

БЕНУА МАНДЕЛЬБРОТ (1924 - 2010 гг.) – ЧЕЛОВЕК, “ПРЕОДОЛЕВШИЙ ПРОПАСТЬ РАЗМЕРНОСТЕЙ”

А.А. Потанов,

ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН
potapov@cplire.ru; www.potapov-fractal.com

*Сингулярную составляющую большинство физиков
считает абсолютно бесполезной патологией. Последнее
мнение является абсолютно безосновательной чепухой.
Бенуа Мандельброт*

*Белый гауссов шум представляет собой
маловразумительное гудение.
Бенуа Мандельброт*

*“Внушительное чело Мандельброта невозможно
забыть. Но еще сильнее впечатляет внушительный
список научных достижений этого человека, подлинного
эрудита, способности которого особенно ярко проявились
в математике. Возможно, это самый разносторонний
математик после Джона фон Неймана и Норберта Винера”
SCIENCES*

1. Выдающийся французский и американский математик, основатель и создатель теории фракталов Бенуа Мандельброт скончался 14 октября 2010 г. в США в возрасте 85 лет (агентство UPI). Как сообщила агентству жена ученого, он долгое время болел раком поджелудочной железы и умер в четверг в городе Кембридж штата Массачусетс. У Бенуа было двойное гражданство, он гражданин Франции и Америки.



Б. Мандельброт (Фото - Shizuo Kambayashi / Associated Press).

Мандельброт был профессором математических наук, почетным преподавателем Йельского Университета, почетным членом исследовательского центра IBM (по физике), Баттельским членом Тихоокеанской Национальной лаборатории, членом Института математических наук имени Исаака Ньютона. Лауреат премии Вульфа по физике (1993). В сопроводительном тексте к премии Вульфа было сказано, что «он изменил наше видение природы». Член Американской Академии искусств и наук; член Национальной Академии наук США; иностранный член Норвежской Академии наук.

Мандельброт родился 20 ноября 1924 года в Варшаве, в семье литовских евреев. Его мать была врачом, отец – галантерейщиком. В 1936 г. вся семья эмигрировала во Францию и поселилась в Париже. Здесь Мандельброт попал под влияние своего дяди Шолема Мандельброя (20.01.1899, Варшава – 1983, Париж), известного французского математика, члена группы математиков, известной под общим псевдонимом «Николя Бурбаки». После начала войны Мандельброты бежали на свободный от немецкой оккупации юг Франции, в городок Тюль.

Карьера Мандельброта развивалась в разных странах. В 1945 г., на второй день занятий, он покинул одну из самых престижных школ Франции, l'Ecole Normale Supérieure, и поступил в менее известную, но более соответствующую его наклонностям l'Ecole Polytechnique. Бенуа получил первоначальное образование во Франции. Окончив университет, он уехал в США, где окончил Калифорнийский технологический институт. После этого вернулся во Францию и получил степень доктора философии в Париже. В 1955 году он женился на Алиет Каган (Aliette Kagan) и переехал в Женеву, но временами возвращался в Париж.

Через три года Мандельброт окончательно перебрался в США. Желанием Мандельброта было уйти в своих исследованиях как можно дальше от официальной академической науки. Свое намерение ученому удалось начать реализовывать, начиная с 1958 года. Именно тогда Бенуа Мандельброт приступил к работе в научно-исследовательском центре IBM в Йорктауне, шт. Нью-Йорк и смог заниматься не только чисто прикладными проблемами компании.

Центр IBM предоставил ему академическую свободу, исследовательскую группу и оборудование необходимое для проверки его идей. В лабораториях центра работали яркие личности, и Мандельброт окунулся в водоворот новых идей и интересов. Мандельброт с удовольствием менял одну тему на другую и за несколько лет успел поработать в области лингвистики, теории игр, экономики, авиации, географии, физиологии, астрономии, физики.

«Иногда меня охватывает внезапный порыв, и я бросаю исследования на середине, чтобы снова погрузиться в новую область, которая внезапно стала для меня интересной и в которой я не знаю ничего, - говорил ученый. - Я следовал моим инстинктам...». Сам Мандельброт был уверен, что «между его разрозненными набегами в пустынные и безлюдные уголки Неизведанного все же существует какая-то связь». Изучая мир как целое, Мандельброт не принимал во внимание границы между науками.

