

# НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ  
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 1

Москва 2021

## ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 004.021:577.21:81'322

И.В. Степанян

### Молекулярно-генетические алгоритмы кластеризации данных

*Проводятся два обобщения представленных ранее авторских алгоритмов, основанных на принципах кодирования информации в молекулярной генетике. Первое позволяет учитывать частотные характеристики суб-алфавитных представлений полинуклеотидов, второе – производить обработку произвольных данных, представленных в четверичном коде. Оба обобщения свидетельствуют о значении предлагаемых алгоритмов, которые автор назвал молекулярно-генетическими или ДНК-алгоритмами, подчеркивая их различие с известными генетическими алгоритмами Холландского типа. Приведен пример отображения результатов работы ДНК-алгоритмов в частотной области с визуализацией кластерной структуры информации, что дает возможность проследить достаточно распространенную для ДНК структуру, состоящую из основного кластера и нескольких кластеров-сателлитов. Проанализированы тексты на естественном языке (морфологический и фонетический анализ) с обработкой ДНК-алгоритмами в структурной и частотной областях.*

**Ключевые слова:** молекулярно-генетические алгоритмы, кластеризация, многомерный анализ, большие данные, параметрические пространства, конечная геометрия

DOI: 10.36535/0548-0027-2021-01-1

## ВВЕДЕНИЕ

Биологическое естествознание, благодаря открытию в 1962 г. Д. Уотсона и Ф. Крика в области молекулярной структуры нуклеиновых кислот и определению их роли для передачи сведений в живой материи, получило новые критерии и объекты исследования. Все живые организмы построены в соответствии с информацией, заложенной в молекулярно-генетической последовательности двойной спирали ДНК.

Известны способы геномной обработки сигналов (GSP) [1], которые преобразуют данные ДНК в численные значения, что дает возможность использовать существующие методы цифровой обработки сигналов, включая вейвлет-анализ [2], распознавание образов, сетевое моделирование и теорию связи для анализа генетической информации.

В последние годы появилось новое направление – алгебраическая биология, которая исследует алгебраические системы в биологии и генетическом кодировании. Алгебраические подходы к изучению биологических явлений впервые обосновал и ввел в математическую биологию С.В. Петухов [3-5], развивая подход Ю.Б. Румера [6]. Рассмотрение симметрии молекулярных систем генетического кодирования и других генетических феноменов привели С.В. Петухова к созданию концепции системно-резонансной генетики [7] для изучения генетической информатики, и, в частности, генетических алфавитов с точки зрения математики резонанса и стоячих волн.

В работах [8-10] были представлены алгоритмы компьютерной обработки нуклеотидных последовательностей для выявления и визуализации их упорядоченности в параметрических пространствах. Эти исследования относятся к области когнитивной компьютерной графики и теории цифровой обработки сигналов. В [9, 10] нами введены следующие определения: *генометрия* (генометрия) – научное направление в области молекулярно-биологической семиотики, основанное на применении методов конечной геометрии и представляющее набор подходов к исследованию внутримолекулярных физико-химических

свойств генома в различных параметрических координатных системах и на различных масштабах визуализации; *генометрия* (генометрия) – индивидуальная визуализация физико-химических параметров той или иной конкретной генетической нуклеотидной последовательности (ДНК или РНК), либо ее фрагмента.

В настоящей статье представлены обобщения опубликованных ранее авторских алгоритмов. Это визуализация не только структурных, но и частотных характеристик сигнала, а также способ обработки произвольной информации (не только генетической). Возможность анализа произвольной информации, предварительно представленной в четверичном коде, позволяет отметить значение предлагаемых алгоритмов для биологии и математики. Систему представленных алгоритмов обработки информации автор назвал молекулярно-генетическими или ДНК-алгоритмами, подчеркивая их различие с известными генетическими алгоритмами Холландского типа.

## КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ДНК И РНК

Информация о строении ДНК и РНК кодируется и хранится на компьютерах в виде строк, состоящих из букв фиксированного алфавита, кодирующего нуклеотиды: цитозин (C), тимин (T), урацил (U), аденин (A), гуанин (G) (тимин заменен урацилом при переходе из ДНК в РНК).

Химические формулы пуриновых и пиримидиновых оснований приведены на рис.1 для демонстрации бинарно-оппозиционных свойств их физико-химических параметров, которые заключаются в том, что каждое азотистое основание генетического кода имеет три варианта своего двоичного представления. Эти варианты представлений, названные в [4] бинарными суб-алфавитами, различаются в соответствии с типами бинарно-оппозиционных свойств в наборе азотистых оснований: G = C «3 водородные связи» / A = T «2 водородные связи»; C = T «пиримидины» / A = G «пурины»; A = C «амино» / G = T «кето».

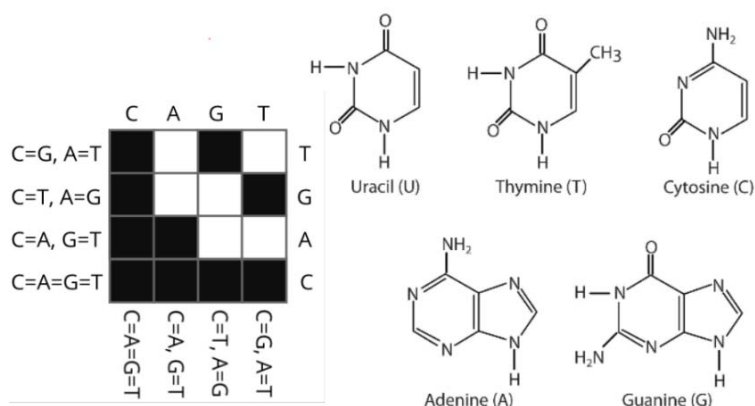


Рис. 1. Кодирование пуриновых и пиримидиновых оснований

Пуриновые основания - Аденин (6-аминопурин), гуанин (2-амино-6-оксопурин), пиримидиновые основания - урацил (2,4-диоксопиримидин), тимин (5-метил-2,4-диоксопиримидин), цитозин (2-оксо-4-амино-пиримидин) показаны справа. Вариант матрицы Адамара, отображающей кодирование нуклеотидных суб-алфавитов и построенной по физико-химическим оппозиционным признакам оснований, показан слева. Затемненные клетки +1, белые клетки -1 (или наоборот в зависимости от способа кодирования).

С учетом дополнительного признака (наличие фосфатного остатка), который не является оппозиционным, система генетических суб-алфавитов может быть представлена в виде матрицы Адамара (см. рис.1 (слева)). Эта матрица представляет набор ортогональных генетических функций Уолша и является симметричной. Матрица Адамара использовалась нами для визуализации длинных нуклеотидных последовательностей в различных параметрических пространствах.

При визуализации использовались только три бинарных суб-алфавита, поэтому максимальное число измерений пространства визуализации равно трём, при этом существует три двумерные проекции. В [8] нами было установлено, что визуализация хаотического сигнала дает хаотический визуальный паттерн без кластерных структур. Результаты проведенных ранее исследований показали, что двумерные генометрические представления обладают наиболее выраженными фрактальными и симметрическими свойствами и позволяют визуализировать генетическую информацию в различном разрешении (при различных масштабах визуализации).

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ

В последние годы интенсивно развивается микроскопия с применением матриц Адамара. Так, авторы [11] сообщают о получении и деконволюции трехмерных изображений со спектральным разрешением в программируемом микроскопе, реализующем систему трансформационно-флуоресцентной спектроскопии Адамара с регулируемым спектральным разрешением. Деконволюция изображения уменьшила количество размытости вне фокуса до восьми раз, что привело к значительному улучшению визуализации хромосомной основы и локализации специфических полигеномических доменов.

Одним из наиболее информативных методов изучения молекулярно-генетических данных является кластерный анализ. В [12] предложен подход к его проведению в отношении последовательностей ДНК, основанный на использовании методов геномной обработки сигналов и алгоритма К-средних. В [13] представлен вероятностный метод кластеризации, вытекающий из иерархической модели кластеризации разреженных данных одноклеточного метилирования ДНК. В [14] содержится усовершенствованная нечеткая вероятностная кластеризация на основе гранулярных вычислений для выбора признаков в качестве этапа предварительной обработки для анализа генетической информации.

Под спектром понимают распределение значений некоторой физической величины (частоты, массы энергии и т.п.). В этом смысле рассматриваемые в настоящей статье алгоритмы соотносятся со спектральной кластеризацией, которая применяется в области машинного обучения при снижении размерности на основе собственных значений матрицы сходства, состоящей из оценок относительной схожести каждой пары точек в данных. В работе [15] представлен метод глубокой спектральной кластеризации на основе дискриминационного встраивания. В [16] предлагаются ультрамасштабируемая спектральная и ультра-

масштабируемая кластеризации, которые имеют почти линейную сложность и способны надежно и эффективно разбивать 10-миллионные нелинейно разделяемые наборы данных на персональных компьютерах с 64 ГБ памяти. Исследовательская работа [17] заключается в сочетании спектральной кластеризации с оптимизацией методом роя частиц, использование которого не требует знания точного градиента оптимизируемой функции для работы с большим объемом текстовых данных.

Для обнаружения и сегментации частичной размытости изображений с дефокусировкой или в движении в [18] предложен метод, основанный на дискретном преобразовании Уолша–Адамара, позволяющий построить карту размытия, которая затем кластеризуется стандартными методами. При использовании неявного параллелизма технологии FPGA для повышения производительности кластеризации в [19] представлен параллельный алгоритм К-средних, названный авторами квантовым. В работе [20] предлагается иерархический адаптивный подход к проектированию чувствительной матрицы однопиксельной камеры, которая разработана таким образом, что кластерные характеристики могут быть извлечены непосредственно из сжатых измерений. Полная карта сегментации получается методом голосования в частичных результатах кластеризации на каждом этапе реконструкции 3D-сцены.

## МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ

### Базовый алгоритм структурной кластеризации нуклеотидных последовательностей

Существует определенное количество вариантов визуализации с учетом различных параметров и, соответственно, в различной размерности параметрических пространств. Опишем эти методы и приведем их обобщения. Моделируются физико-химические параметры последовательностей по трем бинарным суб-алфавитам, закодированным в матрице Адамара (см. рис. 1).

