

УДК 523.68
МРНТИ 41.19.41

**О ВОЗМОЖНОМ ОБНАРУЖЕНИИ ОБРАЗЦА
ВНЕЗЕМНОГО ВЕЩЕСТВА В ПЕТРОПАВЛОВСКЕ**
Солодовник А.А.¹, Леонтьев П.И.¹, Солодовник Н.П.¹
¹СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, РК

**ПЕТРОПАВЛДА ЖЕРДЕН ТЫС ЗАТТЫҢ ҮЛГІНІ ТАБУ
МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ**
А.А. Солодовник¹, П.И. Леонтьев¹, Н.П. Солодовник¹
¹М. Қозыбаев атындағы СҚМУ, Петропавл қ., ҚР

**ABOUT POSSIBLE DETECTION OF AN EXTRATERRESTRIAL
SUBSTANCE SAMPLE IN PETROPAVLOVSK**
A.A. Solodovnik¹, P.I. Leontyev¹, N.P. Solodovnik¹
¹NKSU named after M. Kozybaev, Petropavlovsk, KR

Аннотация

Обоснована важность изучения малых тел Солнечной Системы с позиций уточнения знаний о происхождении и внутреннем строении Земли и планет. При этом главным источником точных данных такого рода является изучение метеоритов – тел внеземного происхождения, достигших поверхности Земли. Поставлена задача выяснения природы вновь обнаруженного объекта, заподозренного как метеорит. Методологическая основа её решения включает как системный анализ признаков, характерных для разных типов метеоритов, так и сбор исторических данных о Петропавловском болиде 1920 года. Представлены итоги общего анализа объекта, заподозренного в метеоритной природе. Определены его общие характеристики, включая магнитные свойства. Проведён минералогический анализ, выявивший наличие в объекте исследования хондр и оливиновых включений – образований, которые в земных образцах не встречаются. На этой основе сделан вывод о том, что с высокой вероятностью объект можно признать метеоритом, который следует классифицировать как мезосидерит. Выдвинуто предположение о связи объекта исследования с Петропавловским болидом 1920 года.

Ключевые слова: метеороид, метеорит, болид, кора плавления, минералогический анализ, хондры, оливин, пироксены, плагиоклазы, мезосидерит.

Аңдатпа

Бұл Жердің және планетаның шыққан тегі мен ішкі құрылымы туралы түсініктеме білу тұрғысынан Күн жүйесіндегі кішігірім денелерді зерттеудің маңыздылығын дәлелдейді. Сонымен қатар, дәл осындай деректердің негізгі көзі метеорит – Жер бетіне жеткен сыртқы дүниенің денелерін зерттеу болып табылады. Метеорит деп күдіктенген жаңадан ашылған объектінің сипатын түсіндіру міндеті болды. Оның шешілуінің методологиялық негізі метеориттардың әртүрлі типтеріне тән сипаттамалардың жүйелік талдануын және 1920–шы жылдардағы Петропавл болидінің тарихи деректерін жинауды қамтиды. Метеориялық табиғатта күдіктенген объектінің жалпы талдау нәтижелері келтірілген. Оның жалпы сипаттамалары, соның ішінде магниттік қасиеттері анықталады. Зерттеу объектісінде хондралар мен оливинді қосуларға, сонымен қатар Жер үлгілерінде табылмаған формацияларға минералогиялық талдау жүргізілді. Осы негізде мезосидерит ретінде жіктелген объектіні жоғары ықтималдықпен метеорит деп тануға болады. 1920 жылы Петропавл болидімен бірге зерттеу объектісі туралы болжам жасалынды.

Түйінді сөздер: метеороид, метеорит, болид, балқытылған қабық, минералогиялық талдау, хондра, оливин, пироксендер, плагиоклаздар, мезосидерит.

Annotation

The importance of studying small bodies of the Solar System from the standpoint of clarifying knowledge about the origin and internal structure of the Earth and planets is substantiated. The main source of accurate data

of this kind is the study of meteorites – extraterrestrial bodies that have reached the Earth's surface. The task of finding out the nature of the newly discovered object suspected as a meteorite is set. The methodological basis of its solution includes both a systematic analysis of the typical characteristics for different types of meteorites and the collection of historical data on the Petropavlovsk bolide of 1920. The preliminary results of the object analysis which is suspected in meteorite nature are presented. The general characteristics of the body, including its magnetic properties, are determined. The mineralogical analysis revealed the presence of chondrules and the olivine inclusions in the subject of research is carried out. These compositions do not occur in terrestrial samples. On this basis, it is concluded that with a high probability the object can be recognized as a meteorite, which should be classified as mesosiderite. An assumption about the connection of the object of study with the Petropavlovsk fireball of 1920 is made.

