



# **МЕТЕОРИТИКА ПОСЛЕ ЧЕЛЯБИНСКОГО СОБЫТИЯ 15.02.2013 ГОДА**

***В.И.Гроховский***

*Уральский федеральный университет,  
Физико-технологический институт  
г. Екатеринбург*

15 февраля 2013г.  
9 час 22 мин (местное время)



17.02.2013, озеро Чебаркуль



**Chelyabinsk** ~54°49'N, 61°07'E Russian Federation

**Fell:** February 15, 2013, 3:22 am (UT)

**Classification:** Ordinary chondrite (LL5)

**History:** At 9:22 a.m. (local time) on February 15, 2013 a bright fireball was seen by numerous witnesses in Tyumen, Ekaterinburg and Chelyabinsk districts. Images of the fireball were captured by many video cameras in Chelyabinsk. Residents of the Chelyabinsk district heard the sound of a large explosion. The impact wave destroyed many window glasses in Chelyabinsk and surrounding cities. A lot of people were wounded by glass fragments. A part of the roof and a wall of the Zn-plant and a stadium in Chelyabinsk were damaged also. Numerous (thousands) stones fell as a shower around Pervomaiskoe, Deputatsky and Yemanzhelinka villages ~40 km S of Chelyabinsk. The meteorite pieces were recovered and collected out of snow by local people immediately after the explosion. The snow cover was about 0.7 m in thick. The falling stones formed holes surrounded by firm snow. Largest stones reached a frozen soil. It is suggested that a stone broke the ice of the Chebarkul Lake located 70 km W of Chelyabinsk. Small meteorite fragments were found around the 8 m hole on the ice but divers did not find any stones on the bottom of the lake.

**Physical characteristics:** The meteorite stones and fragments are from 1 g to 1.8 kg in weight and from a few mm to 10 cm (mainly 3-6 cm) in size. The total mass collected by local people is certainly > 100 kg and perhaps > 500 kg. Fusion crusted stones are mostly common. The fusion crust is black or brown and fresh. Broken fragments are rare. The interior of the stones is fresh but in some pieces there is evidence for weak oxidation of metal grains.

**Petrography:** (D.D.Badyukov and M.A.Nazarov, *Vernad*). The majority (2/3) of the stones is composed from a light lithology with a typical chondritic texture. Chondrules (~63%) are readily delineated and set within a fragmental matrix. The mean chondrule diameter is 0.93 mm. The chondrule glass is devitrified. The main phases are olivine and orthopyroxene. Olivine has mosaicism and planar fractures. Rare grains of augite and clinobronzite are present. Small and rare feldspar grains show undulatory extinction, planar deformation features, and are partly isotropic. Troilite (4 vol.%) and FeNi metal (1.3 vol.%) occur as irregularly shaped grains. Accessories are chromite, ilmenite, and Cl-apatite. A significant portion (1/3) of the stones consists of a dark fine-grained impact melt containing mineral and chondrule fragments. Feldspar of the lithology is well developed and practically isotropic. No high-pressure phases were found in the impact melt. There are black colored thin shock veins in both light and dark lithologies.

**Geochemistry:** (M.A.Nazarov, N.N.Kononkova, and I.V.Kubrakova, *Vernad*). Mineral chemistry: Olivine Fa 27.9±0.35, N=22; orthopyroxene Fs 22.8±0.79, Wo 1.30±0.26, N=17; feldspar Ab 86; chromite Fe/Fe+Mg=0.90, Cr/Cr+Al=0.85 (at.). Major element composition of the light lithology (XRF, ICP-AS, wt%): Si=18.3, Ti=0.053, Al=1.12, Cr=0.40, Fe=19.8, Mn=0.26, Ca=1.43, Na=0.74, K=0.11, P=0.10, Ni=1.06, Co=0.046, S=1.7. Atomic ratios of Zn/Mnx100=1.3, Al/Mn=8.8. The impact melt lithology has almost the same composition but it is distinctly higher in Ni, Zn, Cu, Mo, Cd, W, Re, Pb, Bi (ICP-MS).

**Classification:** Ordinary chondrite (LL5), shock stage S4, weathering W0.

Метеорит  
Челябинск,  
Хондрит обыкновенный  
LL5 S4 W0



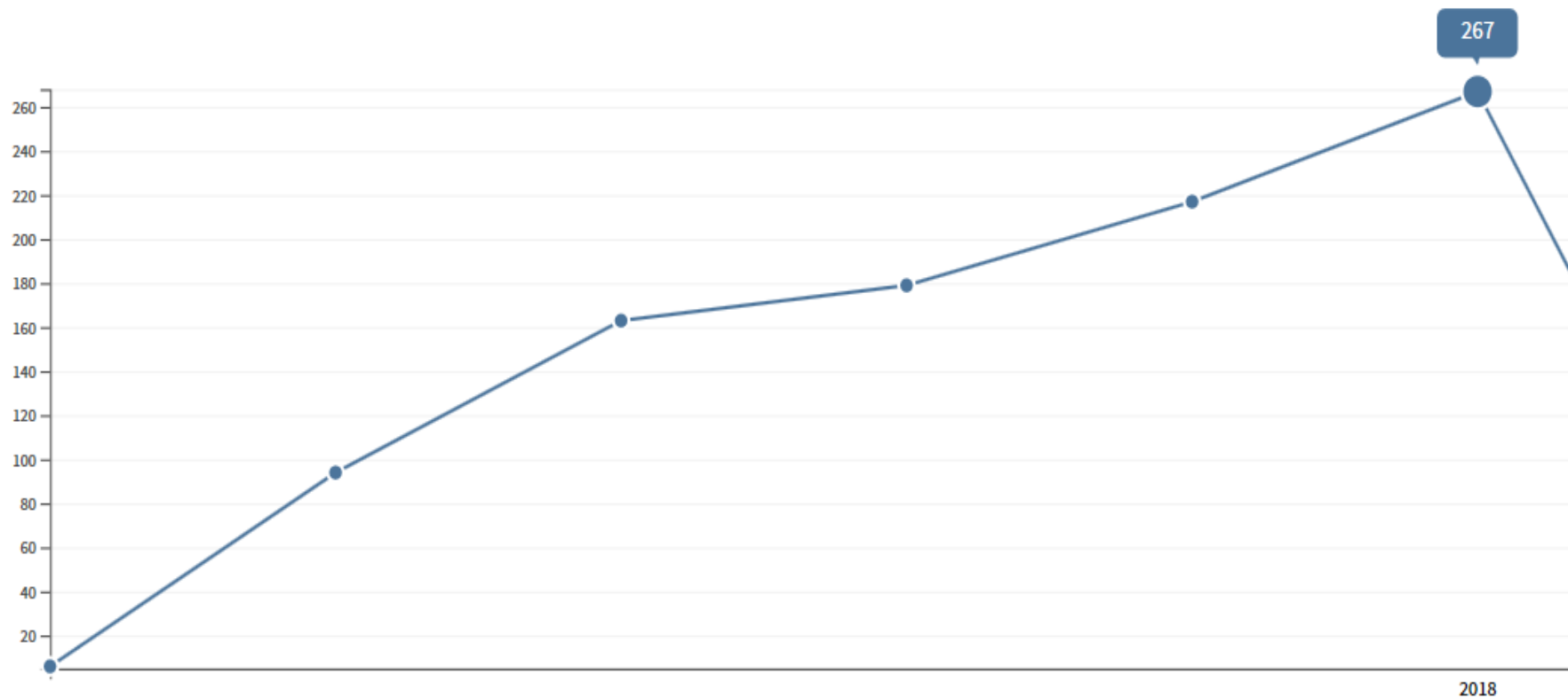
# Web of Science - 166

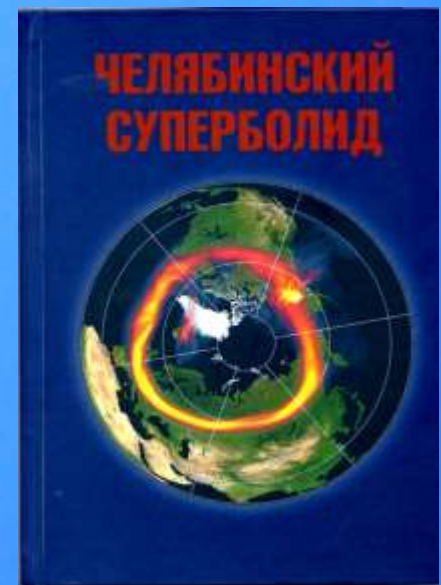
|                                     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |    |    |    |   |     |       |
|-------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|---|-----|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | 1.  | <b>Chelyabinsk Airburst, Damage Assessment, Meteorite Recovery, and Characterization</b><br>Автор: Popova, Olga P.; Jenniskens, Peter; Emel'yanenko, Vacheslav; с соавторами.<br>Групповые авторы: Chelyabinsk Airburst Consortiu<br>SCIENCE Том: 342 Выпуск: 6162 Стр.: 1069-1073 Опубликовано: NOV 29 2013 | 45 | 43 | 51 | 62 | 5 | 232 | 33.14 |
| <input type="checkbox"/>            | 2.  | <b>The trajectory, structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor</b><br>Автор: Borovicka, Jiri; Spurny, Pavel; Brown, Peter; с соавторами.<br>NATURE Том: 503 Выпуск: 7475 Стр.: 235-+ Опубликовано: NOV 14 2013                                                                               | 22 | 18 | 18 | 14 | 2 | 96  | 13.71 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 3.  | <b>Mineralogy, reflectance spectra, and physical properties of the Chelyabinsk LL5 chondrite - Insight into shock-induced changes in asteroid regoliths</b><br>Автор: Kohout, Tomas; Gritsevich, Maria; Grokhovsky, Victor I.; с соавторами.<br>ICARUS Том: 228 Стр.: 78-85 Опубликовано: JAN 15 2014        | 12 | 9  | 9  | 15 | 0 | 56  | 9.33  |
| <input type="checkbox"/>            | 4.  | <b>Analytical results for the material of the Chelyabinsk meteorite</b><br>Автор: Galimov, E. M.; Kolotov, V. P.; Nazarov, M. A.; с соавторами.<br>GEOCHEMISTRY INTERNATIONAL Том: 51 Выпуск: 7 Стр.: 522-539 Опубликовано: JUL 2013                                                                         | 10 | 5  | 8  | 3  | 1 | 36  | 5.14  |
| <input type="checkbox"/>            | 5.  | <b>Astronomical and physical aspects of the Chelyabinsk event (February 15, 2013)</b><br>Автор: Emel'yanenko, V. V.; Popova, O. P.; Chugai, N. N.; с соавторами.<br>SOLAR SYSTEM RESEARCH Том: 47 Выпуск: 4 Стр.: 240-254 Опубликовано: JUL 2013                                                             | 5  | 3  | 7  | 10 | 0 | 32  | 4.57  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 6.  | <b>Orbit and dynamic origin of the recently recovered Annama's H5 chondrite</b><br>Автор: Trigo-Rodriguez, Josep M.; Lyytinen, Esko; Gritsevich, Maria; с соавторами.<br>MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY Том: 449 Выпуск: 2 Стр.: 2119-2127 Опубликовано: MAY 11 2015                      | 2  | 6  | 12 | 8  | 1 | 29  | 5.80  |
| <input type="checkbox"/>            | 7.  | <b>Chelyabinsk meteorite explains unusual spectral properties of Baptistina Asteroid Family</b><br>Автор: Reddy, Vishnu; Sanchez, Juan A.; Bottke, William F.; с соавторами.<br>ICARUS Том: 237 Стр.: 116-130 Опубликовано: JUL 15 2014                                                                      | 6  | 4  | 7  | 7  | 0 | 26  | 4.33  |
| <input type="checkbox"/>            | 8.  | <b>The Meteoritical Bulletin, No. 102</b><br>Автор: Ruzicka, Alex; Grossman, Jeffrey; Bouvier, Audrey; с соавторами.<br>METEORITICS & PLANETARY SCIENCE Том: 50 Выпуск: 9 Стр.: 1662-1662 Опубликовано: SEP 2015                                                                                             | 0  | 4  | 10 | 5  | 2 | 21  | 4.20  |
| <input type="checkbox"/>            | 9.  | <b>Mineralogy, petrology, chronology, and exposure history of the Chelyabinsk meteorite and parent body</b><br>Автор: Righter, K.; Abell, P.; Agresti, D.; с соавторами.<br>METEORITICS & PLANETARY SCIENCE Том: 50 Выпуск: 10 Стр.: 1790-1819 Опубликовано: OCT 2015                                        | 1  | 5  | 5  | 6  | 0 | 17  | 3.40  |
| <input type="checkbox"/>            | 10. | <b>Records of the Moon-forming impact and the 470 Ma disruption of the L chondrite parent body in the asteroid belt from U-Pb apatite ages of Novato (L6)</b>                                                                                                                                                | 1  | 2  | 4  | 0  | 0 | 17  | 3.82  |

РИНЦ - 131, Web of Science - 166, SAO-NASA – 384

15 марта 2019 г.

Количество цитирований по годам





21-22 июня 2013 "Астероиды и кометы. Челябинское событие и изучение падения метеорита в озеро Чебаркуль" г. Чебаркуль

14-15 февраля 2014 "Метеорит Челябинск - год на Земле" г.Челябинск

23-24 мая 2014 "II Метеориты, астероиды, кометы. Падения на Землю, исследования и экологические последствия" г.Чебаркуль

