

Дэвид Хелфанд

ХРАНИТЕЛИ ВРЕМЕНИ

**РЕКОНСТРУКЦИЯ
ИСТОРИИ ВСЕЛЕННОЙ
АТОМ ЗА АТОМОМ**



УДК 544
ББК 24г
Х36

David J. Helfand
THE UNIVERSAL TIMEKEEPERS
Reconstructing History Atom by Atom

Перевод с английского Владимира Измайлова

Данный перевод подготовлен по американскому изданию и опубликован с согласия Columbia University Press

Хелфанд Д.
Х36 Хранители времени. Реконструкция истории Вселенной атом за атомом / Дэвид Хелфанд ; [пер. с англ. В. А. Измайлова]. — М. : Колибри, Азбука-Аттикус, 2024. — 384 с. (Научный интерес)

ISBN 978-5-389-23840-4

Профессор и заведующий кафедрой астрономии Колумбийского университета Дэвид Хелфанд предлагает читателю погрузиться в исследование самого загадочного и одновременно самого элементарного явления во Вселенной — атома. Пройдите путь от зарождения понятия «атом» до современных исследований и экспериментов с его участием. Узнайте, как при помощи атомов происходит экспертиза произведений искусства, почему 65 миллионов лет назад вымер доминирующий на планете вид — динозавры и как человечество перешло от кочевого к оседлому образу жизни.

УДК 544
ББК 24г

ISBN 978-5-389-23840-4

© David J. Helfand, 2023
© Измайлов В. А., перевод на русский язык, 2024
© Издание на русском языке, оформление.
ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2024
Колибри®

Благодарности

Недавно я в пятидесятый раз посетил ежегодную встречу выпускников, и будет уместно, если сначала я выражу благодарность факультету физики Амхерст-колледжа, который полвека тому назад, в 1970-х годах, номинировал меня на членство в почетном научном обществе Sigma Xi. Это событие (вкуче с внесением ежегодных взносов) позволило мне шесть раз в год получать журнал *The American Scientist*. Как я отмечаю в десятой главе, в этом журнале была одна особенно увлекательная статья, которая пробудила мой интерес к тому, как мы можем воссоздать историю — и доисторические времена — при помощи атомов.

По прошествии еще нескольких лет и после прочтения еще нескольких статей в этом журнале и других изданиях я собрал достаточно материала, чтобы разработать курс для студентов Колумбийского университета, изучающих гуманитарные науки. Этот курс я назвал «Летописцы Вселенной». В какой-то момент я даже надеялся, что он, объединивший несколько научных дисциплин, когда-нибудь сумеет развиваться в профилирующий предмет, который я на протяжении десятилетий

пытался добавить в учебный план Колумбийского университета. Этого не случилось, но цели своей я в конце концов достиг — благодаря курсу, вдохновившему меня на написание последней книги, «Руководство по выживанию в эпоху дезинформации: научные привычки разума» (*A Survival Guide to the Misinformation Age: Scientific Habits of Mind*). И все же я по-прежнему преподаю «Летописцев», а поэтому должен особо упомянуть моих студентов в осеннем семестре 2022 года — им так пришлось по душе возможность получить бонусные баллы, что они прочли книгу и исправили в ней множество орфографических ошибок, предоставив читателям найти оставшиеся, которых, полагаю, все же будет немного. Самым проницательным корректором, с большим отрывом, оказалась, в частности, Кэролайн Николсон.

Кроме того, я в большом долгу перед двумя анонимными рецензентами, которые предложили мне добавить к книге глоссарий и помогли прояснить ряд описаний, присутствующих в тексте.

Особенно неожиданное и благотворное воссоединение с Нессой Брайс, моей бывшей студенткой из канадского Квест-Юниверсити, и ее сестрой Мэгги привело к одному из наиболее волнительных и радостных моментов в работе над книгой: созданию чудесных иллюстраций. От них обеих я невероятно много узнал о том, как визуализировать научные концепции, и они легко и свободно сочетали научные догадки, техническое мастерство и эстетическое чувство, превращая цифровые данные в настоящие истории. Если вам когда-нибудь потребуется наглядно представить научную идею, рекомендую без промедления связаться с ними на [BeyondBoundsCreative.com](https://www.beyondboundscreative.com).

