

КОМПАРАТИВИЗМ

В.Е. Соболев

МНОГОМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ПИСЬМЕННОСТИ

Аннотация. Основным предметом исследования статьи являются системы письменности, которые гипотетически могут использоваться в многомерных пространствах, описываемых неевклидовыми геометриями, а именно геометриями с числом пространственных измерений больше трёх. Рассматривается представление о многомерном алфавите и многомерных системах записи информации. Актуальность данной проблемы заключается в том, что она рассматривается в контексте ряда физических теорий, предполагающих, что наблюдаемая человеком Вселенная является частью многомерного пространства, в рамках которого могут существовать цивилизации, использующие принципиально иные системы коммуникации, включая иные формы письменности, отличающиеся от известной человеку. Проанализированы основные особенности систем письменности, существующие у человека, с точки зрения их геометрического и физического представления. Проведён сравнительный анализ систем письменности человека и многомерных систем письменности. В статье делается вывод о том, что существующие у человека системы письменности, сводящиеся к кодированию информации в виде двумерного массива на плоскости в рамках трёхмерной евклидовой геометрии, могут быть сложными для восприятия или вообще непонятными для тех цивилизаций, у которых отсутствует представление о евклидовой геометрии.

Ключевые слова: цветовой алфавит, послание аресибо, инопланетные системы письменности, многомерные буквы, многомерный алфавит, многомерная письменность, системы письменности, унарный алфавит, кодирование информации, криптоанализ.

Abstract. The subject of the present research is the writing systems which hypothetically speaking can be used in multidimensional spaces described in non-Euclidean geometries, in particular, geometries with more than three dimensions of space. The author of the present research article analyzes the concept of the multidimensional alphabet and multidimensional systems of information encoding. The importance of this topic is proved by the fact that there is a number of physical theories about the Universe being part of the multidimensional space where other civilizations with essentially different communication systems including writing may exist. In his research Sobolev analyzes the main peculiarities of human writing systems from the point of view of their geometrical and physical representation. He also conducts a comparative analysis of human writing systems and multidimensional writing. At the end of his research the author concludes that being reduced to 2D information encoding, human writing systems can be very difficult or even confusing for civilizations unfamiliar with the non-Euclidean geometry.

Key words: information encoding, unary alphabet, writing systems, multidimensional writing, multidimensional alphabet, multidimensional letters, alien writing systems, Arceibo message, color alphabet, cryptanalysis.

Человеческая письменность, с точки зрения геометрии и топологии [1], представляет собой кодирование информации посредством множества точек на поверхности, выступающей в качестве носителя информации – обычно на плоскости, хотя это может быть любая поверхность, т.е. в общем случае это может быть любое двумерное топологическое многообразие; например, написать что-либо можно не только на плоском листе бумаги [2], но и на сфере. Человек может создать надпись и без использования поверхностей, например может написать что-то в воздухе с помощью специальных веществ или в виде голограммы, но на практике человек это редко использует.

Таким образом, каждая буква любого алфавита представляет собой некоторое множество точек на поверхности. Обычно эти точки образуют фигуру в виде комбинации линий (как прямых, так и кривых). Это же относится и к безалфавитным системам письменности, таким как пиктографическое или идеографическое письмо, где пиктограмма обозначает какой-либо объект, а идеограмма – какую-либо идею. Любая пиктограмма или идеограмма – это некоторое множество точек на поверхности.

Вообще любой письменный знак (буква, иероглиф, знак препинания и т.д.) и любая графема (минимальный графический элемент письменной системы языка) – это некоторое множество точек на поверхности, или одна точка (например, как знак

препинания или другой знак в различных письменных языках). Человек визуально отличает различные знаки своей письменной системы именно благодаря тому, что каждый знак имеет свою собственную геометрическую конфигурацию.

При этом необходимо подчеркнуть, что все существующие у человека системы письменности основаны на использовании геометрии Евклида [3]. Однако, за последнее столетие в науке, и прежде всего в физике, появилось чёткое понимание того, что реальная геометрия нашей Вселенной существенно отличается от евклидовой. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Древнегреческий математик Евклид в III в. до н.э. создал первую геометрическую теорию, получившую название евклидовой геометрии. Евклидова геометрия имеет три пространственных измерения, которые обусловлены тремя степенями свободы, т.е. возможностью движения по трём координатным осям. В рамках евклидовой геометрии положение любого объекта в пространстве можно описать тремя координатами (x, y, z), лежащими на трёх осях прямоугольной системы координат (её называют декартовой).

Человек визуально воспринимает самого себя и любые окружающие его объекты как трёхмерные объекты с евклидовой геометрией, и поэтому на протяжении более двух тысячелетий евклидова геометрия являлась единственной геометрической основой при построении любых научных теорий. Лишь в XIX в. появились первые так называемые неевклидовы геометрии – вначале геометрия Лобачевского, а затем геометрия Римана [4]. Их основное отличие от евклидовой заключалось в том, что если геометрия Евклида описывает поверхности с постоянной нулевой гауссовой кривизной, то геометрия Лобачевского – с постоянной отрицательной, а геометрия Римана – с постоянной положительной кривизной. В 1915 г. на основе римановой геометрии А. Эйнштейном была создана Общая теория относительности (ОТО) [5], что привело к пониманию того факта, что реальная геометрия нашей Вселенной является неевклидовой. Иными словами, человек воспринимает Вселенную не такой, какой она является на самом деле.

