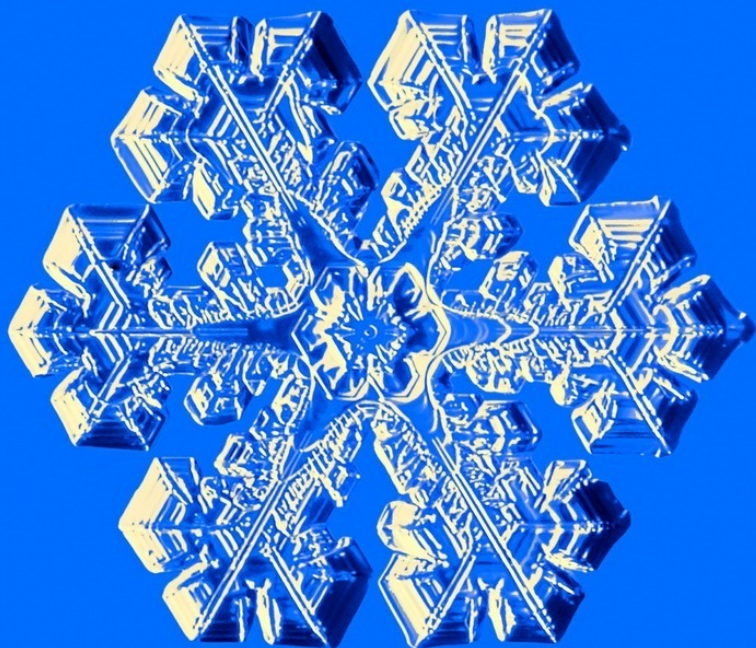


Тимофей Черепанов
*Большая книга
о маленьких снежинках*



Тимофей Черепанов

Большая книга

о маленьких снежинках

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=12191936

ISBN 9785447427108

Аннотация

Книга содержит 689 макрофотографий настоящих снежинок. Показаны все возможные типы этих кристаллов, в том числе редкие. В популярной форме изложены закономерности роста этих «природных фракталов» от простейших форм до развитых дендритов. Адресована широкому кругу читателей, интересующихся окружающим миром. Богатый иллюстративный материал может быть использован дизайнерами, научными работниками в области метеорологии, гляциологии, экологии, а также в образовательно-воспитательной деятельности.

Содержание

Конец ознакомительного фрагмента.

23

Большая книга

о маленьких снежинках

Тимофей Черепанов

© Тимофей Черепанов, 2015

Создано в интеллектуальной издательской системе
Ridero.ru

Снег

Опять он падает, чудесно молчаливый,
Легко колеблется и опускается...
Как сердцу сладостен полет его счастливый!
Несуществующий, он вновь рождается...

Все тот же, вновь пришел, неведомо откуда,
В нем холода соблазны, в нем забвеньё...
Я жду его всегда, как жду от Бога чуда,
И странное с ним знаю единенье.

Пускай уйдет опять – но не страшна утрата.
Мне радостен его отход таинственный.
Я вечно буду ждать его безмолвного возврата,
Тебя, о ласковый, тебя, единственный.

Он тихо падает, и медленный и властный...

Безмерно счастлив я его победою...
Из всех чудес земли тебя, о снег прекрасный,
Тебя люблю... За что люблю – не ведаю.

Зинаида Гиппиус

Половина населения Земли никогда не видела снега. Соответственно, другая половина – видела. На 1 января 2015 года число людей на Земле составило 7 263 339 729 человек. Половину от этого числа определить, к сожалению, нельзя, потому что делимое число – нечетное, а люди пополам не делятся. Но даже приблизительно это очень много – более 3,6 миллиардов.

В то же время все эти люди (исключая, конечно, младенцев) знают, что снег состоит из снежинок. Ученые и тут не остались в стороне: они подсчитали, что на землю ежегодно падает 1 септильон снежинок. Это единица и 24 нуля. Чтобы получить такое число, надо миллиард возвести в квадрат и результат умножить на миллион. Теперь уже мы сами с помощью простого деления можем определить, что на каждого жителя из «счастливой» половины, включая младенцев, приходится примерно по 275 триллионов снежинок. Пожалуй, более чем достаточно, чтобы знать о них все. Ну, хотя бы об их внешнем виде.