Как отмечал вице-президент IBM по исследовательской работе Р.Э. Гомори: «Бенуа был аутсайдером для тех независимых областей, к которым прилагались его модели, таким как экономика и гидрология, но он получил мало поддержки и от математиков, которые видели только то, что он использовал уже известные методы». И далее: «Недостаток признания, однако, никогда не обескураживал Бенуа. Он оставался верен своим идеям и непоколебимо работал над их развитием и расширением диапазона их применимости, показывая, как одно явление за другим можно объяснить с помощью его работ».

2. В статье Ю.А. Данилова о фрактальности прекрасно сказано, что Бенуа Мандельброт, сумел открыть совсем рядом с нами поистине удивительный мир, по-новому взглянув на многие, казалось бы, хорошо знакомые предметы и явления. Мандельброт обратил внимание на то, что при всей своей очевидности ускользало от его предшественников, хотя встречалось на каждом шагу и буквально лежало на поверхности: контуры, поверхности и объемы окружающих нас предметов не так ровны, гладки и совершенны, как принято думать. В действительности они неровны, шершавы, изъязвлены множеством отверстий самой причудливой формы, пронизаны трещинами и порами, покрыты сетью морщин, царапин и кракелюр.

В арсенале современной математики Мандельброт нашел удобную количественную меру неидеальности объектов - извилистости контура, морщинистости поверхности, трещиноватости и пористости объема. Ее ввели два математика - Феликс Хаусдорф (1868-1942) и Абрам Самойлович Безикович (1891-1970). Ныне она заслуженно носит имена своих создателей (размерность Хаусдорфа - Безиковича). Как и всякая новая количественная характеристика, размерность Хаусдорфа - Безиковича должна была пройти проверку на разумность и блестяще ее выдержала. Самое необычное в размерности Хаусдорфа - Безиковича было то, что она может принимать не только целые, как топологическая размерность, но и дробные значения. Равная единице для прямой (бесконечной, полубесконечной или для конечного отрезка), размерность Хаусдорфа - Безиковича увеличивается по мере возрастания извилистости, тогда как топологическая размерность упорно игнорирует все изменения, происходящие с линией, если только они не сопровождаются разрывом или склеиванием каких-то точек. При этом, увеличивая свое значение, размерность Хаусдорфа - Безиковича не меняет его скачком, как сделала бы на ее месте топологическая размерность. Нет, размерность Хаусдорфа - Безиковича - и это на первый взгляд может показаться непривычным и удивительным - принимает дробные значения. Именно для того чтобы особо подчеркнуть способность размерности Хаусдорфа - Безиковича принимать дробные, нецелые, значения, Мандельброт и придумал свой неологизм, назвав ее фрактальной размерностью.

Использование Б. Мандельбротом дробной размерности в 1975 г. шокировало ученый мир. Тем же, кто станет возражать против нелепой (разумеется, только с их точки зрения) дробной размерности, ссылаясь на невозможность придать ей наглядный смысл, можно сказать: во-первых, никто не присягал на целочисленность любой размерности только на том основании, что топологическая размерность принимает целые значения, и, во-вторых, фрактальная размерность уже доказала свою полезность. Что же касается наглядности, то представить себе фрактальную кривую, то есть кривую с фрактальной размерностью Хаусдорфа - Безиковича, настолько извилистую, что она уже не классическая линия, но еще не плоская фигура, все же легче, чем представить себе наглядно какие-нибудь средние статистические показатели.

Исследуя экономику, Мандельброт обнаружил, что произвольные внешне колебания цены могут следовать скрытому математическому порядку во времени, который не описывается стандартными гауссовскими кривыми. Бенуа Мандельброт занялся изучением статистики цен на хлопок за большой период времени (более ста лет). Колебания цен в течение дня казались случайными, но Мандельброт смог выявить тенденцию их изменения. Он проследил симметрию в длительных колебаниях цены и колебаниях кратковременных. Это открытие оказалось взрывной неожиданностью для экономистов. В частности, в 2004 г. на основе своей теории фрактального видения рынка он предсказал надвигающийся мировой финансовый кризис.