Миранда Мартин, редактор, на протяжении всей работы была неизменно любезна и весела, а Дженнифер Кру из Издательства Колумбийского университета заслуживает отдельной признательности за рекламную историю для

публикации — настолько оригинальную, что я не мог и представить подобной. Она сказала: «Мой отец первым из людей увидел атом». (И это правда: Альберт Кру изобрел современный просвечивающий растровый электронный микроскоп.)

И, наконец, как и всегда (по крайней мере на протяжении последних сорока четырех лет), я благодарю Джаду — моего главного критика, эксперта и постоянную спутницу.

Вступление

На 99,9999999999995 % они — это пустое место. Практически идеальное ничто.

Но из них сложено все, что вы видите, осязаете, обоняете и чувствуете. Они питают вас и одевают. Их движение позволяет вам ощущать теплоту и холод. Они рожают ваши надежды, мечты и воспоминания. Они существуют в величественном одиночестве и в сложнейших скоплениях. Они рассказывают о времени. И они могут раскрыть тайны прошлого, которых нам без их помощи ни за что не раскрыть.

Я говорю об атомах.

Вероятно, вы никогда их не видели, даже несмотря на то, что они пронизывают весь наш мир. И это неудивительно, если осознать, что они — не просто по большей части пустота, но очень, очень крошечные частички пустоты, и для того, чтобы создать простое маковое зернышко, требуется 15 миллионов триллионов атомов.

Однако благодаря тому, что мы научились напрямую взаимодействовать с этими частичками почти абсолютной пустоты, мы можем задать им сокровенные вопросы, изменить

их внутреннее состояние и прочесть их сложную историю. Как ты попал на страницу этого средневекового бревиария? Когда тебя нанесли на стену пещеры, изобразив ланий круп? Насколько холодно было вокруг, когда ты выпал снежинкой на гренландский ледник? Где ты был, когда Земля еще только формировалась из протопланетного диска, который вращался вокруг новорожденного Солнца? Чем занимался ты сам и что делали твои друзья в первые три минуты существования Вселенной?

И атомы, если их уговорить, охотно отвечают:

Со средневекового молитвенника, слегка смущенно: «Меня добавили чуть позже, в 1896 году».

Со стены пещеры: «17 150 лет тому назад, плюс-минус десять лет».

Из гренландского ледника, с глубины в километр: « $-25,5^{\circ}\text{C}$ ».

Из пояса астероидов: «Далеко от вашей жадной орбиты!»

С первозданного атома на вашем ногте: «Как раз хотел соединиться с симпатичным ядром дейтерия».

Как менялись со временем пищевые привычки человечества? Когда мы перешли к выращиванию зерновых, оставив жизнь кочевников? Когда и почему исчезли динозавры, господствовавшие на протяжении 180 миллионов лет? Как после образования Земли так быстро возникла жизнь, и почему все ее главные молекулы имеют левое направление? В какой момент истории Вселенной возникло Золото, из которого выковано мое обручальное кольцо?

Когда мы проведем испытания и расчеты, а также слегка растревожим и преобразим наших маленьких атомных историков, у нас появятся подробные ответы на эти и многие другие вопросы. Но сперва нам необходимо более формальное вступление.

В переводе с греческого слово *atomos* означает «неразрезаемый» или «неделимый», и в изначальном представлении

атомы были именно такими — наименьшими неделимыми частичками материи, способными, в принципе, существовать. Две с половиной тысячи лет назад, когда с этой идеей познакомились на Западе, она представляла собой исключительно философскую метафору: мир состоял из огромного разнообразия веществ, и если кто-то, скажем, брал кусочек древесины и делил его пополам, потом снова пополам, и снова, и снова, и так далее, то в конце концов он мог бы дойти до мельчайшей деревянной частички, «атома» древесины. Конечно же, проверить эту идею не было никакой возможности, но безумной она не казалась.

В Древней Греции она уступила другому, более простому философскому взгляду. Согласно ему, материя состояла из различных соотношений всего лишь четырех элементарных субстанций: земли, воздуха, огня и воды. Как следствие, на Западе атомную картину мира во многом отвергали на протяжении почти двух тысяч лет. Но в XVI веке в западной мысли снова появилось представление об атомах, бережно сохраненное в исламском мире. Сперва атомы были реабилитированы в глазах церкви как творение Господа, а потом, в XVIII столетии, стали предметом эмпирических исследований.