В основе построения масштабно-параметрической модели представления информации для визуализации в координатных пространствах различной мерности и топологии лежит алгоритм:

Шаг 1 – «масштабирование». Последовательность символов из набора  $\{A, G, C, T\}$  или  $\{A, G, C, U\}$ , кодирующих азотистые основания, разделяется на фрагменты равной длины  $N$ , где  $N$  – свободный параметр алгоритма – длина «слова». Полученные фрагменты равной длины назовем  $N$ -мерами или  $N$ -плетами.  $N$ -меры, которые для улучшения качества итогового изображения можно нарезать с наложением друг на друга с единичным сдвигом, отображают нуклеотидный состав молекулы на соответствующем масштабе  $N$ ;

Шаг 2 – «параметризация». С учетом системы генетических бинарных суб-алфавитов (см. рис. 1), последовательность азотистых оснований представлена в виде трех бинарных последовательностей, состоящих из нулей и единиц. Выбор способа кодирования (что считать нулем или единицей) влияет на преобразование симметрии итоговой визуализации. При раз-

личном способе кодирования признаков черным или белым цветом в ячейках матрицы Адамара (см. рис. 1) можно наблюдать симметрические отображения итоговых визуализаций: выбор варианта кодирования нуклеотидов по их физико-химическим признакам влияет на трансформации симметрии итоговой визуализации (поэтому имеет смысл заранее договориться о едином способе кодирования бинарно-оппозиционных признаков, например, так, как показано на матрице рис. 1);

**Шаг 3** – «визуализация». Полученная бинарная запись фрагментов является их представлением в виде трех последовательностей десятичных значений. Преобразование двоичных N-плетов в десятичные числа позволяет отобразить их в выбранной системе координат. Полученные значения задают координаты точек в пространстве параметров (далее – в структурном пространстве визуализации или структурном параметрическом пространстве).

В результате проведенных нами исследований с использованием этого алгоритма в [8-10] было установлено, что нуклеиновые кислоты ДНК имеют наглядные представления, позволяющие визуально оценивать вариативность их физико-химических параметров. Реальные генетические последовательности характеризуются кластерными структурами, часто носящими фрактальный характер. Однако ранее нами не использовались такие важные параметры, как частоты суб-алфавитных представлений нуклео-

тидов для графического отображения. Эти параметры имеют большое значение, они исследовались, в частности, в работе [21] по матричной генетике.

### Алгоритм кластеризации нуклеотидных последовательностей в частотной области

Продemonстрируем частотные закономерности внутри ДНК при кластеризации на основе Волш-функций. Для отображения частот корректировка требуется только на третьем шаге базового алгоритма, где вместо перевода в десятичный код фиксируется частота встречаемости N-плетов в анализируемой последовательности. Полученная бинарная запись фрагментов является представлением этих фрагментов в виде трех последовательностей их частот. Преобразование двоичных N-плетов в их частоты позволяет отобразить эти N-плеты в выбранной системе координат. Полученные значения задают координаты точек в пространстве параметров (далее – в частотном пространстве визуализации или частотном параметрическом пространстве).

### Применение алгоритмов для обработки произвольной информации

Произвольная информация может быть представлена в двоичном виде, а двоичный код возможно перевести в четверичный («генетический»). Например, применив правило 00=A, 01=G, 10=C, 11=T, получим кодирующую последовательность символов, аналогичную по структуре молекулярно-генетической.

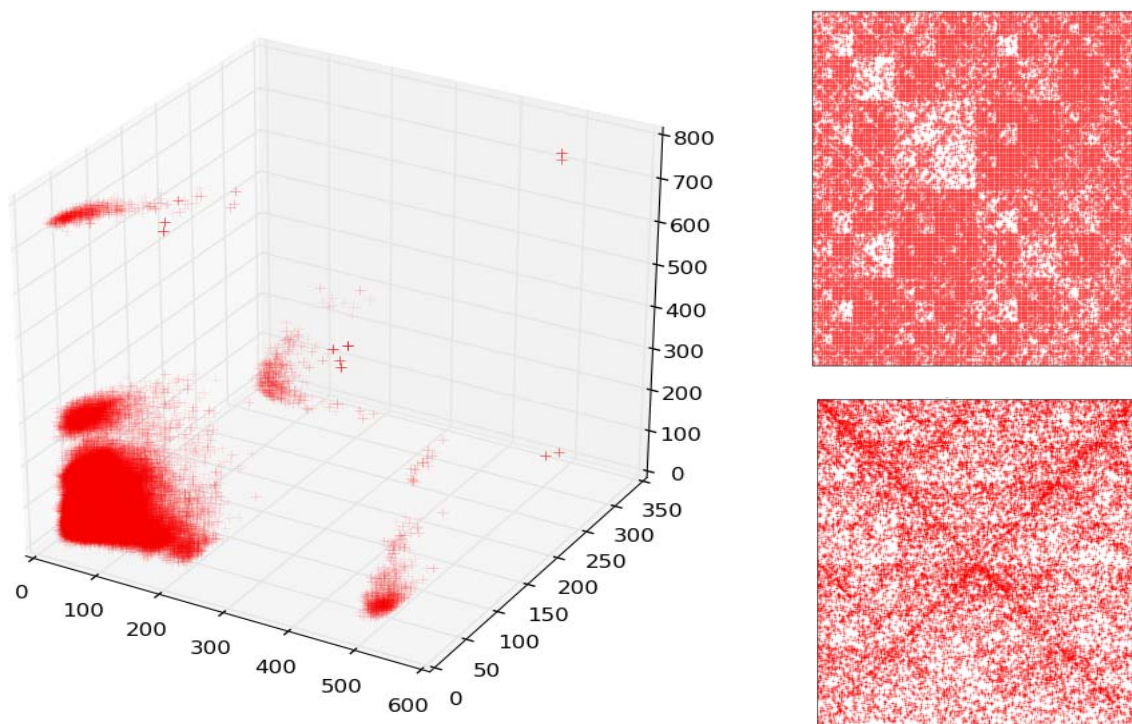


Рис. 2. Структурная и частотная кластеризация генетической информации

Трехмерная визуализация частот 12-меров ДНК *Alligator sinensis* по каждому из трех суб-алфавитов (слева). Двумерное структурное представление нуклеотидного состава генома бактерии *Ralstonia eutropha*, N=8 (справа вверху). Двумерное структурное представление нуклеотидного состава генома митохондрии растения резуховидка (резушка) таля (лат. *Arabidopsis thaliana*), N=20 (справа внизу).

Осям соответствуют частотные (справа) и десятичные (слева) представления двоичного кодирования каждого N-плета.

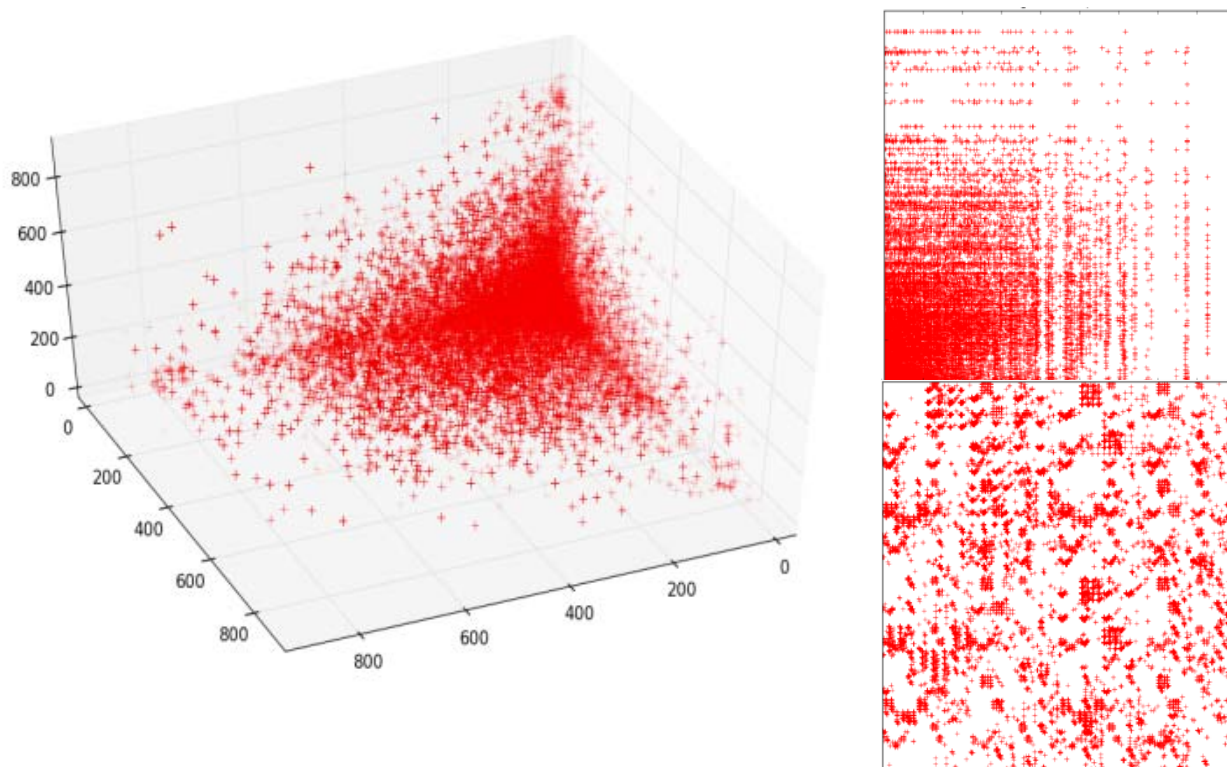


Рис. 3. Визуализация бинарного представления текста Библии на русском языке

Трехмерное представление частотной кластеризации (слева), одна из проекций частотного представления (справа сверху) одна их проекций структурного представления (справа внизу).

Для такой символической последовательности применимы методы визуализации нуклеотидного состава. Выбор способа кодирования информации при переходе от двоичного представления к четверичному влияет на итоговый результат. Поэтому при решении различных классов задач должен быть определен и обоснован способ кодирования информации. В настоящей работе продемонстрирован принцип, который может быть адаптирован для решения конкретных практических задач.

Приведенные алгоритмы легли в основу соответствующего программного инструментария, который был разработан автором для получения изображений на рис. 2 и 3.

### ПРИМЕРЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

В базовом варианте алгоритма для трехмерной структурной кластеризации набор трех основных бинарно-оппозиционных признаков может быть сопоставлен с ортогональными осями трехмерной декартовой системы координат. Полученные таким образом представления нуклеиновых кислот дают фигуру, являющую подмножеством дискретного трехмерного симплекса Серпинского, которое определяется присутствующими N-плетами исходной последовательности и, соответственно, точками этого симплекса.

Двумерные проекции этого симплекса, как правило, обладают выраженными фрактальными свойствами, отражающими индивидуальные особеннос-

ти нуклеотидного состава генома того или иного организма или вируса (пример двух проекций приведен на рис. 2 справа). Они являются удобными инструментами визуализации и содержат информацию о структуре ДНК/РНК с учетом той или иной пары физико-химических признаков нуклеотидов, закодированных генетической матрицей Адамара. Таким образом, анализ двумерных отображений, полученных на основе ДНК-алгоритма, позволяет выявить особенности строения хромосом различных видов организмов (бактерий, грибов, растений, позвоночных и т.д.). При этом в ДНК некоторых видов организмов обнаруживается некоторый «шаблонный» нуклеотидный состав.

Следует отметить, что визуализация нуклеиновых кислот в двумерных пространствах в ряде случаев характеризуется стабильностью к зашумлениям в исходных данных. Этот эффект демонстрирует надежность и помехоустойчивость в генетических системах.