21-23 мая 2015 "III Метеориты, астероиды, кометы" г.Миасс

26-28 мая 2016 "IV Метеориты, астероиды, кометы" г.Екатеринбург

2-4 февраля 2017 "V Метеориты, астероиды, кометы" г.Екатеринбург

5-8 февраля 2018 Минералы + VI МАК г.Екатеринбург

23-27 июля 2018 81 съезд Метеоритного общества г.Москва



81<sup>st</sup> ANNUAL MEETING  
OF THE METEORITICAL SOCIETY  
JULY 22-27, 2018  
MOSCOW, RUSSIA

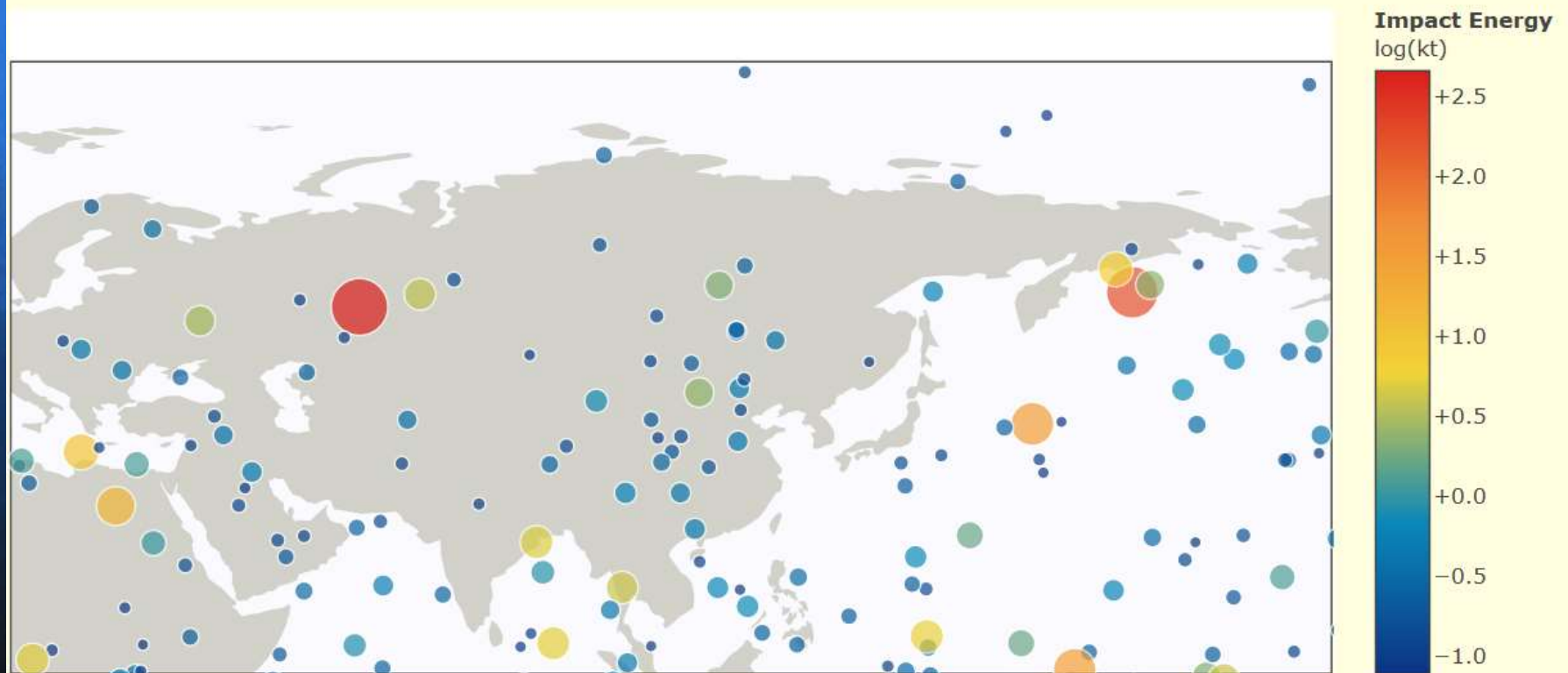


# Астероид – болид - метеорит

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Размеры метеороида     | 19м    |
| Орбита                 | Apollo |
| Полет болида           |        |
| Фрагментация           |        |
| Взрыв                  |        |
| Темная траектория      |        |
| Методы поиска вещества |        |
| Сбор вещества          |        |
| Строение, свойства     |        |
| Моделирование          |        |

# Fireballs Reported by US Government Sensors

(1988-Apr-15 to 2019-Mar-15)

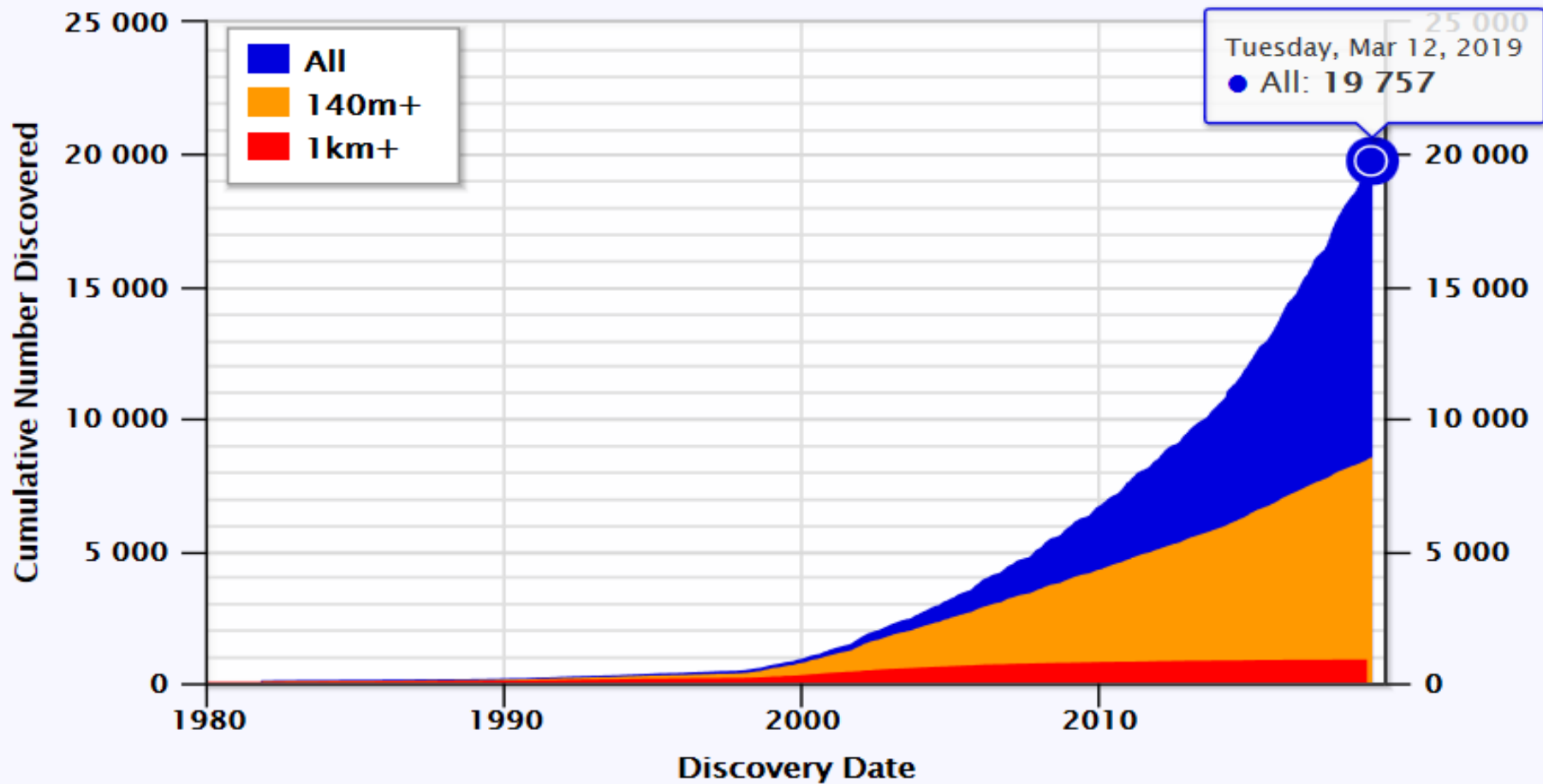


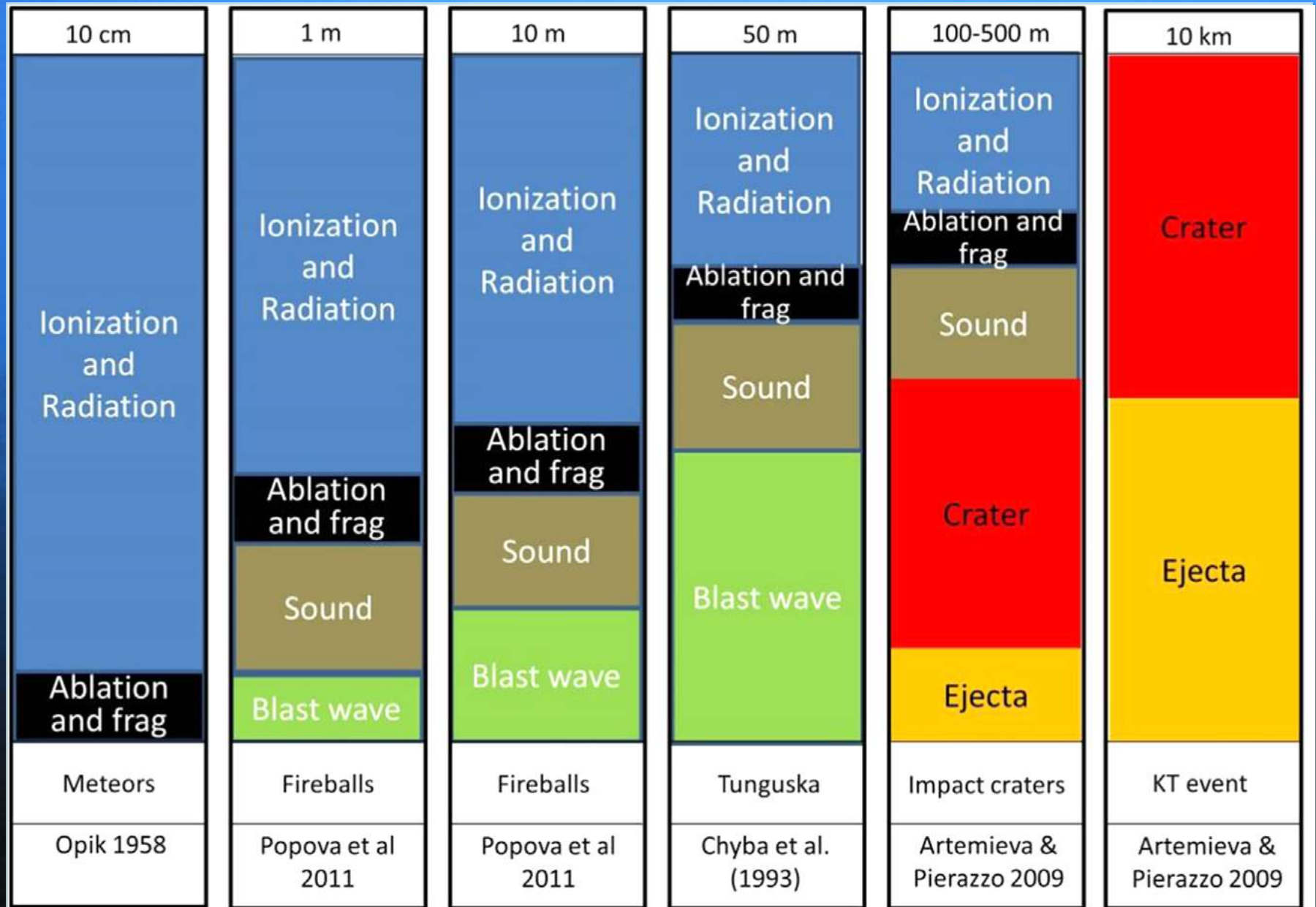
<https://cneos.jpl.nasa.gov/fireballs/>

Alan B. Chamberlin (JPL/Caltech)

## Near-Earth Asteroids Discovered

Most recent discovery: 2019-Mar-12





# «Снежные морковки» 20.02.2013, с. Депутатское



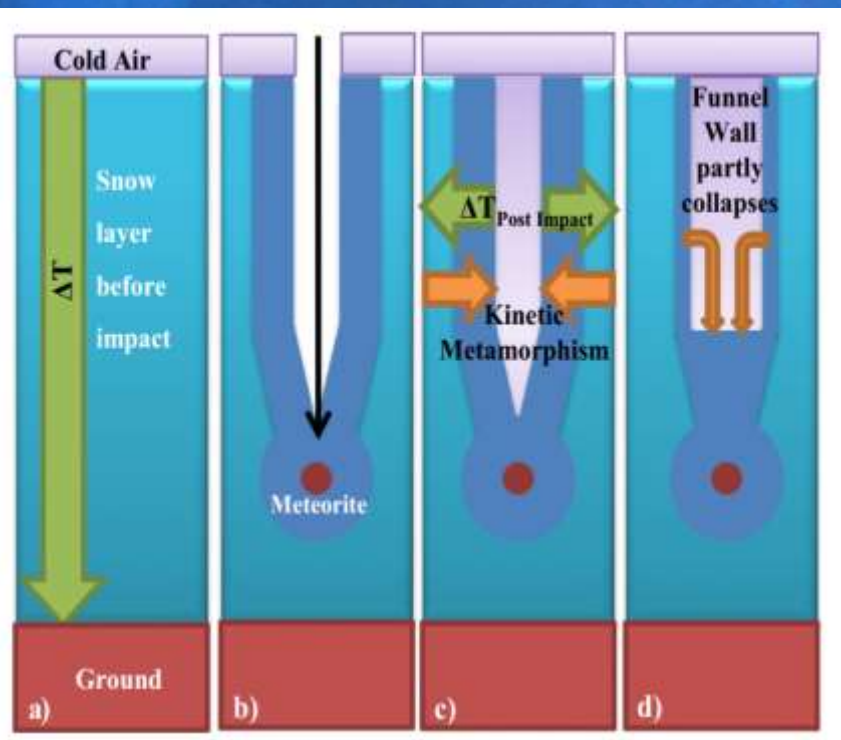
# «Снежные морковки», моделирование



Meteoritics & Planetary Science 52, Nr 5, 979–999 (2017)  
doi: 10.1111/maps.12831

## Snow carrots after the Chelyabinsk event and model implications for highly porous solar system objects

Robert LUTHER<sup>1\*</sup>, Natalia ARTEMIEVA<sup>1,2,3</sup>, Marina IVANOVA<sup>4</sup>, Cyril LORENZ<sup>4</sup>, and Kai WÜNNEMANN<sup>1</sup>



- Скорость при падении в снег 30-90 м/с;
- Время падения фрагментов значительно дольше, чем время остывания;
- При падении в пушистый снег -20 °С ;
- Нагрев от трения в снегу менее 0,5 гр ;
- Температурный градиент;
- Укрупнение и падение снежинок;
- Холодное уплотнение

