

## ОБЪЕКТЫ КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГЕОПАРКА «ТОРАТАУ»

© 2020 г. А. Г. Султанова, В. М. Горожанин, С. В. Мичурин

**Реферат.** В статье приводится краткий обзор материалов по объектам космического происхождения на территории геопарка «Торатау» республики Башкортостан: железному метеориту «Стерлитамак», упавшем в 1990 г. вблизи одноименного города, и бенкуббиниту «Ишеево», редчайшему на Земле метеориту, обнаруженному в 2003 г. в Ишимбайском районе. Их изучение может дать новую информацию о происхождении Солнечной системы. Кроме того, приводится имеющаяся информация, в т. ч. авторские данные по «градовым» камням проблематичного генезиса, обнаруживаемым с 1824 г. по настоящее время в районе д. Верхнеарметово.

*Ключевые слова:* железный метеорит «Стерлитамак», бенкуббинит «Ишеево», «градовые» камни, геопарк «Торатау»

## SPACE OBJECTS ON THE TERRITORY OF THE “TORATAU” GEOPARK

© 2020 A. G. Sultanova, V. M. Gorozhanin, S. V. Michurin

**Abstract.** The article provides a brief overview of materials on objects of space origin in the territory of the “Toratau” Geopark of the Republic of Bashkortostan: the iron meteorite “Sterlitamak”, which fell in 1990, near the eponymous town, and bencubbinite “Isheevo”, a very rare meteorite discovered in 2003 in Ishimbay region. Their study may provide new information about the origin of the Solar system. In addition, the available information and author’s data on “hail” stones of problematic genesis, found from 1824 to the present time in the area of Verkhnearmetovo village, are given.

*Key words:* “Sterlitamak” iron meteorite, “Isheevo” bencubbinite, “hail” stones, “Toratau” geopark

Сегодня самыми доступными для изучения космическими телами являются метеориты. Метеоритом принято считать любое твердое тело космического происхождения, упавшее на Землю. В основном это осколки других небесных тел или продукты конденсации вещества из газопылевого облака. Все множество метеоритов разбито на 4 класса и далее — на подклассы. Выделяют хондриты, ахондриты, железные и железокремнистые метеориты [Общая..., 2005]. Метеориты выпадают равномерно по всей поверхности Земли, однако наибольшее количество метеоритов найдено в местах их естественного накопления, таких как ледяной покров Антарктиды, и в каменистых пустынях по всему миру.

Метеориты делятся на две большие группы — «падения» и «находки». Метеориты, найденные на территории геопарка «Торатау», относятся к обеим этим группам. Метеорит «Стерлитамак» упал на глазах очевидцев, образовав кратер глубиной 4,5–5 м. Метеорит «Ишеево» был обнаружен случайно во время сельскохозяйственных работ на поле, поэтому ни место, ни время его падения точно не известны.

К образцам возможного космического, но проблематичного генезиса также относят «градовые камни», известные в научной литературе с 1824 г. Они были обнаружены после сильной грозы в районе д.д. Верхнеарметово и Левашовка в Стерлитамакском уезде. Посчитав их упавшими с неба,

**Для цитирования:** Султанова А. Г., Горожанин В. М., Мичурин С. В. Объекты космического происхождения на территории геопарка «Торатау» // Геологический вестник. 2020. № 1. С. 178–187. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-1-11>.

**For citation:** Sultanova A. G., Gorozhanin V. M., Michurin S. V. Space objects on the territory of the “Toratau” geopark // Geologicheskii vestnik. 2020. No. 1. P. 178–187. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-1-11>.

губернатор Уфимско-Оренбургского края Петр Кириллович Эссен отправил их для изучения в Петербургскую академию наук. Все места указанных падений и находок отмечены на карте (рис. 1)

### Метеорит «Стерлитамак»

Железный метеорит «Стерлитамак» упал на Землю 17 мая 1990 г. в 20 км к западу от города Стерлитамак на ровное пахотное поле в 1.5 км к северо-западу от села Октябрьское (рис. 2).