Попытки обобщить и улучшить ОТО привели к появлению целого ряда физических теорий, в рамках которых геометрия Вселенной является ещё более сложной. В частности, было сделано предположение о том, что могут существовать дополнительные пространственные измерения, ненаблюдаемые человеком. Первой известной попыткой представить Вселенную как многомерное пространство стала созданная в 1921 г. теория Калуцы-Клейна, в которой пространство-время ока-

зывается пятимерным [6]. Ещё более известными примерами являются появившаяся в 1960-х гг. теория струн и её современное обобщение в виде М-теории [7], согласно которой четырёхмерное пространство-время, которое воспринимает человек, является лишь частью 11-мерного пространства-времени.

Если предположение о наличии дополнительных пространственных измерений является верным, то это позволяет допустить существование в нашей Вселенной разумных цивилизаций, способных, в отличие от человека, наблюдать эти дополнительные измерения. Таким образом, гипотетически, такие цивилизации могут существовать в рамках не трёх, а большего числа пространственных измерений. Иными словами, в отличие от трёхмерного человека, представители таких цивилизаций являются *многомерными*. Рассмотрим это подробнее на примере простейшего обобщения трёхмерного пространства путём прибавления дополнительного, четвёртого, измерения.

Вообще, когда речь заходит о том, что Вселенная может иметь более трёх пространственных измерений, естественным вопросом любого трёхмерного человека является вопрос о том, где именно эти дополнительные измерения находятся. Человек воспринимает самого себя как трёхмерный объект, а окружающую реальность как евклидово пространство с тремя измерениями, где размер каждого физического объекта описывается тремя параметрами: «длиной», «шириной» и «высотой». В таком трёхмерном пространстве есть лишь три степени свободы, позволяющие двигаться лишь по трём координатным осям: условно говоря, «вперёд-назад», «вправо-влево» и «вверх-вниз», поэтому человеку сложно понять, где находится четвёртая ось координат, т.е. четвёртое пространственное измерение, не говоря уже о пятом, шестом и т.д. Поскольку трёхмерный человек никогда не сталкивался с объектами, имеющими более трёх пространственных измерений, то визуально представить такие объекты ему довольно сложно. Многомерные объекты также практически невозможно изобразить на бумаге, поскольку любой лист бумаги – это двумерная плоскость, и даже трёхмерные объекты нарисовать на бумаге можно лишь условно.

Для того, чтобы визуализировать четвёртое пространственное измерение, можно провести аналогию с тем, как жители гипотетической двумерной вселенной воспринимали бы третье измерение. В качестве примера двумерной вселенной мы можем использовать любую плоскость, например лист бумаги, лежащий на столе. Жители такой плоской двумерной вселенной имеют только две степени свободы, т.е. могут двигаться лишь по двум коор-

динатным осям: «вперёд-назад» и «вправо-влево». Двигаться «вверх-вниз» они не могут, поскольку у них нет третьего пространственного измерения. Соответственно, размеры любого объекта в такой двумерной вселенной описываются только двумя параметрами: «длиной» и «шириной». Такого параметра как «высота» у них нет, потому что нет третьего пространственного измерения. Соответственно, у них имеется понятие «площади» (произведение длины и ширины), но нет понятия «объём», и объёмных трёхмерных объектов они никогда не видели.

Как объяснить жителям плоской двумерной вселенной, где именно находится третье пространственное измерение, т.е. что такое «высота»? Очень просто. Для этого достаточно им сказать, что через каждую точку их двумерной плоскости проходит третья пространственная ось (перпендикулярная плоскости их вселенной) – эту ось они не могут наблюдать в силу ограниченности своих физических возможностей. Другими словами, то, что они воспринимают как точку, для нас является полноценной осью, по которой мы можем двигаться «вверх-вниз».

По аналогии, точно также трёхмерному человеку можно легко объяснить, где находится четвёртое пространственное измерение: каждая точка трёхмерного пространства – это не просто точка, а ось, по которой могут двигаться жители четырёхмерной вселенной. То есть помимо движения «вперёд-назад», «вправо-влево» и «вверх-вниз», они могут двигаться ещё и по четвёртой пространственной оси. Соответственно, размеры каждого четырёхмерного объекта описываются не только «длиной», «шириной» и «высотой», но ещё и четвёртым параметром, которого в известном человеку трёхмерном евклидовом пространстве не существует.

Визуально, с точки зрения трёхмерного наблюдателя, четвёртую пространственную ось координат можно условно представить как вложенную в каждую точку трёхмерного пространства, хотя это неточное представление, поскольку на самом деле это именно трёхмерное пространство является вложенным в четырёхмерное, а не наоборот.

Достаточно очевидно, что жители многомерной вселенной могут обладать *многомерными технологиями*, принципы работы которых основаны на использовании множества пространственных измерений. В частности, у таких цивилизаций могут существовать многомерные системы кодирования информации. А письменность, как уже отмечалось выше, представляет собой не что иное, как кодирование информации посредством множества точек на поверхности, выступающей в роли носителя информации; однако это утверждение справедливо лишь для тех систем письменности, которые существуют в рамках трёх пространственных

измерений, известных человеку. При переходе к многомерным пространствам становится возможной запись информации не только на двумерные поверхности, но и *внутри* многомерных объектов. Понимание этого факта является крайне важным для криптоанализа.