Однако уже то, что вы сейчас держите в руках эту книгу, говорит о вашем желании узнать больше. Мне это кажется совершенно естественным и вы тоже в этом убедитесь, когда прочтете или хотя бы просмотрите эту книгу до конца, по-

этому не спешите откладывать ее в сторону. Перед вами откроется мир, о котором вы, скорее всего, даже не подозревали. Удивительный и прекрасный мир снежных кристаллов. Они в буквальном смысле слова падают во множестве нам на голову, но не будет большим преувеличением сказать, что подавляющее большинство людей не знает о снежинках ничего или почти ничего.

Всего лишь несколько лет назад я тоже ничем в этом плане не отличался, пока однажды мне не пришла в голову мысль сфотографировать снежинку. Пришла чисто случайно, запись в файле того снимка сохранила дату и время – это произошло 1 января 2009 года в 14.59. Город был пустой, все еще отсыпались после встречи Нового года. А я с собакой погулять вышел. Отдельные снежинки падали на все вокруг, и каждую можно было рассмотреть. Но они так малы... Поэтому я вернулся домой, нацепил на фотоаппарат макрообъектив и опять вышел во двор. Нашел на скамейке самую красивую, как мне показалось, снежинку и сфотографировал. Так поступают многие – современные фотоаппараты есть почти у каждого, да и макросъемка в наши дни тоже не является чрезвычайно сложным делом. В таком случае вдвойне непонятно утверждение, что люди почти ничего не знают о снежинках. Однако это становится понятно любому, кто пытается это осуществить на практике. Даже специализированные макрообъективы обеспечивают съемку в масштабе до 1:1, то есть изображение на матрице фотоаппарата будет

иметь тот же размер, что и сам объект. Снежинки размером 4 мм считаются уже очень крупными. Матрицы профессиональных зеркальных фотокамер имеют размер 24x36 мм, площадь так называемых «кропнутых» примерно в половину меньше. Матрицы компактных камер значительно меньше, но у них и объективы не обеспечивают такой масштаб съемки. В любом случае получается, что изображение снежинки занимает лишь малую часть кадра. Это, конечно, лучше, чем наблюдать невооруженным глазом, но явно недостаточно для полноценных исследований. Те, кто совершает подобные попытки, совершенно естественным образом выбирают для съемки самые крупные кристаллы «классической» формы, и именно они формируют устоявшийся образ снежинки в виде шести расходящихся в одной плоскости лучей. Образ же этот, к слову, сформировался задолго до изобретения фотографии.

Изображения снежинок обнаружены даже в петроглифах – наскальных рисунках эпохи неолита на берегах Онежского озера. Сделаны они за несколько тысяч лет до нашей эры. Несмотря на примитивизм изображений и ошибку в счете – число лучей не равно шести – сомнений в том, что древний человек высекал на камне именно снежинку, не возникает. Снежинки можно увидеть также на некоторых старых иконах.

Еще в самом начале XVII века Иоганн Кеплер написал небольшой трактат «О шестиугольных снежинках». Он из-

давался в русском переводе¹ и интересен, пожалуй, в большей степени как исторический документ, хотя в научном мире и считается, что тем самым Кеплер заложил основу науки кристаллографии. Судить об этом не мне, но читать интересно. Хотя бы в том отношении, чтобы понять, что представляла собой в те времена наука. При отсутствии хотя бы какой-то теории в ее современном понимании Кеплер умозрительно пытается обосновать, почему снежинки шестиугольные, а не имеют, скажем, пять или семь углов или граней. Рассматривая при этом такие аналогии, как пчелиные соты, зерна граната или горошины в стручке.

Никакая наука о природе немислима без достаточного количества экспериментального материала. Казалось бы, при таком астрономическом количестве падающих на землю снежинок никаких проблем с этим быть не должно. Однако снег – это не снежинки, хотя и образуется из них. Извлечь из массы даже свежесвыпавшего снега одну-единственную снежинку нереально. Даже если бы подобная идея пришла кому-либо в голову и была реализована, ценность полученного таким способом материала была бы весьма невысока. Причина в том, что в химическом отношении снежинки состоят из воды, только в твердом агрегатном состоянии. Это кристаллы льда. Вещества, как известно, имеют и третье агрегатное состояние – газообразное, или паровое. Все имеют

¹ Иоганн Кеплер. (Ioanne Keplero). О шестиугольных снежинках. Перевод с латинского Ю. А. Данилова. М., Наука, 1982 – 194 с.