Болид двигался с юга на север под углом примерно 40° к горизонту, оставляя светлый зигзагообразный след. Через несколько секунд после исчезновения болида жители пос. Октябрьского услышали несколько взрывов, сопровождавшихся сотрясением почвы и дребезжанием стекол. Метеоритный кратер образовался на ровной поверхности, имеющей незначительный уклон к югу, и был окружен сплошными и радиально-лучевыми выбросами бурых

суглинков, хорошо заметными на черной почве. По форме кратер напоминал перевернутый конус глубиной 4.5–5 м, в центре которого зияло трубообразное углубление диаметром около 0.5 м. Максимальный диаметр кратера составлял 10 м (рис. 3).

В пределах кратерных выбросов были хорошо различимы три зоны — сплошных, лучевых и дальних (рис. 4) [Юсупов и др., 2002]. В зоне сплошных выбросов выделялся прикратерный вал шириной около 2 м и высотой до 0.7 м, за пределами которого выбросы распределялись радиально-волнообразно, а максимальная их мощность не превышала 0.3–0.4 м. Для зоны радиальных выбросов было характерно радиально-лучевое распределение обломков. Всего было отмечено 20–25 лучей, из которых южные были короче и массивнее, чем северные и северо-восточные. Дальние выбросы были закартированы по единичным обломкам суглинков и относительно крупным (10–15 см) комкам почвы, которые, как правило, находились в образовавшихся



Рис. 1. Карта с местонахождениями космических объектов на территории геопарка «Торатау»

Fig. 1. Map with the locations of space objects in the territory of the “Toratau” geopark



Рис. 2. Изображение места падения метеорита «Стерлитамак» со спутника (Google Earth)

Fig. 2. Satellite image of the “Sterlitamak” meteorite from the satellite (Google Earth)

при ударе лунках. Общий контур зоны дальних выбросов напоминал «бабочку» с несколько вытянутым восточным крылом.

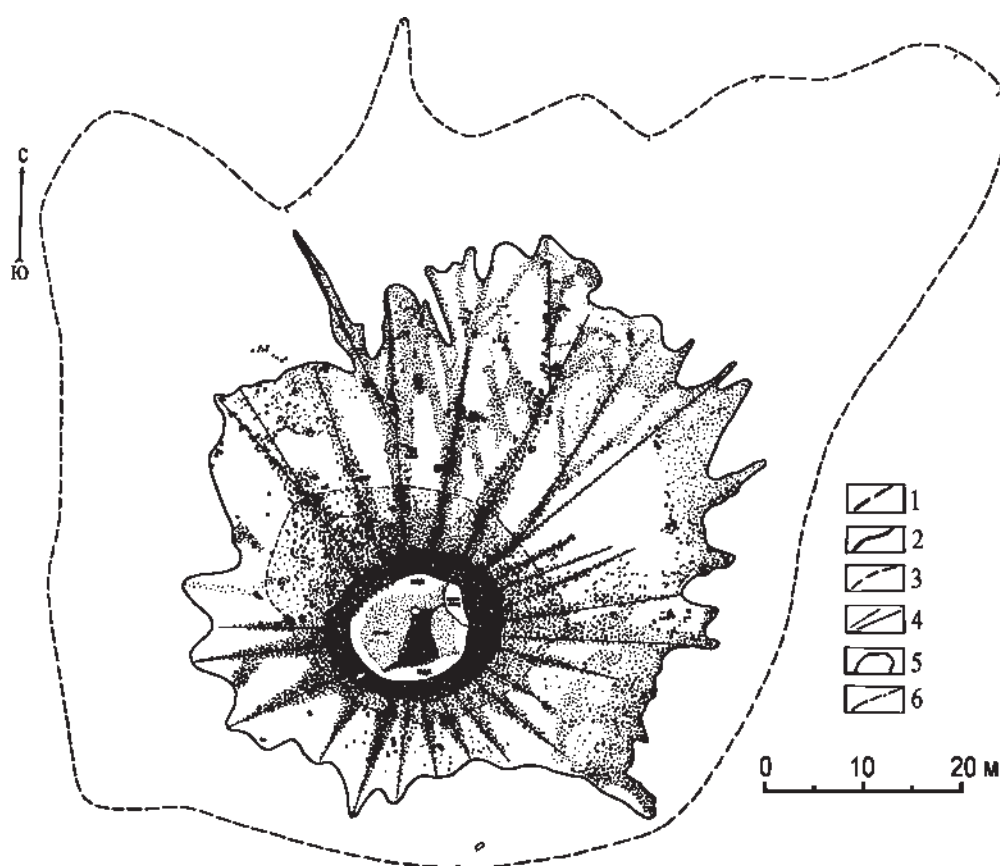
Полевые работы по документации кратера и извлечению метеорита проводились сотрудниками Комитета по метеоритам АН СССР М.И. Петаевым и Р.Л. Хотиник совместно с сотрудниками ИГ БНЦ АН СССР в составе: Э.З. Гареева, Д.Н. Салихова, Ю.Д. Кисарева, С.Ш. Юсупова, Ш.А. Мустафина,