Пример визуализации результатов ДНК-алгоритмов в частотной области приведен на рис. 2 слева. Трехмерная визуализация позволяет выявить четкую кластерную структуру, состоящую из основного мультикластера и нескольких кластеров-сателлитов. В ДНК живых организмов такая организация с кластерами-сателлитами, по-видимому, является распространенной картиной, при этом размеры и формы кластеров частот N-меров ДНК могут варьироваться у каждого организма. Это связано с распределением частотных характеристик N-меров по бинарным суб-алфавитам (осям

пространства визуализации). Отметим, что три двумерные проекции трехмерного частотного представления дают картину без четкой фрактальной структуры, что наблюдалось на всех проанализированных нами ДНК различных организмов (более 50 организмов).

В результате проведенных экспериментов было установлено, что трехмерная визуализация частотного представления бинарных суб-алфавитов отображает их кластерную структуру в реальных генетических последовательностях. В связи с этим, такой вариант визуализации может рассматриваться как алгоритм кластеризации генетической информации.

Сохранится ли принцип кластеризации при визуализации произвольной информации, представленной в текстовой форме? Да, при визуализации больших текстовых данных, которые были нами предварительно перекодированы в четверичный код, также происходит кластеризация – как в структурном (базовый алгоритм), так и в частотном (модифицированный алгоритм) представлениях. Этот вид кластеризации можно считать естественным, поскольку нигде специально не закладывается мера близости. Она следует из семантики информации и герметизируется в пространстве двоично-ортогональных генетических функций Уолша (по бинарным суб-алфавитам).

Отметим, что при переводе в четверичный код возможны различные варианты кодирования, которые могут быть направлены на выявление определенных свойств информации (частоты, фазы, амплитуды, морфологический, фонетический состав слов и т.п.).

Результат визуализации текста на естественном языке, который был перекодирован в вид нуклеотидной последовательности (тетра-представление), приведен на рис. 3. Анализировалось представление полного текста Библии на русском языке. Видна кластерная структура в трехмерном частотном представлении (рис. 3 слева), которая существенно отличается от частотного представления ДНК реального живого организма: кластеры-сателлиты полностью отсутствуют либо очень слабо выражены. Одна из двумерных проекций частотного представления (рис. 3 справа сверху) не обнаруживает фрактальной упорядоченности, свойственной структурному представлению базового алгоритма. В то же время структурная визуализация по базовому алгоритму позволяет выявить достаточно четкую фракталоподобную структуру (рис. 3 справа внизу).

Отметим, что чем ниже энтропия анализируемого сигнала, тем четче видна кластерная структура в частотных и структурных представлениях. В этом смысле применение представленного алгоритма, особенно в частотной области, можно рассматривать как «естественную» кластеризацию. При этом, как правило, для частотной кластеризации наиболее информативным является трехмерное представление, а для структурной – двумерные проекции.

Из изложенного следует, что предлагаемая в нашей работе методология естественной кластеризации информации способствует упрощению визуального восприятия и дает возможность анализа, сравнения и обобщения генетических текстов (и любой произ-

вольной текстовой информации после ее перевода в четверичный код, соответствующий нуклеотидному алфавиту). Перечислим некоторые свойства ДНК-кластеризации.

- Многомасштабность – возможность кластеризации с различными вариантами свободного параметра – масштабирующего коэффициента  $N$  с сохранением внутренней структуры отображения за счет фрактальных свойств нуклеотидного состава ДНК. Выбор коэффициента  $N$  позволяет «настраивать резкость» визуализации в различных вариантах алгоритма.

- Многомерность – в базовом алгоритме и приведенном частотном расширении максимальное число измерений равно трем.

- Помехоустойчивость – экспериментально установлена высокая помехоустойчивость кластеризации к прорываниям, зашумлениям и реверсам фрагментов исходной последовательности.

- Естественность – кластеризация информации в параметрических пространствах (как по частотам, так и по внутренней структуре генометрических отображений) позволяет обнаружить упорядоченную структуру сигнала с применением функций Уолша. При этом не задаются параметры расстояний, как это делается в обычных алгоритмах кластеризации.

- Упорядоченность – характер отображений можно связать с уровнем энтропии анализируемой последовательности (сигнала) исходя из эвристики, что шум дает хаотический визуальный паттерн.

- Симметричность – как правило, результаты кластеризации характеризуются симметриями. На рис. 2. хорошо видны кластеры-сателлиты, окружающие, подобно зеркальным отражениям, основной кластер, который, в свою очередь, также имеет симметричную структуру.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований подтверждают целесообразность использования предложенных методов для поиска визуализации особенностей наборов данных ДНК и Больших Данных в целом. В частности, представленные ДНК-алгоритмы позволяют строить отображения, относящиеся к объектам дискретной геометрии в пространствах двоично-ортогональных функций Уолша и оценивать виды соотношений между присутствующими и отсутствующими  $N$ -мерами в геномах различных организмов и вирусов. Преимуществом представленной группы методов является «естественная» кластеризация, часто носящая фрактальный характер при анализе сигналов, несущих информацию. Однако функциональное значение каждого частотного кластера требует дополнительных исследований.

Построенные отображения могут рассматриваться как вариант графического представления информации: если энтропия находится на низком уровне, то при визуализации становятся отчетливо видны кластерные и фрактальные структуры. Если энтропия высокая, то преобладают хаотические паттерны. Случайный сигнал дает хаотическую структуру. Это

особенно хорошо работает при визуализации правил Чаргаффа [22], отображающих симметрии в нуклеотидном составе хромосом. В результате становятся различимыми и эргономичными для восприятия так называемые «гипотетические языки программирования генетического кодирования» разных видов живых организмов, что является перспективным научным направлением, поскольку позволяет фиксировать различия в особенностях ДНК и их отдельных фрагментов, упрощая их восприятие и изучение.

Для обобщения ДНК-алгоритмов можно применять различные комбинации структурных и частотных параметров для визуализации в смежных частотно-структурных пространствах. Варианты обобщения представленного класса ДНК-алгоритмов с проекциями в другие параметрические пространства и с другими видами параметризации, а также на основе систем функций Уолша, построенных на других генетических суб-алфавитах, приведены в наших работах [9, 10].

Для последующего обобщения изложенной концепции можно применить различные варианты анализа информации произвольными матрицами Адамара. Максимальная размерность в таких пространствах будет равна  $k-1$ , где  $K$  – размерность матрицы Адамара (строка, полностью заполненная единицами, – «кайма матрицы Адамара» – исключается). Такие отображения можно назвать метагенометрическими. Для интерпретации результатов анализа на основе метагенометрических отображений необходимо обоснование применения той или иной системы функций Уолша (в изложенных нами алгоритмах – это оппозиционные физико-химические признаки нуклеотидов).

Представленный в статье класс ДНК-алгоритмов кластеризации на основе ортогональных функций Уолша открывает перспективы для создания новых методов и инструментальных средств визуализации и сравнительного анализа информации в генетике, при работе с Большими Данными, текстами на различных языках, музыкальными произведениями и др. В задачах биомеханики и хронобиологии масштабный коэффициент, применяемый к измеренным данным (например, кардиомеханическим) может быть привязан к естественным циклам живых систем (сердечные, дыхательные циркадные ритмы и др.).

Задачей для развития молекулярно-генетических алгоритмов, основанных на изложенном в статье подходе, является поиск суб-алфавитных систем в генетическом кодировании и обобщение молекулярно-генетических алгоритмов на интерпретируемые системы ортогональных функций Уолша для визуализации и кластерного анализа структурного и частотного представления текстовых данных и сигналов произвольной природы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Shmulevich I., Dougherty E.R. Genomic signal processing. – Princeton: Princeton University Press, 2014. – Т. 50. – 288 p.
- Weighill D. et al. Wavelet-based genomic signal processing for centromere identification and hypothesis generation // *Frontiers in genetics*. – 2019. – Т. 10. – P. 487.
- Petoukhov S.V. Genetic coding and united-hypercomplex systems in the models of algebraic biology // *Biosystems*. – 2017. – Vol. 158. – P. 31-46.
- Petoukhov S.V., He M. Symmetrical Analysis Techniques for Genetic Systems and Bioinformatics: Advanced Patterns and Applications. – Hershey: IGI Global, 2010. – 271 p.
- Petukhov S.V. Hypercomplex numbers and the algebraic system of genetic alphabets // *Hypercomplex numbers in geometry and physics*. – 2011. – Vol. 8, № 2(16). – P. 118-138.
- Rumer Yu.B. Systematization of codons in the genetic code // *Reports of the ANSSSR*. – 1968. – Vol. 183, № 1. – P. 225-226.
- Petoukhov S.V. Symmetries of the genetic code, Walsh functions and the theory of genetic logical holography // *Symmetry Cult. Sci.* – 2016. – Vol. 27. – P. 95-98.
- Stepanyan I.V., Petoukhov S.V. The matrix method of representation, analysis and classification of long genetic sequences // *Information*. – 2017. – Т. 8, № 1. – P. 12.
- Stepanyan I.V. A multiscale model of nucleic acid imaging // *Scientific Visualization*. – 2020 – Vol. 12(3). – P. 61-78. DOI: 10.26583/sv.12.3.06
- Степанян И.В. Биоматематическая система методов описания нуклеиновых кислот // *Компьютерные исследования и моделирование*. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 417–434. DOI: 10.20537/2076-7633-2020-12-2-417-434
- Zebari D. A. et al. Multi-level of DNA encryption technique based on DNA arithmetic and biological operations // *2018 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE)*. – Duhok: IEEE, 2018. – P. 312-317.
- Mendizabal-Ruiz G. et al. Genomic signal processing for DNA sequence clustering // *PeerJ*. – 2018. – Vol. 6. – P. E4264.
- Souza C.P.E. et al. Epiclomal: probabilistic clustering of sparse single-cell DNA methylation data // *bioRxiv*. – 2018. – P. 414482.
- Truong H.Q., Ngo L.T., Pedrycz W. Granular fuzzy possibilistic C-means clustering approach to DNA microarray problem // *Knowledge-Based Systems*. – 2017. – Vol. 133. – P. 53-65.
- Scott T.C., Therani M., Wang X. Data Clustering with Quantum Mechanics // *Mathematics*. – 2017. – Vol. 5, № 1. – С. 1–17. DOI:10.3390/math5010005
- Huang D., Wang C.D., Wu J.S., Lai J.H., Kwok C.K. Ultra-scalable spectral clustering and ensemble clustering // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. – 2019. – № 32(6). – P. 1212-1226.

17. Janani R., Vijayarani S. Text document clustering using spectral clustering algorithm with particle swarm optimization // *Expert Systems with Applications*. – 2019. – Vol. 134. – P. 192-200.
18. Wang X. et al. Fast detection and segmentation of partial image blur based on discrete Walsh–Hadamard transform // *Signal Processing: Image Communication*. – 2019. – Vol. 70. – P. 47-56.
19. Bonny T., Haq A. Emulation of high-performance correlation-based quantum clustering algorithm for two-dimensional data on FPGA // *Quantum Information Processing*. – 2020. – Vol. 19, №. 6. – P. 179. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11128-020-02683-9>
20. Hinojosa C. et al. Single-Pixel Camera Sensing Matrix Design for Hierarchical Compressed Spectral Clustering // *2019 IEEE 29th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)*. – Pittsburgh: IEEE, 2019. – P. 1-6.
21. Петухов С. В. Концепция резонансов в генетике // *Биомашсистемы*. – 2018. – № 2(4). – С. 169-221.
22. Chargaff E., Lipshitz R., Green C. Composition of the deoxyribose nucleic acids of four genera of sea-urchin // *The Journal of Biological Chemistry*. – № 195 (1). – P. 155–160.