Key words: meteoroid, meteorite, fireball, melting crust, mineralogical analysis, chondrules, olivine, pyroxenes, plagioclases, mesosiderite.

Введение

Соседи Земли в космосе не только 7 планет Солнечной Системы, но и огромная совокупность малых тел. Из них только *астероиды и кометы* могут наблюдаться астрономами. Объекты размером менее 100 метров сложно обнаружить современными телескопами. А если размер тела не превосходит 10 метров, то увидеть его с Земли на удалении в миллионы километров (по космическим меркам близко) практически невозможно. Такие тела называют *метеороидами*. Они сами порой заявляют о себе, сталкиваясь с нашей планетой. Издали это замечательное явление, но оно может грозить бедой жителям планеты.

Метеороиды влетают в атмосферу Земли со скоростями в десятки километров в секунду. Атмосфера тормозит их движение и тела настолько нагреваются, что начинается их испарение и свечение. При этом они оставляют за собой светящийся след на высотах в десятки километров [1–6]. Явления такого рода именуют метеорами и болидами. Изредка остаток космического пришельца достигает Земли – выпадает метеорит. Изучение метеоритов очень важно в познании происхождения и строения Земли. Ведь некоторые их типы представляют собой первичное вещество Солнечной системы, а другие могли образоваться в недрах небесных тел, на глубинах недоступных нашей технике.

В представленной работе обсуждается исследование предполагаемого метеорита, обнаруженного в г. Петропавловске профессором кафедры «Физика» Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева Солодовником Андреем Андреевичем.

Методы исследования

Метеориты выпадают на Землю хаотично, и требуются веские основания для организации поисков в каком-либо определенном месте. Большая их часть бесследно исчезает в мировом океане. Значительное число приходится на малонаселённые области материков. Часть метеоритов выпадает в Антарктиде. Кстати, именно там найдено наибольшее их число. Это объясняется спецификой движения ледников, выносящих в себе метеориты, законсервированные во льду за десятки тысяч лет. Именно в антарктической коллекции найдены метеориты, чьё происхождение связывают с Луной и Марсом.

А как быть в обычной местности? По статистике на территории СКО за год должно выпадать от 3 до 5 метеоритов. А сколько их найдено? Нисколько. Нужен системный поиск. Хорошо, если на небе был отмечен яркий болид со звуковыми эффектами, тогда мог выпасть и метеорит! Поиску его поможет опрос очевидцев, ставших свидетелями падения. Это позволит уточнить траекторию полёта и место

предполагаемого падения. Важно также стимулировать внимание людей к возможному обнаружению странных камней или кусков железа.

Тело, породившее метеороид, а затем и метеорит могло быть планетой, астероидом, спутником или древним артефактом Солнечной системы. Оно, может существовать и сейчас и, конечно, существовало в прошлом. Но в большинстве случаев наука не может точно объяснить происхождение любого метеорита из-за недостаточности знаний о природе тел Солнечной системы. Однако, существует классификация метеоритов основанная на разделении образцов по группам сходных физических, химических, изотопных и минералогических свойств, что должно указывать на их общее происхождение от одного материнского тела, даже если таковое не выявлено.

Вкратце классификация метеоритов выделяет три обширные группы, в зависимости от доминирующего минералогического состава:

1. Каменные метеориты

Хондриты. Метеориты, подвергшиеся лишь минимальным изменениям с момента формирования их материнского тела. Они характеризуются наличием хондр – округлых образований размером в 0,5–2,0 мм, являющихся главным структурным элементом 90% этих метеоритов. Хондры представляют собой быстро затвердевшие капли расплавленного силикатного вещества. Хондриты содержат значительное количество углерода;

Ахондриты. Каменные метеориты, состоящие из силикатов, но без хондр, при незначительном количестве углерода. Они имеют сложное происхождение и, возможно, являются фрагментами планет или астероидов.

2. Железные метеориты или сидериты. Железные метеориты включают в себя объекты, имеющие сходную внутреннюю структуру, при различии в химическом составе. Они состоят почти целиком из железа и никеля, представленных в двух формах железо– никелевого сплава: камасит и тэнит. Железные метеориты классифицируют в соответствии с пропорцией никеля, который определяет их кристаллическую структуру. Гексаэдриты содержат до 6% никеля, октаэдриты – между 6 и 14% и редкие атакситы – до 66% [2].