Р.И. Шакурова, А.В. Павлова и И.М. Евдокимова. Работы продолжались с 1990 по 1991 год. Было извлечено пять наиболее крупных обломков метеорита, в том числе экземпляр массой 315 кг и размерами 50×47×27 см, названный авторами МС-5. Предварительно была проведена инструментальная съемка кратера и его окрестностей. Были обследованы площадь рассеяния вокруг кратера легкоплавких шлаков и комков обожженной глины, а также



Рис. 3. Кратер метеорита «Стерлитамак» (фигура человека для масштаба), 1990 г. [Юсупов и др., 2002]

Fig. 3. The crater of the meteorite “Sterlitamak” (human figure for scale), 1990 [Yusupov et al., 2002]



**Рис. 4. План кратера метеорита «Стерлитамак» и характер выброса грунта [Юсупов и др., 2002]**

Условные обозначения: 1 — зона дальних выбросов, 2 — зона лучевых выбросов, 3 — зона сплошных выбросов, 4 — прикратерный вал, 5 — бровка кратера, 6 — оси отдельных радиусов.

**Fig. 4. The plan of the “Sterlitamak” meteorite crater and the nature of the ejection of the soil [Yusupov et al., 2002]**

Legend: 1 — the zone of long-range emissions, 2 — the zone of radial emissions, 3 — the zone of continuous emissions, 4 — the crater shaft, 5 — the edge of the crater, 6 — the axis of individual radii.

аллогенный материал с прикратерного вала в самом кратере. Были проведены поиски железоокисных магнитных сферул на почве с помощью магнита Сочнева в узкой полосе сближения (с юга) метеорита с поверхностью Земли (через 100 м, с шагом в 20 м) [Юсупов, 1998], сбор мелких осколков с помощью миноискателя, ручное бурение в кратере, геофизические и другие изыскания. Обломок метеорита МС-5 был найден двумя юношами села Октябрьского на значительном расстоянии от борта карьера — в отвале глины. По ряду причин (из них наиболее важная — отсутствие финансирования) поисковые работы на объекте после извлечения МС-5 остались незавершенными. Общая масса извлеченных обломков метеорита «Стерлитамак» составила около 326 кг, что согласно разным оценкам составляет примерно третью часть упавшего боида. То есть весьма значительное количество

его обломков еще остается в земле. Обобщение результатов исследований, определение общих характеристик обломков, выяснение химического и минералогического состава метеорита изложены в книге С.Ш. Юсупова с соавторами [2002].

Сейчас возникший кратер заполнен грунтовыми водами и представляет собой небольшое озеро, вокруг которого уже выросли деревья и, по словам местных жителей, в нем водится рыба. Кратер является своеобразной достопримечательностью, к нему проложена дорога и установлена информационная табличка (рис. 5).