возможность наблюдать, как лед и снег превращаются в жидкую фазу, когда тают. Точно так же все видели, как вода превращается в пар при кипении. Однако практически незаметным для глаза остается третий процесс, именуемый сублимацией. Это когда твердое вещество (в данном случае лед) превращается в газообразное непосредственно, минуя жидкую фазу. Снег по сравнению с водой имеет очень малую плотность. Свежевыпавший, он на 95% состоит из воздуха, заполняющего все пространство между кристаллами. Из этого следует, что снег имеет огромную поверхность соприкосновения с воздухом, что и является предпосылкой к интенсивной сублимации. Известно, что в течение зимы испаряется половина выпавшего снега.

Поэтому, если мы хотим получить достоверные сведения о снежинках, мы должны исследовать их сразу после падения, а не когда они полежат в сугробе. Мой опыт говорит, что при температурах около -5°C снимки снежинки, сделанные с интервалом в одну минуту, уже очень существенно отличаются друг от друга: скругляются углы, укорачиваются лучики, а мелкие элементы исчезают совсем. Ни о каком таянии тут речь не идет, превращения в жидкую фазу при такой температуре не происходит. При более низких температурах процесс замедляется, но по-прежнему остается заметным. К тому же для различных температур характерно образование разных форм снежинок, так что погоня за холодом — это не выход из положения.

Вот поэтому фотосъемка снежинок является своего рода охотой. Нужно поймать падающую снежинку, каким-то образом изолировать ее от других и как можно быстрее сфотографировать. Само собой понятно, что делать это следует при отрицательной температуре, в противном случае она в течение секунд превратится просто в капельку воды. Если же говорить не о съемке одной-двух «для попробовать», а о серьезной длительной работе, то главным врагом становится уже совсем не тепло, а, наоборот, мороз. Вот без мороза уж точно никуда. Снежинка – это такая же «внучка» Деда Мороза, как и мифологическая Снегурочка, только она настоящая. Когда меня спрашивают, что необходимо для фотографирования снежинок, то я полушутя, полусерьезно отвечаю: «Тулуп и валенки». Работа неподвижная, при этом тонкая – это же по сути микроскопия! Как тепло ни одевайся, долго не выдержишь. Больше всего мерзнут руки, потому что в перчатках работать с кнопочками не получается.

Да и технике тоже приходится несладко. Обычно фотографы зимой прячут камеры под одеждой, доставая их лишь чтобы сделать кадр. Тут же о таком не может быть и речи – камера стоит неподвижно на массивном штативе. Вы, наверное, обращали внимание, что микроскопы монтируются на массивных основаниях? Так поступают, чтобы уменьшить влияние вибраций. То же самое приходится делать и в данном случае. И это далеко не все проблемы, которые ожидают фотографа снежинок, их можно перечислять довольно дол-

го, но я пишу не пособие для фотографов, а книгу о снежинках.

Пожалуй, сейчас самое время сказать два слова об авторе и об этой книге. По образованию я инженер по оптико-электронным приборам, а по призванию – фотограф. Понятно, что я мог бы очень долго в подробностях расписывать все нюансы съемки, но такую задачу я перед собой не ставил. Это будет интересно лишь очень узкому кругу лиц, даже среди фотографов. Я же хочу написать книгу, интересную всем: детям и взрослым, мальчикам и девочкам, любителям природы и просто любопытным. Ценителям прекрасного в этом мире и тем, кто лишь в начале пути к его познанию. Верующим в Бога и атеистам. Это не научная монография, не справочное пособие для фотографов или дизайнеров – это рассказ о том, какими бывают снежинки, как они образуются, растут и умирают. Рассказ, написанный автором множества фотографий настоящих, природных снежинок. Именно эти фотографии составляют основу данной книги, а снежинки – ее герои. Весь текст, который я позволил себе написать – это по сути лишь предисловие к материалу. Но это и не фотокнига, и спасибо за это надо сказать самим снежинкам, которые в своем удивительном многообразии демонстрируют закономерности, которые при наблюдении невооруженным глазом остаются недоступными. А своих коллег-фотографов я адресую к моим [битая ссылка] статьям в Живом Журнале (unibrom.livejournal.com).

Как я уже сказал, снимая свою первую снежинку, я даже приблизительно не представлял себе тех проблем, с которыми придется столкнуться, если заняться этим всерьез. В этой связи совершенно естественно желание воспользоваться опытом других, ведь фотография существует более века, а снежинки были всегда. И тут обнаружилось совершенно удивительное: оказывается, число фотографов, которым удалось добиться заметных успехов в этом деле, можно пересчитать по пальцам. И речь идет не только о современных, а за всю историю фотографии.