*Материал поступил в редакцию 10.11.20.*

#### **Сведения об авторе**

**СТЕПАНЯН Иван Викторович** – доктор биологических наук, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории исследований биомеханических систем Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН), Москва.  
e-mail: neurocomp.pro@gmail.com



## Технико-технологические аспекты формирования интернет-телевидения в условиях опережающего развития информационно-коммуникационных технологий

*Рассматривается технико-технологическая проблематика, влияющая на формирование интернет-телевидения в контексте опережающего развития информационно-коммуникационных технологий. Выполнен обзорно-аналитический анализ современного технико-технологического состояния интернет-телевидения, учитывающий современные реалии развития информационно-коммуникационных технологий. Исследована техническая проблематика учёта пользователей интернет-телевидения для составления объективной и прозрачной статистики, направленной на его совершенствование и устойчивое технологическое развитие. Продемонстрированы тенденции совершенствования интернет-телевидения за счёт ускоряющегося развития информационно-коммуникационных технологий. Показаны технические возможности и области применения интернет-телевидения как особой платформы реализации контента. Систематизированы технико-технологические инструменты, позволяющие реализовывать потенциальные возможности интернет-телевидения. Упорядочены основные технологические изменения, влияющие на объективные факторы развития интернет-телевидения.*

**Ключевые слова:** интернет-телевидение, информационно-коммуникационные технологии, телекоммуникации, Интернет, сетевые протоколы, форматы передачи видеоданных, технико-технологические факторы, интернет-трансляции, видео отложенного времени, IP-телевидение, мультикастинг, медиапланирование

DOI: 10.36535/0548-0027-2021-01-2

### ВВЕДЕНИЕ

Благодаря активному развитию информационно-коммуникационных технологий, базирующихся, прежде всего, на интеллектуальных ресурсах и передовых достижениях в области компьютерных наук и вычислительной техники современные средства массовой информации (СМИ) в XXI в. преодолевают первый порог конвергенции, связанный с общим технико-технологическим преобразованием их функционала и открывающимися перед ними инновационными возможностями по реализации контента. Это ставит под сомнение традиционно сложившуюся структуру СМИ, видоизменяет её и во многом влияет на технику подачи информации, а также на её восприятие реципиентами. В первую очередь, подобные процессы происходят именно по технико-технологическим причинам. Активное внедрение и продвижение глобальной информационно-коммуникационной сети Интернет (одного из основных продуктов информационно-коммуникационных технологий

(ИКТ)) на рынок телекоммуникационных услуг позволяет говорить о новых технологиях, базирующихся на инфраструктурном каркасе Интернета. В области телекоммуникаций такой технологией является телевидение. За последние два десятилетия традиционное (эфирное) телевидение технологически претерпело большое количество изменений: способов реализации контента; технологического качества<sup>а</sup> транслируемого контента; дизайна оформления кадра при реализации контента; технической базы для создания видеоконтента; условий работы над потенциальными проектами и производными видеопродуктами; географии вещания и его качества за счёт

а) Под изменением технологического качества транслируемого контента подразумевается адаптивность ретранслируемого сигнала к современным веб-формам, это обстоятельство является признаком одного из трёх главных компонентов электронных услуг (E-services) — предоставления (поставки) услуг (service delivery).

взаимодействия с ИКТ (включающими геоинформационные технологии); услуг по интерактивности и релевантности транслируемого контента; визуальной идентификации систем управления транслируемым контентом (интерфейсно-ориентированные системы).

Всё это, так или иначе, связывает технические изменения с передовыми достижениями в компьютерной отрасли.

Провести полный технологический анализ для оценки изменения всех ключевых компонентов, способствующих технико-технологическому формированию, в формате одной научной статьи будет затруднительно. Поэтому нами предпринята попытка комплексного анализа вышеперечисленных пунктов. Следует отметить, что сегодня научная периодика, освещающая данную тематику и отражающая смежные с ней проблемные области в основном при анализе конвергентности СМИ, придерживается прежде всего гуманитарного подхода (за исключением культурологических научных исследований)<sup>1\*</sup> и в гораздо меньшей степени технико-технологического. В этой связи, по нашему мнению, может быть нарушена последовательность изучения (и впоследствии когнитивность<sup>b)</sup> проблем, связанных с пониманием информационных процессов, а также установление логических взаимосвязей явлений и изучаемых феноменов. Техничко-технологическое обоснование важно в условиях развития цифровой экономики и возникающей с её внедрением терминологической неопределённости<sup>c</sup>. Электронные СМИ как структурный элемент цифровой экономики являются, с одной стороны, одним из основных инструментов её технологического продвижения<sup>2</sup>, а с другой стороны — проводником различных гуманитарных ценностей<sup>3</sup> (включая образование, культуру, науку и т.д.).

Недопонимание технологических процессов формирования СМИ в условиях цифровой экономики, опирающейся на информационно-коммуникационные технологии, влечёт за собой искажение гуманитарных ценностей, что придаёт актуальность анализируемой нами теме. Наверное сегодня уже не требуется каких-то весомых аргументов в пользу того, что главное звено в системе СМИ — это телевидение. Именно поэтому происходящие информационные процессы внутри цифровой экономики и производные от них технологические изменения необходимо рассматривать сквозь призму компьютерных наук и ИКТ, а также находящихся в прямой взаимосвязи с ними (зависящих от них) технологий, распространяющихся на одной из основных стратегически важных инфраструктурных площадок — сети Интернет.

В отличие от других телекоммуникационных технологий Интернет имеет усложнённую специфику, которая обладает собственными закономерностями, значительно отличающимися его от традиционных видов телекоммуникаций. Усложнённая специфика Интернета заключается в совокупности технико-технологического арсенала, используемого как вспомогательный инструмент для построения различных проектов внутри сети и развёртывания критически важной сетевой инфраструктуры для поддержания устойчивой работы необходимых интернет-служб, а также гуманитарного арсенала, касающегося прежде всего, человеческих интеллектуальных ресурсов, определяющих вектор развития данной технологии. Технологические вехи развития Интернета определяются концепциями (WWW/World Wide Web). Поэтому все прикладные технологии, имеющие техническую специфику (протоколы, управление пакетной передачей данных и т.д.) и гуманитарную специфику (аналитика данных, продвижение стартапов), развивающуюся на площадке Интернета, можно считать интернет-технологиями.

Интернет-технологии и интернет-телевидение активно взаимодействуют с информационно-коммуникационными технологиями, компьютерными науками, цивилизационно обеспечивая их инновационно-ориентированное развитие. Помимо этого, важно отметить, что рост подписок на стационарный широкополосный Интернет в мире и в передовых странах постоянно увеличивается (рис. 1), и вполне естественно, что эта позитивная динамика значительно расширяет возможности по эксплуатации интернет-телевидения.

Вполне естественно и очевидно, что телевидение, проходя через разные исторические этапы технико-технологического развития, постоянно видоизменялось. Это и внедрение прямых спутниковых технологий, влекущих эволюционную смену аналогового формата на цифровой, и постоянное совершенствование графического дизайна кадра, совершенствование системы обратной связи (введение расшифровщиков DTMF-сигнала<sup>4</sup>) и многие другие нововведения. Отдельно следует отметить введение технологии компьютерного аудиосинтеза, применяемого при сопровождении цифрового ряда аудиоданных, кодируемых вместе с видеодорожками, открывающего большие возможности для зрителей телевизионных передач. Прежде всего, такие возможности<sup>d</sup> позволяют искусственно переводить (в голосовом режиме) интерфейс программы просмотра передач, способствовать интеллектуальной коммуникации при выборе контента (спутниковое телевидение).

**\* Все пояснения приведены в Приложении**

b) Когнитивность — (познание, изучение) свойство человека к переработке и умственному (качество) восприятию информации.

c) В связи с внедрением различных компьютерных технологий, облегчающих условия жизни и способствующих совершенствованию культуры потребления, возникает довольно большое количество терминов, требующих уточнения, разъяснения и разграничения понятий.

d) Более подробно с природой компьютерного аудиосинтеза и прикладными его проявлениями можно познакомиться в статье Тарана В.В. «Компьютерный аудиосинтез штатными средствами Audacity® с возможностью имитационного дизайн-моделирования на языке Nyquist» В журнале: Современная наука актуальные проблемы теории и практики / Серия естественные и технические науки // Информатика, вычислительная техника и управление. — 2020. — №1. — С.115-129. [ISSN 2223-2966].

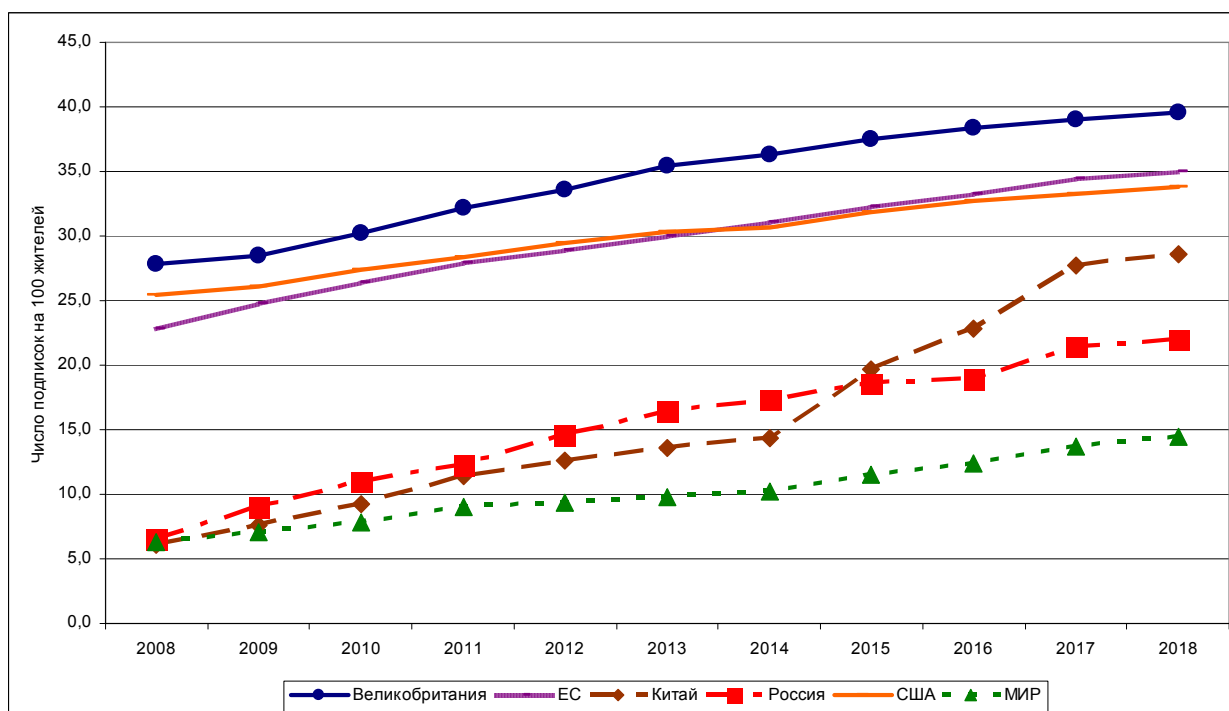


Рис. 1. Число подписок на стационарный широкополосный Интернет, приходящихся на 100 жителей в мире и в ведущих странах и регионах