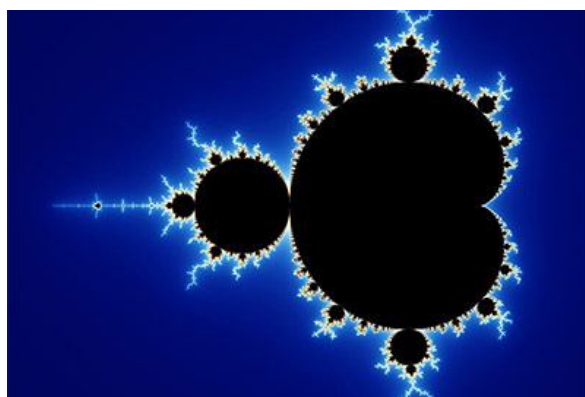
В середине 1960-х годов Мандельброт разработал то, чему он дал название в 1975 г., "фрактальная геометрия" или "геометрия природы". Целью фрактальной геометрии был анализ изломанных, морщинистых и нечетких форм. Мандельброт использовал слово "фрактал", потому что он предполагал осколочность и фракционность этих форм. Его величайшей работой считается книга-манифест "Фрактальная геометрия природы" (1982 г.), ставшая научным бестселлером. Во фрактальной математике редко встретишь ровные прямые линии и плоскости греческой геометрии. Но там, где присутствует неровность/шероховатость, т.е. практически везде, фрактальная геометрия находит удивительно широкое применение. Как сказал Мандельброт, «...неровность – это неконтролируемый элемент нашей жизни».

Неровность служит центральной темой работ Мандельброта. Изучая неровность, он обнаружил фрактальный порядок там, где другие видели только досадный беспорядок. Отметим, что перевод этой книги на русский язык вышел с большим опозданием, только в 2002 г. Бенуа Мандельброт неоднократно подчеркивал заслуги своих предшественников Ф. Хаусдорфа и А.С. Безиковича в создании понятия дробной размерности, ставшего краеугольным камнем всей фрактальной теории.

3. В конце 1970-х годов, когда фракталы уже были открыты, Мандельброт заинтересовался фракталами, инвариантными относительно нелинейных преобразований. Первым стал "объект, рассмотренный впервые Пуанкаре", - предельное множество группы Клейна, которое остается

неизменным при всех инверсиях относительно любой из нескольких заданных на плоскости окружностей. После этого он обратился к теории итераций рациональных отображений комплексной плоскости, "пиком расцвета" которой были работы 1917 -1918 г.г. французских математиков Гастона Жюлиа (1893 – 1978 гг.) и Пьера Фату (1878 – 1929 гг.). Впервые Мандельброт прочел их в 1945 г., получив от своего дяди, известного математика, подаренные ему авторские оригиналы статей. Однако тогда он решил, что "это не та геометрия, которую он любил". Через 30 лет он к этим работам вернулся, расширив рассматриваемые преобразования с вещественной прямой на комплексную плоскость и применив компьютер для построения графических представлений исследуемых процессов. В результате Мандельброт оказался первым человеком, который обнаружил прекрасное и загадочное множество, впоследствии получившее его имя.

Не менее четырех филдсовских лауреатов занимались вопросами, напрямую связанными с множеством Мандельброта, но "нужен был человек с особым видением, чтобы увидеть очевидное в математике". Сейчас это множество стало классикой. В области нелинейных комплексных итерационных процессов оно играет роль константы, так же как числа π и e в математике чисел. Оно "имеет таинственный "иероглифический" характер: включает в себя полный набор деформированных и уменьшенных версий всех множеств Жюлиа и содержит огромное количество информации о динамике нелинейных процессов.



(Множество Мандельброта)

Множество Мандельброта - один из самых сложных объектов современной математики. Доказано, что оно связно и размерность его границы равна 2, но до сих пор неизвестно, является ли оно локально связным и имеет ли положительную площадь. Описание множества Мандельброта сейчас одна из главных проблем комплексной динамики, ее решение повлекло бы глубокие следствия. Как и множества Жюлиа, множество Мандельброта эстетически прекрасно. Неожиданная и необычная красота, открытая миру Б. Мандельбротом - один из основных факторов острого и непреходящего интереса к фракталам даже у тех, кто далек от математики. Поэтому неудивительно, что множество Мандельброта многие знают лучше, чем его создателя.