# «Meteorite fishing»

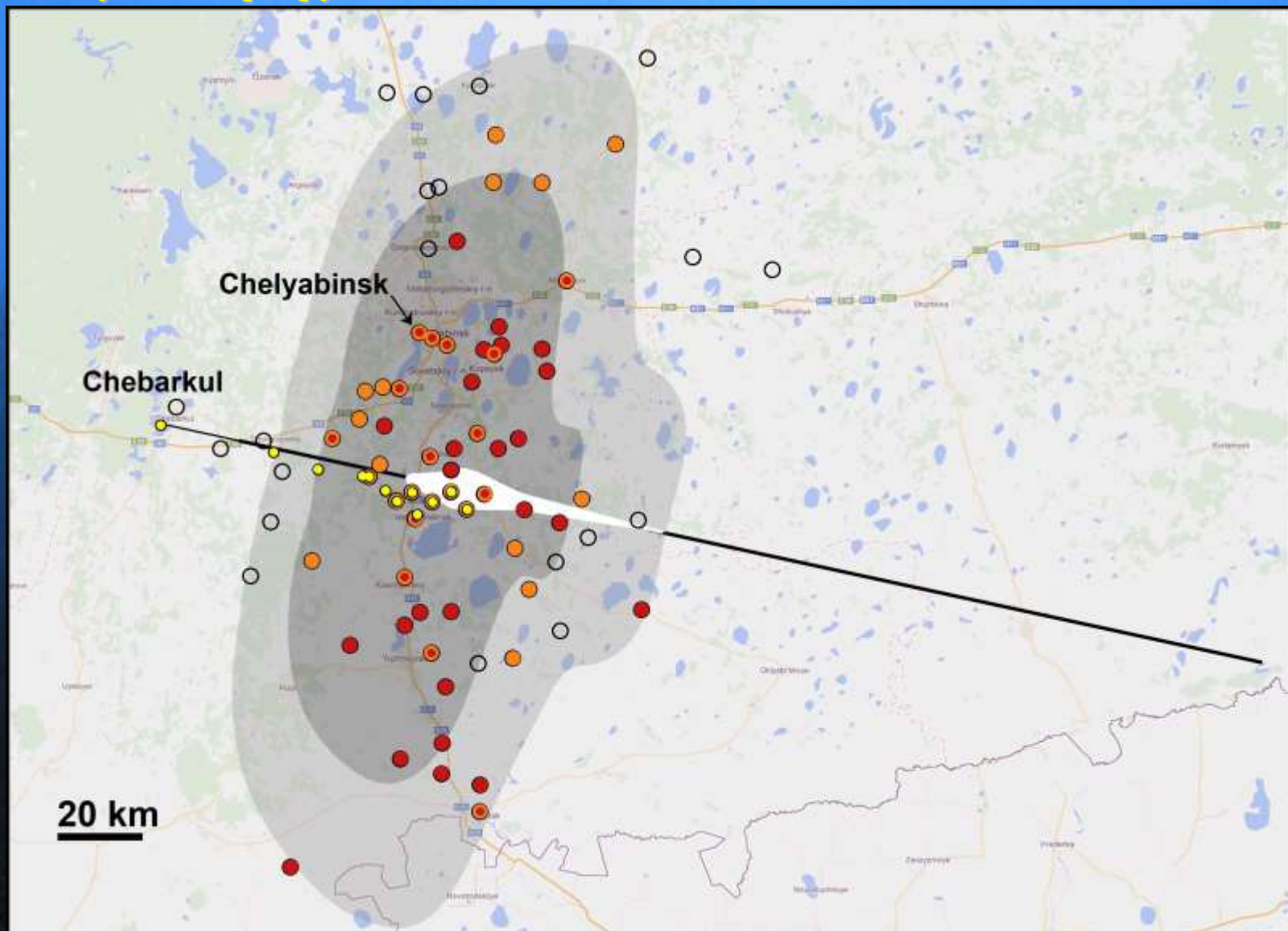




ь

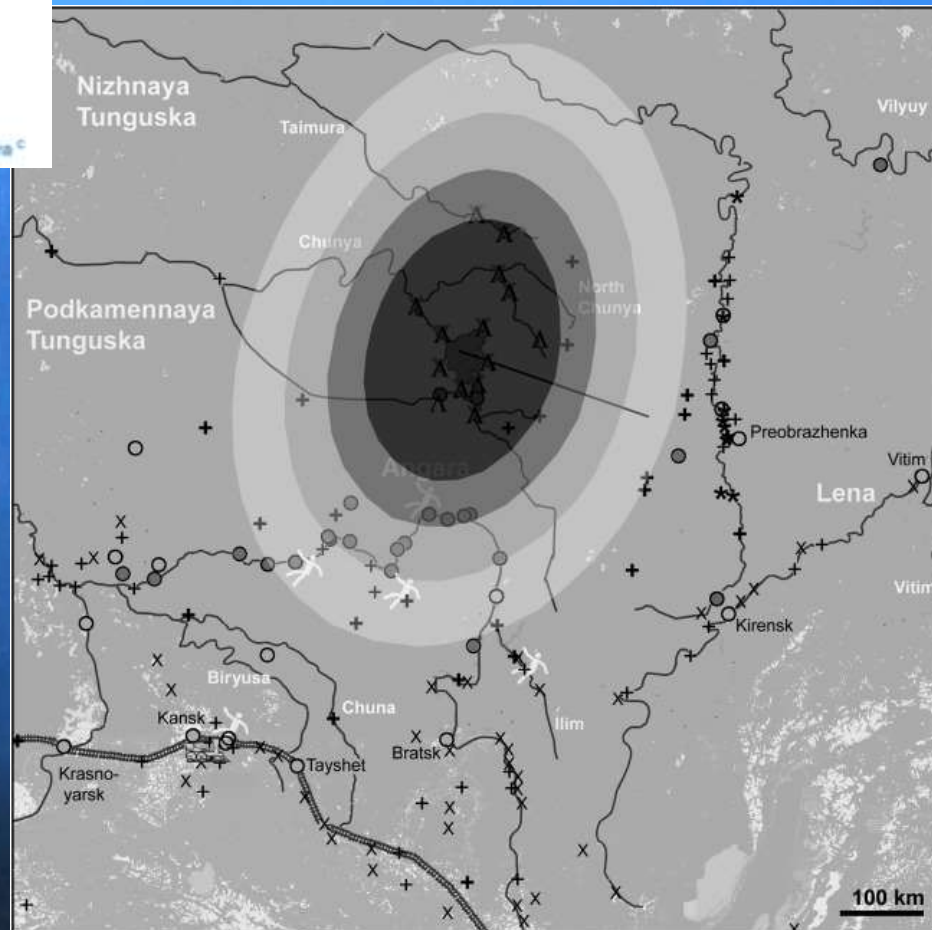
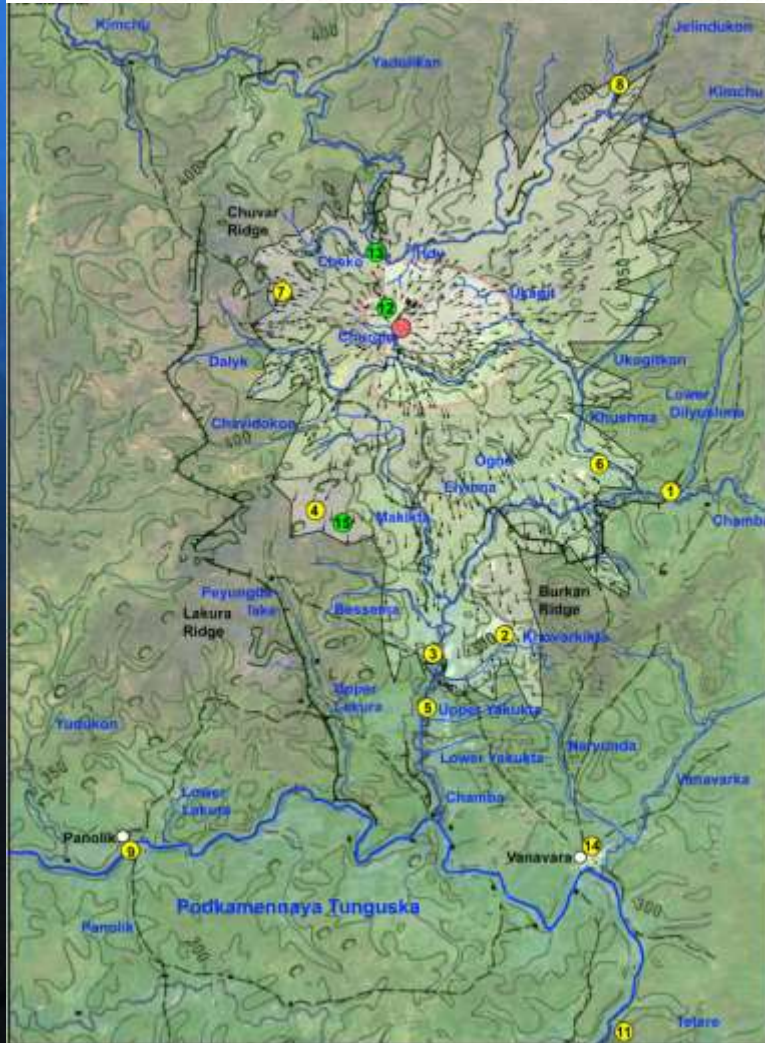
## Челябинский болид отличается следующее:

- впервые в обозримое историческое время ударная волна от торможения космического тела в атмосфере пришлась на густонаселенную местность и вызвала ощутимые разрушения;



## Tunguska eyewitness accounts, injuries, and casualties

Peter Jenniskens <sup>a</sup>, Olga P. Popova <sup>b</sup>, Dmitry O. Glazachev <sup>b</sup>, Elena D. Podobnaya <sup>b</sup>, Anna P. Kartashova <sup>c</sup>



airburst model (12 Mt, 2000 kg/m<sup>3</sup>, 25°  
entry angle, 27 km/s entry speed).  
Contours correspond to (from dark to light):  
1500, 1000, 700 and 500 Pa

# Visualization of the Kola fireball, 19.04.2014

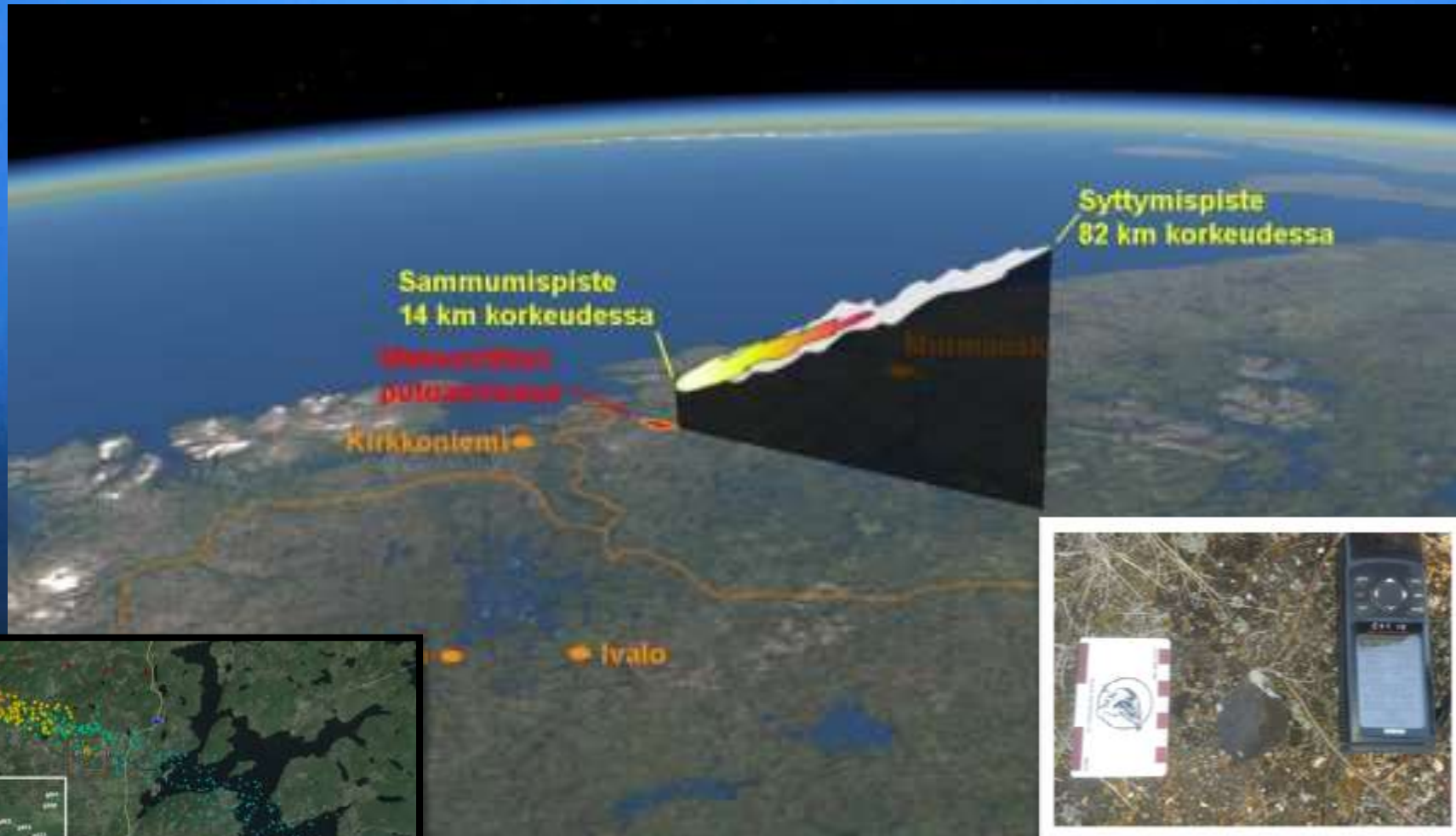
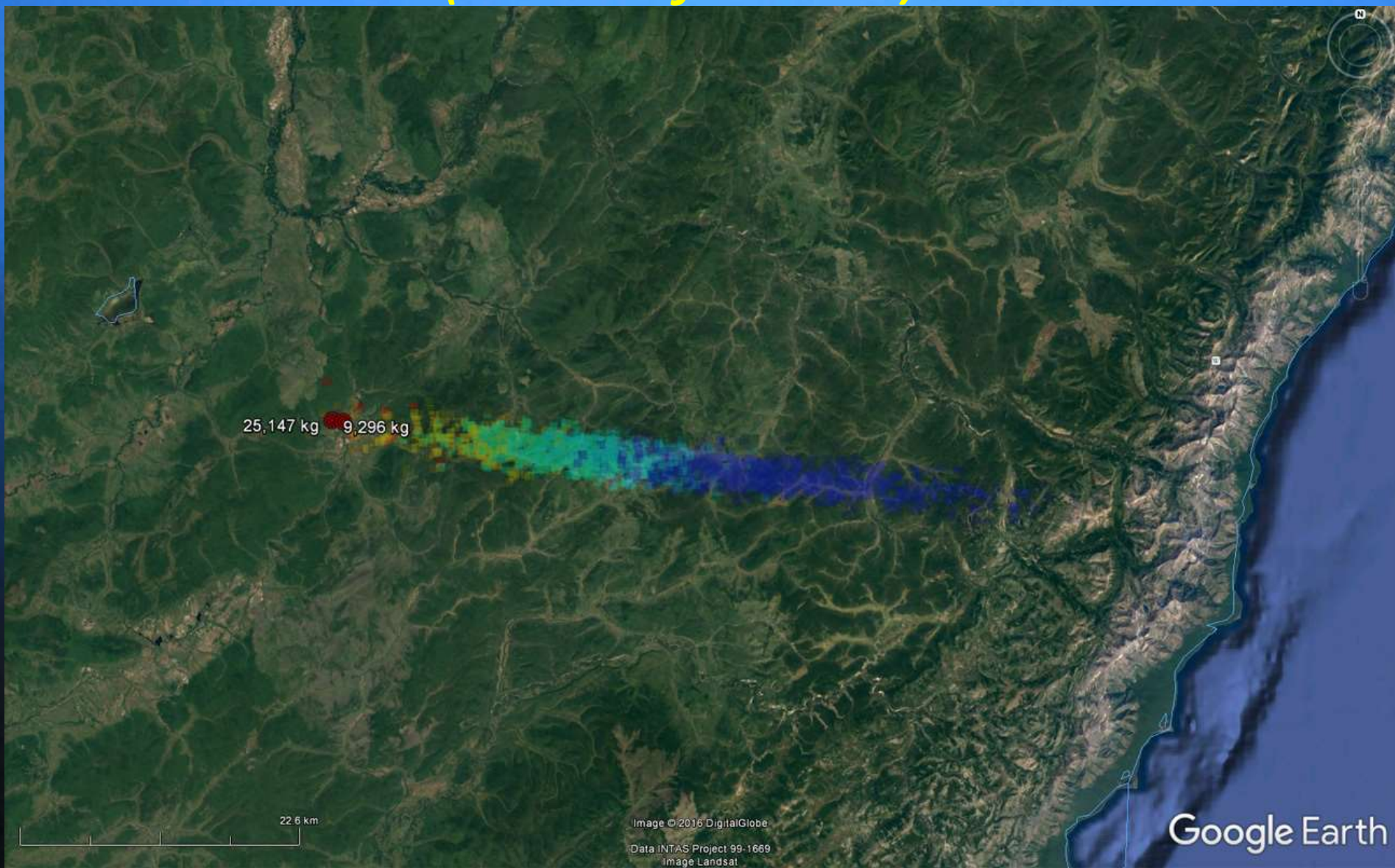
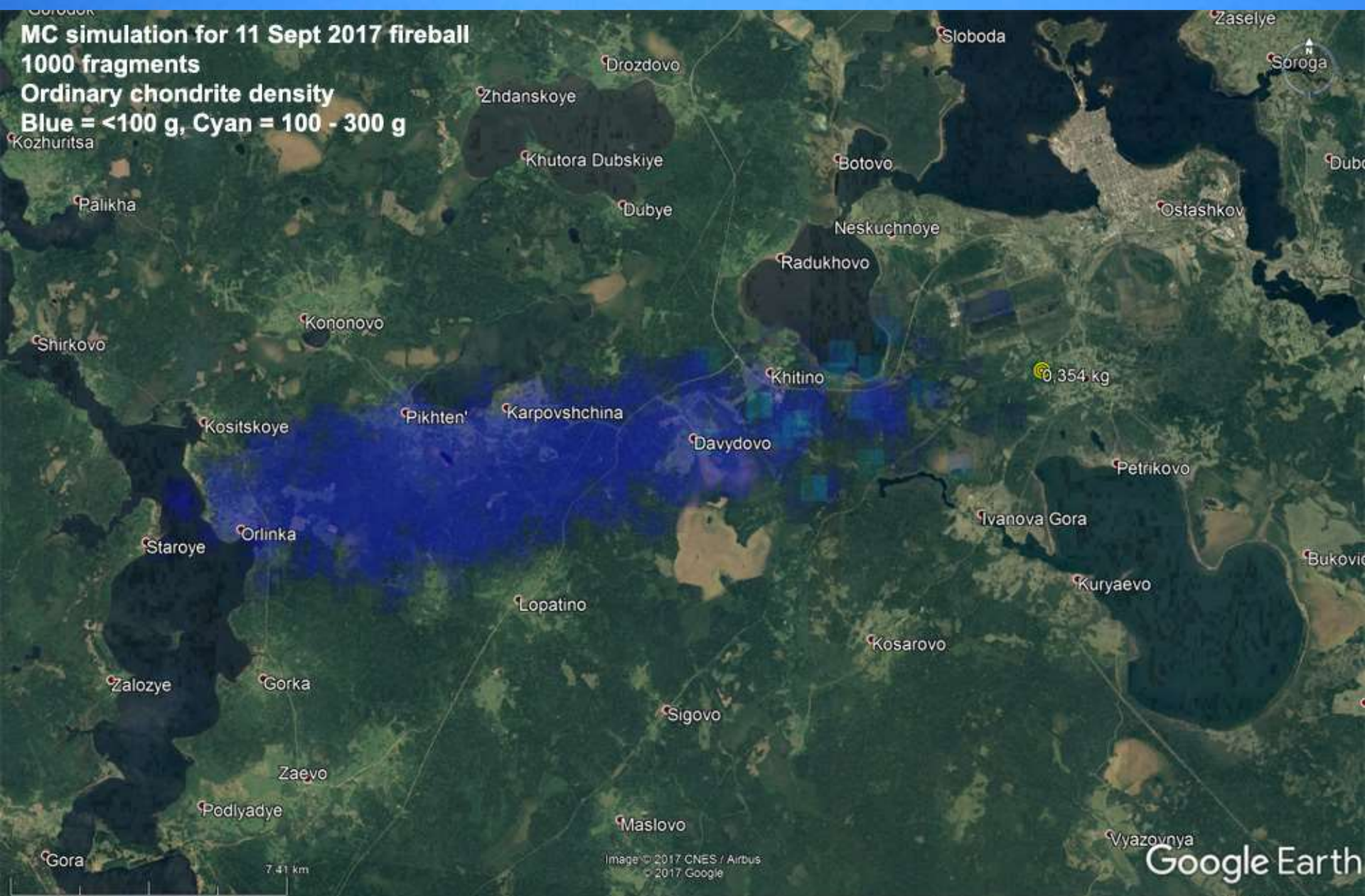