Рассмотрим следующий простой пример. Для русскоговорящего человека буква «А» – это первая буква русского алфавита; для англоговорящего – визуально та же буква является первой буквой латинского алфавита. С точки зрения лингвиста, пытающегося понять смысл текста, «А» – это буква, тогда как с точки зрения геометрии изображение буквы «А» – это множество точек, определенных на двумерном топологическом многообразии (на плоскости). В то время как для лингвиста любая буква – это минимальный элемент слова, т.е. неделимый объект, для математика-криптоаналитика буква – это двумерный массив данных, состоящий из элементов (нульмерных точек), каждому из которых соответствуют две координаты в рамках двумерного пространства. При таком подходе для кодирования информации может использоваться любая из этих элементов (точек), поэтому буква будет являться не минимальным элементом сообщения, а двумерной информационной матрицей [8], которая может заключать в себе различные сообщения в зависимости от используемого метода кодирования. Более того, в качестве элементов (битов) сообщения могут использоваться не только сами точки, но и их окрестность, т.е. прилегающее к ним двумерное пространство, которое для лингвиста является «пустотой», не несущей никакого смысла. Лингвист, опирающийся на известные человеку системы письменности, рассматривает каждую букву как единое целое, а слово (комбинацию букв) – как одномерный массив (ряд) букв. Таким образом, лингвист рассматривает слово как информацию, закодированную в одном пространственном измерении, тогда как на самом деле в каждой букве она закодирована в двух измерениях. В то время как лингвист объединяет буквы в слове лишь в одномерный массив (ряд), двумерные матрицы могут быть объединены в трёхмерную матрицу (трёхмерное пространство), а также в массивы с любым произвольным числом измерений. Если лингвист рассматривает лишь буквы, написанные на двумерной поверхности объекта, то он не сможет увидеть всей информации, которую этот объект в себе несёт.

В основе любых видов коммуникации лежит обмен информацией [9], и одним из важнейших условий успешной коммуникации является способность приёмника верно интерпретировать (раскодировать) информацию, полученную от передатчика [10]. У человечества пока нет опыта

установления контактов с внеземными цивилизациями, однако очевидно, что ключевым фактором для успешного общения будет являться понимание принципов кодирования информации, используемых каждой стороной.

Попытки передачи сигналов инопланетным цивилизациям неоднократно предпринимались за последние десятилетия в рамках различных проектов под общим названием METI (англ. «Messaging to Extra-Terrestrial Intelligence» – «отправка сообщений внеземному разуму»). Первым в истории человечества радиопосланием внеземным цивилизациям стало послание, известное как «Послание Мир, Ленин, СССР», отправленное в 1962 г. из Евпаторийского Центра дальней космической связи на Венеру [11]. Однако более [12] является хронологически второе межпланетное послание, отправленное 16 ноября 1974 г. из обсерватории Аресибо в Пуэрто-Рико в направлении шарового звездного скопления M13, находящегося на расстоянии 25000 световых лет от Земли (т.е. это сообщение должно дойти до адресата через 25 тыс. лет). Этот радиосигнал, известный как послание Аресибо, представлял собой 1679 бинарных цифр (1 и 0), с помощью которых была закодирована информация о человечестве и Солнечной системе. Число 1679 было выбрано потому, что оно является произведением двух простых чисел 23 и 73, и поэтому сообщение можно расположить в виде прямоугольника двумя способами – либо вертикально, либо горизонтально. При первом способе получается прямоугольник в виде таблицы бинарных цифр из 73 рядов и 23 колонок – именно в таком виде из единиц и нулей получается нужное схематическое изображение: обозначение чисел от 1 до 10 в бинарном виде, атомные числа различных химических элементов, молекулярные формулы компонент нуклеотидов ДНК, число пар нуклеотидов в геноме человека и форма молекулы ДНК, схематическое изображение человека, обозначение его среднего роста и числа жителей на Земле, изображение Солнечной системы, а также изображение радиотелескопа в Аресибо и размеры передающей антенны. При обратном расположении прямоугольника получалось изображение, не несущее, с точки зрения человека, никакой информации.

Использованные в послании Аресибо методы кодирования информации подвергались критике по целому ряду причин. Во-первых, получатель должен понимать бинарную систему кодирования или, иначе говоря, двоичную систему счисления [13]. Во-вторых, получатель должен быть способен воспринимать эту информацию как изображение или как двумерную информационную матрицу. В-третьих, получатель должен понять, что сообщение нужно

расположить в виде прямоугольника. Это может быть затруднительным для тех, у кого понятие прямоугольника отсутствует, а также в случае, если прямоугольные геометрические формы являются для получателя существенно менее привычными, чем для человека. В-четвёртых, необходимо правильное расположение прямоугольника, поскольку верная информация читается только при его вертикальном расположении. Не говоря уже о том, что для приёма этого послания получатель должен использовать связь на основе электромагнитных волн.

Вопрос о возможной сложности восприятия прямоугольных форм цивилизациями, отличными от человеческой, является не таким надуманным, как может показаться на первый взгляд. Дело в том, что даже в окружающей человека природе прямоугольные формы встречаются довольно редко. Прямоугольные строения – это искусственное изобретение человечества, которому по ряду причин удобно использовать именно прямоугольные формы. Однако, например, для пчёл естественной геометрической основой для строений являются шестиугольники – пчелиные соты имеют шестиугольную форму. Подробное рассмотрение вопроса о том, почему наиболее распространённой формой строений человека стали именно прямоугольники, выходит за рамки данной статьи, отметим лишь, что это связано в том числе с принципом четырёхсторонней ориентации человека в трёхмерном евклидовом пространстве. Таким образом, для тех цивилизаций, которым привычны неевклидовы геометрии, понятие прямоугольника может быть сложным для восприятия. Соответственно, сам принцип кодирования информации на матрице в виде прямоугольника или вообще в виде любых плоскостей может оказаться совершенно непонятным для тех, кто не использует двумерные поверхности или никогда с ними не сталкивался.