В настоящее время образец МС-5 хранится в Музее археологии и этнографии Центра этнологических исследований УФИЦ РАН. Площадь поверхности МС-5 сильно скульптурирована — ноздревата, имеет многочисленные каверны округлой, овальной и ромбовидной формы (рис. 6). На всей поверхности



Рис. 5. Кратер метеорита «Стерлитамак» в настоящее время и информационная табличка  
 Fig. 5. The crater of the “Sterlitamak” meteorite nowadays and information plate

четко выделяются ребра — крутые либо слегка сглаженные выступы высотой 5–10 мм, которыми образована сложная сеть регмаглиптовых ячеек. Кора плавления имеет разную толщину на разных участках и, главным образом, подчиняется

рельефу регмаглиптовых ячеек. Визуально на свежих разрывных поверхностях некоторых обломков они создают четкую кристаллическую октаэдритовую структуру (рис. 7) со средним размером ячеек 2×2 см. Под микроскопом, на протравленных



Рис. 6. Крупный извлеченный обломок MS-5 метеорита «Стерлитамак». Фото У.Ш. Байзитова  
 Fig. 6. A large extracted fragment of the MS-5 meteorite “Sterlitamak”. Photo by U.Sh. Bayazitov

ниталом поверхностях аншлифов, октаэдритовая видманштеттенова структура четко выделяется тремя системами параллельных камаситовых балок, пересекающихся под углами в  $60^\circ$  [Юсупов и др., 2002].

Как уже отмечалось, метеорит «Стерлитамак» относится к классу железных метеоритов. Содержание Fe составляет в среднем 90.69%, Ni — 7.38%. Минералогический состав метеорита на 98–99% представлен камаситом  $\alpha$ -(Fe,Ni), тэнитом  $\gamma$ -(Fe,Ni,Co)<sub>3</sub>P, добреелитом FeCr<sub>2</sub>S<sub>4</sub> и троилитом FeS [Юсупов и др., 2002].

На месте находки МС-5 и в кусочках обожженной глины на его поверхности были обнаружены магнитные шарики диаметром 0.05–0.3 мм (рис. 8), представляющие собой генетически тесно связанные с корой плавления микросферулы, образовавшиеся в процессе окислительного обжига и подплавления металла метеорита при торможении его в плотных слоях атмосферы Земли [Юсупов, 1998].

### Метеорит «Ишеево»

В 2003 г. близ с. Ишеево местным жителем обнаружен каменный метеорит весом 16.7 кг, который уникален тем, что относится к бенкуббинитам — редчайшему типу метеоритов хондритового типа (рис. 9). В настоящее время самый крупный осколок метеорита «Ишеево» находится в частной коллекции. Бенкуббинит «Ишеево» — один из шести найденных на Земле метеоритов этого класса.

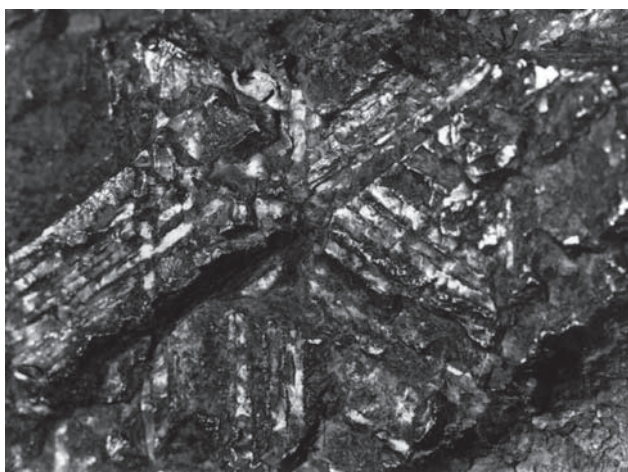


Рис. 7. Крупнокристаллическая (октаэдритовая) структура, выступающая на свежем изломе осколка метеорита МС-4. Увеличение  $10\times$  [Юсупов и др., 2002]

Fig. 7. Coarse-grained (octahedral) structure, appearing on a fresh fracture of a fragment of the MS-4 meteorite.  $10\times$  magnification [Yusupov et al., 2002]