Illustration by Mikko Suominen / “Tähdet ja Avaruus”

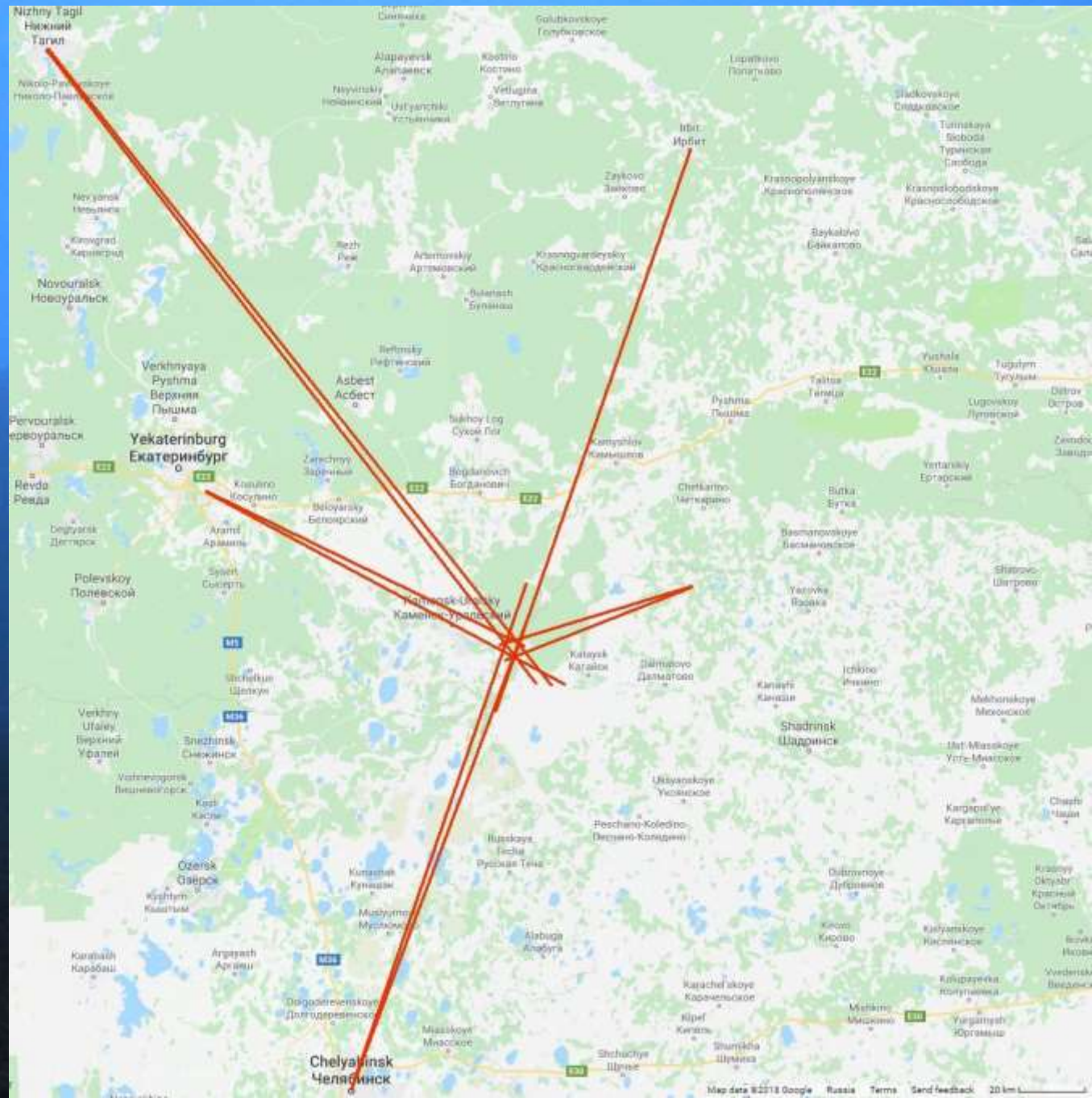
# 02.11.2016 Байкальский болид (Baikal fireball)



# 11.09.2017 Celnuzep (Seliger fireball)



06.03.2018  
Катайск  
(Kataisk  
fireball)



# 21.06.2018 Озерки (Ozerki)





**THE METEORITICAL SOCIETY**

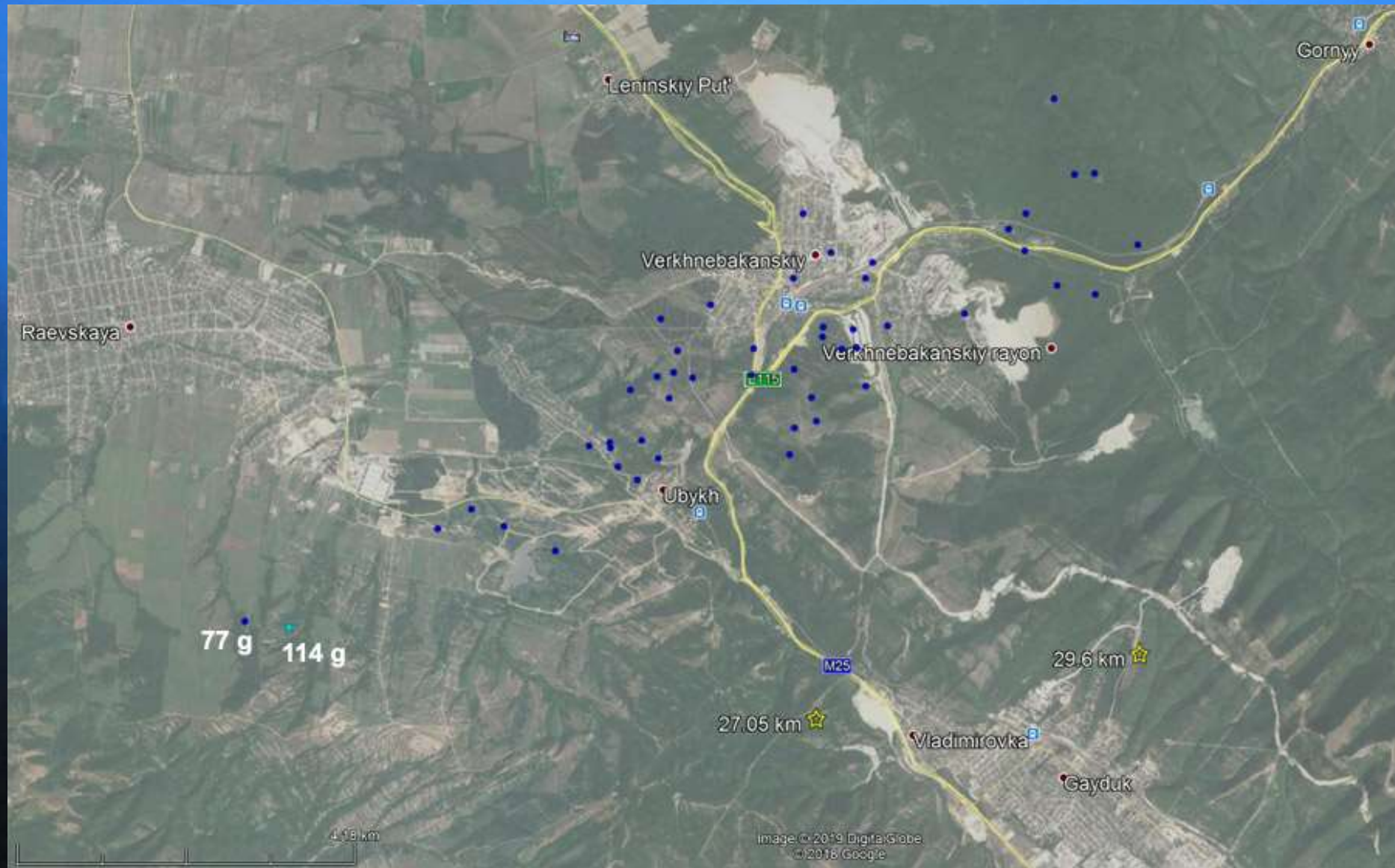
International Society for Meteoritics and Planetary Science



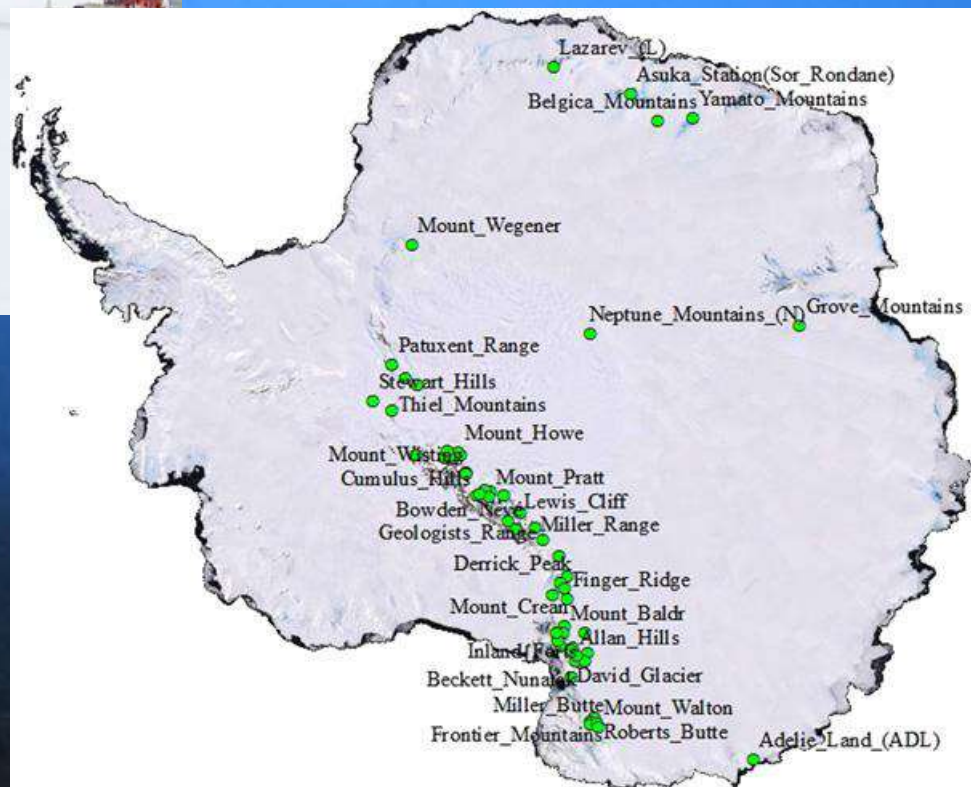
## ***От события до регистрации метеорита Озерки***

|                                            |                                |
|--------------------------------------------|--------------------------------|
| <b><i>Падение метеорита</i></b>            | <b><i>21.06.2018 04:47</i></b> |
| <b><i>Расчёт траектории падения</i></b>    | <b><i>21-24.06.2018</i></b>    |
| <b><i>Находка первого фрагмента</i></b>    | <b><i>24.06.2018</i></b>       |
| <b><i>Лабораторные исследования</i></b>    | <b><i>28.06-05.07.2018</i></b> |
| <b><i>Регистрация метеорита Озёрки</i></b> | <b><i>20.07.2018</i></b>       |