**Составлено:** Таран В.В., кандидат культурологии

**Источники:**

1. The World Bank. Data. Fixed broadband subscriptions (per 100 people). World Bank Group. — 2019. — URL: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.BBND.P2?view=chart>
2. World Telecommunication / ICT Indicators Database. — ITU. — 2020. — URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>

Традиционное телевидение начало обретать новую жизнь с появлением такого широкомасштабного технологического явления как Интернет. Все технологические нововведения прошлого стало возможным объединить на одной технологической площадке будущего, интегрируя и приращая ещё более новые технологии и стремительно развивающиеся инновационные решения. С большой уверенностью можно утверждать, что интернет-телевидение на сегодняшний день (и скорее всего в обозримой перспективе) — это конечная стадия технологического видоизменения традиционного телевидения, и поэтому все дальнейшие наиболее значительные инновационные трансформации мы будем рассматривать как изменения формообразования интернет-телевидения<sup>5</sup>. Само интернет-телевидение неоднородно, в первую очередь, по техническим причинам. Телевидение, развивающееся в Интернете, опирается на различные виды интернет-протоколов, способствующих распространению его сигнала, и приспосабливается к инфраструктурным условиям сети. Именно поэтому интернет-телевидение нельзя рассматривать как единый механизм трансляции видеоданных.

Интернет-телевидение – это форма передачи видеоданных, использующая различный технический арсенал, основанный на использовании как коммерческого, так и некоммерческого программного обеспечения. Благодаря своей мобильности интернет-

телевидение имеет серьёзный потенциал для расширения каналов реализации культурных ценностей, что будет иметь благотворное влияние на развитие отечественной образовательной системы. Поэтому интернет-телевидение и его технико-технологическое формирование мы будем рассматривать комплексно в связке с достижениями компьютерных наук, вычислительной техники и информационно-коммуникационных технологий.

**ИНФРАСТРУКТУРНАЯ СРЕДА ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

Для формирования интернет-телевидения в технологическом плане огромное значение имеет среда его развития, и поскольку оно подпадает под определение интернет-технологий основной его технико-функциональной базой служит Интернет. Сигнал современного Интернета транслируется различными способами и использует для своего распространения различные проводные и беспроводные технологии. В последнее время в мире активно обсуждаются возможности новой технологии 5G<sup>6</sup>, которая имеет существенные преимущества и выводит интернет-инфраструктуру на новый технологический уровень. В связи с этим в США к 2025 г. прогнозируется существенный рост интернет-соединений данного типа (рис. 2).

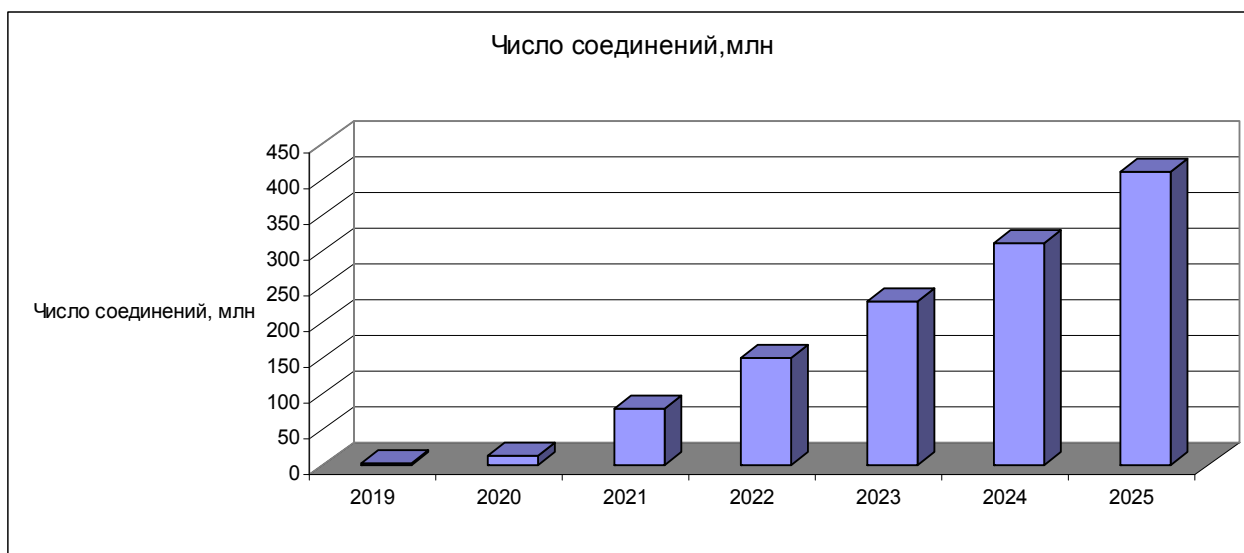


Рис. 2. Прогноз роста соединений 5G в США (составлен не позднее 2018 г.).

**Составлено:** Таран В.В., кандидат культурологии

**Источники:** (FierceWireless; CCS Insight, 2018) Internet Statistics, Trends & Data. DailyWireless.-2019. — <https://www.dailywireless.org/internet/usage-statistics/>

Архитектура сети Интернет за последние годы претерпела различные видоизменения, затрагивающие практически все социально-значимые интернет-сервисы. В первую очередь, это повышение уровня сетевой безопасности пользователей интернет-ресурсов (системы шифрования данных, усовершенствование алгоритмов распознавания данных и т.п.), чему уделяется огромное внимание в связи с приобретением ими не только информационных, но и коммуникационных функций. Видоизменение сетевой архитектуры Интернета не обходит стороной и общую программно-аппаратную базу, учитывающую современные запросы пользователей и своевременный рост количества данных. Открываются более оснащённые дата-центры, разрабатываются автономные алгоритмы замкнутого цикла, способствующие более быстрому вычислению, проектируются процессоры повышенной мощности, содействующие более оперативному решению задач, транслируемых программным обеспечением, налаживаются автоматизированные системы контроля и отладки программно-сетевых ошибок, возникающих при передаче различных типов данных в сети (что вскоре позволит уйти от проверки контрольных сумм образов, передаваемых данных). Активно развиваются и алгоритмы удалённой обработки данных, оказывающие помощь более фундаментальному анализу ошибок пользователей, коммуницирующих в сети. На данном технологическом этапе развития сети это соответствует некоторым представлениям о самосовершенствующихся системах. Естественно, в таких условиях интернет-телевидение как интернет-технология обязано реагировать на целый комплекс технологических изменений, соответствующих времени.

Интернет-телевидение сегодня как форма передачи данных подразделяется на два основных вида –

ретрансляционное и самоформирующееся<sup>е</sup>. Ретрансляционная форма интернет-телевидения является наиболее распространённой технологией передачи контента в сети, особенно в странах постсоветского пространства. А самоформирующееся интернет-телевидение это наиболее редкая форма передачи данных, первоначально получившая распространение преимущественно в западных странах, в частности, в Великобритании и США, где, например доля самоформирующегося интернет-телевидения напрямую зависит от взрослого населения, использующего Интернет в зависимости от места проживания.

Больше всего взрослого населения США активно используют интернет-соединение в условиях городских территорий (рис. 3). Именно поэтому спрос на медиа-контент в городах гораздо выше, чем в сельских территориях. Самоформирующееся интернет-телевидение существенно зависит от городской инфраструктуры. Базовой разграничительной линией для этих двух типов интернет-телевидения выступают экономические факторы. Самоформирующийся вид интернет-телевидения является более затратным делом, нежели прямая ретрансляция видеопотока в сеть. Для воспроизведения данного самоформирующегося вида в профессиональном плане потребуется большое количество ресурсов как технических, так и людских. Естественно, что воспроизведение подобных условий трансляции влечёт за собой серьёзные экономические расчёты и сбалансированную политику медиапланирования.

е) Подробнее о сущности самоформирующегося и ретрансляционного интернет-телевидения читайте также Таран В.В. Культурологический анализ интернет-телевидения в контексте развития информационно-коммуникационных технологий: дис. ... канд. культурологии: 24.00.01. – М., 2015. – 207 с. [Рос. акад. нар. хоз-ва и гос. службы при Президенте РФ].

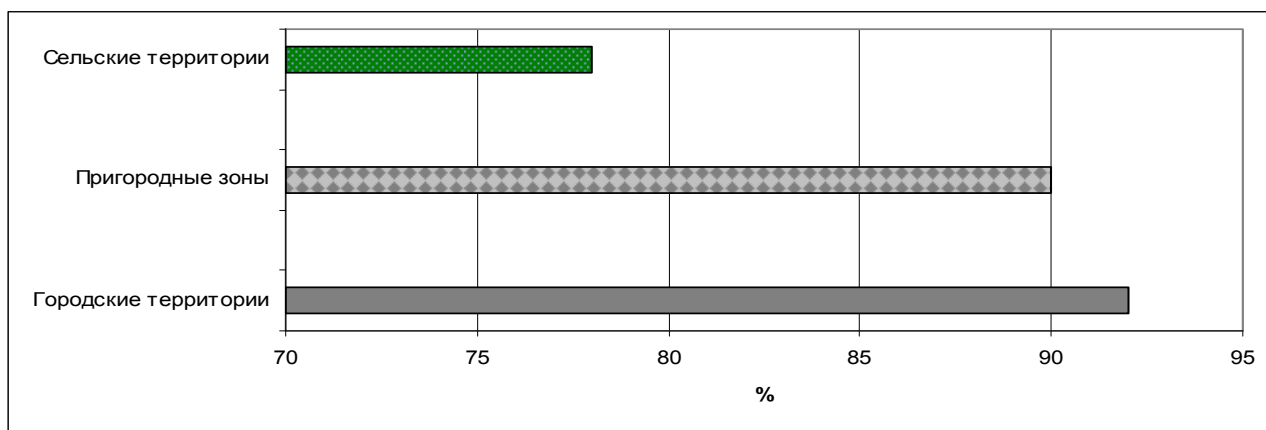


Рис. 3. Доля взрослого населения США, пользующегося Интернетом в зависимости от места проживания (Данные 2018 г. Показатели – число пользователей Интернета взрослого населения США (18+) относительно всего населения страны)

**Составлено:** Таран В. В., кандидат культурологии

**Источники:** (Pew Research Center) Internet Statistics, Trends & Data. DailyWireless. – 2019. — <https://www.dailywireless.org/internet/usage-statistics/>

Интернет-телевидение может принимать и гибридную форму в зависимости от организации трансляции. Например, интернет-телевидение может служить площадкой для интернет-конференций, выступая одновременно и каналом реализации информационного повода для освещения в сети декларируемой конференцией информации. Или же другой пример, это когда интернет-телевидение срастается с другими технологическими инновациями в области телекоммуникаций на платформе Интернет. Такие сращения можно наблюдать при передаче данных через различные программные системы прикладных коммуникаций Skype, Telegram, Facebook Messenger, WhatsApp, Viber, Hangouts, iMessage, Bleep, Status, Threema, Signal, Silence, Wick Me. и т.д. Технологически базис интернет-телевидения (с учётом программных средств и технических возможностей, передачи IP-видеопотока и качественного кодирования сопровождающих его аудиоданных) может выступать и как независимая платформа для дистанционных образовательных технологий, реализуя образовательные функции и предоставляя доступ к научно-популярным обзорам.