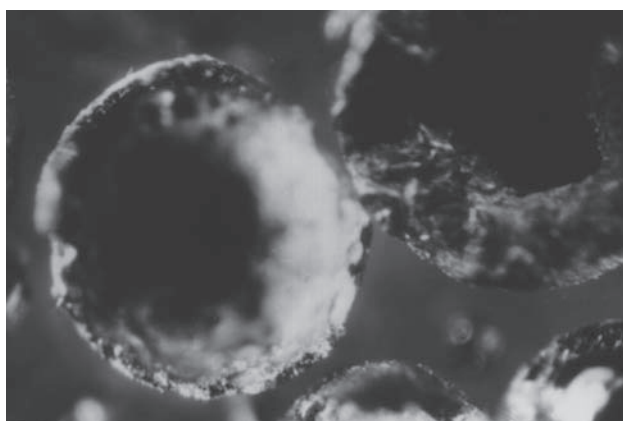


Рис. 8. Полые микросферулы расплавленных окислов железа, задержавшихся в обожженной глине на поверхности осколка МС-5. Диаметр сферул от 0.05 мм до 0.3 мм [Юсупов и др., 2002]

Fig. 8. Hollow microspherules of molten iron oxides trapped in burnt clay on the surface of the MS-5 fragment. The diameter of the spherules is from 0.05 mm to 0.3 mm [Yusupov et al., 2002]

Если большинство метеоритов прибыло на Землю из пояса астероидов между Марсом и Юпитером, то бенкуббиниты, предположительно, — из пояса Койпера, области за орбитой Нептуна.

По химическому составу бенкуббиниты очень близки углистым хондритам серий CR и CH. Хондриты — это древнейшая известная материя. Они образовались одновременно с нашей звездой — Солнцем, выкристаллизовавшись в первичной досолнечной туманности в форме сфероподобных образований, так называемых хондр. Хондры сконденсировались вместе с другой досолнечной материей в более мелкие или более крупные куски



Рис. 9. Срез метеорита «Ишеево»  
Fig. 9. Slice of the “Isheevo” meteorite

породы и в последующие 4.5 млрд лет почти не претерпели изменений. Тщательное исследование метеорита «Ишеево», как надеются ученые, даст новую информацию о происхождении нашей Солнечной системы.

Хондриты разделяют на три больших класса в зависимости от степени окисления содержащегося в них железа: энстатитовые (Е), обыкновенные (О), углистые (С).

Метеорит «Ишеево» относится к классу углистых хондритов. С-хондриты содержат много железа, которое почти все находится в соединениях силикатов. Благодаря магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), графиту, саже и некоторым органическим соединениям углистые хондриты приобретают темную окраску. Они также содержат значительное количество гидросиликатов (серпентин, хлорит, монтмориллонит и другие). С-хондриты по своему химическому составу больше напоминают Солнце, чем все остальные хондриты. Несмотря на общие признаки, углистые хондриты существенно отличаются в зависимости от места происхождения в первичной (небулярной) досолнечной туманности.

Для хондритов разработана петрологическая классификация — по степени перекристаллизации минералов (в результате термального метаморфизма внутри родительского тела астероида), количеству водосодержащих слоистых силикатов, ударных преобразований и степени земного выветривания хондриты делятся на 7 петрологических типов, 6 ударных стадий и 6 стадий выветривания [Иванова, Лоренц, 2008]. Метеорит «Ишеево» имеет петрологический тип III, ударную стадию S1 и степень выветривания W1 [Ivanova et al., 2005].

По соотношению хондр и матрицы, содержанию филлосиликатов и никелистого железа, химическому и изотопному составу выделяют 8 типов углистых хондритов (CI, CM, CO, CV, CK, CR, CH, CB) [Иванова, Лоренц, 2008]. «С» обозначает углистые хондриты. Вторая буква обозначает более детальный тип по месту первой находки (за исключением H).