Сегодня мы сохранили понятие о фундаментальных строительных блоках, или, можно сказать, «кирпичиках» вещества, но оставили идею об их неделимости. Более того, нам во всех подробностях известны составляющие части любого атома — это сложное, положительно заряженное ядро, состоящее из протонов и нейтронов (которые и сами построены из еще более фундаментальных элементов, названных кварками), и отрицательно заряженные электроны, которые движутся по орбите вокруг ядра и принадлежат к другой категории частиц — к так называемым лептонам. А кроме того, изменилось даже наше наглядное

представление об этих составляющих как о «частицах», иными словами, как о кусочках вещества, занимающих определенное место в пространстве и перемещающихся с определенной скоростью, — ему на смену пришла парадоксальная квантовая химера фазовых волн.

Но пока что мы не станем обращать внимания на эти сложности и просто скажем, что мы вновь восстановили представление об атоме (или о точно установленном сочетании атомов) как о мельчайшей единице любого вещества. К тому же теперь нам известно, что история Вселенной и всего, что в ней содержится, записана в определенном расположении фундаментальных атомных составляющих — лептонов и кварков, — которые входят в состав строительных блоков всего нормального вещества в современном космосе. И поскольку мы постигли физические законы, управляющие поведением этих частичек, мы можем прочесть эту историю — точно так же, как можем читать исторические документы, написанные людьми, зная правила грамматики и синтаксиса. Впрочем, хотя атомам не свойственна предвзятость, от которой порой страдают историки, у них есть свои особые предпочтения, и когда мы, в попытке добиться от них исторической правды, будем устраивать им перекрестный допрос, нам придется отнестись к этому с должным вниманием.

Впрочем, важнее то, что атомные «историки» позволяют нам проникнуть в эпохи намного более древние, чем те, о которых повествуют наши самые первые письменные хроники, благодаря чему мы, если можно так выразиться, обретаем способность «исчислить» доисторические времена. Более того, атомы раскрывают историю нашей планеты еще до того, как на сцене появились люди, — благодаря им перед нами предстают и хронология климата Земли, и эволюция ее атмосферы, и зарождение жизни, и появление Солнечной системы. Атомы могут рассказать нам даже свою собственную историю, вплоть

до возникновения их составляющих частиц в первые несколько секунд Большого взрыва.

Как мы уже говорили, атомы крошечны — триллионы могут танцевать на головке булавки, не отдавливая друг другу ноги. Более того, их внутреннее строение — это сложный танец заряженных частиц, ритм которого дает нам возможность распознать их в пространстве, простирающемся на миллиарды световых лет. Примечательно, что атомы, которые мы там видим, — это те же самые атомы, из которых мы состоим.

Как же выглядят эти крошечные частички почти абсолютной пустоты? Скажем, если бы я положил на пороге моего офиса, который располагается в Манхэттене, на углу 120-й улицы и Бродвея, теннисный мяч — символ ядра атома Водорода (самый простой вариант), — то его электрон оказался бы на орбите примерно в двух километрах, где-то между 96-й и 145-й улицами; быстрым шагом вы дошли бы туда за полчаса. И что бы вы увидели? По всей вероятности, ничего, поскольку: 1) электрон в таком масштабе намного меньше песчинки (в сущности, по крайней мере в 100 000 раз) и 2) он бы летал вокруг со скоростью 2170 километров в секунду, представляя перед вами размытым облаком мимолетной вероятности, и ваш шанс застигнуть его был бы, вероятнее всего, *очень мал*.

И все же мы настолько хорошо знакомы с атомами, что можем в поразительной степени управлять их поведением, а это, в свою очередь, делает возможной современную жизнь. Например, атом под номером 55, Цезий, определяет основу нашей системы времени: 1 секунда в точности составляет 9 192 631 770 колебаний световой волны, излученной при переходе между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния этого атома¹. Именно на этом основана система GPS в вашем телефоне, которая при помощи орбитальных атомных

часов — набирающих погрешность в 1 секунду за 32 000 лет — сообщает вам, где находится ближайшее кафе. Более того, сам ваш телефон, состоящий, как и весь остальной мир, из атомов, работает лишь потому, что вы способны манипулировать атомными составляющими точно и надежно, снова и снова. Еда, которую вы едите; лекарства, которые вы принимаете; топливо, которое вы сжигаете, когда ведете машину, — все это работает лишь благодаря тому, что мы способны контролировать перераспределение атомов.