Наконец, интернет-телевидение как технологическая форма передачи данных может использоваться и в медицине в условиях экспериментальных медицинских манипуляций, проводимых группами медиков из разных стран. Интернет-телевидение, благодаря своей технологической форме, может задействовать специальные сетевые протоколы и устанавливать интегративные взаимосвязи с программным обеспечением в области телемедицины, которые помогают выводить на экран результаты медицинских манипуляций, повышая информативность проводимых исследований.

Интернет-телевидение находит применение и в космической отрасли. Благодаря развитию спутниковых систем передачи данных и ретрансляции интернет-

сигнала, интернет-телевидение может вести постоянный мониторинг событий, передаваемых различными техническими средствами сбора данных (луноход, марсоход, космические зонды). Эти данные в открытом виде могут стать хорошей базой для официальных и независимых исследователей в области космоса.

Интернет-телевидение находит успешное применение и в области сельского хозяйства, где оно используется многоаспектно и затрагивает проблемы устойчивого развития сельских территорий. В данном случае оно содействует мониторингу и контролю не только над производством сельскохозяйственной продукции, но и над инфраструктурой, обеспечивающей её дальнейшее товародвижение и контакты с конечными потребителями. В этом случае технические протоколы, которые использует интернет-телевидение для доставки видеоданных, могут быть применены для параллельных сессий трансляции с различных производств. Например, протокол IP (работающий в стеке IP/TCP), традиционно управляемый адресацией сигнала в сети Интернет, может также быть реализован в обычных IP-сетях, что (в некоторых случаях)<sup>f</sup> позволяет привязать его к потоковым трансляциям интернет-телевидения в обход развитой инфраструктуры Интернета.

Интернет-телевидение может приобретать черты мобильного телевидения, транслируя потоки через мобильный Интернет. Эти обстоятельства дают частным компаниям, чья деятельность связана с производством и дальнейшей транспортировкой сельскохозяйственной продукции, широкие возможности в сфере контроля качества производимой продукции.

f) В некоторых случаях интернет-телевидение передается напрямую без развитой сетевой архитектуры. Это может быть в условиях, когда спутниковые технологии задействуются другими отраслями, например, оборонными ведомствами и т.д.

Сигнал, поступающий в аппаратную ситуационного центра предприятия, позволит отслеживать потенциальные нарушения в технологических цепочках производства, теленадзор может быть также доступен и потребителям из разных стран мира.

Роль интернет-телевидения (как формы передачи данных) не ограничивается только теленадзором. Интернет-телевидение, благодаря развитому аппарату ИКТ и программных технологий, способно выполнять функции виртуального консультационного центра, трактуя и объясняя выполнение конкретных действий. Для потребителя это будет означать понимание прозрачности и открытости производства. Ему не нужно будет вдаваться в сложный терминологический аппарат производства, все действия будут снабжены мобильными инструкциями, иллюстрирующими и разъясняющими последовательность действий на каждом из этапов. Все данные и статистические выкладки будут отражены с помощью профессиональной инфографики и доступны широким массам.

Интернет-телевидение, задействующее протоколы передачи данных, может быть и корпоративным. Таким образом не будет нарушен баланс в проведении различных обучающих семинаров и тренингов, разработанных исключительно для сотрудников компаний. Этот аспект значительно удешевляет традиционную сложившуюся структуру организации вебинаров и WEB-тренингов, поскольку для их проведения применяются специальные сетевые технологии. Интернет-телевидение хорошо соотносится с таким инновационным направлением деятельности на сельских территориях как органическое сельское хозяйство и таким малоизвестным для нашей страны видом деятельности на сельских территориях и в пригородных зонах как сельское хозяйство, поддерживаемое местными общинами (Community Supported Agriculture — CSA) [1–3]. Органическое сельское хозяйство, благодаря своей производственно-технологической специфике (в целом основанной на замене невозобновляемых ресурсов и традиционных технологий на возобновляемые ресурсы и гораздо более глубокие знания по адаптации агроэкосистем к окружающей среде) и повышенной требовательности к качеству продукции (рациональная организация инспекции и сертификации) не только в процессе производства, но во многом и при доставке её к потребителям, потенциально более восприимчиво и нуждается в скорейшем использовании новых технологий и разработок в области компьютерных наук, вычислительной техники, ИКТ и роботизации. Этот аспект позволит органическому сельскому хозяйству динамично развиваться и повысить свою конкурентоспособность относительно других направлений сельского хозяйства. Поэтому в области органического сельского хозяйства и на рынке органической продукции в целом интернет-телевидение, безусловно, может найти активное применение.

Сельское хозяйство, поддерживаемое местными общинами, (CSA<sup>g</sup>) как направление сельскохозяйст-

венной деятельности по своей философии во многом близко к органическому сельскому хозяйству и в общем основано на тесной кооперации между участниками рынка (фермерами – производителями и городскими жителями — потребителями), размещающимися относительно недалеко друг от друга, но в совершенно разных экономико-географических и физико-географических условиях. Концепция CSA строится на четырех фундаментальных положениях.

1. **Партнерство.** Характеризуется взаимной заинтересованностью в снабжении (со стороны фермеров) и потреблении (члены сообщества) продовольствия, производимого в определенный сезон.

2. **Локализация.** Содействует развитию, экономическому обмену. Локальное партнерство на солидарной основе между производителями и потребителями является частью развивающегося подхода по релокации экономики.

3. **Солидарность.** Партнерства основаны на солидарности между хозяйствующими субъектами и вовлеченными в процесс членами сообщества, предусматривающей:

- разделение как рисков, так и выгод производства безопасной продукции, адаптированного к природным ритмам, безопасного для окружающей среды и сохраняющего культурное наследие и здоровье;
- осуществление предоплаты по справедливой цене (fair price) для обеспечения достойной жизни фермерам и членам их семей.

4. **Тандем производитель/потребитель.** Основан на прямых контактах и доверии без посредничества, любой иерархии и субординации.

Естественно, чтобы модель CSA функционировала на практике, необходимо активное использование ИКТ, причём в идеале в форме интернет-телевидения, поскольку только оно может эффективно удовлетворять потребности и поддерживать прозрачность и достоверность отношений между производителями и потребителями в постоянно меняющихся условиях.

Сельский туризм – ещё одна сфера, где интернет-телевидение может быть успешно применимо. Здесь оно может выполнять навигационные функции, снабжая туриста маршрутными видеокартами. Маршрутные видеокарты понятие достаточно новое, однако очень удобное. Традиционную форму маршрутных видеокарт можно видеть на крупных поисковиках, таких как Google, MSN или Яндекс. Однако они в основном используют функции отложенного трёхмерного панорамирования в сочетании с двухмерными проекциями. Такие функции очень удобны для реализации поездок и расчёта маршрутов.

По похожей технологии работают и видеоэкскурсии, однако они часто задействуют гибридные технологии, сочетающие трёхмерное панорамирование с видеоданными. Но и в первом, и во втором случаях эти технологии применяются в отложенном режиме. Интернет-телевидение имеет возможность предоставления подобных услуг в потоковом режиме, т.е. пользователь сможет в любое время суток просматривать выстроенный им на карте туристический

g) В настоящее время движение CSA распространилось на все континенты. По данным Международной электронной сети по Сельскому хозяйству, поддерживаемому местными общинами (The International Network for Community

Supported Agriculture, URGENCI), оно охватывает 40 стран и территорий мира.

маршрут с возможностью объёмной визуализации в режиме реального времени.

Технологии «видеоэкскурсий» весьма перспективны и для такой популярной во всем мире разновидности сельского туризма как агротуризм, поскольку они позволяют дать предварительное представление о сельскохозяйственной деятельности на фермах, задавать необходимые вопросы, обмениваться мнениями, а также поддерживать последующие контакты. В области агротуризма в органическом сельском хозяйстве они могут популяризировать такое активно развивающееся в мире направление как «Всемирные возможности на органических фермах» (World Wide Opportunities On Organic Farms, WWOOF)<sup>h</sup>.

Интернет-телевидение перспективно и для энергетического сектора, причем в одной из наиболее отсталых его частей — в сельской электроэнергетике. Оно может выполнять функции телеинспекции состояния линий электропередач. Благодаря развитию беспилотной авиации, появилась возможность съёмки потенциально нестабильных участков ЛЭП: облетая линию, дрон, оснащённый камерой с высокой разрешающей способностью, фиксирует её важные объекты (состояние изоляторов, сценок и разводов, натяг проводов и т.п.). Зафиксированные данные могут коррелироваться со спутниковым мониторингом, с помощью сетевых протоколов посредством интернет-телевидения, и быть представлены заинтересованным лицам. В области возобновляемой энергетики интернет-телевидение послужит хорошим проводником по внедрению новых технологий и усилит контроль производимой энергии. Особенно это касается солнечной энергетики, наиболее перспективного и (мобильного) вида возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Сейчас очень модно рассуждать об автономных энергонезависимых системах. Как правило, это гибридные системы, сочетающие различные энергоносители (ветер, солнце, вода и т.д.). Здесь интернет-телевидение может значительно уменьшить затраты на комплексный контроль расхода электроэнергии и контроль технологического оборудования. Сегодня практически все виды подобных электростанций в солнечной энергетике за рубежом оборудованы автоматическими контроллерами, которые выполняют функции триггеров день/ночь, переключая систему в режим накопления энергии. Такие контроллеры имеют компьютерные интерфейсы, а с недавнего времени и сетевую поддержку. Данные учёта, регистрируемые контроллером в виде отчётов, поступают частным владельцам таких станций или в местные энергетические центры, контролирующие состояние локальной энергетической инфраструктуры. Интернет-телевидение потен-

циально способно визуализировать в режиме реального времени процессы сбора и обработки электроэнергии, т.е. благодаря сетевым протоколам и мультикамерному режиму оно способно осуществлять необходимый надзор за инверторами (преобразующими электричество, имеющее в последствии более высокую вольтажность) и одновременно вести мониторинг неисправностей самих систем сбора электроэнергии.