Метеорит «Ишеево» имеет хорошо развитую темно-коричневую кору плавления и состоит из металлических Fe-Ni зерен, хондр различных типов и их фрагментов, кальциево-алюминиевых включений и кусочков гидратированной матрицы [Ivanova et al., 2005]. Хондры и металлические зерна имеют размер 0.02–1 мм. Содержание металла Fe-Ni в различных частях среза колеблется от 30 до 70 об.% (среднее 52 об.%). Металлические зерна Fe-Ni в основном однородны, но некоторые

из них зонированы. Типичные металлические зерна содержат 4.2–8.4 мас.% Ni, 0.2–0.5 мас.% Co и 0.03–0.6 мас.% Cr, но бывают и редкие Fe-Ni зерна, содержащие 26 мас.% Ni и 0.6 мас.% Co. Ni и Co положительно коррелируют, Cr — отрицательно. Соотношение Co/Ni в метеорите «Ишеево» солнечное. В зонированных металлических зернах содержание Ni уменьшается, а Cr плавно увеличивается к краям. Включения троилита обогащены Cr (2.5–13 мас.%). Кальциево-алюминиевые включения, зональные зерна металла Fe-Ni и богатые Mg хондры имеют характерные черты досолнечной туманности. Согласно химическому составу минералов, наличию богатых гросситами кальциево-алюминиевых включений, порфирировых пироксен-оливиновых хондр и зональных хондр, по размерам зерен хондры и металла «Ишеево» ближе к CH-хондритам и поддерживает генетическое единство хондритов CR-CH-CB.

Внеземное вещество отличается от земного структурой. Поскольку на Земле практически невозможно подвергнуть вещество тем воздействиям, которое оно испытывает во время своего космического путешествия, особенности его структуры представляют огромный интерес. По данным А.А. Максимовой и Р.Н. Колунина [2012], в бенкуббините «Ишеево» выявлена полнокристаллическая структура металла с широкими межзерновыми границами с различной морфологией и составом металлических зерен. Особенностью бенкуббинитов является то, что они содержат зональные металлические зерна с включениями сульфидов, типичное распределение Ni и Cr в которых имеет ретроградный характер. В бенкуббините «Ишеево», кроме характерного профиля атомов Ni и Cr, обнаружены небольшие (2–7 мкм) выделения троилита (FeS), увеличивающиеся в размерах при приближении к краю зерна [Максимова, Колунин, 2012]. Зональность наблюдается в крупных (до 1 мм) металлических зернах, при этом окружающие их частицы могут быть гомогенными.

Особенности структуры и зональности объясняют как результат протекания диффузионной реакции, аналогичной внутреннему окислению, активным реагентом в которой выступают атомы S [Uymina, Grokhovsky, 2006]. Предполагается, что в зернах малого размера, окружающих зональные частицы, реакция прошла полностью и градиенты Ni и Cr выровнялись, тогда как в крупных частицах она не завершилась, и наблюдается нетипичная структура металлических зерен [Максимова, Колунин, 2012].

### «Градовые» камни

Еще одним интересным объектом, возможно, космического происхождения, являются «градовые» камни, найденные вблизи д. Верхнеарметово. Летом 1824 г. после сильного ливня и града местные жители стали находить необычные камни. Словно они выпали то ли внутри градин, то ли вместе с градом. Интересно, что «градовые» камни до сих пор находят в той местности.

Камни отличались необычной формой, за счет граней напоминали искусственные (рис. 10). Утолщенные в середине и сужающиеся по краям, они пересекались радиальными полосами правильной формы. Поскольку в то время все были очень набожными, то увидели на камнях крест. Так пошло поверье, что камни посланы свыше для устрашения неверующих.

Их исследовали многие. Одни ученые считали, что эти камни внеземного происхождения, другие считали, что их захватил смерч, поднял в небо и камни выпали в районе д. Верхнеарметово вместе с градом. Уральский геолог Анатолий Алексеевич Малахов считал, что «градовые» камни не упали с неба, а возникли за счет

