность метода. Представленные в работе разносторонние тесты, критерии и сравнения дают возможность заключить, что авторский метод позволяет проинтегрировать уравнения орбитального движения на промежутке времени в несколько миллиардов лет и получить обоснованные результаты. В настоящем издании авторы проинтегрировали уравнения движения планет Солнечной системы на интервале 100 млн лет. В результате исследования орбит планет установлено, что колебания их параметров происходят в строгих пределах и отсутствуют тенденции к неограниченному их изменению, т. е. Солнечная сис-

ПРЕДИСЛОВИЕ ОТВЕТСТВЕННОГО РЕДАКТОРА

тема стабильна и устойчива на этом интервале времени. Следует отметить, что применение другими исследователями приближенных аналитических методов привело к возникновению неустойчивых ситуаций в Солнечной системе, поэтому полученный авторами результат по ее устойчивости является важным и оправдывает затраченные усилия на разработку нового метода численного интегрирования.

Приведенные в работе результаты интегрирования орбитального движения и рассчитанные по ним изменения параметров орбит всех планет представляют интерес как для проблем изменения климата и устойчивости Солнечной системы, так и для многих других приложений. Эти данные представлены на сайте: <http://www.ikz.ru/~smulski/Data/OrbtData/>.

Для численного интегрирования задачи о вращении Земли авторы вывели дифференциальные уравнения вращательного движения, используя при этом теорему о моментах количества движения. Выполненные эксперименты и анализ результатов, вытекающих из этой теоремы, позволили понять механизмы нутационных колебаний оси Земли.

Кроме прямого интегрирования уравнений вращательного движения в работе рассмотрена составная модель вращения Земли. Выполненные исследования показали, что ось вращения Земли прецессирует относительно подвижной оси орбиты Земли, а периоды нутационных колебаний совпадают с периодами, вытекающими из прямого интегрирования уравнений вращательного движения, а также с периодами, полученными из наблюдений.

Сформулированная в начале работы Программа посвящена исследованию астрономической теории изменения климата. Она содержит пять фундаментальных проблем и полностью еще не выполнена, но благодаря разработкам авторов существенно продвинута. Ряд сформулированных задач близок к решению, а направления и последовательность решения других задач обсуждаются в конце книги.

Следует также отметить, что все используемые в работе уравнения и зависимости обоснованы авторами или ими выведены. В частности, весьма важные и необходимые формулы преобразования различных параметров при переходе от одних систем отсчета к другим полностью выведены авторами. Они привязаны к конкретным геометрическим особенностям орбит планет, поэтому имеют однозначную интерпретацию и толкование.

Настоящая работа представляет собой новый существенный шаг в исследовании динамики и эволюции Солнечной системы и представляет несомненный интерес для астрономов, математиков, механиков, геофизиков и других специалистов, интересующихся происхождением и развитием Солнечной системы.

Е.А. Гребеников, профессор, д-р физ.-мат. наук, гл. науч. сотрудник ВЦ им. А.А. Дородницына РАН.

Стоимость книги 280 р. Информация для заказа книги: <http://www.ikz.ru/~smulski/Papers/InOrdR.doc>

Последние изменения 07.04.09 г.