

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. Что такое астероидно-кометная опасность?	10
1.1. Понятие астероидно-кометной опасности (АКО)	10
1.2. Астрономический аспект проблемы АКО	12
1.3. Геофизический аспект	15
1.4. Немного истории	16
1.5. Современное состояние исследований по проблеме АКО	19
Глава 2. Малые тела Солнечной системы	24
2.1. Классификация малых тел Солнечной системы	24
2.2. Происхождение малых тел, их эволюционная взаимосвязь	28
2.3. Связь и различия между малыми телами	31
2.4. Миграция малых тел в Солнечной системе	33
2.5. Свидетельства столкновений малых тел с планетами, их спутниками и между собой	34
2.5.1. Кратеры на Земле (34). 2.5.2. Кратеры на Луне (35). 2.5.3. Кратеры на Меркурии (36). 2.5.4. Кратеры на Венере (36). 2.5.5. Кратеры на Марсе (37). 2.5.6. Кратеры на астероидах (37).	
Глава 3. Астероиды	39
3.1. Историческое введение	39
3.2. Главный пояс астероидов. Пояс Эдворта–Койпера	44
3.3. Астероиды, сближающиеся с Землей	49
3.4. Неустойчивость движения АСЗ	52
3.5. Динамика тел в Главном поясе. Механизм переноса вещества в область планет земной группы	53
3.6. Роль эффекта Ярковского в транспортировке вещества из пояса астероидов	60
3.7. Блеск, абсолютная звездная величина и альbedo астероидов	63
3.8. Диаметры астероидов	66
3.9. Массы и плотности астероидов	71
3.10. Вращение астероидов	72
3.11. Показатели цвета астероидов	80
3.12. Физическая классификация астероидов	82

Глава 4. Кометы	94
4.1. Кометы как опасность для Земли	94
4.2. Физические характеристики, строение ядра	100
4.3. Негравитационные эффекты. Космические экспедиции к ядрам комет	106
4.4. Орбитальные параметры комет	114
4.5. Источники околоземных комет	116
4.6. Кометы, «царапающие Солнце»	121
4.6.1. SOHO-кометы (122). 4.6.2. Семейства околосолнечных комет (123).	
4.6.3. Происхождение околосолнечных комет (124). 4.6.4. Связь SOHO-	
комет с метеорными роями с малым перигелийным расстоянием (124).	
Глава 5. Метеороиды	128
5.1. Метеороиды, метеоры, метеориты	128
5.2. Методы изучения метеоров и характеристики метеоров	135
5.3. Свойства метеорных потоков и метеорных роев	142
5.3.1. Характеристики потоков метеороидов (143). 5.3.2. Наблюдение	
крупных тел в метеорных и болидных потоках прямыми методами с по-	
верхности Земли (144). 5.3.3. Структурные характеристики метеорных	
потоков (147).	
5.4. Кометы как родоначальницы метеорных роев	153
5.4.1. Моделирование процесса распада комет как источника возникнове-	
ния метеороидных комплексов (156).	
Глава 6. Обнаружение и мониторинг опасных небесных тел	160
6.1. Существующие службы наблюдений АСЗ	160
6.2. Условия наблюдений и требования к перспективным наблюдательным си-	
стемам	164
6.3. Перспективные проекты	171
6.3.1. Перспективные наземные оптические средства, разрабатываемые	
в мире (171). 6.3.2. Работы по созданию наземных оптических систем об-	
наружения и сопровождения, проводимые в России (174). 6.3.3. Наземная	
радиолокационная подсистема сопровождения АСЗ (177).	
6.4. Проекты систем космического базирования для обнаружения объектов,	
сближающихся с Землей	179
6.5. Российские информационные системы для работы с орбитальными и фи-	
зическими характеристиками малых тел Солнечной системы	183
Глава 7. Определение и уточнение орбит небесных тел и прогноз столк-	
новений	186
7.1. Определение предварительной орбиты и ее последующие уточнения. Оцен-	
ка точности элементов орбиты	186
7.2. Нелинейный характер распространения ошибок начальных данных. Поиск	
потенциально опасных сближений астероидов с Землей и оценка вероят-	
ности столкновений	192
7.3. Возмущения, которые необходимо учитывать при уточнении орбиты и про-	
гнозе движения	194