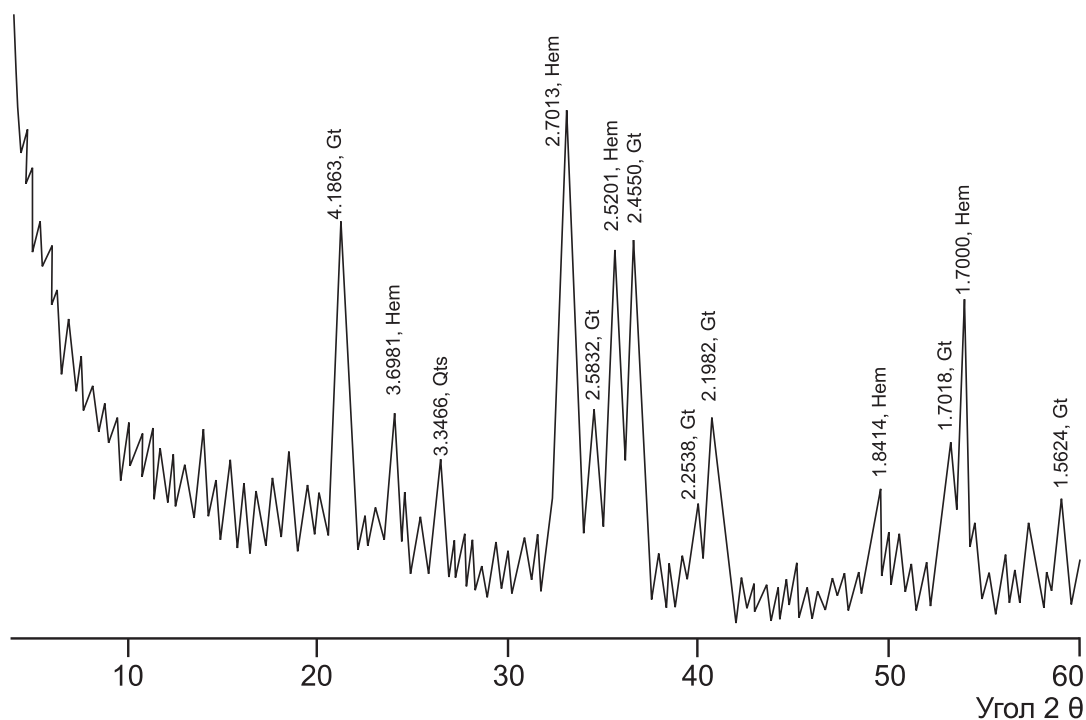
материнской породы — пермских плитчатых песчаников, на которых здесь развилась почва. Он пришел к выводу, что «градовые» камни — это древние окаменелости, относящиеся к вымершей группе рецептакулитов. Со временем они заместились минералом гетитом. Эти пластинки некогда составляли единое целое и были живым организмом. В основании они имеют форму многогранников и это позволяет предположить, что ранее они соединялись друг с другом. В результате сильного дождя их вымыло на поверхность, а местные жители решили, что камни выпали вместе с градом.

По результатам проведенного нами рентгенофазового анализа (рис. 11) установлено, что «градовые» камни сложены двумя основными минералами: преимущественно гетитом и гематитом, в меньшем количестве кварцем. Ранее одним из авторов настоящего сообщения «градовые» камни были отданы палеонтологам, сделавшим заключение, что они не являются окаменелостями организмов группы рецептакулитов и, таким образом, опровергшим палеонтологическую гипотезу. Поэтому вполне вероятно, что «градовые» камни имеют космическое происхождение.



Рис. 10. Общий вид «градовых» камней  
Fig. 10. General view of “hail” stones





**Рис. 11. Рентгеновская дифрактограмма «градовых» камней**

Примечание: Gt — гетит, Hem — гематит, Qts — кварц.

**Fig. 11. X-ray diffraction pattern of «hail» stones**

Note: Gt — goethite, Hem — hematite, Qts — quartz.

#### Список литературы:

Иванова М.А., Лоренц К.А. Каменные метеориты // Большая российская энциклопедия. Т. 12. – М.: Большая российская энциклопедия, 2008. – 610 с.

Максимова А.А., Колунин Р.Н. О роли процесса внутреннего сульфидирования в формировании структуры металла в бенкуббинитах // Материаловедение и металлофизика легких сплавов: 13-я Международная научно-техническая Уральская школа-семинар молодых ученых – металлургов; 2-я Международная научная школа для молодежи, Екатеринбург, 12–16 ноября 2012 г. – Екатеринбург, 2012. – С. 31–33.

Общая минералогия: курс лекций / Л.В. Штефан. – Минск: Изд-во БелГУ, 2005. – 150 с.