3. Железо–каменные метеориты. Железокаменные метеориты содержат свободные металлы и минеральные вещества в примерно равных пропорциях. Палласиты состоят из покрытых металлической оболочкой зерен оливина; мезосидериты представляют собой очень сложный агломерат металла и различных форм силикатов [2].

Поиск метеоритов, методы установления метеоритной природы тел. Обнаружить метеорит помогают как его внешние отличия от земных камней, так и структурные особенности. Например, метеориты никогда не имеют внутренней горизонтальной структуры (слоёв). Метеориты подвергаются интенсивному «обтачиванию» при движении в атмосфере с огромными скоростями. На них возникает **кора плавления**. Её наличие веское указание на метеоритную природу образца. Отличительной особенностью коры плавления является её темный оттенок. Однако, метеориты, пролежавшие в грунте или на поверхности, могут лишиться этой коры.

Метеориты в отличие от земных камней не бывают светлыми, они в 99% случаев не имеют вкраплений кварца, и в них не бывает «пузырьков». Зато часто имеется выраженная крупно–зерновая структура. Метеориты, содержащие железо, в земле окисляются, приобретая вид ржавого камня.

Явный признак метеоритной природы – наличие «пластичных вмятин» – регмаглиптов у недавно выпавших метеоритов. Их высверливают в теле метеорита воздушные потоки при пролёте в атмосфере. Выдаёт метеориты и то, что некоторые из них оставляют на поверхности Земли следы – метеоритные воронки [2].

Полезными при поиске метеоритов могут быть металлоискатели и поисковые магниты. Их с успехом используют в разных ситуациях. Но нахождению каменных метеоритов они не помогут, и в этом случае остается полагаться на внимание и удачу.

Метеориты нашего края. В музеях Петропавловска нет ни одного метеорита. И это удручает. Ведь в научной и краеведческой литературе описаны случаи нахождения метеоритов усилиями известного энтузиаста метеоритики профессора Петра Людовиковича Драверта.

Он в 30–е годы прошлого века обнаружил 4 метеорита на территории СКО. Ныне они хранятся в метеоритной коллекции в Москве. Среди его находок примечательны два случая:

Метеорит «Ерофеевка» нашел в нашей области пастух в окрестностях села с тем же названием. Он заметил на берегу болотистого озера торчащий из земли камень весом около 2,5 кг и отослал его Драверту, который определил небесное происхождение камня.

Поиски метеорита – «Хмелевка», замеченного при пролёте болида, заняли 8 лет. Нашел его Драверт у крестьянина Никиты Хлюма из дальней североказахстанской деревни Хмелевка. Метеорит весом шесть килограммов служил гнётом для соленой капусты, как простой булыжник. Хозяин расстался с ним лишь после долгих уговоров ученого, успев отколоть кусочек себе на память. Само падение произошло весной 1929 года.

Но несравненно большее внимание учёных привлёк к себе не найденный метеорит 1920 года. 27 ноября в 1920 г., около 7 часов вечера жители Петропавловска и его окрестностей были встревожены полетом яркого тела по небу, которое сопровождалось сильными звуковыми раскатами. Уездный исполком, полагая, что взорван Ишимский железнодорожный мост, послал туда воинский отряд, который не нашёл следов диверсии.

Слухи об этом явлении распространились повсюду. Изучение его обстоятельств было поручено учёному из Томского университета, преподавателю кафедры астрономии Г.А. Штейну. В Петропавловске и в Ишимском уезде были опрошены десятки очевидцев. Их показания позволили восстановить общую картину явления. Рассмотрим её, сопровождая отдельные эпизоды нашими комментариями:

1. Явление полета болида имело место 20 ноября около 7 часов вечера. Как известно, именно вечерние болиды могут закончиться выпадением метеорита.
2. Размер головы болида был около 1/2 лунного диаметра.
3. Освещение оценивалось как дневное. То есть болид был гораздо ярче Луны и имел блеск не менее чем от – 15 до – 20 звёздной величины. Блеск болида связан с начальной массой тела, вторгшегося в атмосферу Земли. В данном случае масса могла составлять от сотен килограммов до единиц тонн.
4. Во время полета от головы болида отделялись искры. Следовательно, метеорит начал дробиться на части ещё в верхних слоях атмосферы. Искры, скорее всего, представляли собой осколки родительского тела, тормозящиеся и гаснущие при потере скорости.