30.01.2019 Новороссийск



- 2003г. Иркутская обл, Татомское нагорье  
(Витимский болид, 11 участников)
- 2003г. Южный Урал, оз.Чебакуль  
(м-т Кунашак, 3 участника, вещество не найдено)
- 2003г. Рязанская обл, Касимовский район  
(м-т Дронино, 4 участника, найдено 30 кг)
- 2007г. Восточный Саян, хр.Танну-Ола  
(метеорит Чинге, 18 участников, найдено 20 кг)
- 2008 г. Курганская обл, Алметьевский район (м-т Озерное)
- 2010 г. Южный Урал , Башкирия, болид Учалы  
(4 участника, вещество не найдено)
- 2011г. Рязанская обл, Касимовский район  
(м-т Дронино, 6 участников, найдено 15 кг)
- 2012г. Магаданская обл.  
(метеорит Сеймчан, 9 участников, 168 кг)
- 2013г. Челябинская обл.  
( метеорит Челябинск, 42 человека, собрано 3 кг)
- 2014г. Кольский полуостров  
(метеорит Аннама), 3 экспедиции, 2 образца)
- 2015/2016 гг. Антарктида  
(6 участников, собрано 19,6 кг)
- 2017г. Пустыня LUT, Иран  
(4 участника, собрано 6,8 кг)
- 2017г. Пустыня Атакама, Чили  
(4 участника, собрано 19кг)
- 2018г. Липецкая область, метеорит Озерки  
( первая находка, регистрация)
- 2018 г. Монголия, пустыня Гоби  
(6 участников, собрано 1,8 кг)





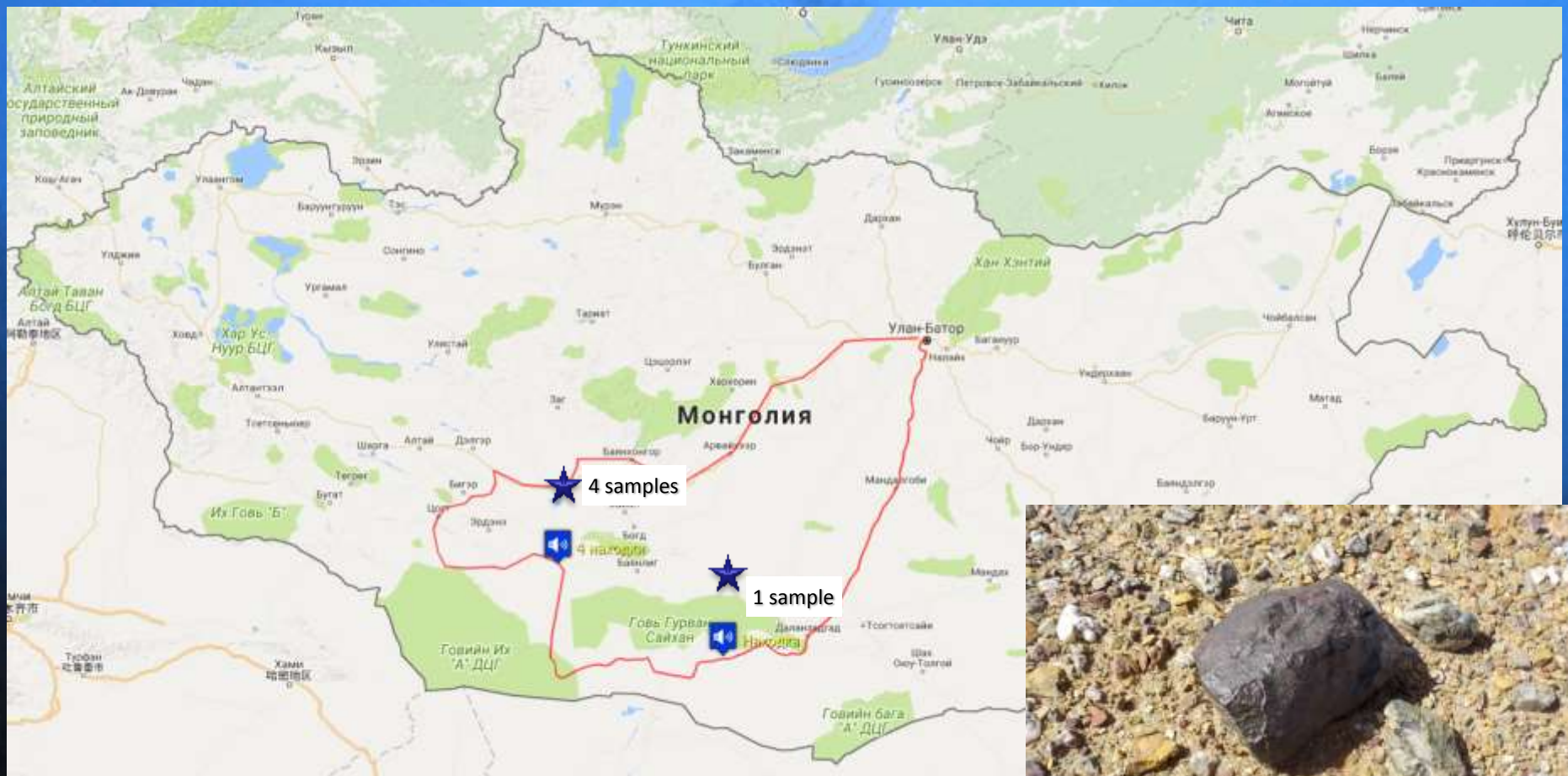
# МЕТЕОРИТНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ УрФУ В ПУСТЫНЮ АТАКАМА Чили



Участники  
Кругликов Н.А.  
Колунин Р.А..  
Ларионов М.Ю.  
Пастухович А.Ю.



# Метеоритная экспедиция УрФУ в пустыню Гоби (Монголия)



## Челябинский болид отличает:

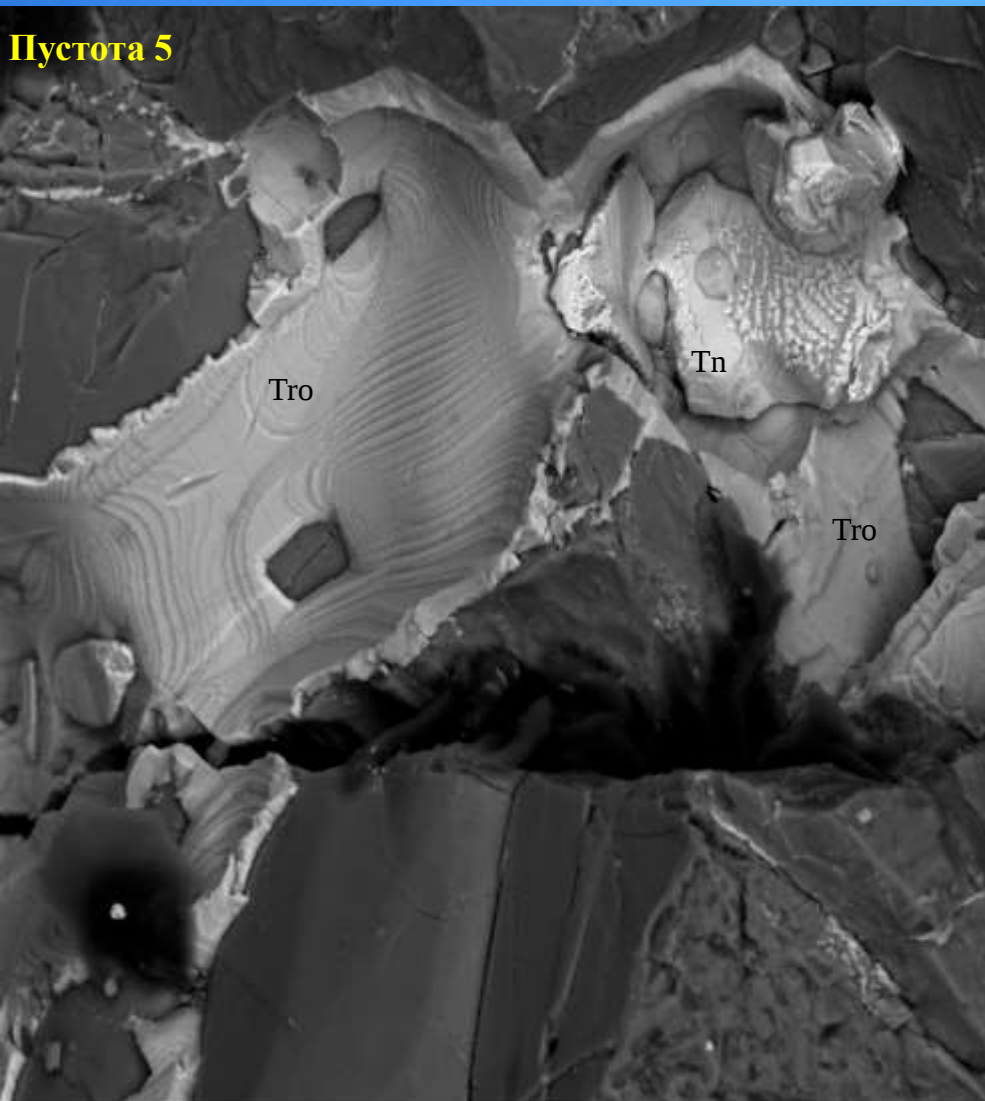
- впервые в России выпал каменный метеоритный дождь, вещество которого относится к LL типу хондритов;
- впервые падение фрагментов метеорита в снег и образование в снегу отверстий и своеобразных снежных столбиков позволило легко собирать образцы любых размеров;
- погодные условия в районе падения фрагментов способствовали недокументированному сбору вещества метеорита в течение десяти дней, значительная часть образцов появилась у населения и быстро распространилась по всему миру;
- значительный интерес СМИ к событию способствовал развитию туристической и информационной активности в регионе;
- активизировались рассуждения о недостаточном астрономическом образовании, проблемах кометно-астероидной опасности, поведении населения в чрезвычайных ситуациях и юридических вопросах метеоритики.



Присутствуют 2 разновидности материала - светлая и темная. Светлая составляющая представлена равновесным хондритом 5-го петрологического типа (LL5), подвергшегося умеренному ударному метаморфизму (S4) с многочисленными ударными прожилками. Темная составляющая относится к импактным расплавленным брекчиям и состоит из обломков LL5, погруженных в матрицу расплава и химически очень близка к светлой разновидности, хотя и отличается в деталях.

# Минералогия пустот

Пустота 5



View field: 160  $\mu\text{m}$

SEM MAG: 6.83 kx

SEM MAG: 6.83 kx

WD: 14.27 mm

Det: BSE, SE

Date(m/d/y): 06/04/13



View field: 44.2  $\mu\text{m}$

SEM MAG: 24.7 kx

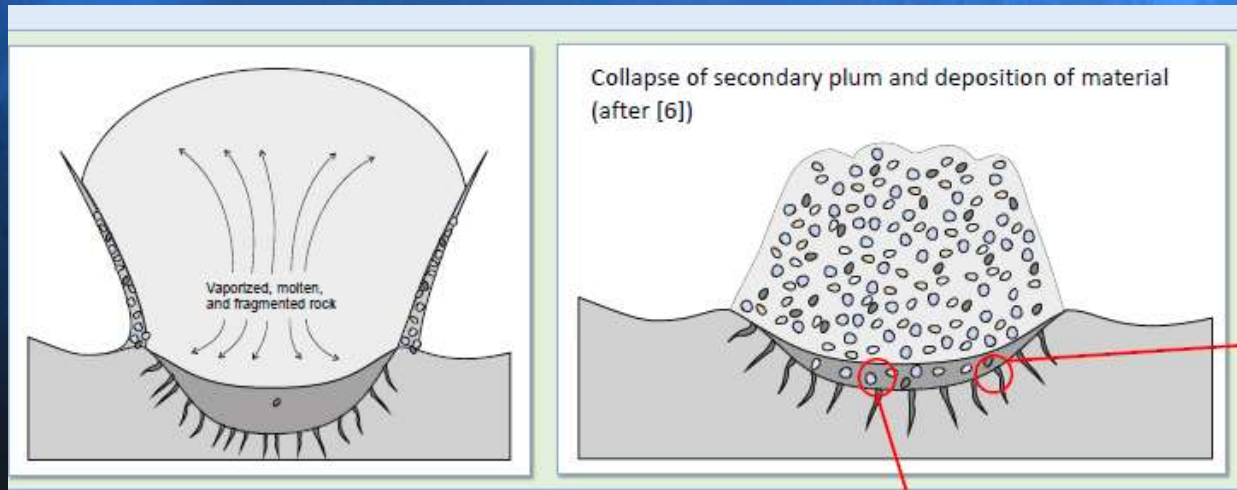
SEM MAG: 24.7 kx

WD: 15.00 mm

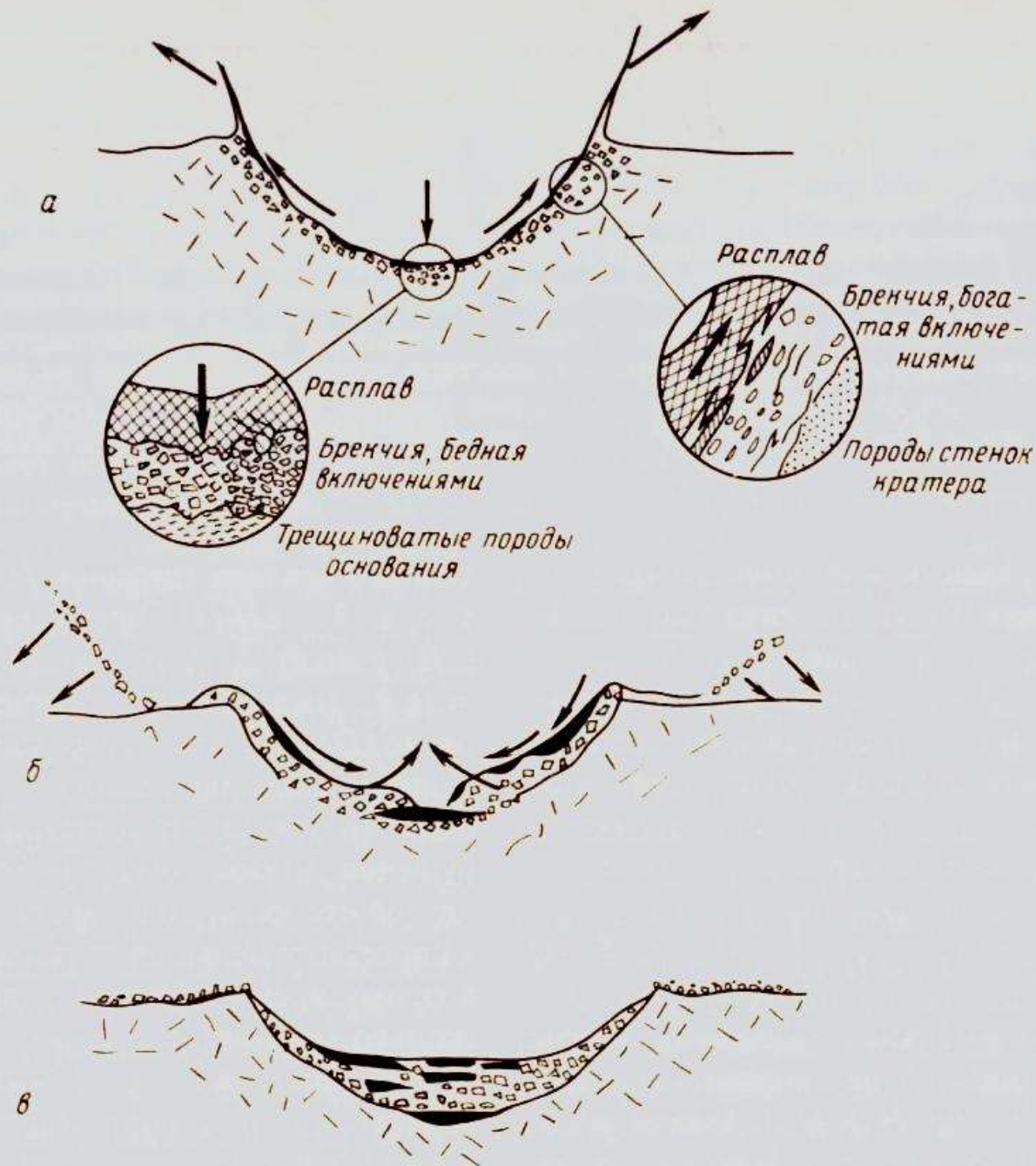
Det: BSE, SE

Date(m/d/y): 06/04/13

# FRACTURE STRUCTURE OF CHELYABINSK METEORITE BODY WITH DIFFERENT LITHOLIGY



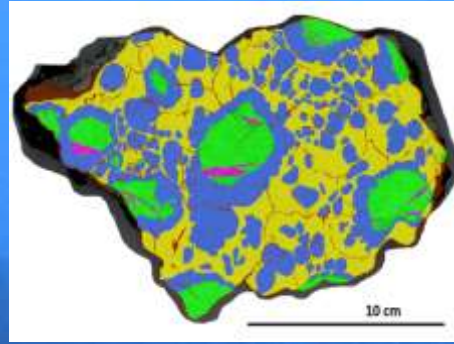
# Схема Формирования брекчий в ударном Кратере