Для иллюстрации принципиальных различий между способами кодирования информации в рамках пространств с разным числом измерений рассмотрим системы письменности, которые могут существовать во вселенных с числом пространственных измерений отличным от трёх. Сравним, например, письменность трёхмерного человека с письменностью в двумерном плоском пространстве, т.е. с письменностью, которая могла бы существовать в гипотетической двумерной вселенной.

В отличие от современных систем письменности человека, где в качестве носителя информации обычно выступает двумерная матрица (такой двумерной матрицей является, например, лист бумаги или экран монитора), т.е. для записи информации задействованы два пространственных измерения, а считывание информации осуществляется из тре-

тьего, в двумерной вселенной запись информации должна осуществляться в одномерный массив, а посредством второго измерения будет происходить чтение этой информации. Поэтому все буквы алфавита должны иметь не два измерения, как в человеческой письменности, где у каждой буквы есть, условно говоря, «ширина» и «высота», а должны иметь лишь одно измерение. В такой двумерной вселенной отличать буквы можно, например, по их ширине, поэтому там вполне может быть популярен алфавит типа «точка-тире» как в коде Морзе [14].

Конечно, теоретически двумерные жители могут записывать информацию и в двумерном виде, но это будет для них так же неудобно, как человеку было бы неудобно использовать алфавит из трёхмерных букв, где информация кодируется не в двух, а в трёх пространственных измерениях.

Рассмотрим отличие двумерной буквы от трёхмерной на простом примере. В двумерном алфавите букву «А» можно записать практически на любой поверхности, а в случае трёхмерного алфавита этого сделать нельзя, потому что имеет значение третье измерение буквы, т.е. она представляет собой не плоский двумерный объект, а объёмный трёхмерный. У двумерной буквы имеет значение лишь «лицо», а трёхмерную букву необходимо разглядывать не только спереди, но ещё и со всех других сторон. Например, есть разница между двумерной «А» и трёхмерной «А», у которой проведена черта в третьем измерении, т.е. «в глубину», причём такая черта может быть проведена под разными углами, поэтому, чтобы правильно прочесть трёхмерную букву, трёхмерному человеку нужно будет либо обойти вокруг буквы, либо вращать букву в трёхмерном пространстве вокруг соответствующей оси. Очевидно, что для трёхмерного человека такое чтение будет не очень удобным. То же самое и с жителями двумерной вселенной – теоретически они, конечно, могут использовать двумерную систему записи, но для них это будет сопряжено с определёнными трудностями как при записи, так и при чтении информации.

Необходимо отметить, что распространённые в настоящее время у человека системы письменности характерны не только тем, что запись информации обычно осуществляется на двумерную поверхность, но и тем, что для человека, например, практически нет разницы, какой *цвет* имеет буква.

Очевидно, что посредством глаз человек может визуально воспринимать информацию, как минимум, двух типов: во-первых, он способен видеть *форму* окружающих объектов, а во-вторых, способен видеть их *цвет*. Хотя и в том, и в другом случае человек получает эту информацию в результате восприятия электромагнитного излучения оптиче-

ского диапазона, т.е. видимого света (фотонов [15]), отражённого от наблюдаемого объекта, но это два разных типа информации в том смысле, что форма объекта определяется его геометрией, а цвет возникает как восприятие отраженных электромагнитных волн (каждому цвету соответствует электромагнитное излучение определенной частоты, т.е. с определённой длиной волны [16]).

Таким образом, любая система письменности, основанная на визуальном восприятии письменных знаков, может использовать два типа кодирования информации: посредством *геометрии* и посредством *цвета*. Эти два типа кодирования являются взаимно независимыми и не сводятся друг к другу. Любой письменный знак любого языка может быть представлен не только в виде объекта определённой геометрической конфигурации, но и в виде цвета этого объекта. Как уже отмечалось выше, в распространённых у человека системах письменности используется кодирование письменных знаков посредством некоторого набора точек на двумерной поверхности (эти точки могут образовывать линии, но в основе каждой линии лежит точка, как минимально возможный элемент в рамках евклидовой геометрии), однако использование кодирования в виде цвета не имеет в письменности такого широкого распространения, как кодирование посредством геометрии.

В современных системах письменности выделение текста различными цветами используется, как правило, лишь для того, чтобы выделить какой-то участок текста, например, важная фраза может быть выделена красным цветом, хотя остальной текст написан чёрным цветом на белом фоне. Тем не менее, общий смысл фразы от её выделения цветом не меняется. Цвет букв имеет значение для человека лишь в том плане, что он должен отличаться от цвета поверхности, на которой эта буква написана, иначе человек не сможет её увидеть. Из этого правила есть лишь одно важное исключение – тактильный алфавит, предназначенный для восприятия слепыми людьми. Записи в такой системе письма воспринимаются не визуально, а посредством осязания, поэтому цвет письменных знаков в данном случае может не отличаться от цвета поверхности, однако может иметь значение, вдавленный знак или выпуклый – в этом смысле тактильная система письма является трёхмерной, хотя и в очень примитивном виде.

Надо также отметить, что в прошлом у человека существовали системы письменности, основанные на использовании комбинации трёхмерных объектов и различных цветов. Одним из примеров является узелковое письмо, в котором в качестве носителя информации использовались нити или

верёвки, а кодирование информации осуществлялось посредством узлов, отличавшихся не только формой, но и цветом. В качестве ещё одного примера использования трёхмерных объектов можно привести существовавшее в древности так называемое предметное письмо, в котором передаваемая информация кодируется в виде каких-либо предметов и их взаимного расположения, однако в настоящее время предметное письмо практически не используется.