5. Траектория болида была зигзагообразного вида, широкая в начале и суживающаяся в конце. Сужение траектории вследствие перспективы говорит о том, что после пролёта над городом болид удалялся от него.

6. В конце траектории тело как бы окончательно рассыпалось, как показало большинство очевидцев. Этот факт можно связать с тем, что очевидцы из Петропавловска наблюдали точку окончательного торможения метеороида. Ведь, согласно научным данным в этой точке и происходит дробление тела, вызвавшего явление болида.

7. След метеорита в небе был виден около 5 минут. Следовательно, тело было массивным и значительная часть его вещества испарилась, образовав аэрозольный (дымовой след).

8. Отмечен сильный звук как при выстреле из тяжелого орудия спустя несколько минут после пролёта болида (через 2–3 минуты в Петропавловске). Следовательно, расстояние от наблюдателей до тела, порождающего ударную волну, могло быть в пределах от 40 до 60 километров. Таким образом, не исключено, что болид пролетал точно над Петропавловском, поскольку именно на таких высотах болиды и порождают звуковые эффекты. Тогда возможно и выпадение осколков тела на территорию города или его ближние окрестности.

9. Направление полета было – с юго–востока на северо–запад. Остатки родительского тела следовало бы искать в северо–западном направлении от Петропавловска (Рис. 1), где располагаются такие сёла как Покровка и Налобино.

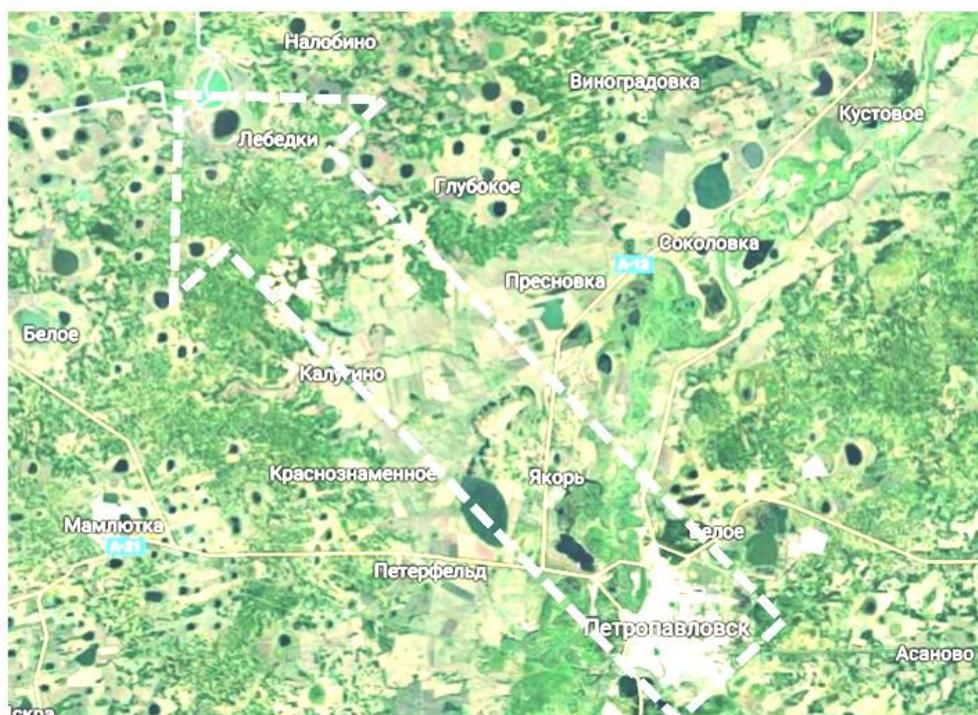


Рисунок 1 Вероятное направление движения Петропавловского болида 1920 года над территорией области

10. По показаниям жителей уезда можно судить, что ими был слышен даже свист и шипение при полете. То есть болид сопровождался, как сейчас говорят,

электрофонными эффектами. Эти эффекты чаще связывают с движением тел богатых железом.

Поиски Г.А. Штейна в декабре 1920 года к успеху не привели из-за того, что выпали глубокие снега. Позднее ситуация в городе накалилась, в феврале вспыхнуло крестьянское восстание. Стало не до метеорита. Вернуться к поиску метеорита планировали в 1922 году. Была собрана экспедиция из Москвы под руководством Л.А. Кулика. Но эта экспедиция была перенаправлена в последний момент в Сибирь на поиски легендарного Тунгусского метеорита. Так и остался Петропавловский метеорит не найденным.