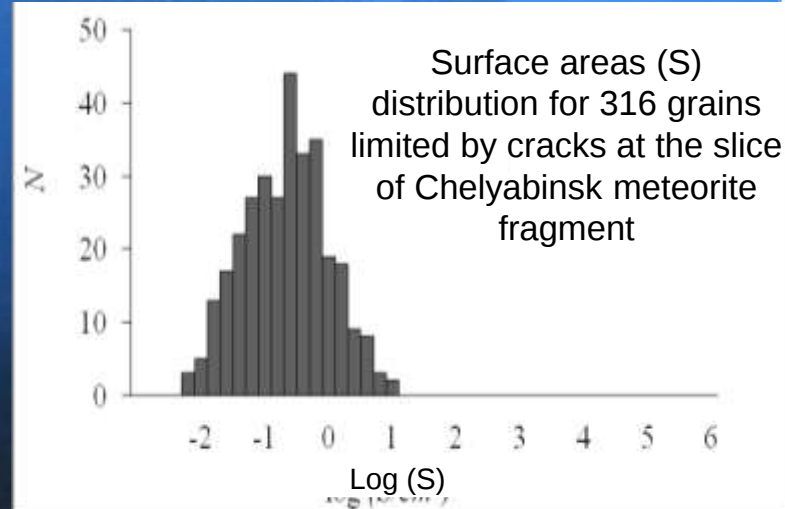
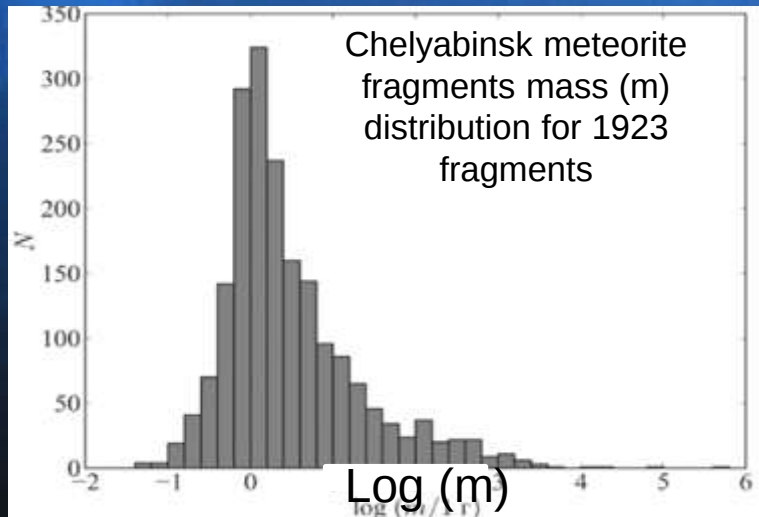
H.J. Melosh (1989)



# FRACTURE STRUCTURE OF CHELYABINSK METEORITE BODY WITH DIFFERENT LITHOLIGY



Crack analysis at the surface of the slice of Chelyabinsk meteorite fragment.



Mass distribution of Chelyabinsk fragments Badyukov et al. (2014) and distribution of surface areas of the grains limited by cracks at the slice modeling one fragment fracture.

# РАЗРУШЕНИЕ МЕТЕОРОИДОВ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

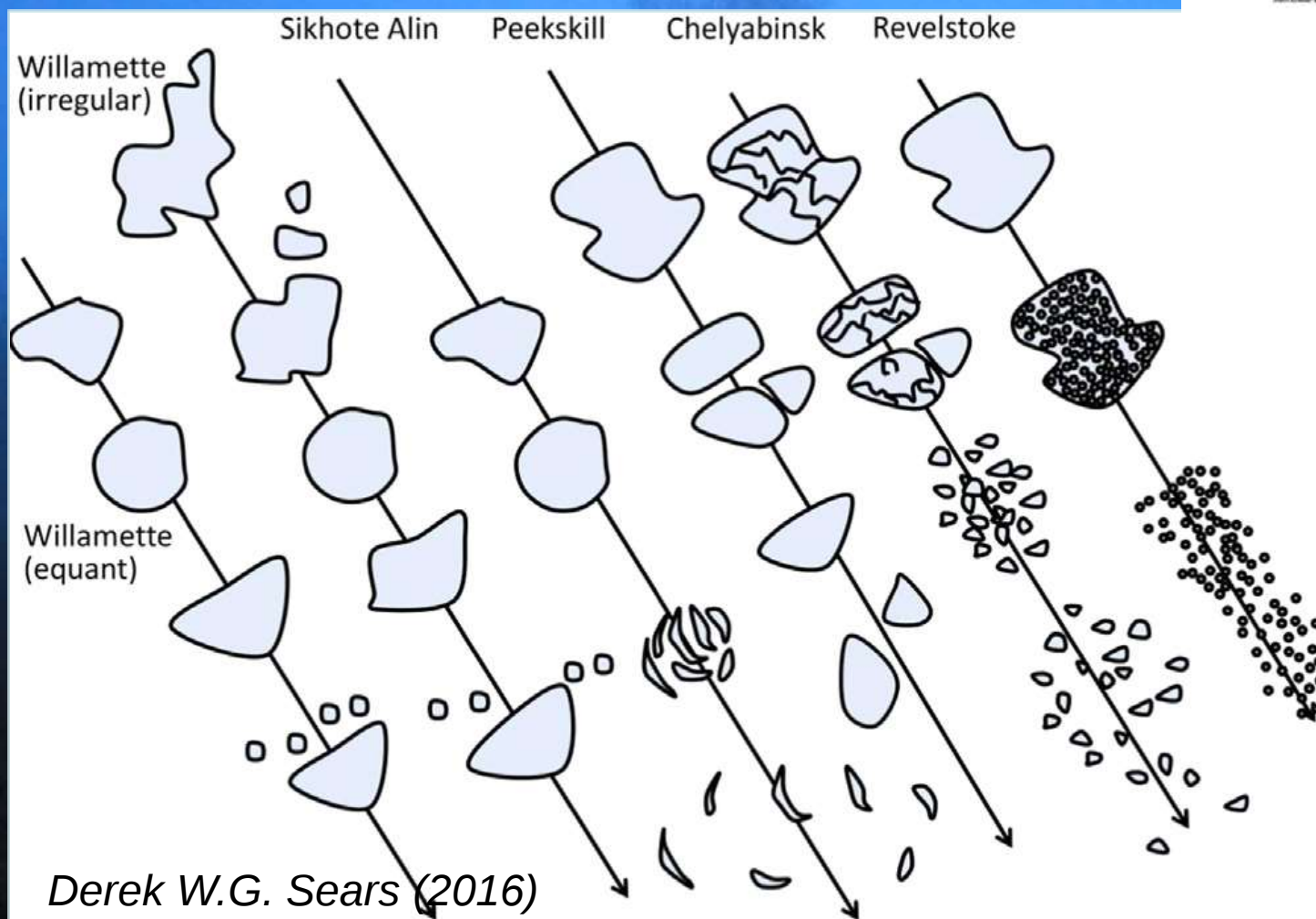
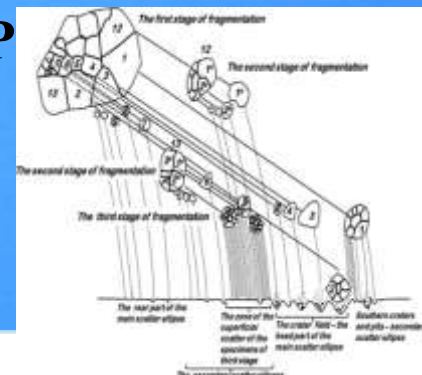
IIAB

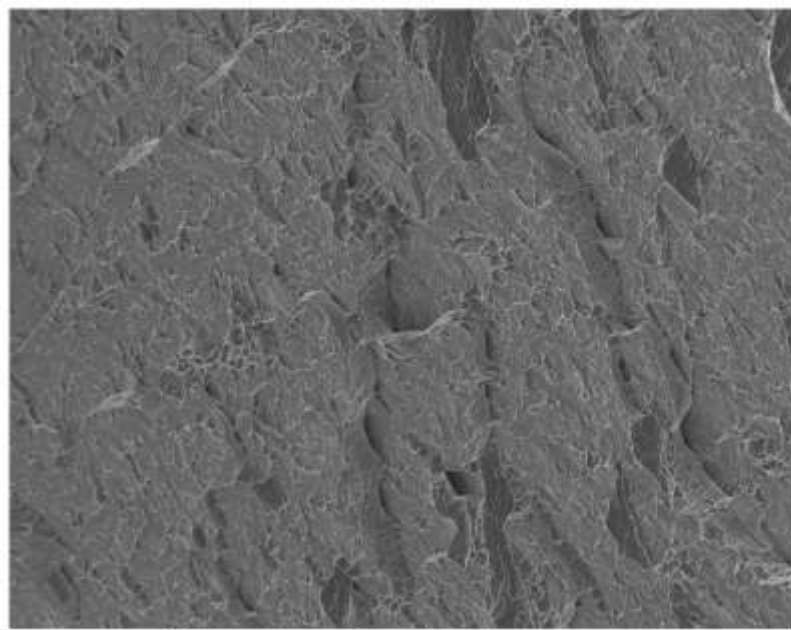
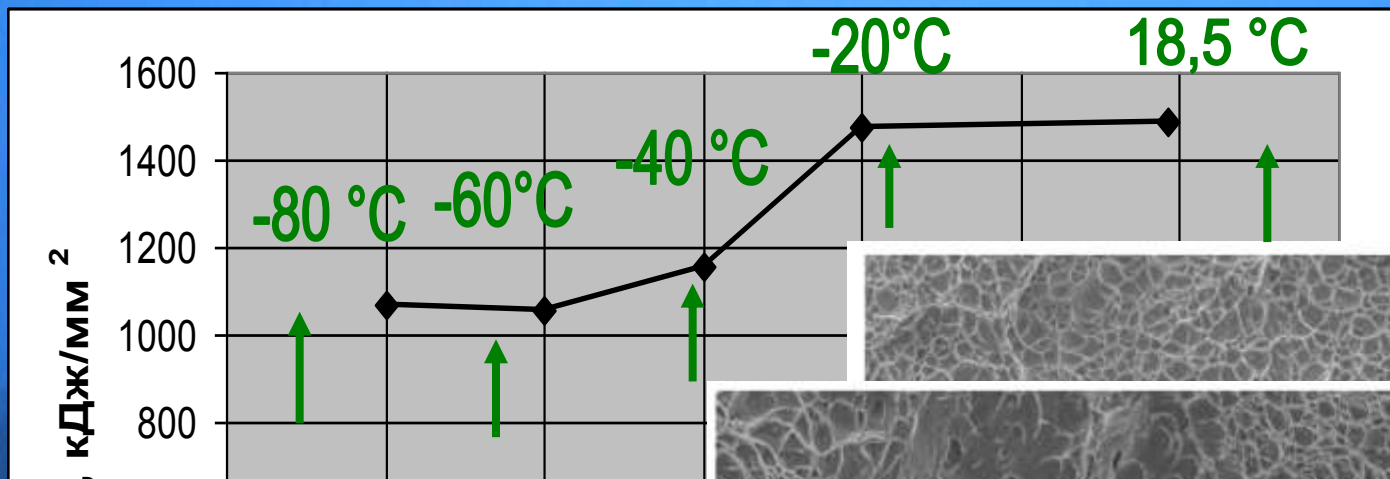
IIAB

H6

LL5

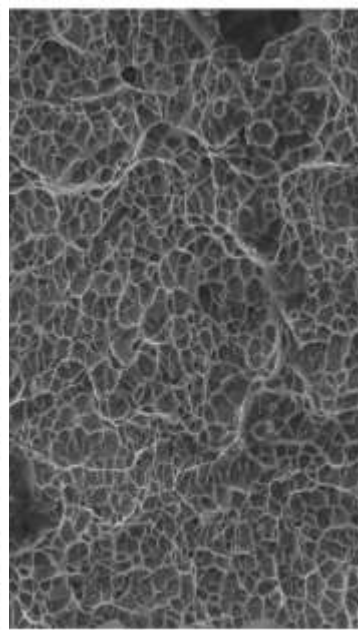
CI1



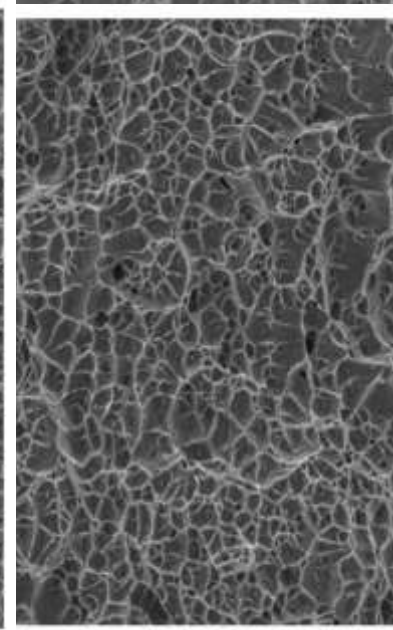


200μm

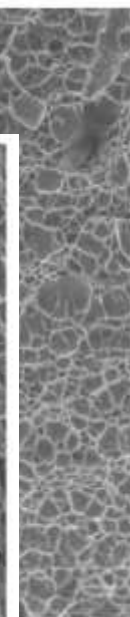
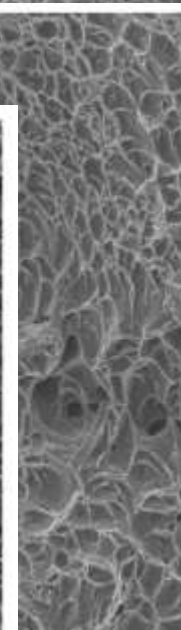
Electron Image 1