По своей сути, любая буква или любой другой знак письменной системы – это мини-рисунок. При этом, как уже отмечалось, визуальную информацию можно кодировать не только с помощью различной геометрии мини-рисунков (букв, иероглифов и т.д.), но и с помощью различных цветов этих рисунков, либо вообще одними только цветами, т.е. кодируя информацию только посредством *цветового алфавита*. В таком цветовом алфавите каждая буква будет закодирована своим цветом или комбинацией цветов. Иными словами, с физической точки зрения, каждой букве будет соответствовать электромагнитное излучение с определенной длиной волны.

Тот факт, что у человечества отсутствуют развитые системы письменности на основе использования цветовой кодировки, обусловлен, по всей видимости, несколькими причинами. В качестве одной из основных причин можно в качестве гипотезы рассматривать то, что исторически письменность зародилась на Земле в то время, когда у человека не было технической возможности нарисовать что-либо разноцветное ввиду отсутствия соответствующих инструментов. Конечно, существуют известные образцы наскальной живописи в виде полихромных (многоцветных) изображений, однако очевидно, что возможность рисовать цветные рисунки была лишь у ограниченного числа первобытных людей, владеющих технологиями создания красителей из имевшихся подручных материалов. Любой первобытный человек мог попробовать что-то нарисовать, но далеко не у всех была возможность создать необходимые цвета. В результате развитие письменности пошло по пути мини-рисунков, т.е. кодирования письменных знаков в виде геометрических фигур (линий и точек) на плоскости, без учёта их цвета.

Второй возможной причиной того, что цветовая кодировка не получила широкого распространения в письменности, является тот факт, что человек живёт в цветной Вселенной, где все окружающие человека объекты, как и он сам, обладают всевозможными цветами. Если бы человек использовал цветовую кодировку для обозначения каких-либо букв алфавита, и если бы каждый цвет нёс свой собственный смысл, то это означало бы,

что все окружающие человека объекты живой и неживой природы представляли бы собой носители информации, закодированной в цвете. Например, зелёная листва деревьев означала бы что-то одно, а синее небо – что-то другое. Любой цветной объект в окружающей человека природе являлся бы своего рода сообщением.

Впрочем, необходимо отметить и тот широко известный факт, что в различных культурах разные цвета могут обладать различными семантическими коннотациями, символизируя те или иные понятия и вызывая те или иные ассоциации с различными объектами. В этом смысле такие коннотации можно назвать кодированием информации посредством цвета. Аналогичным образом, в различных культурах могут обладать своими собственными коннотациями различные геометрические фигуры, не сводящиеся к письменным знакам, существующим в рамках данной языковой системы (например, геометрическая фигура в форме креста может иметь ярко выраженное смысловое значение даже для носителей тех языков, в которых письменные знаки в форме креста отсутствуют).

Не исключено, что кто-то из великих художников догадался зашифровать какую-то информацию с помощью цвета на своих картинах, поскольку, например, для такого изобретателя, как Леонардо да Винчи это была бы достаточно очевидная идея. Посредством картины любой художник хочет передать определённую информацию, по аналогии с тем, как это происходит при использовании письменности. Однако, в отличие от существующих пространственных систем письменности, в живописи цвет имеет для кодирования информации существенно более важное значение. Фактически можно сказать, что живопись в её нынешнем виде является развитием пиктографического и идеографического письма – если пиктограммы и идеограммы выражают какие-либо объекты и идеи в виде относительно простых схематических изображений (в том числе и цветных), то в живописи те же самые объекты и идеи могут быть выражены более точно за счёт большей детализации, в том числе и благодаря более полной передаче разнообразных цветов. Таким образом, в живописи цвета обычно используются лишь для того, чтобы как можно точнее передать внешний вид изображенных на картине объектов, и художник не ставит своей целью закодировать какую-то информацию в виде цветового алфавита.

Иначе говоря, цветная картина – это всего лишь двумерная копия изображенных на этой картине объектов, информацию о которых хочет передать художник. Аналогичным образом и фотография является двумерной копией сфотографированных объектов, отображенных на фотографии. Создавать

точные *трёхмерные* копии объектов человек пока не умеет. Поэтому у человека нет и *трёхмерной письменности*. Человек использует лишь двумерную письменность, принципы записи информации в которой основаны на копировании двумерных, одномерных и нульмерных письменных знаков на двумерную поверхность. (Как правило, буквенный алфавит является двумерным, однако в ряде случаев письменные знаки могут представлять собой прямые линии, т.е. одномерные объекты, а также точки, т.е. нульмерные объекты.)

Неспособность человека точно копировать трёхмерные объекты обусловлена тем, что человек не способен видеть их внутреннюю структуру. При визуальном наблюдении человек видит лишь *внешние поверхности* трёхмерных объектов, т.е. видит лишь двумерную внешнюю сторону трёхмерного объекта, но при этом не видит, что находится внутри (это, конечно, относится только к непрозрачным трёхмерным объектам, не пропускающим свет). Неспособность человека видеть внутреннюю структуру трёхмерных объектов обусловлена тем, что свет отражается от их двумерной поверхности и не проходит внутрь. Поскольку человек видит любой объект именно благодаря тому, что от этого объекта отражается свет, то видеть внутреннюю структуру непрозрачных объектов человек не способен. Именно по этой причине все распространённые системы письменности человека основаны на записи письменных знаков на двумерные поверхности – записывать что-либо внутрь трёхмерных объектов и считывать эту информацию визуально человек не умеет. Если человек возьмёт в руки любой трёхмерный объект, например, трёхмерный куб, и решит использовать этот куб в качестве носителя информации, то он может написать что-либо на любой из шести сторон этого куба, т.е. на двумерной внешней поверхности, однако он не сможет ничего написать *внутри* куба. Или, если человек решит использовать в качестве носителя информации трёхмерный объект в форме сферы, то он сможет написать что-либо лишь снаружи этой сферы, т.е. на её внешней поверхности, но не на внутренней. И даже если искусственным образом создать специальную сферу, в которой что-либо будет написано на её внутренней поверхности, то человек не сможет прочесть эту надпись (если только сфера не будет сделана из прозрачного материала, пропускающего свет, например, из стекла).