И даже несмотря на то, что атомы можно уничтожить (позже мы поговорим о последствиях их гибели и их трансформации), они представляют собой поразительно прочные строительные блоки, которые в земных условиях склонны сохранять свои свойства до бесконечности. Атомы, составляющие ваше тело, — это *те самые* атомы, что проникают в вас с потребляемой пищей, выпиваемой водой и вдыхаемым воздухом (из расчета 50 миллиардов триллионов на грамм). Характер нашей еды, в свою очередь, зависит от растений, находящихся на нижней ступени пищевой цепи, а если точнее, то от того, какие атомы они вобрали в себя из воздуха и через корни из почвы. Атомный состав воздуха и почвы меняется в ходе геологических и биологических процессов, происходящих на земной поверхности, а с недавнего времени — и коллективного воздействия нашего вида. Атомы, освобожденные и преобразенные этими процессами, изначально, 4,567 миллиарда лет тому назад, были собраны из межзвездного газопылевого облака, сформировавшего нашу Солнечную систему. А возникли они задолго до того, как попасть в это облако, — в ходе еще более ранних процессов, восходящих к первым мгновениям Большого взрыва.

В этой книге нам предстоит совершить головокружительное путешествие и познакомиться с исчисленной историей Вселенной за последние 13,8 миллиарда лет. В этом нам поможет ряд историй, главную роль в которых неизменно будут

играть атомы. Как мы еще увидим, в нашей драме примут участие девяносто четыре актера, известных как элементы, и для того, чтобы воздать им должное, их имена на протяжении всей книги будут написаны с прописных букв.

Замечательная стабильность этих атомов и уникальные характерные черты, которые каждый из них открывает внимательным наблюдателям, позволят нам показать всю историю во впечатляющих подробностях. При помощи атомов мы присвоим верные даты творениям человеческого гения, проследим историю сельского хозяйства и питания людей, соберем по крупицам картину того, как менялся климат в минувшие времена, и благодаря этому сумеем понять, что может ждать нас в будущем, а также воссоздадим историю нашей Солнечной системы и самой Вселенной. Мы раскроем подделки произведений искусства, установим происхождение украденных статуй и определим причины смерти наших древних собратьев (а также то, что они ели на завтрак в тот день, когда их застигла смерть). Мы вычислим, какой была температура Земли 100 000 лет назад, и соотнесем это с составом ее атмосферы в то время. Мы установим, когда сформировалась наша планета и Луна, и отметим на нашем календаре время происхождения жизни. Теперь, когда мы в совершенстве понимаем атомную структуру и множество ее вариаций, мы можем почти в прямом смысле слова воссоздать историю поатомно.

Атомы ведут свою летопись и в органическом, и в неорганическом мире, и где бы мы их ни встретили — в зубной эмали; в растениях и крошечных планктонных оболочках; в капельках застывшей лавы, изверженной вулканами; в горных породах, зародившихся глубоко под землей, и в пузырьках воздуха, заточенных, словно в ловушке, в антарктическом льду, — они свидетельствуют об истории. Часто они говорят правду напрямую, но иногда в их происхождении есть секреты, которые мы должны раскрыть, прежде чем сможем полностью

им доверять. Однако пусть даже нам время от времени потребуются проводить подробный перекрестный допрос, атомы будут нашими верными проводниками по самым разным сферам — от нашего искусства до нашей диеты, от изменчивого климата до планетарных катастроф и от происхождения жизни до рождения Вселенной.

Глава 1

Призыв свидетелей истории

У стражей не было ног. Две ростовые статуи из песчаника, изображавшие служителей храма, на протяжении двадцати лет охраняли вход в нью-йоркском Метрополитен-музее и приветствовали всех гостей, приходивших в галереи Юго-Восточной Азии. Эти скульптуры были образцом искусства кхмеров в X веке, но их точное происхождение оставалось неизвестным. Что же случилось с ногами? Прошу вызвать свидетеля Скандия!

Благодаря исследованию камбоджийских песчаных карьеров, проведенному на атомном уровне, наши стражи в конце концов смогли возобновить свое служение уже с ногами, найденными в Кохкере, у западных врат столицы Джаявармана IV (глава 7).