Electron Image 1

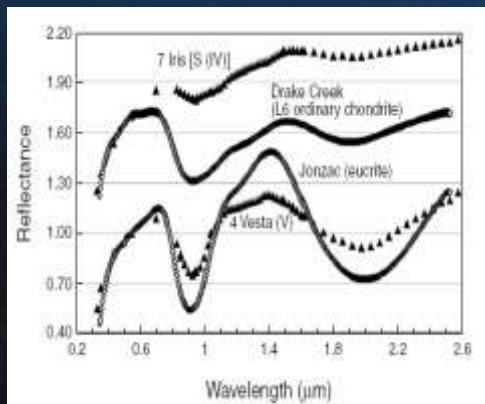
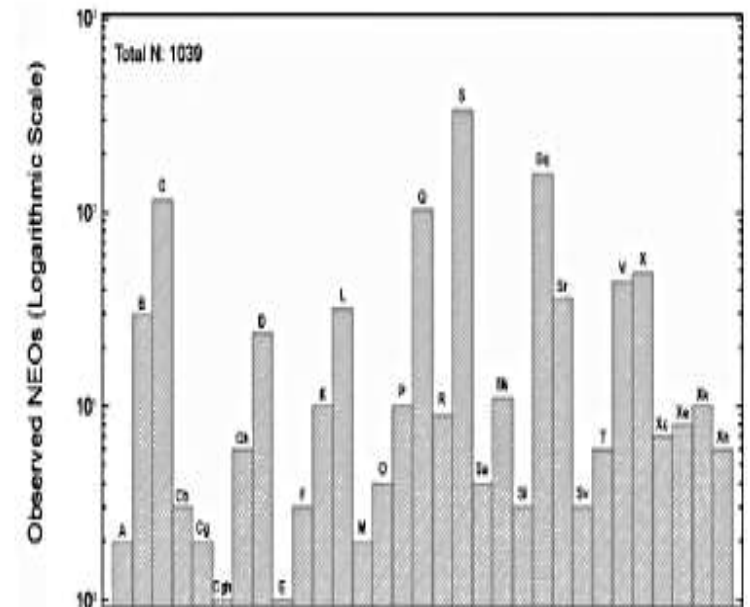
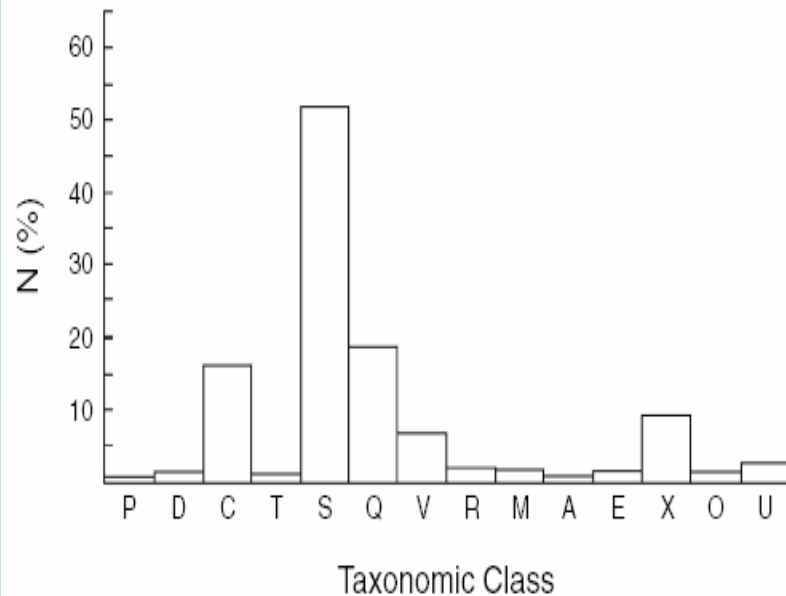


Electron Image 1

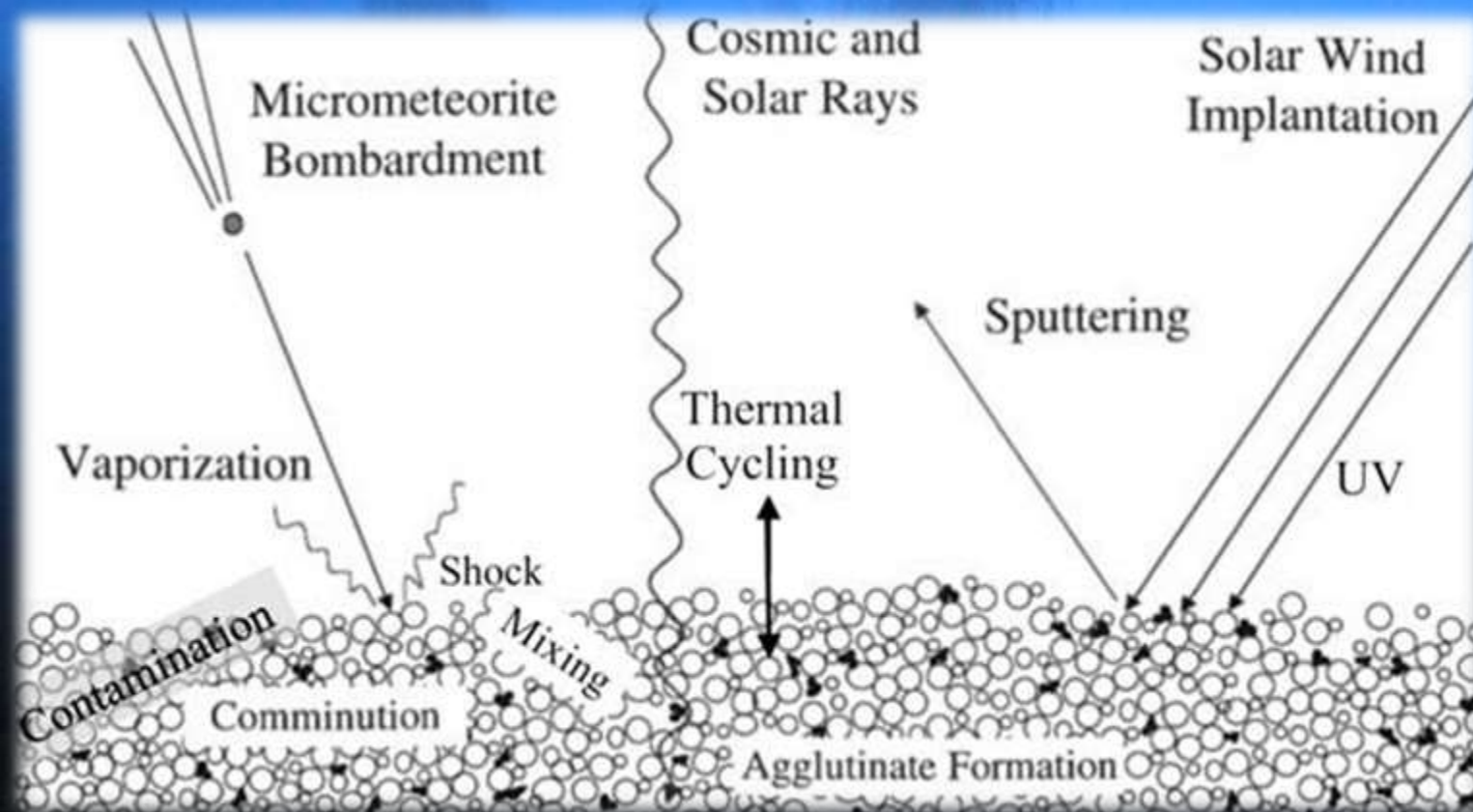
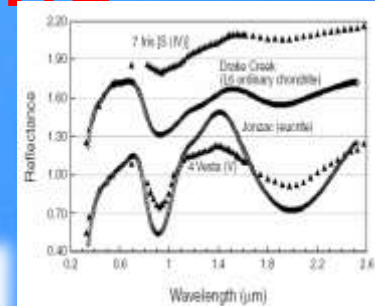


# Таксоны NEOs

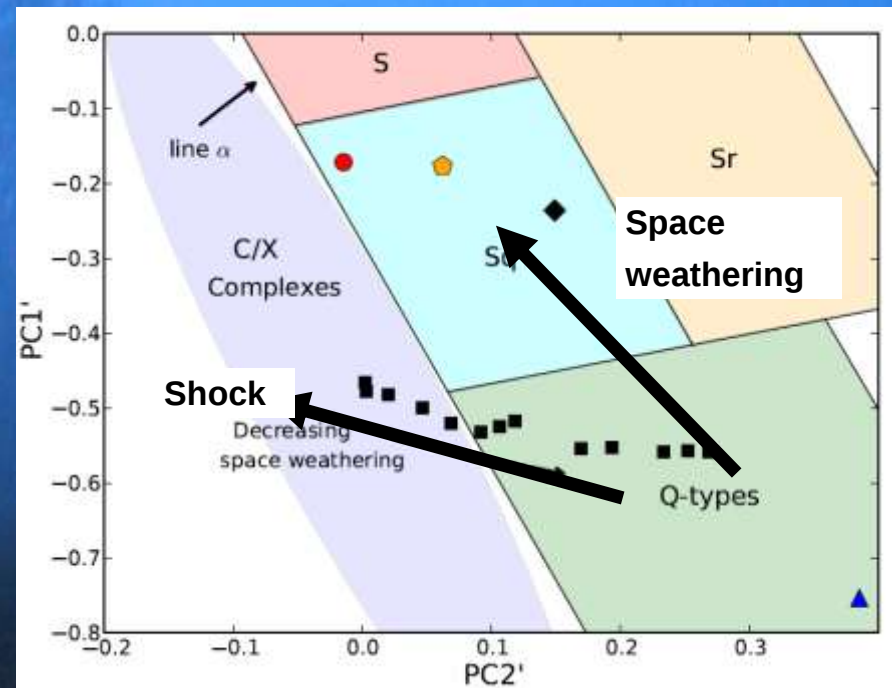
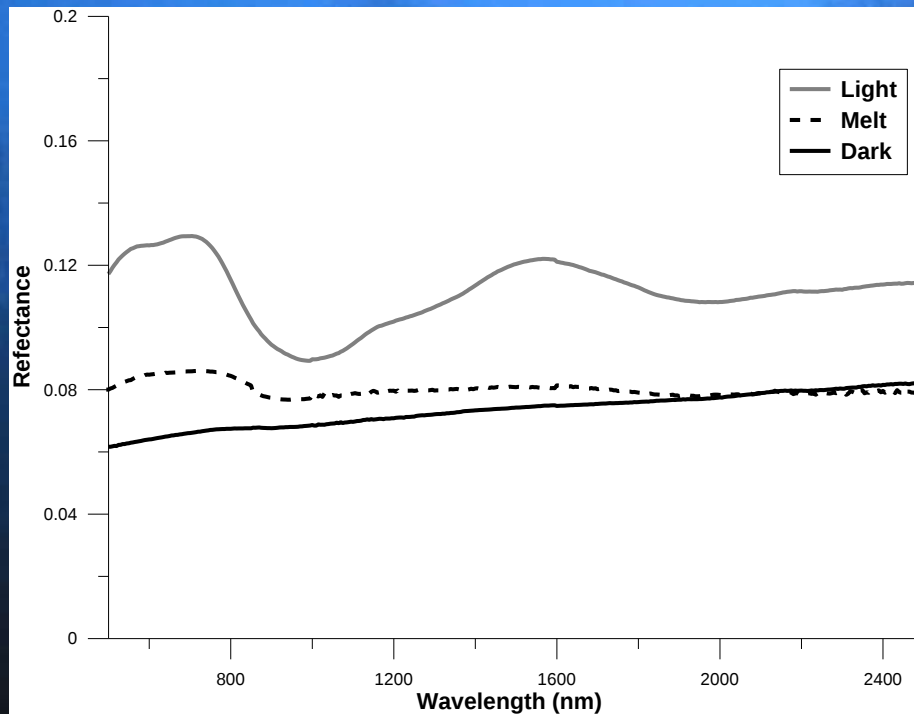
P. Binzel



# Космическое выветривание (Space weathering)



# Челябинск LL5, различные ЛИТОЛОГИИ



# Вопросы от трех частных горнодобывающих компаний участникам ASIME 2016 по освоению астероидов

*Вопросы от трех частных горнодобывающих компаний участникам ASIME 2016 по освоению астероидов*

## 1. Grain properties :

Size distribution; Mean particle size; Broadness of size distribution;  
Coefficient of curvature (a geotechnical parameter); Coefficient of uniformity (a geotechnical parameter);  
Internal erodibility (a geotechnical parameter); Particle Shapes distribution (Morphology);  
Specific surface area; Intra-grain porosity

## 2. Electrostatic properties (depends critically on the environment and is hard to replicate)

## 3. Magnetic Properties

## 4. Geomechanical Properties: Fatigue; Tensile Strength; Compressive Strength; Shear

Grain Hardness (hardness indexes); Surface friction; Abrasivity (tool development)  
Flexural Strength-bending resistance; Fracture properties, friability; Impact resistance; Rheology  
Angle of Repose; Internal Friction; Cohesion; Adhesion (depends on tool material, too)  
Compressibility of regolith; Compactibility of regolith (index test, like Proctor Compaction)

## 5. Physical

Thermal properties (derived properties from mineralogy, texture, and volatile content);  
heat capacity; conductance; thermal cracking behavior; emissivity; Bulk density of rocks;  
Particle density; Porosity of rocks; Surface area of rocks; Permeability of rocks  
Permeability of regolith as a function of porosity/compaction; Bulk density of regolith as a function of porosity/compaction

## 6. Geochemical properties:

Mineralogy; Organic content; C-to-H ratio (aliphatic vs aromatic); Toxicity; Sulphur and Nitrogen content of the organic matter;  
Bulk chemistry (derived property of the composition); Chemical reactivity; From surface damage; As volatile /soluble minerals;  
Absorptive capacity for volatiles; Isotopic ratios; Modal Composition; Siderophile elements in Iron simulants

## 7. Texture:

Homogeneity and isotropy of texture; Chondrules

## 8. Volatiles:

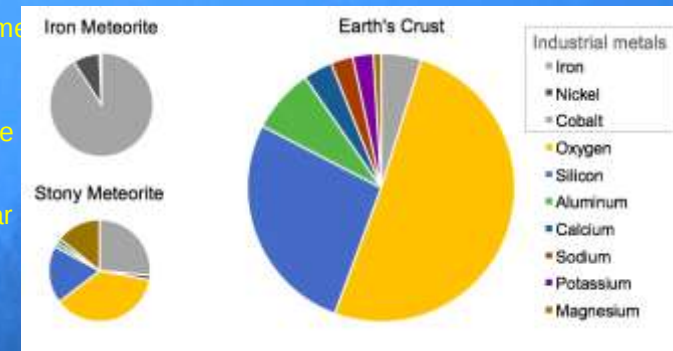
Volatiles content; Water; Organics; Sulphur compounds; Release pattern; thermal and/or vacuum release  
chemisorbed, physisorbed patterns; Implanted solar wind particles (users may dope simulant if desired)