Таким образом, двумерность существующих у трёхмерного человека систем письменности обусловлена двумя факторами: во-первых, неспособностью человека *записывать* информацию внутрь трёхмерных объектов; а во-вторых, его неспособностью *считывать* информацию изнутри трёхмерных объектов.

Ещё одной связанной с геометрией пространства особенностью различных систем письменности, принятых у современного человека, является то, что в них почти не имеет значения масштаб письменных знаков. Например, надпись буквами высотой 1 сантиметр не будет отличаться по смыслу от такой же надписи, написанной буквами высотой 1 метр. Абсолютный размер букв не имеет для человека почти никакого значения, кроме удобства чтения и записи (слишком маленькие буквы невозможно будет увидеть, а слишком большие могут не поместиться на носителе информации). Однако имеет значение *относительный* размер букв, что выражается, к примеру, в отличии заглавных (прописных или «больших») букв от строчных («маленьких»). Например, написанное с заглавной буквы слово «Земля» в русском языке означает планету Земля, а то же слово, написанное строчными буквами, означает не всю планету, а землю в других смыслах. Во многих языках заглавные буквы также используются как признак начала нового предложения.

Относительное масштабирование текста используется человеком и для придания дополнительной важности выделенным фрагментам текста. Фраза, написанная увеличенным шрифтом, будет более заметна, чем остальной текст, что придаст ей дополнительную важность относительно остального текста. Это обусловлено тем фактом, что из геометрически подобных объектов человек обычно считает важнейшим тот, который имеет наибольший размер. Например, если человеку показать написанные одним цветом одинаковые буквы разных размеров, то он, скорее всего, расставит их в порядке убывания важности от самой большой буквы к самой маленькой. Это же касается и любых других геометрически подобных объектов: кругов, квадратов, треугольников и т.д. Если объекты не будут визуально отличаться ничем, кроме размера, то человек расставит их от большего к меньшему. В основе такой логики лежит восприятие человеком окружающего пространства – большие в пространственном отношении объекты воспринимаются человеком как более значительные, чем меньшие. В рамках евклидовой геометрии больший объект всегда включает в себя меньший, а не наоборот (например, Вселенная включает в себя все остальные объекты, и ни один объект не может включить в себя Вселенную). Это же относится и к репликации земных животных, в том числе и человека – детёныш при рождении всегда меньше своего родителя. Отсюда и восприятие человеком большего по размеру объекта как более значительного, чем такой же, но меньший.

Однако тот факт, что в рамках трёхмерной евклидовой геометрии большие по своим размерам

объекты воспринимаются как более значительные, не означает, что не могут существовать геометрии, в которых это будет уже не так. Поэтому нельзя исключить возможность создания систем письменности, в которых будут иметь значение не только абсолютные или относительные размеры письменных знаков, но и будет существенно иной зависимость важности объекта от его размера, нежели в евклидовой геометрии.

Достаточно очевидно, что даже в рамках известной человеку евклидовой геометрии можно создать систему письменности, в которой смысловое значение слов или отдельных письменных знаков будет связано с их размерами в пространстве. Простейшим вариантом реализации такой системы письменности будет являться *унарный (односимвольный) алфавит*, состоящий из одного письменного знака, смысловое значение которого будет определяться только его геометрическими размерами. Теоретически, таким образом можно создать словарь из любого количества слов, где каждое слово будет представлено в виде одного и того же письменного знака разных размеров. К примеру, если в качестве такого письменного знака рассматривать точку (как минимально возможный графический элемент в рамках евклидовой геометрии), то можно создать полноценный словарь, состоящий из любого числа слов, представленных в виде прямых линий, образованных из точек, и различающихся по длине. Например, линия длиной в 1 миллиметр будет означать одно слово, линия длиной в 2 миллиметра – другое слово и т.д. Таким образом, можно создать словарь из ста тысяч слов, закодированных в виде ста тысяч линий длиной от одного миллиметра до ста метров, т.е. самое короткое слово в такой системе письменности будет представлять собой линию длиной в миллиметр, а самое длинное – линию длиной в сто метров.

В случае использования линий задействовано лишь одно пространственное измерение. Но если использовать не одномерные линии, а двумерные геометрические фигуры, то мы можем взять за основу, например, круг или треугольник (как минимально возможную в рамках евклидовой геометрии замкнутую фигуру, состоящую из прямых линий). Если в качестве односимвольного алфавита использовать круг, то слова будут различаться размерами круга, т.е. его радиусом, длиной окружности или площадью – вычисляя любое из этих значений, мы будем получать значение слова.

Аналогичным образом, можно кодировать информацию в виде треугольников или любых других геометрических фигур на плоскости. Например, приняв в качестве унарного алфавита квадрат, мы можем создать словарь из письменных слов, пред-

ставленных в виде квадратов разных размеров. Площадь квадрата (или длина любой его стороны) будет соответствовать смысловому значению слова, с которым этот квадрат соотносится.