С созданием астрономической Обсерватории в СКГУ интерес к поиску метеоритов вновь ожил. На протяжении нескольких лет наши астрономы предпринимали попытки отыскать осколки метеорита 1920 года, обследуя предположительную область его падения. Проводились поисковые экспедиции, но уж очень велика площадь поиска. За помощь населения в поиске "космических пришельцев", за предоставление образцов было объявлено вознаграждение. Были и находки, но они, к сожалению, к метеоритам отношения не имели.

Изучение образца предположительно метеоритной природы. Неоднократно метеориты находили по ходу земельных работ: пахоте, добыче руд и угля и так далее. Нечто подобное произошло и в ходе строительства теплотрассы в районе улицы Ибряя Алтынсарина. Здесь профессор А.А. Солодовник обнаружил в отвале в начале октября 2017 года ржавый камень, облепленный глиной. Камень имел большую массу и плотность. Первичный осмотр отмытого образца выявил много интересного: оливин (минерал, который распространён во многих видах метеоритов) и хондры.

Исследуемое тело имеет неправильную вытянутую форму (Рис. 2–3) с примерными размерами: длина около 18 см; ширина около 6.5 см; высота около 7.5 см. Поверхность его имеет оттенки цвета характерные для окислов и гидроокислов железа – от охристо-жёлтого до темно-бурого.



Рисунок 2 Общий вид исследуемого тела

Концентрация железа в объекте всюду достаточно для того, чтобы на нём прочно удерживались магниты (Рис. 3). На поверхности тела имеются многочисленные трещины. Их происхождение связано с окислением железа во время пребывания объекта в почве. Этот процесс ускорился после мытья метеорита, поскольку окислы железа начали превращаться в более рыхлые (и большие по объёму) гидроокислы.

Однако, по крайней мере в одном месте поверхность тела сохранила гладкую форму, напоминающую кору плавления (Рис.3).



Рисунок 3 Магнитные свойства исследуемого тела (слева)
и возможный участок коры плавления (справа)

Масса тела составляет 2211 ± 0.5 грамм. Средняя плотность вещества оказалась равной 4.1 г/см^3 .

Структурно – минеральный анализ предполагаемого метеорита. Метеоритная природа тел в некоторых случаях выявляется на основе результатов изучения их структуры и минерального состава. Например, в земных образцах никогда не встречаются такие типичные для метеоритов элементы строения как хондры. Аналогично в земных образцах очень редок оливин $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$. Практически никогда в земных образцах нельзя встретить чистое железо, тем более в сопровождении оливина.

Поиск, выявление, свойства хондр. Хондры на поверхности изучаемого тела имеют размеры от 0.5 до 2 мм в диаметре (Рис 4), что вполне соответствует их описанию в типичных метеоритах [6].



Рисунок 4 Хондры в составе исследуемого тела

Хондры имеют сферическую форму и чёрный цвет, который объясняется их минеральным составом (пироксен – оливиновая смесь). На рисунке показаны хондры типичного метеорита (верхнее фото) и хондры в исследуемом теле. В обоих случаях хондры входят в состав мелкокристаллической матрицы. В нашем случае силикатного (пироксенового) состава.

Поиск и общий анализ оливина. Частицы оливина на теле расположены хаотично и привязаны к силикатной матрице, то есть, не выявлены в металлической компоненте тела. Частицы имеют преимущественно пластинчатую форму. Их максимальный размер на поверхности достигает 1 см. Пластинки оливина имеют тёмно– зелёный цвет (Рис 5).



Рисунок 5 Частицы оливина в исследуемом теле

Конечно характерный цвет и прозрачность этих включений еще не полное доказательство их оливиновой природы, поэтому мы оценили их твёрдость по шкале Мооса. Оказалось, что эти включения уверенно оставляют следы в виде царапин на стекле. Их твёрдость составляет 6–7 единиц – как у оливина. Это весомый аргумент, поскольку, например, обсидиан (вулканическое стекло) обычное стекло не царапает, то есть имеет малую твёрдость.

Крупнокристаллическая структура железа. Изучаемое тело содержит много железа. Это демонстрирует опыт с магнитами. Железо на поверхности окислено, причём в одном месте процесс окисления выявил крупнокристаллическую структуру металла (Рис. 6). Здесь металл представлен совокупностью разделяющихся пластин, размер которых достигает около 2 см при толщине в 2–3 миллиметра. Такая структура напоминает видманштеттеновы фигуры свойственные структуре железной матрицы метеоритов.