Так или иначе, для поддержания стабильного функционирования и для устойчивой работы виды интернет-телевидения и его форма напрямую зависят от прогресса в области информационно-коммуникационных технологий, который идёт ускоренными темпами. Разумеется, комплексная оценка развития интернет-телевидения и информационно-коммуникационных технологий, включающая учёт технико-культурологических факторов, возымеет эффект при прогнозировании роста интернет-технологий [4].

Для упорядочивания проводимого нами анализа технико-технологической зависимости интернет-телевидения от стремительно развивающихся ИКТ и прикладных интернет-технологий разделим его на несколько уровней:

**первый** – интернет-протоколы;

**второй** – технический формат интернет-вещания;

**третий** – встраиваемые и независимые онлайн-сервисы обработки видеоинформации;

**четвёртый** – автоматизация визуальной идентификации вещателя и транслируемого им контента (включая настройку качества видеоконтента);

**пятый** – техническая оптимизация и продвижение видеоконтента в сети Интернет.

Как видно, технологическая зависимость вполне охватывает базовые пункты видоизменений, которые мы выделяли ранее. Интернет-протоколы являются системообразующим звеном в технической иерархии функционирования интернет-телевидения [5]. Они устанавливают каналы технической коммуникации между сервером и клиентом либо между сервером и сервером для односторонней или двухсторонней передачи данных.

По истории сети Интернет прослеживается, что протоколы постоянно совершенствуются, тем самым модернизируя общий технологический потенциал интернет-телевидения [6]. Технически архитектура сети Интернет может быть представлена как модель, определяющая зависимости и иерархию технических средств. Такой моделью (несмотря на критический взгляд многих специалистов<sup>7</sup>) можно считать систему технологических отношений<sup>8</sup> OSI<sup>9</sup>, которая насчитывает семь базовых уровней, систематически иллюстрирующих взаимозависимости сетевых технологий. Интернет-телевидение по данной модели может взаимодействовать с нижним и верхним уровнями рассматриваемой нами модели (рис. 4). Такое представление очень полезно для понимания именно технологических процессов глобальной информационно-коммуникационной сети Интернет<sup>10</sup>. Уровни и подуровни этой технологической модели показывают процессы взаимодействия различных сетевых технологий, типизируют их (данные, сегменты и т.д.) и определяют функции взаимодействия в соответствии со стандартными примерами (протоколы, технологии).

h) WWOOF — международная организация, действующая по сетевому принципу на основе Интернета (официальный сайт <http://wwoofinternational.org/>). Она позволяет людям со всего мира посещать фермерские хозяйства для ознакомления с местными органическими технологиями и обмена опытом. Возможности WWOOF реализуются на добровольном принципе, и их суть заключается в том, что посетитель в обмен на работу на органической ферме (обычно это 4-6 часов в день) получает бесплатное жилье и проживание. Денежные отношения между фермером и добровольцем при этом полностью отсутствуют.



Рис. 4. Интернет-телевидение в системе взаимодействия эталонной модели открытых систем в контексте сетевой микроинфраструктуры кодирования потоков MPEG (Слева – интернет-телевидение в структуре модели OSI. Модули 7,6,5,4 показывают каналы реализации контента мультимедийных цифровых потоков посредством сетевых технологий (протоколы и т.д.). Второй и первый модули, взаимодействуя с третьим модулем (шлюз) показывают технологические способы доставки потокового сигнала. Справа – сетевая инфраструктура кодирования потоков интернет-телевидения<sup>11</sup> (в англоязычных источниках иногда отождествляющаяся с DVB)

Составлено: Таран В.В., кандидат культурологии

**Источники:**

- ГОСТ Р ИСО / МЭК 7498-1-99 Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель / Введ.18.03.1999. – М.: Стандартинформ, 2006. – 57 с.
- GOST.COM (Бесплатная информационно-справочная система онлайн доступа к полному собранию технических нормативно-правовых актов РФ). – URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294818/4294818276.pdf> (дата обращения: 01.10.2020).
- MICROSOFT.COM (официальный сайт корпорации Майкрософт). – URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/network/windows-network-architecture-and-the-osi-model> (дата обращения к электронному ресурсу: 01.10.2020).

Интернет-телевидение как форма свободной передачи данных естественно подчиняется некоторым правилам такой модели технологических отношений и выступает как отдельное звено в системе интернет-коммуникаций. Почему мы называем интернет-телевидение «свободной формой передачи данных»? Это объясняется привязкой интернет-телевидения к различным сетевым протоколам и убеждением, что интернет-телевидение это исключительно цифровой феномен. В этом отношении интернет-телевидение можно отождествлять с более общим понятием «цифровая передача видеоданных» – DVB (Digital Video Broadcasting), сделав акцент преимущественно на передаче подобных данных в сети Интернет. Такие протоколы, как правило, полностью ограничены в использовании разными лицензионными соглашениями, а некоторые – могут быть условно ограничены. Поэтому интернет-телевидение выступает своего рода формой передачи данных, а технические способы трансляции этих данных могут задействовать различные программно-аппаратные решения как коммерческого, так и некоммерческого типов.

Несмотря на то, что интернет-телевидение это форма (технологическая оболочка), оно может задействовать довольно большой арсенал технических средств сетевой активности. Здесь речь идёт о транспортных каналах и протоколах передачи данных. Для

обеспечения своего функционирования интернет-телевидение опционально может задействовать следующие интернет-протоколы: RTMP, RTSP, RTP (SRTP), UDP, IGMP, VoIP, HTTP/HTTPS, IPVOD, P2P (P2PSIP) / PPSP, IPTV, SCTP, RSVP, OTT.

RTMP (Real Time Messaging Protocol) — специализированный протокол обмена сообщениями реального времени, разработанный корпорацией Adobe для трансляции мультимедийных данных (аудио, видео) в режиме реального времени, обеспечивает и контролирует транспортировку потоков и взаимодействует с другими протоколами. Фактически – это многофункциональный протокол, регламентирующий передачу мультимедийных данных в архитектуре сети Интернет, он может применяться для организации онлайн-трансляций аудио и видеоданных, а также для передачи интерактивных сообщений (фото, текст, и т.д.). Протокол имеет пользовательские соглашения, регламентирующие его использование различными вещателями.

RTSP (Real Time Streaming Protocol) – протокол потоковой передачи данных в режиме реального времени, он используется для управления медиаданными в Интернете и локальных сетях и позволяет управлять передаваемым медиасодержимым и осуществлять функции, предусмотренные интерфейсом управления (останавливать и воспроизводить видео и аудиоданные).



RTP (**Real-time Transport Protocol**) – протокол отвечает за транспортировку данных в режиме реального времени. Используется при организации прямых видеотрансляций как вспомогательный протокол передачи аудиоданных, взаимодействующий с различными кодеками. SRTP (**Secure Real-time Transport Protocol**) — вспомогательный протокол, обеспечивающий безопасную передачу данных в реальном времени. Он регламентирует безопасную аутентификацию и исключает подмену данных в RTP-поток.

UDP (**User Datagram Protocol**) – в модели OSI этот протокол служит транспортным, транслирующим датаграммы в IP-сетях (активно взаимодействует с интернет-протоколом UDP/IP), ориентирован на трансляцию потоковых мультимедийных данных и используется совместно с другими стриминговыми протоколами.

IGMP (**Internet Group Management Protocol**) – протокол, управляющий передачей данных группами. Предназначен для развёртывания групповой архитектуры, способствующей скорости и целостности передачи мультимедийных потоковых данных, при передаче потоков в IPv6-маршрутизации взаимодействует с протоколом MLD<sup>1</sup> (**Multicast Listener Discovery**).

VoIP (**Voice over IP**) – технология, позволяющая использовать интернет-протокол (IP) для передачи аудиоданных, служит вспомогательной технологией при организации многопоточных интернет-трансляций. Обеспечивает гибкую маршрутизацию аудиопотоков при трансляции видеоданных (интернет-телевидение, онлайн конференции, вебинары).

HTTP (**HyperText Transfer Protocol**) – протокол передачи гипертекста, прикладной протокол, функционирующий по принципу клиент-сервер (поставщик-потребитель), обеспечивает перемещение гипертекстовых и мультимедийных данных. Выполняет функции вспомогательного транспортного протокола для других технологий (WebDAV<sup>12</sup>, RPC<sup>13</sup>). Имеет прикладное расширение HTTPS (**HyperText Transfer Protocol Secure**) что в некотором смысле отличает его от первоначальной структуры HTTP. Реализует защиту транспортируемых данных путём обхода технологий SSL<sup>14</sup>/TLS<sup>15</sup>. Расширение позволяет устанавливать подлинность WEB-страниц и их содержимого, однако и у этой технологии существуют свои недостатки.

IPVOD (**Internet Protocol Video on Demand**) – интернет-протокол, курирующий видео по запросу. В принципе, эту технологию можно рассматривать как систему предоставления видеоданных и интерактивных услуг по их управлению, в основном такая система реализуется в IP-сетях. Применение технологии позволяет уйти от традиционных способов предоставления видеоконтента, и открывает большие возможности по формированию контента пользователем-зрителем канала.

P2P—P2PTV<sup>16</sup> (P2P/SIP) – технология организации компьютерной сети по принципу (peer-to-peer). Позволяет устанавливать техническую коммуникацию в равноправном режиме. Основным отличием та-

кой сети от сети, использующей отношения клиент — сервер, служит принцип использования вычислительных устройств (компьютеров), лежащий в основе всех узлов, т. е. каждое активное звено в цепочке устройств может идентифицироваться как самостоятельный элемент сети. В качестве транспортной основы здесь может выступать протокол SIP (**Session Initiation Protocol**), событийно описывающий используемый способ активности и завершения сеанса в сети. Протокол играет важную роль в обмене мультимедийным контентом.

PPSP (**Peer to Peer Streaming Protocol**)<sup>17</sup> – одноранговый потоковый протокол передачи мультимедийных данных. Протокол обслуживает одноранговые стриминговые системы (P2P), которые используют проприетарные протоколы. Протокол необходим для регистрации и контроля взаимодействия равноправных систем. В системах интернет-телевидения используется как вспомогательный протокол в цепочке P2P—P2PTV (P2P/SIP).