Очевидно, что для человека подобная система письменности может выглядеть сложной для восприятия, однако нельзя исключать того, что для других цивилизаций такая система представления информации будет являться столь же привычной, как для человека – привычные ему системы письменности. Идея использования в качестве слов письменного языка геометрических фигур площадью в сотни квадратных метров может показаться человеку абсурдной и неразумной, однако нельзя исключать того, что другие цивилизации, принципиально отличающиеся от человеческой, могут оперировать принципиально иной логикой, не говоря уже о том, что у них могут быть совершенно иные представления о пространстве, нежели у человека, и поэтому написание слов гигантского по человеческим меркам размера может оказаться для них вполне естественным.

Следующим логическим шагом в развитии идеи о кодировании слов посредством геометрических размеров является переход от двумерных геометрических фигур к трёхмерным объектам. В этом случае в качестве единственной буквы однобуквенного алфавита можно использовать, например, шар, или куб, или любой другой трёхмерный объёмный объект.

Возвращаясь к вопросу о системах письменности в многомерных вселенных с числом пространственных измерений больше трёх, можно высказать предположение, что для четырёхмерных жителей, существующих в рамках вселенной с четырьмя пространственными измерениями, трёхмерный алфавит окажется предпочтительнее двумерного, так же, как для трёхмерного человека двумерный алфавит предпочтительнее одномерного.

Более того, в четырёхмерном пространстве визуальное считывание информации становится возможным не только с *поверхности* трёхмерного объекта, как в трёхмерном евклидовом пространстве, но становится возможным и считывание информации из любой точки *внутри* трёхмерного объекта, т.е. трёхмерная буква представляет собой трёхмерный информационный массив, в котором информация содержится не только на поверхности, но и в каждой точке внутри трёхмерного пространства.

Рассмотрим это на простом примере в виде условной двумерной вселенной, представленной в виде плоскости. Для наглядной иллюстрации возьмём лист бумаги и нарисуем на нём какой-нибудь двумерный объект, например круг. Затем напишем что-нибудь внутри этого круга. Проблема, с которой

столкнутся двумерные жители, будет заключаться в том, что они не смогут увидеть нашу надпись, находясь вне круга. Они будут ходить вокруг нашего круга (или как-то ещё передвигаться, потому что «ходить» в трёхмерном понимании они не способны), но прочитать нашу надпись так, как её можем прочитать мы, они не смогут. Это обусловлено тем, что мы смотрим на круг «сверху», т.е. из третьего измерения, и поэтому мы видим всё, что находится внутри круга, т.е. видим его внутреннюю структуру, видим каждую точку внутри круга. Двумерные жители не могут видеть внутреннюю структуру двумерных объектов, поскольку для того, чтобы её увидеть, нужно смотреть из третьего измерения, которого у них нет.

Из вышеприведенного примера очевидно, что двумерные жители плоской вселенной не могут видеть внутреннюю структуру двумерных объектов, а видят лишь их границы. Точно так же трёхмерный человек не способен (без специальных технических средств) видеть внутреннюю структуру окружающих его трёхмерных объектов, а видит лишь внешние поверхности этих объектов. Однако переход к четвёртому пространственному измерению позволит наблюдать каждую точку внутри трёхмерного объекта так же, как из третьего пространственного измерения мы видим каждую точку внутри двумерного объекта. Иными словами, из четвёртого пространственного измерения можно видеть, например, не только сквозь трёхмерные стены, но и становится возможным видеть внутреннюю структуру самой стены. Таким образом, в рамках четырёхмерного пространства информация может быть представлена в виде трёхмерных информационных массивов, а не двумерных, как это принято в системах письменности человека. В четырёхмерной вселенной становится возможным использование трёхмерного алфавита и трёхмерной письменности, в отличие от двумерного письма, принятого у человека.

Переход к пятимерному пространству позволяет ещё больше усложнить пространственную конфигурацию существующих в такой вселенной объектов. Информация в таком пространстве может быть представлена в виде четырёхмерных массивов, а считывание информации может осуществляться из пятого измерения, аналогично тому, как человек считывает информацию с листа бумаги (двумерной плоскости) из третьего измерения (глядя на лист сверху или с любой другой стороны, в зависимости от ориентации листа бумаги в трёхмерном пространстве).

Очевидно, что увеличение размерности пространства приведёт и к возможности увеличения размерности информационного массива, из которо-

го можно считывать информацию в рамках данного пространства. Однако, надо отметить, что принципиально важной является не только размерность пространства, в рамках которого существует та или иная система записи информации, но также важным является и то, какие физические законы существуют в данной вселенной. Дело в том, что многомерность – это не единственное отличие, которое может быть между человеческой цивилизацией и цивилизациями, существующими в рамках гипотетических многомерных пространств, частью которых является наблюдаемая человеком Вселенная. Не исключено, что в дополнительных измерениях, недоступных для наблюдения человеку, могут существовать принципиально иные физические законы.

Согласно различным физическим теориям [6; 7], предполагающим существование ненаблюдаемых пространственных измерений, главной причиной того, что эти измерения не могут наблюдаться человеком, является то, что известные нам электромагнитные поля (в том числе свет, т.е. электромагнитные волны) не проходят через эти дополнительные измерения, и поэтому мы их не видим и не можем зарегистрировать (все наши детекторы основаны на электромагнетизме). В свою очередь, это может означать, что в этих дополнительных измерениях могут существовать некие неизвестные нам силы, которые действуют лишь в пределах тех пространственных измерений, которые мы не видим. То есть, по аналогии с тем, как наш свет существует только в рамках известных нам трёх измерений, в других измерениях могут существовать другие физические поля или какие-то иные силы неизвестной нам природы.