Юсупов С.Ш. Микросферулы космического, земного и техногенного происхождения. Новое направление минералогических и термобарогеохимических исследований // Ежегодник–1997 / ИГ УНЦ РАН – Уфа, 1998. – С. 190–202.

Юсупов С.Ш., Салихов Д.Н., Гареев Э.З., Бурдаков А.В., Перминов Г.А. Метеорит «Стерлитамак». – Уфа: Информреклама, 2002. – 105 с.

Ivanova M.A., Nazarov M.A., Kononkova N.N., Brandstaetter F. Isheyevo: A New CB Chondrite // Meteoritics & Planetary Science. – Vol. 40. – Supplement, Proceedings of 68th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held September 12–16, 2005 in Gatlinburg, Tennessee. – P. 5073.

Uymina K.A., Grokhovsky V.I. The structure and origin of metal in Isheyevo CB/CH meteorite // Meteoritics & Planetary Science. – 2006. – Vol. 41, No. 8: Supplement, Proceedings of 69th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held August 6–11, 2006 in Zurich, Switzerland. – P. A178.

#### References:

Ivanova M.A., Lorenz K.A. Kamennye meteority [Stone meteorites] // Great Russian Encyclopedia. Vol. 12. Moscow, 2008. 610 p. (In Russian).

Ivanova M.A., Nazarov M.A., Kononkova N.N., Brandstaetter F. Isheyevo: A New CB Chondrite // Meteoritics & Planetary Science, Vol. 40, Supplement, Proceedings of 68th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held September 12–16, 2005 in Gatlinburg, Tennessee. P. 5073.

Maksimova A.A., Kolunin R.N. O roli protsessa vnutrennego sul'fidirovaniya v formirovani structure metalla v benku binitakh [On the role of the internal sulphidation process in the formation of the metal structure in bencubbinites] // Materialovedeniye i metallofizika legkikh splyvov: 13-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya Ural'skaya shkola-seminar molodykh uchenykh – metallovedov; 2-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya shkola dlya molodezhi, Yekaterinburg, 12–16 noyabrya 2012 g. [Materials Science and Metallophysics of Light Alloys: 13th International Scientific and Technical Ural School-Seminar for Young Metal Science Scientists; 2nd International Scientific School for Youth, Yekaterinburg,

November 12–16, 2012]. Ekaterinburg, 2012. P. 31–33. (In Russian).

Obshchaya mineralogiya: kurs lektzii [General mineralogy: a course of lectures] / *L.V. Stefan*. Minsk: BSU, 2005. 150 p. (In Russian).

*Uymina K.A., Grokhovsky V.I.* The structure and origin of metal in Isheyevo CB/CH meteorite // *Meteoritics & Planetary Science*. – 2006. – Vol. 41, No. 8. – Supplement, Proceedings of 69th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held August 6–11, 2006 in Zurich, Switzerland. – P. A178.

*Yusupov S.Sh.* Mikrosferuly kosmicheskogo, zemnogo i texnogenogo proiskhozhdeniya. Novoe napravlenie mineralogicheskikh i termobarogeokhimicheskikh issledovaniy [Microspheres of cosmic, terrestrial and man-made origin. New direction of mineralogical and termobarogeochemical studies] // *Yearbook. Information materials*. Ufa: UC RAS, 1998. P. 190–202. (In Russian).

*Yusupov S.Sh., Salihov D.N., Gareev E.Z., Burdakov A.V., Perminov G.A.* Meteorit “Sterlitamak” [Meteorite “Sterlitamak”]. Ufa: Informreklama, 2002. 105 p. (In Russian).

*Сведения об авторах:*

**Султанова Анна Геннадиевна**, Башкирский государственный университет (БашГУ), г. Уфа; Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: anna\_zakharova.ig@mail.ru

**Горожанин Валерий Михайлович**, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

**Мичурин Сергей Васильевич**, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: s\_michurin@mail.ru

*About the authors:*

**Sultanova Anna Gennadievna**, Bashkir State University (BSU), Ufa; Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: anna\_zakharova.ig@mail.ru

**Gorozhanin Valery Michailovich**, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

**Michurin Sergey Vasilyevich**, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: s\_michurin@mail.ru