Вот поэтому при таком астрономическом числе падающих снежинок каждый снимок уникален. Их просто крайне мало, а те, что были получены, хранятся в музеях. И не только как артефакт из истории фотографии, а именно как снимки уникальных объектов. Ведь уникальна каждая снежинка – двух одинаковых не бывает. Этот вопрос мне постоянно задают те, кто видит мои фотографии. Скажу сразу, совсем одинаковых нет и быть не может. Строго говоря, одинаковыми принято считать только элементарные частицы, и то лишь до тех пор, пока наука не нашла способ заглянуть глубже. В мире вообще нет двух одинаковых предметов, поскольку состоят они из атомов, а сочетание атомов бесконечно. Но я все же советую дочитать или хотя бы досмотреть эту книгу до конца – на последних страницах вас ждет небольшой сюрприз... Только не заглядывайте туда прямо сейчас – без прочтения всей книги сюрприз будет вам непонятен.

Как нередко бывает, первые фотографии снежинок были сделаны совсем не учеными, а любителями-энтузиастами. И как тоже, к сожалению, часто бывает – нет пророка в своем отечестве. Едва ли не во всей мировой литературе, посвященной как фотографии, так и снежинкам, принято отдавать пальму первенства в этом деле простому фермеру из США Уилсону Бентли (1865—1931). Якобы он был первым, кто совместил микроскоп и фотоаппарат и использовал эту технику для съемки снежинок. Нет сомнения, что действовал он совершенно самостоятельно, методом проб и ошибок, посвятив этому занятию всю свою жизнь и сделав более 2000 фотографий. Он и скончался-то в конце 1931 года от пневмонии, которую получил, когда шел в метель снимать снежинки. Возможно, это лишь красивая легенда, однако же не лишенная оснований. Как я уже сказал, дело это требует если не фанатизма, то уж точно большой самоотдачи.

Бентли вел скрупулезный подсчет сфотографированных им в течение каждого года снежинок, отобразив результаты в виде графика. Начинается отсчет с 1885 года – около 20 снимков. Были даже совершенно пустые годы, но и в самые благоприятные результаты едва переваливали за 300. Общее же число снимков за все годы составило около 5000.

Лишь незадолго до смерти его работа привлекла широкое внимание и была издана ставшая классической книга о снежинках, куда вошло около 2400 фотографий. Если верить интернету, то сейчас некоторые из его снимков были выстав-

лены на продажу по цене 4800 долларов США.

Однако еще за полтора десятилетия до начала работ Бентли – в 1870 году, фотографированием снежинок занялся наш соотечественник Андрей Андреевич Сигсон (1839—1907) живший в то время в Рыбинске. И уже спустя всего лишь два года за сделанные им фотографии снежинок он получил Большую серебряную медаль на Политехнической выставке в Москве. В последующие годы его работы экспонировались на многих выставках, о чем имеются документальные подтверждения, а мировую известность принесло участие в Парижской всемирной выставке 1900 года, где он был награжден Большой золотой медалью. Фотографии Сигсона были на этой выставке не единственными, однако именно его работы жюри посчитало лучшими. Сделанные Сигсоном фотографии были опубликованы в Энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона и ряде научных и учебных трудов. На них обратил внимание даже гениальный ученый-оптик Аббе, много сделавший для развития микроскопии.

Я не ставлю задачей выяснить или доказать чье-либо первенство в фотосъемке снежинок, хотя у меня лично приоритет Сигсона сомнения не вызывает. Понятно, что простой фермер из штата Вермонт Уилсон Бентли просто не мог знать о существовании коллег или конкурентов – это кому как больше нравится. Он не был вхож в фотографические круги, не участвовал в выставках. Попытки привлечь внимание к своей деятельности близких или знакомых понимания

не находили – он слыл чудаком. Впрочем, как и Сигсон, поскольку тот являлся владельцем известной в городе фотографии, а фотосъемка снежинок никакого дохода не приносила, однако же времени требовала много.

Любое научное или техническое достижение стоит, по образному выражению Ньютона, «на плечах гигантов». Кто-то изобрел микроскоп, кто-то – фотографию, другие это многократно усовершенствовали. Да и техника фотосъемки, использованная Бентли и Сигсоном, отличалась лишь в небольших деталях. Для меня важно другое: нашлись люди, проявившие интерес к этим природным чудесам – снежинкам, и посвятившие им немалую часть своей жизни. Ведь не ради же славы и наград они проводили уйму времени в холодных, неотопливаемых помещениях, опасаясь даже дышать на объект и манипулируя громоздкими, но при этом прецизионными агрегатами без перчаток? И уж точно делали они это не ради денег. Значит, они смогли разглядеть в снежинках что-то магическое, некую тайну и красоту, которую захотелось запечатлеть на века.

