

ПРЕДИСЛОВИЕ

Утром 15 февраля 2013 года, примерно в 9 часов 20 минут местного времени, в районе г. Челябинска в атмосферу Земли под углом ≈ 20 градусов к горизонту вошло космическое тело размером около 20 метров. Это событие стало явлением, привлечшим всеобщее внимание. Интерес к нему был вызван совокупностью, как минимум, нескольких факторов:

- достаточная исключительность события в пределах жизни одного поколения: для внеземных тел размером Челябинского метеороида частота столкновений с Землей оценивается как один раз в 60–100 лет;

- внезапность появления: сближение с Землей этого тела достаточно внушительных размеров, прошло незамеченным всеми существующими средствами космического и наземного наблюдения;

- падение метеороида произошло в населенной местности возле крупного города, что, с одной стороны, обеспечило большое число очевидцев этого события, с другой – привело к значительным разрушениям на большой площади и продемонстрировало реальность для населения так называемой «астероидно-кометной опасности»;

- процесс падения Челябинского метеороида вызвал широкий спектр физических и геофизических явлений, затронувших верхние и нижние геосферы;

- наличие в настоящее время наблюдательных средств широкого спектра и достаточно развитой сети наблюдений, существующая возможность оперативного обмена данными между исследователями с помощью Интернета, а также возросшие интерес, опыт и квалификация ученых и инженеров, работающих в научных направлениях, связанных с проблемами внедрения космических тел.

В результате первого этапа исследований, последовавшего непосредственно после падения метеороида, появилось много отечественных и зарубежных работ, посвященных динамике движения метеороида в ионосфере и атмосфере, регистрации эффектов, связанных с энерговыделением в этих геосферах, ударами осколков метеороида по поверхности Земли, вариациями геоэлектрического и геомагнитного полей. Этому этапу исследований посвящена отдельная глава нашего предыдущего сборника «Динамические процессы в геосферах. Выпуск 4», опубликованного в 2013 году.

Следующий этап исследований связан с изучением физических и геофизических механизмов, ответственных за наблюденные и зарегистрированные эффекты. Работы сотрудников нашего Института (некоторые выполнены совместно с сотрудниками других институтов) по данному этапу исследований составляют основу настоящего сборника. Челябинское явление не получило еще общепринятого названия. Поэтому мы посчитали возможным оставить в статьях сборника те названия этого явления, которые дали ему авторы.

Сборник открывает статья В.В. Светцова с соавторами «Падение Челябинского метеорита – типичное событие в истории Земли». Это обзорная статья, раскрывающая читателю перечень проблем, с которыми сталкиваются научные работники, специализирующиеся в области исследования явлений взаимодействия со средой внедряющихся космических тел. В работе рассмотрены основные физические явления, происходящие при взаимодействии метеороидов размером в первые десятки метров с атмосферой – торможение, абляция, фрагментация, распространение ударной волны. Описаны современные методы регистрации и моделирования болидных явлений.

Далее статьи сборника расположены в хронологическом порядке перемещения метеороида в пространстве Земли. Статья С.А. Нароенкова с соавторами «Орбита и происхождение Челябинского объекта» посвящена определению орбиты метеороида и исследованию его движения до внедрения в атмосферу Земли. В статье И.Х. Ковалевой с соавторами «Электромагнитные эффекты, генерируемые в ионосфере Земли при падении метеороида» предложен новый механизм генерации электромагнитного сигнала в диапазоне частот от единиц герц до единиц килогерц при таких падениях. Проведены оценки возмущений параметров ионосферной плазмы и характеристики электромагнитных сигналов, которые могут быть зарегистрированы на поверхности Земли.

Как известно, движение внедряющегося тела в атмосферу Земли сопровождается ударной волной. В статье В.В. Шувалова с соавторами «Оценка параметров ударной волны, вызванной падением Челябинского космического тела» путем численного моделирования рассматривается генерация и распространение ударной волны в атмосфере Земли в процессе падения метеороида. Показано, что за формирование ударной волны «отвечает» выделение энергии на протяженном участке траектории, и ниже 20 километров выделилась лишь незначительная часть начальной энергии. В статье определяется максимальное избыточное давление в разных точках земной поверхности и оценивается размер зоны повреждений. Определяются времена прихода и форма импульса давления воздушной волны.

Характер движения метеороида и его энерговыделения связаны с его фрагментацией. В статье О.П. Поповой с соавторами «Фрагментация Челябинского метеороида» предлагается модель фрагментации метеороида в атмосфере, на базе которой возможно воспроизведение наблюдательных данных по световой кривой и кривой торможения, а также оценка поля рассеяния выпавших фрагментов и их полная масса.