1258 год принес Европе много несчастий. Цены выросли до заоблачных высот, везде царил голод, скот и людей по всему континенту губили моровые поветрия — и если бы все

ограничилось только этим! В средневековых хрониках упоминается очень необычная погода, стоявшая летом 1258 года. Ришар из Санса в 1267 году писал о ней так:

Столь непроницаемой была завеса туч, закрывших летнее небо, что никто не мог с уверенностью сказать, лето или осень сейчас на дворе. Сено, в том году неизменно мокрое из-за сильных ливней, никак не просыхало, поскольку не могло впитать тепло Солнца: столь плотным был облачный покров.

Что случилось? Анализ атомов древесины с Бали и капель лавы, найденных под шапками антарктических ледников, проведенный в рамках «судебной экспертизы», позволяет установить виновника: это индонезийский вулкан Самалас (глава 11).




Прогулка по горам может пойти крайне неудачно. В сентябре 1991 года двое немцев, отправившихся в Альпы, наткнулись недалеко от итало-австрийской границы на поразительно хорошо сохранившееся тело, выступавшее из льда на краю ледника. Они предположили, что это погибший турист, и уведомили власти.

Их гипотеза оказалась верной — но когда Этци, «ледяной человек», был наконец освобожден из снежной ловушки и дату его гибели удалось установить при помощи атомного анализа, оказалось, что в свой последний поход, приведший к его смерти, он отправился примерно 5200 лет тому назад.


Исследование частично мумифицированного тела Этци позволило совершить захватывающие открытия в истории европейского медного века. Его одежда, орудия и другие личные принадлежности, пища в его желудке и кишках, его татуировки

и даже его прекрасно сохранившаяся ДНК позволили детально воссоздать его эпоху. Впрочем, дополнительный отчет, полученный от двух родственников Стронция, раскрывает его историю еще подробнее, позволяя нам определить место его рождения и составить хронику его путешествия в Альпах в тот роковой день (глава 10).



Катастрофы планетарного масштаба происходят не только в фильмах. Палеонтологическая летопись показывает, что несколько раз за прошедшие пятьсот миллионов лет на Земле внезапно происходили события, приводившие к исчезновению многих (а иногда и большинства) видов растений и животных, а затем следовал период, на протяжении которого появлялись новые виды и занимали место ушедших. Самым знаменитым из этих массовых вымираний в популярной культуре стало вымирание динозавров, на первый взгляд совершенно внезапное. Разрыв в палеонтологической летописи, случившийся 65 миллионов лет назад, впервые был отмечен в XIX веке, и о его причине с тех пор ведутся споры. Впрочем, теперь мы знаем, что произошло.

Как только место на свидетельской трибуне займет Иридий, мы увидим, что динозавры умерли вследствие катаклизма, вызванного столкновением нашей планеты с блуждающим астероидом. Наши атомные историки позволяют воссоздать эту космическую катастрофу и ее последствия во всех подробностях (глава 12).



Ты есть то, что ты ешь, — в прямом смысле слова. Из атомов, которые вы глотаете каждый день, от тех, что присутствуют в оладьях на завтрак, до тех, что находятся в бокале вина,

который вы выпиваете за обедом, строятся структуры вашего тела — ваши зубы и кости, клетки вашей кожи и нейроны. Какие-то из этих атомов остаются с вами на всю жизнь, в то время как от других мы избавляемся за считанные дни. Но все они — все 3000 триллионов триллионов атомов, составляющие вас, образуют «летопись» того, какую пищу вы ели, а равно также того, когда и где вы это делали.

Затребовав отчет от Углерода, Азота и других элементов, мы можем воссоздать историю диеты и сельского хозяйства на протяжении более 10 000 лет и составить карту распространения цивилизации по всему миру (глава 10).



Некоторые дни рождения достойны упоминания. Я родился 7 декабря, в «день, навеки покрытый позором» (хотя об этом сказали спустя несколько лет после позорного события). В пять лет это был для меня очень большой праздник, но сегодня он кажется намного менее значимым. А вот моя жена родилась 23 февраля, в дату поистине важную — в этот день взорвалась относительно близкая к нам сверхновая, а в последний раз до этого такое событие случалось в 1604 году, за пять лет до изобретения телескопа. Для астронома, изучающего останки взорвавшихся звезд, это знаменовало событие всей жизни (не говоря уже о гарантии, что я уже никогда больше не забуду день рождения жены). Но в большой картине мира подобные даты не имеют особой важности.