Сигсон и Бентли были первыми, кто передал нам теперь уже столетние образы снежинок во всех мельчайших подробностях. В этом смысле работы имеют уже историческую ценность даже для науки: разве не важно знать, не изменился ли вид этих кристаллов воды за сто лет? Особенно на фоне бесконечных дискуссий об изменении климата. Ведь снежинки – это порождение процессов, протекающих в атмосфере,

а климатические перемены в первую очередь обнаруживаются по изменению толщины снежного и ледяного покрова планеты.

Не стану утомлять читателя дальнейшим перечислением исторических фактов. Кому это интересно, посоветую обратиться к только что изданной [битая ссылка] монографии². Я не держал в руках этой книги и не уверен, что она вообще существует в бумажном варианте, но она доступна в интернете. Историю вопроса авторы отобразили, на мой взгляд, достаточно полно и объективно, включая упоминание о Сигсоне. Авторы не обошли вниманием и современных фотографов, как российских, так и зарубежных. В России это Алексей Клятов из Москвы и Сергей Кичигин из Вологды. К ним я добавил бы еще Ольгу Сытину. Если не ошибаюсь, то А. Клятов – ее сын, а начало положила она. У нее есть также очень богатая коллекция морозных узоров на стекле, которые она снимает на собственном балконе. На балконе же работает и Алексей, используя в качестве приспособления для съемки перевернутую вверх ножками табуретку, фото которой обошло множество периодических изданий. Возможно, когда-нибудь она также займет место в музее... Не могу также не упомянуть Ярослава Гнатюка из Днепропетровска, потому что его работы были первыми из увиденных мною фотографий снежинок. Их мало, но они прекрасны! К сожа-

² Котловой Н. А., Краевой С. А. Книга 7. Замораживание жидкостей. Снежинки. Монография – М.: Bookvika. ru. 2014. – 152 с.

лению, новые его работы не появляются.

Из зарубежных авторов лидером, вне сомнения, является профессор Калифорнийского технологического института (университета) Кеннет Либбрехт (Kenneth Libbrecht). Это ученый, для которого изучение образования снежинок является его профессиональной деятельностью. Им издано несколько [битая ссылка] книг о снежинках, одна из них («Снежинки под микроскопом») была переведена на русский язык. Сделанные им лично, а также сотрудниками его лаборатории фотографии как природных, так и выращенных в лабораторных условиях снежинок являются в настоящий момент точкой отсчета мирового уровня. Свою деятельность по фотографированию снежинок Кеннет Либбрехт сравнивает с занятием каким-либо техническим видом спорта, например, яхтенным или автомобильным – так высоки затраты на оборудование. Ну и спортивный момент в этом деле, безусловно, имеет место...

В уже упомянутой монографии Н. А. Котлового и С. А. Краевого есть и такие строки:

При взгляде на фотографию снежинки все люди восхищаются ее красотой и изяществом, но разные люди воспринимают (оценивают, анализируют) снежинку по-разному:

- *Художник – анализирует композицию и цвет.*
- *Фотограф – анализирует качество фотоснимка.*
- *Оптик – анализирует способ подсветки и оптические неоднородности снежинки.*

- *Математик* – анализирует степень симметрии снежинки и определяет, в каких местах симметрия нарушается.
- *Историк* – оценивает, насколько фотография лучше рисунков снежинки, которые рисовали раньше.
- *Физик* – оценивает, насколько более детальное изображение снежинки можно получить с помощью электронного микроскопа.
- *Гляциолог* – оценивает, какие процессы происходили в облаке при образовании снежинки.
- *Кристаллограф* – оценивает снежинку как скелетный кристалл молекул воды и анализирует ее кристаллическую структуру.

Сюда я добавил бы еще несколько профессий и хобби. Нельзя не упомянуть дизайнеров – клипарты в форме снежинок весьма популярны. Мотив снежинки широко используется не только в оформлении, но и в произведениях декоративно-прикладного искусства. Всемирно известное кружевное предприятие в Вологде так и называется: «Снежинка». Среди роскошных изделий в Музее кружева есть и огромное панно с таким же названием, однако при внимательном его рассмотрении обнаруживается лишь весьма условное сходство элементов этого изделия с реальными снежинками. Конечно, у искусства свои законы, но восьмиугольных снежинок в природе не бывает. Тем не менее «снежинки» с восемью лучами нередко можно увидеть в оформ-

лении рождественских и новогодних праздников. То же самое можно сказать и в отношении такого популярного занятия, как изготовление снежинок своими руками. И не только из бумаги или ниток, но и даже из фетра, фольги, веточек, теста и т. д., вплоть до сухих макаронных изделий.