Рисунок 6 Пластинчатое (кристаллическое) расслоение окисленной металлической матрицы тела

Полученные в ходе изучения объекта сведения позволяют классифицировать его, и определить перспективу и задачи дальнейшего исследования.

Результаты исследования

Классификация объекта. В целом большинство образцов небесного вещества содержит железо. Особенно большое его количество, определяющее плотность и магнитные свойства образцов встречается в трёх типах метеоритов:

- А) Железных (сидеролитах);
- Б) Железо–каменных – палласитах;
- В) Железо–каменных – мезосидеритах.

Очевидно, что наш образец не может быть отнесён к железным метеоритам, поскольку в них неметаллическая фракция практически отсутствует [2, 7, 8].

Аналогично отпадает и кандидатура палласита. В метеоритах этого типа пузырчатый железный каркас заполнен сплошной массой прозрачного оливина (это поистине ювелирные метеориты) [2]. В нашем случае мы не видим такой картины.

Скорее наш образец может быть отнесён к мезосидеритам – редкому типу железокатенных метеоритов. Слово *мезосидерит* означает железо–каменные метеориты, состоящие из примерно равных частей железо–никелевого сплава и силикатных минералов (оливин, пироксены и кальциевые полевые шпаты в виде включений в каменистой массе).

Мезосидериты имеют неоднородную брекчиевидную (обломочную) структуру. Силикатные минералы и металлы часто присутствуют в них виде округлых и остроугольных обломков и мелкозернистых срастаний. Мезосидериты представляют собой очень редкие метеориты. На июнь 2009 года в мировой коллекции, содержащей более 10 000 метеоритов, было известно всего 145 мезосидеритов (44 из них нашли в Антарктиде) [9].

Пироксены основой которых являются цепочки SiO_4 , имеют, как правило, тёмный цвет. В природе существует свыше 20 типов таких соединений, отличающихся молекулярной структурой и наличием примесей. В нашем случае мы видим в объекте массу зёрен тёмного цвета, которые можно отнести к пироксенам. Кстати, разновидностью пироксенов является и встречающийся в нашем образце оливин.

Но в образце есть и светлые зернышки, которые также очень типичны для мезосидеритов. Это частицы полевого шпата (плаггиоклазы).

Сложным для науки является вопрос о происхождении мезосидеритов. Причиной его является крайне неоднородное строение таких метеоритов, в которых соединены геологически несоединимые компоненты – железо и минеральная обломочная масса.

На сегодняшний день наиболее вероятен сценарий, по которому мезосидериты образовались на дифференцированном родительском теле (крупном астероиде) при его катастрофических столкновениях с железными астероидами, в результате смешения обломков силикатных пород и масс расплавленного металла. Представьте себе картину такой катастрофы! Отсюда и повышенный интерес к изучению именно мезосидеритов.

Изучение общих свойств и минерального состава образца указывает, что с высокой вероятностью это тело представляет собой фрагмент *редчайшего типа метеоритов – мезосидерита*.

Заключение

Таким образом, указанные свойства мезосидеритов вполне могут объяснить наблюдавшиеся особенности Петропавловского болида. Тем самым представляется важным продолжить начатую работу, которая может послужить основанием для

активизации метеоритных исследований не только в Петропавловске, но и в Республике Казахстан в целом.

Литература:

1. Бабаджанов П. Б. Метеоры и их наблюдение. – М.: Наука, 1987. – 192 с.
2. Бронштэн В.А. Метеоры, метеориты, метеориды. – М.: Наука, 1987. – 173 с.
3. Бронштэн В.А. Физика метеорных явлений. – М.: Наука, 1981. – 416 с.
4. Зоткин И.Т. Наблюдения метеоров. – М.: Наука, 1972. – 228 с.
5. Астапович И.С. Метеорные явления в атмосфере Земли. – М.: Физматгиз, 1958. – 640 с.
6. Федынский В. В. Метеоры. – М.: Гостехиздат, 1956. – 198 с.
7. Michael K. Weisberg, Timothy J. McCoy, Alexander N. Krot. Systematics and Evaluation of Meteorite Classification // Kingsborough Community College of the City University of New York – 2009. – с. 3–5.
8. D. W. Hughes. Meteorite falls and finds: some statistics // Meteoritics. – 1981, vol. 16, № 3. – с. 269–281.
9. К. А. Лоренц, М. А. Назаров, Ф. Брандштеттер, Т. Нгафлос. Метасоматические изменения оливиновых включений в мезосидерите Будулан// Петрология. – 2010, том 18, № 5. – с. 483 – 493.