4. Приведем здесь некоторые официальные сведения. Б. Мандельброт - обладатель следующих наград: *“Медаль за служение науке”* (“Magna est Veritas”), присужденная Национальной Академией наук США в 1985 г.; *“Медаль Франклина за служение науке”* от Института им. Франклина в Филадельфии в 1986 г.; *“Медаль имени Чарльза Протея Штайнметца”*, присужденная Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике в 1988 г.; первая премия *“Наука для искусства”* от холдинга Луи Виттон-Мозт-Хеннеси в 1988 г.; *“Премия Харви в области науки и технологии”* от Израильского технологического института в Хайфе в 1989 г.; *“Премия Университета Невады”* от 1991 г.; *“Премия концерна Хонда”* от 1994 г.; *“Медаль Вермей города Парижа”* от 1996 г.; *“Награда имени Джона Скотта”* от 1999 г.; *“Награда имени Льюиса Фрая Ричардсона”*, присужденная Европейским геофизическим обществом в 2000 г.; *“Премия имени Уильяма Проктера”* от

общества “Сигма Кси” 2002 г.; “Премия Японии в области науки и технологий” в 2003 г.; “Премия имени В. Орлича” от Математического Института Познанского университета (2005); медаль Польского математического общества им. В. Серпинского (2005);...

Он также получил “Награду за выдающиеся достижения” от Калифорнийского технологического института и “Премию имени Гумбольдта”, учрежденную Фондом Александра фон Гумбольдта.

Выпускник Парижской Политехнической школы (в дальнейшем профессор Академии наук l’Ecole Polytechnique); магистр авиации Калифорнийского технологического института; доктор математических наук Парижского университета. Почетный профессор: университета Сиракуз, университета Лаврентия (Канада), Бостонского университета, университета штата Нью-Йорк, Университета Гельфа (Канада), университета Далласа, Юнион-колледжа, университета Буэнос-Айреса (Аргентина), Открытого университета Великобритании, Афинского университета экономики и бизнеса, университета Св. Эндрю (Шотландия), университета Эмори, Бременского университета (Германия), университета Пейс и Тель-Авивского университета (Израиль).

До сотрудничества с IBM работал в Национальном центре научных исследований в Париже, в компании “Филипс Электроникс”, в Массачусетском технологическом институте, в Принстонском Институте дополнительного образования, в Женевском университете, в университете Лилля и в Политехнической школе. Читал лекции в Массачусетском технологическом институте, в Кембридже (Великобритания) в ранге приглашенного специалиста в колледже Гонвилля и Кейуса, в лаборатории имени Кавендиша. Приглашенный профессор экономики и математики в Гарварде, машиностроения в Йельском университете, физиологии в Медицинском колледже им. Альберта Эйнштейна. Формально Мандельброт был самоучкой, но в его ранних работах чувствуется сильное влияние Поля Леви, Норберта Винера и Джона фон Неймана.

5. Число публикаций о фракталах, фрактальной геометрии и фрактальной физике) возрастает во всем мире экспоненциально. Столь большой и не ослабевающий интерес объясняется не столько своеобразной модой и новизной, но и принципиально новыми возможностями, которые фрактальность открывает перед современными науками о природе и обществе. Следуя Ю.А. Данилову, отметим, что вопрос о том, является ли данный предмет гладким или фрактальным, сам по себе лишен смысла. Ответ на подобный вопрос зависит от остроты зрения наблюдателя или от разрешающей способности прибора, которым он пользуется, то есть от того, насколько мелкие детали различает наблюдатель. Появление фракталов позволило разрешить еще одну загадку, издавна мучившую физиков: почему в большинстве эмпирических формул, в изобилии встречающихся в любом инженерном справочнике, показатели степеней в различных зависимостях такие некрасивые, то есть выражаются необъяснимо странными, с точки зрения традиционной физики, дробными числами. Ответ, по-видимому, надлежит искать в том, что при разрешениях, достижимых в технике, в игру вступает фрактальность среды, поверхности и т.д., не принимавшаяся во внимание физиками, но вполне ощутимая на эмпирическом уровне для инженеров. Физика фрактальной среды иногда сильно отличается от физики сплошной среды. Диффузия в фрактальной среде происходит не так, как в обычной, сплошной среде. Возникает новое, интегро-дифференциальное уравнение, содержащее новый необычный объект - производную дробного порядка, связанного с фрактальной размерностью среды.