Интересно другое. Даже эти восьмилучевые, округлые, витые и т. п. изображения или предметы, не являющиеся точным образом ни одной из когда либо существовавших или будущих натуральных снежинок, тем не менее однозначно воспринимаются нами именно как снежинки, а не что-либо иное. Так что же является тем общим идентифицирующим признаком, смысловым ядром снежинок? Явно не только шестиугольная форма, как считал И. Кеплер, да и она, как показывают примеры из области творчества, ею не является. Тогда что же? Ветвистость? Деревья тоже ветвисты... Острые грани? Но есть снежинки и с округлыми лепестками...

Обратимся к перечню профессий, приведенному выше. Очевидно, что в книге о снежинках каждый из упомянутых специалистов найдет для себя что-либо интересное. Но если писать книгу с надеждой удовлетворить все возможные интересы, то она распухнет до невероятных размеров. Однако среди всех наук есть одна, инструменты которой в той или иной степени касаются всех. Вы, очевидно, уже догадались, что речь идет о математике. При этом даже в той фразе, которой авторы монографии определили интерес математика к снежинкам, вполне явственно усматривается взгляд

на математику как на науку, оперирующую идеальными объектами. Этот принцип был заложен в основу геометрии еще ее отцом – Евклидом, отложившим в сторону все «бесформенные» объекты. Но ведь в природе только такие объекты и присутствуют, в ней вообще нет идеальных окружностей, конусов, сфер или прямых линий. И лишь совсем недавно – в конце минувшего столетия, на эту проблему обратил внимание математик Бенуа Мандельброт, разработавший теорию, которая позволяет оперировать подобными объектами на строгом математическом языке. Он же и ввел в оборот в 1975 году новый обобщающий такие объекты термин: «фрактал». Буквально через пару лет из-под пера этого ученого вышла книга, имеющая прямое отношение к нашему предмету: «The Fractal Geometry of Nature». Спустя несколько лет книга была переведена на русский язык³.

Вот как сам автор этой книги объясняет придуманный им неологизм (в переводе с английского А. Р. Логунова): *Термин фрактал я образовал от латинского причастия fractus. Соответствующий глагол frangere переводится как ломать, разламывать, то есть создавать фрагменты неправильной формы. Таким образом, разумно – и как кстати! – будет предположить, что, помимо значения «фрагментированный» (как, например, в словах фракция или рефракция), слово fractus должно иметь и значение «неправильный*

³ Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

по форме» – примером сочетания обоих значений может служить слово фрагмент.

Совершенно очевидно, что никакая математическая теория не способна сама по себе сдвинуть хотя бы один атом в окружающем мире. Материальный мир первичен (хотя так считают далеко не все, и об этом мы еще поговорим позже). Математика – это лишь инструмент познания мира. То, что Мандельброт назвал фрактальностью, существовало всегда, но математики в течение столетий ухитрялись не замечать этого свойства материи, оперируя идеальными, абстрактными формами. И не только геометрическими. Ведь не случайно А. С. Пушкин не без иронии вложил в уста Сальери такие слова: «Поверил Я алгеброй гармонию». Алгебра точно так же оперирует идеальными понятиями, как и классическая евклидова геометрия – идеальными формами. Выражаясь языком самих математиков, в обоих случаях фундаментальные элементы области науки имеют «дно элементарности». Однако ощущение неполноценности такого описания мира всегда было присуще деятелям искусства. Тому же Сальери, «в науке искушенному», Пушкин противопоставляет Моцарта как гения чувства.

Одним из фундаментальных свойств объектов, которые Мандельброт назвал фрактальными, является как раз отсутствие этого «дна элементарности». Фигуры, которыми оперирует фрактальная геометрия, имеют бесконечную длину периметра при вполне конечной площади, ни в одной точ-

ке ограничивающей их кривой нельзя провести касательную. На языке алгебры это означает, что функции не имеют производной, то есть недифференцируемы. Фигуры как бы повторяют сами себя в каждой своей части, любой бесконечно малый элемент подобен целому.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.