## 9. Optical properties:

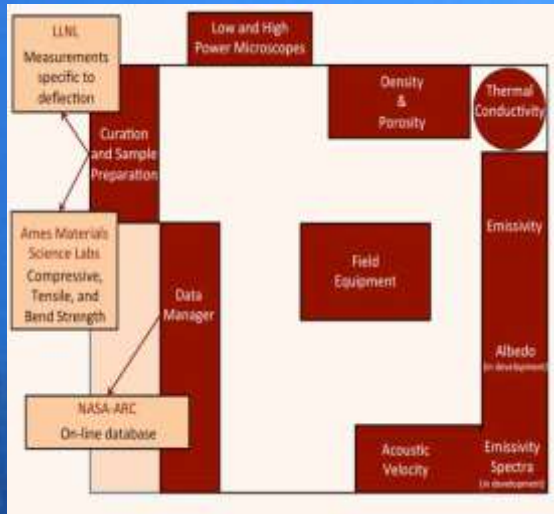
Albedo; Reflectance spectrum; Absorption; Thermal emissivity;

## 10. Aerodynamic properties:

Gas erodibility (rocket exhaust); Particles' coefficient of drag



# The Meteorite Laboratory is part of the NASA Ames Asteroid Threat Assessment Project (ATAP).



# Physical and Mechanical Properties of Stony Meteorites

E. N. Slyuta

V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119334 Russia

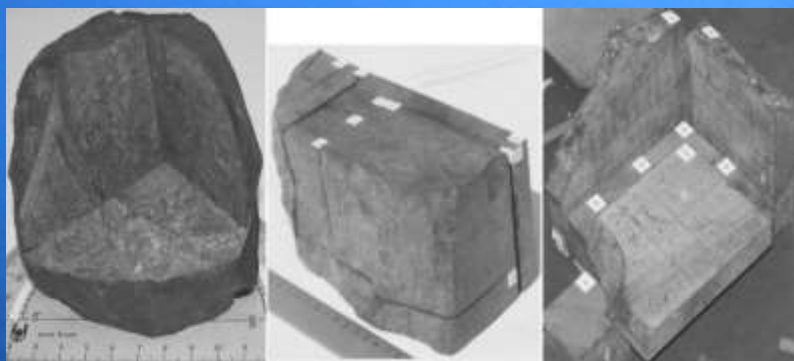


Table 6. Average density, specific density, and porosity of the meteorites\* (Britt et al., 2002)

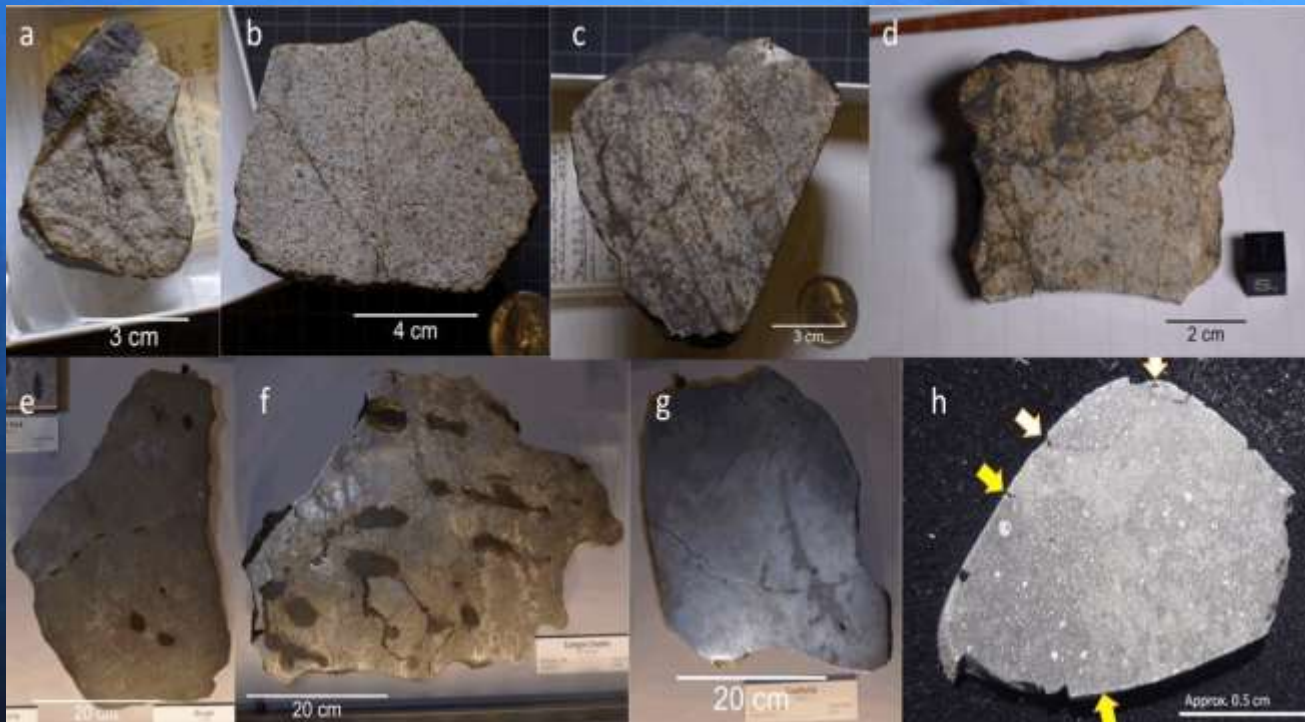
| Meteorite type            | Specific density, g/cm <sup>3</sup> | Density, g/cm <sup>3</sup> | Average porosity, % |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------|
| H ordinary chondrite      | 3.84                                | 3.40                       | 11.5                |
| L ordinary chondrite      | 3.75                                | 3.34                       | 10.8                |
| LL ordinary chondrite     | 3.56                                | 3.19                       | 10.4                |
| Achondrite                | 3.20                                | 2.97                       | 7.0                 |
| CI carbonaceous chondrite | 2.27                                | 2.12                       | 11.0                |
| CM carbonaceous chondrite | 2.71                                | 2.21                       | 12.0                |
| CR carbonaceous chondrite | 3.11                                | 2.92                       | 6.0                 |
| CV carbonaceous chondrite | 3.51                                | 3.10                       | 11.0                |
| CO carbonaceous chondrite | 3.69                                | 3.11                       | 16.0                |

\* Properties of some samples of different meteorites can be drastically different from average values.

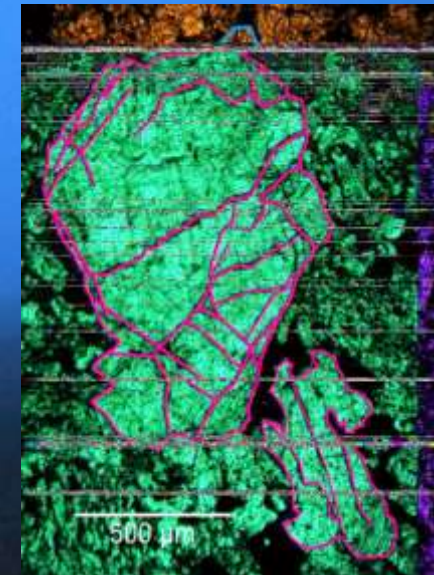
Table 4. Three-dimensional distribution of physical and mechanical properties in ordinary chondrites

| Name                                                     | Anisotropy ellipsoid axes |       |       | Average<br>for sample |
|----------------------------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-----------------------|
|                                                          | $a_c$                     | $b_c$ | $c_c$ |                       |
| SAUH 001 Meteorite ( $a_c c_c = 1.6$ )                   |                           |       |       |                       |
| Compression strength, MPa                                | 143                       | 94    | 91    | 105                   |
| Number of measurements                                   | 6                         | 7     | 10    | 23                    |
| Variation coefficient, %                                 | 20                        | 29    | 23    | 31                    |
| Tensile strength, MPa                                    | 18                        | 17    | 18    | 18                    |
| Number of measurements                                   | 13                        | 13    | 14    | 40                    |
| Variation coefficient, %                                 | 28                        | 26    | 27    | 27                    |
| Tsarev Meteorite, sample no. 15390.9 ( $a_c c_c = 1.6$ ) |                           |       |       |                       |
| Compression strength, MPa                                | 262                       | 168   | 160   | 203                   |
| Number of measurements                                   | 25                        | 27    | 13    | 65                    |
| Variation coefficient, %                                 | 19                        | 37    | 29    | 35                    |
| Tensile strength, MPa                                    | 28                        | 34    | 27    | 29                    |
| Number of measurements                                   | 23                        | 20    | 33    | 76                    |
| Variation coefficient, %                                 | 32                        | 35    | 31    | 34                    |
| Tsarev Meteorite, sample no. 15384.1 ( $a_c c_c = 1.3$ ) |                           |       |       |                       |
| Compression strength, MPa                                | 223                       | 182   | 174   | 194                   |
| Number of measurements                                   | 22                        | 17    | 20    | 59                    |
| Variation coefficient, %                                 | 29                        | 25    | 29    | 30                    |
| Tensile strength, MPa                                    | 31                        | 34    | 29    | 31                    |
| Number of measurements                                   | 12                        | 24    | 25    | 61                    |
| Variation coefficient, %                                 | 33                        | 30    | 42    | 35                    |

K. L. Bryson and D. R. Ostrowski (2016)



*Fracture Patterns: a. Pervomaisky, b. Chandpur, c. Futtehpur d. Pacula, e. Arispe, f. Canyon Diablo, g. Coahuila, h. Sutter's Mill*



Bluff



## Scale-dependent measurements of meteorite strength: Implications for asteroid fragmentation

Desirée Cutto-Figueroa<sup>a,b,c</sup>, Erik Asphaug<sup>a</sup>, Laurence A.J. Garvie<sup>a,d</sup>, Ashwin Rai<sup>d</sup>, Joel Johnston<sup>d</sup>, Luke Borkowski<sup>d</sup>, Siddhant Datta<sup>e</sup>, Aditi Chattopadhyay<sup>d</sup>, Melissa A. Morris<sup>a,e</sup>

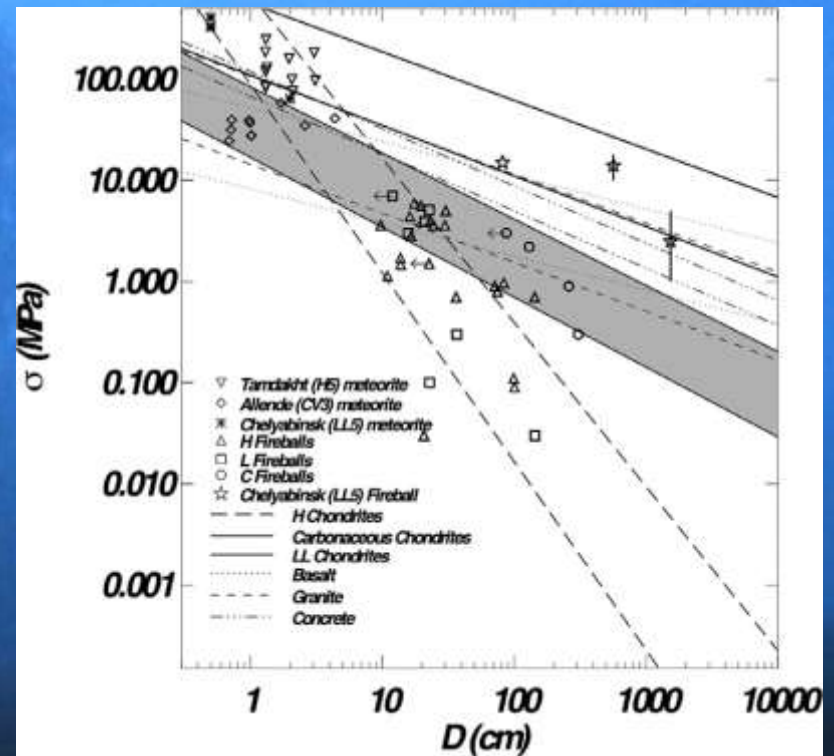
<sup>a</sup>School of Earth and Space Exploration, Arizona State University, PO Box 872804, Tempe, AZ 85287-0804, USA

<sup>b</sup>Department of Physics and Geosciences, University of Texas at El Paso, El Paso, TX 79968, USA

<sup>c</sup>Center for Meteorite Studies, Arizona State University, PO Box 872804, Tempe, AZ 85287-0804, USA

<sup>d</sup>School for Engineering of Matter, Transport and Energy, Arizona State University, PO Box 872804, Tempe, AZ 85287, USA

<sup>e</sup>Physics Department, State University of New York, PO Box 3800, Corvallis, NY 12041, USA



# NEW MINERAL Uakitite VN

NEW MINERAL PROPOSALS APPROVED IN MAY 2018

IMA No. 2018-003

Uakitite VN

Iron meteorite Uakit (IIAB, 3.96 kg) found in 2016 in the Baunt Evenk district, Republic of Buryatia, Russia (55°29'47.50"N, 113°33'47.98"E)

Victor V. Sharygin\*, German S. Ripp, Grigory A. Yakovlev, Yurii V. Seryotkin, Nikolai S. Karmanov, Ivan A. Izbrodin, Victor I. Grokhovsky and Elena A. Khromova

\*E-mail: sharygin@igm.nsc.ru

Known synthetic analogue Cubic: Fm3m  $a = 4.1328(3) \text{ \AA}$

2.386(71), 2.066(100), 1.461(61), 1.246(29), 1.193(19), 0.948(10), 0.924(21), 0.844(14)

Type material is deposited in the meteorite collections of the Central Siberian Geological Museum of V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, registration number 52 - meteorite Uakit, and the Museum of the Buryatian Scientific Centre, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia, registration number Uakit-MBSC435/G84

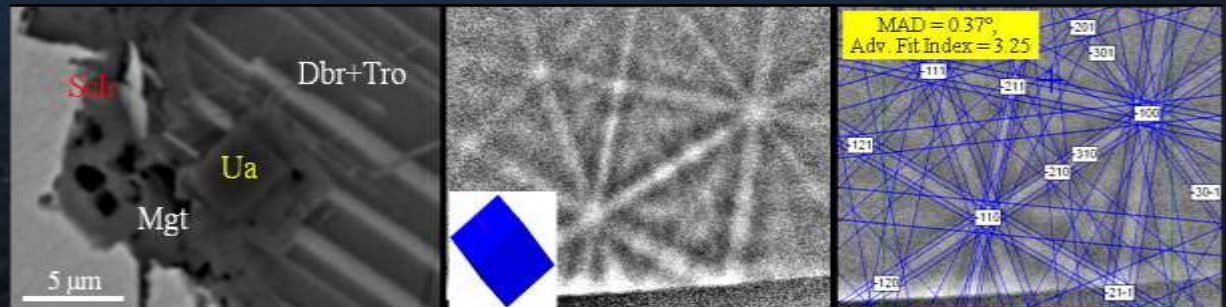
How to cite: Sharygin, V.V., Ripp, G.S., Yakovlev, G.A., Seryotkin, Y.V., Karmanov, N.S., Izbrodin, I.A., Grokhovsky, V.I. and Khromova, E.A.

(2018) Uakitite, IMA 2018-003. CNMNC

Newsletter No 43, June 2018, page 781;

Mineralogical Magazine, 82, 779–785.

781 NEWSLETTER 43 CNMNC



В УрФУ открыта магистратура (впервые в России)  
«Приборы и методы в космической минералогии»