7.4. Траектория сближения тела с Землей и другими массивными телами. Гравитационный маневр. Радиус захвата. Плоскость цели	198
7.5. Эллипс рассеяния в плоскости цели. Оценка вероятности столкновения.	201
7.6. Потоки виртуальных астероидов, следующие различными динамическими путями	204
7.7. Опасный астероид (99942) Апофис	206
7.7.1. История обнаружения и исследования астероида Апофис (206).	
7.7.2. Точность знания орбиты Апофиса на современном этапе (209).	
7.7.3. Сближение с Землей в 2029 г. (210). 7.7.4. Возможность резонансных возвращений в 2036 г. и в последующий период (212). 7.7.5. Исследование резонансных возвратов с помощью метода точечных гравитационных сфер (215). 7.7.6. Влияние эффекта Ярковского на движение Апофиса (218). 7.7.7. Перспективы уточнения орбиты Апофиса (219).	
7.8. Астероид 2008 TC ₃	223
Глава 8. Последствия падений крупных небесных тел на Землю	226
8.1. Явления, связанные с падением небесных тел	227
8.1.1. Взаимодействие небесных тел с земной атмосферой (227).	
8.1.2. Ударная волна (232). 8.1.3. Световой импульс и пожары (235).	
8.2. Последствия ударов о поверхность.	238
8.2.1. Образование кратеров и баллистических выбросов (238). 8.2.2. Сейсмические эффекты (240). 8.2.3. Выброс пыли и климатически активных газов в атмосферу (243).	
8.3. Выброс струй воды и цунами, вызванные ударами	247
8.4. Уязвимые объекты на поверхности Земли	252
8.5. Региональные и глобальные катастрофы	254
8.5.1. Тунгусское событие как пример локальной катастрофы (254).	
8.6. Массовые вымирания	260
8.6.1. Статистика массовых вымираний (260). 8.6.2. К–Р-граница, кратер Чиксулуб и массовое вымирание (262). 8.6.3. Массовые вымирания и вулканизм (264).	
Глава 9. Частота столкновений малых тел с Землей и оценки рисков	266
9.1. Статистика метеоритных кратеров на небесных телах	266
9.2. Оценки риска погибнуть в результате столкновения небесного тела с Землей	279
9.3. Туринская шкала.	283
9.4. Палермская техническая шкала для оценки угрозы столкновения Земли с астероидами и кометами	289
Глава 10. Современные возможности противодействия астероидной опасности	294
10.1. Проблема противодействия — общие аспекты	295
10.2. Механика коррекции орбиты угрожающего тела	296
10.3. Эффективность импульсного воздействия на орбиту астероида.	298
10.4. Эффективность непрерывного воздействия на орбиту астероида	302
10.5. Эффективность кинетического воздействия на астероид	306

10.6. Возможности доставки средства противодействия к астероиду	309
10.7. Модельное рассмотрение основных схем противодействия	314
10.7.1. Модель поражающего астероида (314). 10.7.2. Кинематика сближения астероида (315). 10.7.3. Оценка динамических и энергетических характеристик перехвата поражающего астероида (316). 10.7.4. Динамические и энергетические характеристики маневра поражающего астероида (319). 10.7.5. Результаты рассмотрения модельных схем противодействия (321).	
10.8. Задачи увода реального угрожающего объекта.	322
10.9. Сравнительная характеристика способов противодействия	326
10.9.1. Воздействие ядерным взрывом (327). 10.9.2. Кинетическое воздействие на угрожающий объект (329). 10.9.3. Способ гравитационной буксировки (332).	
10.10. Миссия посещения и исследования астероида Апофис	333
Глава 11. Проблема АКО: перспективы кооперации	338
11.1. Необходимость и перспективы международной кооперации	338
11.2. Кооперация в масштабах России	342
Приложение 1. Список потенциально опасных астероидов (по данным на 1 июня 2010 г., взятым с сайта http://neo.jpl.nasa.gov). Даны сведения об астероидах, опасность которых по шкале Палермо не превышает значения -4	346
Приложение 2. Зафиксированные сближения комет и астероидов с Землей.	347
Приложение 3. Организации в России, участвующие в разработке Федеральной целевой научно-технической программы «Астероидно-кометная безопасность России»	349
Приложение 4. Основные ресурсы в сети Интернет, содержащие информацию по проблеме астероидно-кометной опасности	351
Приложение 5. Данные о количественном составе основных групп астероидов (по данным каталога Центра малых планет на 1 июня 2010 г.).	355
Приложение 6. Каталог импактных структур Земли (по данным http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/)	356
Литература	360
Сведения об авторах	384