В настоящее время фракталы настолько прочно укоренились в нашем сознании, что сейчас крайне сложно вспомнить тот психологический шок, который мир испытал в момент их появления. Для многих фракталы означали революцию в науке. Сегодня ученые пытаются расширить область фрактальной геометрии до такой степени, чтобы она могла применяться практически ко всему в мире, от предсказания цен на рынке ценных бумаг до совершения новых открытий в теоретической физике и синтеза фрактальных радиосистем.

Фрактальный анализ способен продуцировать богатый спектр недостающих представлений для уловления прежде неуловимого, освобожденных притом от не нужной больше “математичности” (это особенно проявляется во фрактальной обработке изображений и сигналов в интенсивных негауссовских помехах).



(Личные фотографии автора)

Книги Б. Мандельброта: *Mandelbrot B.B. Les Objects Fractals: Forme, Hasard et Dimension.* - Paris: Flammarion, 1975, 1984, 1989, 1995; *Mandelbrot B.B. Fractals: Forme, Chance and Dimension.* - San - Francisco: Freeman, 1977.- 365 p.; *Mandelbrot B.B. The Fractals Geometry of Nature.* - N. Y.: Freeman, 1982.- 468 p. (**Рус. пер.:** Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Пер. с англ. А.Р. Логунова.- М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.); *Mandelbrot B.B. Fractals and Scaling in Finance: Discontinuity, Concentration, Risk.* - N. Y.: Springer-Verlag, 1997.- 551 p.; *Mandelbrot B.B. Fractales, Hasard et Finance (1959–1997).* - Paris: Flammarion, 1997.- 246 p. (**Рус. пер.:** Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы / Пер. с фр. В.В. Шуликовской.- М.: Эдиториал УРСС, 2004 г.- 256 с.); *Mandelbrot B.B. Multifractals and 1/f Noise: Wild Self – Affinity in Physics.* - N. Y.: Springer-Verlag, 1999.- 442 p.; *Mandelbrot B.B. Gaussian Self – Affinity and Fractals: Globality, the Earth, 1/f, and R/S.* - N. Y.: Springer-Verlag, 2002.- 654 p.; *Mandelbrot B.B., M.L. Frame. Fractals, Graphics, and Mathematics Education.* - N. Y.: Springer-Verlag, 2002; *Mandelbrot B.B. Fractals and Chaos: The Mandelbrot Set and Beyond.* - N. Y.: Springer-Verlag, 2004.- 308 p. (**Рус. пер.:** Мандельброт Б. Фракталы и хаос. Множество Мандельброта и другие чудеса / Пер. с англ. Н.А.Зубченко.- М.- Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2009.- 392 с.); *Mandelbrot B.B., Hudson R.L. The (mis) Behavior of Markets.* - N. Y.: Basic Books, 2004.- 328 p. (**Рус. пер.:** Мандельброт Б., Хадсон Р.Л. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах / Пер. с англ. А.Ю. Заякина.- М.: Вильямс, 2006.- 400 с.).

Примечание: При написании данной статьи автор использовал книги Б. Мандельброта, подаренные им лично автору при их встрече в Нью-Йорке 16.12.2005 г.; свои воспоминания о нем: Потапов А.А. Моя встреча с Б. Мандельбротом // Нелинейный мир. 2007. Т. 5. № 6. С. 402 – 404; официальную информацию с личного сайта Б. Мандельброта; а также, книгу: Данилов Ю. А. Прекрасный мир науки. Сборник. Сост. А. Г. Шадтина / Под общ. ред. В. И. Санюка, Д. И. Трубецкого. - М.: Прогресс-Традиция, 2008. - 384 с.