Подобно этому, неизвестна и точная дата рождения Солнечной системы, и, полагаю, можно утверждать, что она тоже не имеет особого значения. Но исследование того, как возникла наша родная планетная система и как она впоследствии эволюционировала, позволит нам совершить немало открытий и понять, почему она выглядит так, а не иначе,

и насколько часто другие подобные системы могут встречаться в космосе.

Когда Рубидий и Свинец взаимно дополняют свои истории, мы не только узнаем возраст Земли с точностью до доли процента, но и, призвав на помощь Алюминий, сможем в какой-то мере представить, что происходило в окрестностях нашей системы еще до того, как сформировалось Солнце (глава 15).



У всех историков есть родители. В конце концов, атомы, которые станут нашими проводниками — нашими свидетелями истории, — должны были откуда-то появиться. Примечательно, что мы знаем историю их происхождения довольно подробно. У нас было всего три элемента, и ничего больше, когда Вселенная достигла почтенного возраста в три минуты; оставшиеся, числом девяносто один, создавались с тех пор в звездах и в катастрофических взрывах — и так уже продолжается на протяжении 13,8 миллиарда лет. Но нам известно даже то, откуда появились три первых вида атомов.

Если старательно расспросить аномально тяжелые ядра Водорода и легкие ядра Гелия, которые мы видим в далеких галактиках, мы сможем узнать, какими были условия во Вселенной в далеком прошлом, вплоть до миллионной доли секунды до начала самого времени. Атомные историки — невероятно точные наблюдатели (главы 16 и 17).

Научно-популярное издание

Танымаг ғылыми басылым

Хелфанд Дэвид

ХРАНИТЕЛИ ВРЕМЕНИ

Реконструкция истории Вселенной
атом за атомом

Ответственный редактор *А. Сумцова*
Художественный редактор *М. Левыкин*
Технический редактор *Л. Синицына*
Корректоры *П. Шевнина, О. Левина*
Компьютерная верстка *Т. Коровенковой*

В оформлении обложки использована иллюстрация
© S.Gvozd/Shutterstock.com

Подписано в печать / Баспаға қол қойылды 01.04.2024.

Формат 60 × 88¹/₁₆. Гарнитура «Charter».

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,52.

Тираж 2000 экз. W-SCI-32795-01-R. Заказ №

Изготовитель:	Өндіруші:
ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус» – обладатель товарного знака «КоЛибри»	«Издательская Группа «Азбука-Аттикус» ЖШҚ – «КоЛибри» тауар белгісінің иесі
115093, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Даниловский, пер. Партийный, д. 1, к. 25	115093, Мәскеу, қ. іш. аум. Даниловский муниципалдық округі, Партийный т.ш., 1-үй, к. 25
Тел. (495) 933-76-01, факс (495) 933-76-19	Тел. (495) 933-76-01, факс (495) 933-76-19
E-mail: sales@atticus-group.ru	Эл. поштасы: sales@atticus-group.ru
Филиал ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус» в г. Санкт-Петербурге	Санкт-Петербург қаласындағы «Азбука-Аттикус» Баспа Тобы» ЖШҚ филиалы,
191024, Санкт-Петербург,	191024, Санкт-Петербург, Херсон көшесі,
Херсонская ул., д. 12–14, лит. А	12–14 үй, лит. А
Тел. (812) 327-04-55	Тел. (812) 327-04-55
E-mail: trade@azbooka.spb.ru	Эл. поштасы: trade@azbooka.spb.ru
www.azbooka.ru; www.atticus-group.ru	www.azbooka.ru; www.atticus-group.ru
Отпечатано в России.	Ресейде басып шығарылған.

Техникалық реттеу туралы РФ заңнамасына сай басылымның сәйкестігін
растуа туралы мәліметтерді мына адрес бойынша алуға болады:
<http://atticus-group.ru/certification/>.

Знак информационной продукции (Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)
Ақпараттық өнім белгісі (29.12.2010 ж. № 436-ФЗ Федералдық заң)

16+