К тому же, у гипотетических многомерных разумных существ, живущих в рамках многомерного пространства, привычная человеку сенсорная система (органы чувств) должна иметь принципиально иные физические свойства (что достаточно очевидно, учитывая тот факт, что эти существа являются не трёхмерными, как человек, а многомерными). Человек визуально воспринимает письменные знаки посредством электромагнитных волн, отражающихся от носителя письменной информации (листа бумаги, экрана монитора и т.п.) и попадающих на сетчатку глаза. Однако в рамках многомерных пространств электромагнитные волны могут оказаться не единственным переносчиком информации. Следовательно, считывание письменных знаков может происходить какими-то принципиально иными способами, не сводящимися к визуальному восприятию посредством электромагнитных волн. В отличие от используемых человеком способов передачи и приёма информации, основанных на

электромагнетизме (включая визуальное восприятие информации посредством глаз), в других измерениях могут существовать какие-то иные способы переноса информации, а значит и иные

способы чтения этой информации. А это, в свою очередь, повлияет и на используемые методы кодирования информации, в том числе и на применяемые системы письменности.

Список литературы:

1. Мищенко А.С., Фоменко А.Т. Курс дифференциальной геометрии и топологии. М.: МГУ, 1980. 439 с.
2. Палажченко А. История бумажного листа // Наука и жизнь. 2009. № 12. С. 84-88.
3. Киселев А.П. Геометрия (Планиметрия и Стереометрия). М.: Физматлит, 2004. 328 с.
4. Розенфельд Б.А. Неевклидовы геометрии. М.: Гостехиздат, 1955. 744 с.
5. Визгин В.П. Релятивистская теория тяготения (истоки и формирование, 1900-1915). М.: Наука, 1981. 352 с.
6. Арефьева И.Я., Волович И.В. Суперсимметрия: теория Калуцы-Клейна, аномалии, суперструны // Успехи физических наук. 1985. Т. 146. Вып. 8. С. 655-681.
7. Маршаков А.В. Теория струн или теория поля? // Успехи физических наук. 2002. Т. 172. Вып. 9. С. 977-1020.
8. Беллман Р.Э. Введение в теорию матриц. М.: Наука, 1969. 368 с.
9. Коган И.М. Прикладная теория информации. М.: Радио и связь, 1981. 216 с.
10. Хеминг Р.В. Теория кодирования и теория информации. М.: Радио и связь, 1983. 176 с.
11. Очерки истории радиоастрономии в СССР: сборник / Ред. колл. А.Е. Саломонович и др. Киев: Наукова думка, 1985. С. 240.
12. Гиндилис Л.М. SETI: Поиск Внеземного Разума. М.: Физматлит, 2004. 648 с.
13. Фомин С.В. Системы счисления. М.: Наука, 1987. 48 с.
14. Поляков В.Т. Посвящение в радиоэлектронику. М.: Радио и связь, 1988. 41 с.
15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. 8-е изд., стереотип. М.: Физматлит, 2001. 534 с.
16. Гуревич М.М. Цвет и его измерение. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 268 с.

References (transliterated):

1. Mishchenko A.S., Fomenko A.T. Kurs differentsial'noi geometrii i topologii. M.: MGU, 1980. 439 s.
2. Palazhchenko A. Istoriya bumazhnogo lista // Nauka i zhizn'. 2009. № 12. S. 84-88.
3. Kiselev A.P. Geometriya (Planimetriya i Stereometriya). M.: Fizmatlit. 2004. 328 s.
4. Rozenfel'd B.A. Neevklidovy geometrii. M.: Gostekhizdat, 1955. 744 s.
5. Vizgin V.P. Relyativistskaya teoriya tyagoteniya (istoki i formirovanie, 1900-1915). M.: Nauka, 1981. 352 s.
6. Aref'eva I.Ya., Volovich I.V. Supersimmetriya: teoriya Kalutsy-Kleina, anomalii, superstruny // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1985. T. 146. Vyp. 8. S. 655-681.
7. Marshakov A.V. Teoriya strun ili teoriya polya? // Uspekhi fizicheskikh nauk. 2002. T. 172. Vyp. 9. S. 977-1020.
8. Bellman R.E. Vvedenie v teoriyu matrits. M.: Nauka, 1969. 368 s.
9. Kogan I.M. Prikladnaya teoriya informatsii. M.: Radio i svyaz', 1981. 216 s.
10. Kheming R.V. Teoriya kodirovaniya i teoriya informatsii. M.: Radio i svyaz', 1983. 176 s.
11. Ocherki istorii radioastronomii v SSSR: sbornik / Red. koll. A.E. Salomonovich i dr. Kiev: Naukova dumka, 1985. S. 240.
12. Gindilis L.M. SETI: Poisk Vnezemnogo Razuma. M.: Fizmatlit, 2004. 648 s.
13. Fomin S.V. Sistemy schisleniya. M.: Nauka, 1987. 48 s.
14. Polyakov V.T. Posvyashchenie v radioelektroniku. M.: Radio i svyaz', 1988. 41 s.
15. Landau L.D., Lifshits E.M. Teoriya polya. 8-e izd., stereotip. M.: Fizmatlit, 2001. 534 s.
16. Gurevich M.M. Tsvet i ego izmerenie. M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1950. 268 s.