Образовавшаяся в процессе движения и последующего «взрывного» энерговыделения ударная волна преобразуется в акустическую, которая на значительных расстояниях регистрируется как инфразвуковая волна. В статье Ю.С. Рыбнова с соавторами «Оценка энергии Челябинского болида по спектру мощности длиннопериодных колебаний атмосферного давления» предлагается новая методика оценки энергии болида. Полученная по разработанной методике оценка энергии Челябинского болида составляет ≈ 1000 кТ, что превышает принятую на сегодняшний день оценку (500 ± 100 кТ) и поэтому требует дальнейшего обоснования.

Возмущения в атмосфере, вызванные пролетом метеороида, вызывают возмущения и в ионосфере. Статья М.Ю. Кузьмичевой с соавторами «Ионосферный эффект Челябинского события» посвящена обоснованию одного из механизмов образования возмущений, наблюдавшихся в ионосфере на больших расстояниях от траектории метеороида. Представлены результаты трехмерных газодинамических расчетов, позволяющие объяснить указанный механизм.

Ударная волна, дошедшая до поверхности Земли, вызывает инициированные ею сейсмические колебания, зарегистрированные на значительных расстояниях от источника. В статье В.В. Светцова, В.В. Шувалова «Оценка сейсмического эффекта, вызванного падением Челябинского космического тела» приведены теоретические оценки магнитуды в источнике этих колебаний. Показано, что эта магнитуда соответствует магнитуде от сферически-симметричного взрыва с энергией равной кинетической энергии метеороида на высоте около 35 км.

В статье О.А. Усольцевой с соавторами «Сейсмические колебания, вызванные ударной волной от Челябинского болида в ближней зоне» рассматриваются сейсмические эффекты, зарегистрированные в районе поселка Коркино, находящемся в 10 км от области максимального разрушения. Определены параметры сейсмиче-

ского сигнала и вычислены координаты акустического источника, вызвавшего эти колебания. Обнаружено, что амплитуда колебаний акустического сигнала в ближней зоне существенно превышает амплитуды колебаний такого сигнала, зарегистрированные на больших расстояниях. В статье В.А. Харламова с соавторами «Оценка пространственных координат источника излучения звукового сигнала при взрыве Челябинского метеорита по данным регистрации акустических сигналов» приведена методика расчета пространственных координат и результаты вычислений пеленгов и координат места излучения звукового сигнала.

Как известно, Челябинский метеороид после входа в атмосферу разрушился. Основная масса мелких осколков выпала на поверхность с малой скоростью. Однако, по крайней мере, один крупный фрагмент (≈ 600 кг) упал на дно озера Чебаркуль с образованием округлой полыньи. В статье Б.А. Иванова «Проникновение фрагмента Челябинского метеорита через лед озера Чебаркуль: предварительное моделирование» проведен анализ процесса образования этой полыньи с учетом минимальной (обнаруженной) массы фрагмента и его скорости.

Одним из наиболее продолжительных последствий пролета Челябинского метеороида был шлейф, оставленный им в атмосфере. Этот красивый след подобен гигантскому инверсионному следу самолета и был хорошо виден над Уралом в течение получаса. В статье Н.А. Артемьевой, В.В. Шувалова «Атмосферный шлейф Челябинского метеороида» описывается численное моделирование шлейфа в течение первых 3 минут после пролета метеороида. Анализируется также возможность образования баллистического плюма, возникающего при небольших ударах, как явления важного с точки зрения возможного выноса вещества и образования акустико-гравитационных волн, переносящих атмосферные возмущения вплоть до ионосферы.

В статье А.П. Карташевой и др. «Челябинское событие: опрос очевидцев» приведены данные, полученные по результатам посещения в процессе проведения специальной экспедиции более 50 населенных пунктов в Челябинской и прилегающих к ней областях. Эти посещения позволили выявить на основании разработанной методики опроса некоторую дополнительную информацию, связанную с Челябинским событием. Это, например, ощущения тепла, степень и характер полученных травм (поражения глаз и ушей, головные боли), информация о запахах и акустических (шумовых) эффектах. С помощью полученных данных может быть уточнен прогноз поражающих факторов внедрения космических тел, что представляет несомненный практический интерес для медицинских служб и служб МЧС.

Основные результаты исследований, проведенных на данном этапе и посвященных, в основном, изучению механизмов явлений, сопровождающих внедрение космических тел в пространство Земли, необходимы как с фундаментальной, так и прикладной точек зрения. Поэтому мы надеемся, что публикация данного сборника будет полезна широкому кругу специалистов.

В публикуемых материалах не затронуты чрезвычайно важные проблемы, касающиеся структурного анализа вещества фрагментов Челябинского метеорита. Эта проблема всесторонне и на высоком уровне обсуждалась и обсуждается в публикациях наших коллег из других Институтов и мы с интересом и уважением следим за этими работами.

Очень часто задается вопрос: зачем изучать явление, вероятность которого очень мала. Ответ: даже очень малая вероятность события не гарантирует, что это событие не произойдет завтра и в данном месте.

Профессор, д.ф.-м.н. Ю.И. Зецер