IPTV (**Internet Protocol Television**) – технология передачи видеоданных использующая интернет-протокол. Такой принцип передачи данных широко используется телеоператорами для доставки видеосигнала. Технология организационно немного отличается от формы интернет-телевидения, однако в некоторых случаях может быть его составной частью. Речь идёт о предоставлении контента через IP-протокол, такая реализация позволяет производить унификацию телекоммуникационных услуг, объединяя спутниковые технологии (использующие IP-сигнал) с WEB-технологиями трансляции данных (там, где IP-протокол может вступать во взаимодействие с другими мультимедийными протоколами). Видеосигнал, реализуемый таким образом, может идентифицироваться по средству унифицированного интерфейса, отображающего информацию как в WEB-режиме, так и через интерфейс обычного телевизора. Унификация телекоммуникационных услуг позволяет использовать интеллектуальные алгоритмы одноадресной и многоадресной маршрутизации, которые открывают дополнительные технические возможности по распространению мобильного<sup>1</sup> интернет-телевидения в проводных и беспроводных сетях передачи данных [7–11].

j) **Прим. автора.** (Таран В.В.) Мобильное интернет-телевидение — гибридный тип интернет-телевидения, сочетающий различные технологические принципы организации потоковых аудиовизуальных трансляций (различные интегрируемые сетевые протоколы, интерфейсно-ориентированные системы управления контентом) с целью их дальнейшего качественного воспроизведения на мобильных устройствах. В принципе развитие такого типа интернет-телевидения не противоречит общим технологическим концепциям (концепции WWW) и современным воззрениям на развитие глобальной сети Интернет. Мобильное интернет-телевидение хорошо вписывается в современную сетевую инфраструктуру и взаимодействует с Интернетом вещей, позволяя потенциальному пользователю такой вещи просматривать контент на её дисплее. В качестве примера можно привести различные портативные сетевые плееры, имеющие собственные экраны воспроизведения, а также сетевые проекторы, проецирующие на экран различные мультимедийные материалы.

i) MLD (**Multicast Listener discovery**) — протокол, предназначенный для верификации получателей мультикастинговых сообщений, содержащих запросы. Протокол является частью ICMPv6 (**Internet Control Message Protocol for the Internet Protocol Version 6**).

SCTP (Stream Control Transmission Protocol) – протокол передачи данных с управляемым потоком, выполняет схожие функции с протоколом TCP (Transmission Control Protocol)<sup>k</sup>, однако у него имеются некоторые преимущества: улучшена многопоточность передачи данных, введена защита от перегрузок, вызываемых в результате пиков и DDoS атак, введена поддержка режима multihoming, подразумевающая использование множественных сетевых интерфейсов.

RSVP (Resource ReSerVation Protocol) – протокол сохранения сетевых ресурсов, это специализированный протокол, позволяющий оценить качество обслуживания сетевых узлов, для уточнения качества передающего потока, он может быть полезным при организации потоковых трансляций и задействоваться как вспомогательное звено в технологической цепочке архитектуры трансляции.

OTT (Over the Top) – технология трансляции видеосигнала в сети Интернет в обход оператора связи. Позволяет без посредников доставлять видеоконтент на планшет, ноутбук, персональный компьютер. Технология поддерживает режим видео по запросу и имеет возможность загрузки и предзагрузки на компьютеры и мобильные устройства, задействует протокол HTTP, что позволяет использовать её везде, где имеется доступ к Интернету.

Технико-технологическое развитие интернет-телевидения напрямую зависит от совершенствования сетевых технологий и от грамотного их внедрения, адекватное понимание информационных и телекоммуникационных процессов позволит расширить границы знаний о предмете интернет-телевидения [12, 13]. Перечисленные протоколы это отнюдь не все технологии, которые могут обеспечивать трансляционные функции. Мы привели только основные широко используемые разными компаниями и частными региональными и федеральными вещателями версии протоколов в различных странах. К тому же корпоративное интернет-телевидение может использовать и узкоспециализированные протоколы, разработанные частными компаниями. Технические средства интернет-телевидения на этом не ограничиваются. Через сетевые протоколы транслируется формат, представляющий потоковые видеоданные. Форматы интернет-телевидения тоже разные и определяются используемым протоколом передачи данных и качественными показателями. Наиболее распространёнными форматами, используемыми интернет-телевидением являются: MPEG-2<sup>18</sup>, MPEG-4<sup>19</sup>, MPEG-7<sup>20</sup>, MPEG-21<sup>21</sup>.

Особого внимания заслуживает связка форматов MPEG-4 и MPEG-7, которая позволяет широкомащтабно реализовывать *описательные возможности*, служащие дополнением к потоковым видеоданным. MPEG-7/DDI<sup>22</sup> предназначен для обеспечения дополнительного функционального наполнения и по сравнению с предыдущими стандартами MPEG он представляет информацию о содержимом, а не сам

контент («биты о битах»). Улучшенная функциональность заключается в стандартизации описаний мультимедийного контента. MPEG-7 можно использовать независимо от других стандартов MPEG, и его описание может быть даже прикреплено к аналоговому фильму.

Способ представления функций, определённый в MPEG-4 (т. е. представление аудиовизуальных данных в терминах объектов), очень хорошо подходит для того, что должно быть создано по стандарту MPEG-7. Это представление является базовым для процесса категоризации. Кроме того, описания MPEG-7 могут быть использованы для улучшения функциональности предыдущих стандартов MPEG. С помощью специальных инструментов «описания» имеется возможность построить описание MPEG-7 отвечающее за настройки кодирования аудио – и видеоданных (таблица). Согласно техническим требованиям «Описание состоит из Схемы Описания (структуры) и набора Значений Дескриптора (конкретизаций понятий), описывающих Данные». Значение Дескриптора – это «инстанцирование Дескриптора для данного набора данных (или его подмножества)». Дескриптор является синтаксическим и семантическим определением контента. Алгоритмы извлечения находятся внутри сферы действия стандарта, поскольку их стандартизация не требуется для обеспечения совместимости.

Имеется большое количество приложений, которые будут активно эксплуатировать инновационные возможности стандарта MPEG-7. Приведём некоторые примеры их использования:

- 1) выбор средств вещания: радиоканал, телевизионный канал, интернет-телевидение в целом;
- 2) мультимедийные справочные службы: например, жёлтые страницы;
- 3) услуги в сфере культуры: художественные галереи, музеи и т.д.;
- 4) образовательные приложения, включая интерактивное удалённое образование на базе дистанционных сетевых технологий;
- 5) интеллектуальные мультимедийные приложения, использующие низкоуровневую мультимедийную семантику с помощью формального автономного представления и автоматизированного аргументирования;
- 6) биомедицинские приложения;
- 7) мультимедийное редактирование: персонализированная электронная служба новостей, медиа-авторство;
- 8) электронный бизнес: процесс поиска продуктов;
- 9) цифровая библиотека: каталог фотографий / видео, музыкальный словарь;
- 10) услуги по безопасности: контроль дорожного движения, производственные цепочки.

Возвращаясь к довольно серьёзной проблеме создания видеоконтента, необходимо упомянуть, что современные тренды интернет-технологий подразумевают активное использование различных онлайн-сервисов технической обработки видеoinформации, многие из которых задействуют облачные вычисления.

k) **Прим. автора.** (Гаран В.В.) Трансмиссионный протокол (протокол доставки данных) который осуществляет порядок дефрагментации потоков данных на дискретные пакеты, одновременно сканируя их на предмет целостности.

**Инструменты (описания) стандарта MPEG-7, использующиеся для гибкой настройки при кодировании аудио – и видеоданных**

| <b>ИНСТРУМЕНТЫ MPEG-7</b>                    |   |                           |   |
|--|---|---------------------------|---|
| <b>Название инструмента на русском языке</b> | <b>Название инструмента на английском языке</b> | <b>Индекс инструмента</b> | <b>Описание действий инструмента</b>  |
| Дескриптор                                   | Descriptor                                      | (D)                       | Представление объекта, определенного синтаксически и семантически. Возможно, что особый объект был описан несколькими дескрипторами.  |
| Схемы Описания                               | Description Schemes                             | (DS)                      | Определяет структуру и семантику отношений между ее компонентами. Эти компоненты могут быть дескрипторами (D) или схемами описания (DS).  |
| Язык Определения Описания                    | Description Definition Language                 | (DDL)                     | Основан на языке XML, используемом для определения структурных отношений между дескрипторами. Позволяет создавать и модифицировать схемы описания, а также создавать новые дескрипторы (D). |
| Системные инструменты                        | System tools                                    | System tools              | используются при бинаризации, синхронизации, транспортировке и хранении дескрипторов. Они также способны обеспечивать защиту интеллектуальной собственности.                                |

Такой подход существенно расширяет подручный арсенал средств, имеющийся у обычного пользователя-стриммера, и по факту может превратить его далеко не самый мощный компьютер в настольную рабочую станцию по обработке видеоданных. Технически интернет-стримминг может принимать форму интернет-телевидения, особенно если он транслирует видеоданные с места событий и использует включённые комментарии к данным событиям, а также задействует развитую систему оформления кадра<sup>1</sup>. Юридически интернет-стримминг и интернет-телевидение пока не совсем определившиеся понятия, хотя часто отождествляемые. Вообще правовой вопрос в области потоковых медиатрансляций до сих пор остаётся открытым [14].

До применения технологий облачных вычислений видеоданные обрабатывались преимущественно программными средствами, имеющимися в арсенале пользователя. Как правило, это были программы для нелинейной обработки видеоданных, которые были довольно требовательны к ресурсам компьютера и в зависимости от функциональных возможностей могли довольно сильно варьироваться в цене. Этот фактор не способствовал развитию свободного видеоконтента в сети и был серьёзным препятствием к переходу в полноценное информационное общество. Облачные вычисления позволили персональный компьютер средней мощности использовать для об-

1) Интернет-стримминг очень широкое понятие, функционал которого может значительно видоизменяться. В философско-техническом плане интернет-стримминг понятие, характеризующее процессы передачи данных, способствующие развитию информационных и коммуникационных процессов. Интересно, что иногда стримминговые процессы в целом называют WEBTV. WEBTV — в широком понимании является синонимом интернет-телевидения и употребляется в различных источниках, когда речь идёт о WEB-технологиях.

работки довольно больших массивов видеоданных, что помогло независимым создателям видеоконтента реализовывать свои творческие замыслы на практике. Среди таких сервисов можно отметить: Aframe, Frame.io, Avstudio, Streambox, Easylive.io. Сервисы могут быть независимыми (автономными) онлайн системами обработки видеоданных и встраиваемыми, когда автономный сервис предоставляет удалённо свой интерфейс. Например, возьмём абстрактный видеохостинг, где публикуется как отложенное видео, так и прямые видеотрансляции. Интерфейс такого хостинга может вступать во взаимодействие с другими дочерними интерфейсами, среди них могут быть интерфейсы автономных систем обработки видеоданных. Это очень удобно, поскольку видеоданные можно верстать и заливать на один и тот же интернет-ресурс. В экономическом плане это очень хорошее подспорье для независимых интернет-вещателей и для продакшн-компаний среднего звена, занятых в секторе разработки периодической видеоинформации.

Еще одним ключевым звеном в цепочке технико-технологического формирования интернет-телевидения является автоматизация визуальной идентификации вещателя и транслируемого им контента. Проблема визуализации данных сильно отражается и на общем качестве перехода в «цифру», в связи с этим представляет интерес опыт Великобритании<sup>m</sup> [15].

Ещё со времен формирования самоформирующегося интернет-телевидения проблема дизайна и качественного визуального восприятия стоит довольно остро. Безусловно, любой вещатель просто обязан

m) Переход Великобритании на цифру довольно хорошо описан в третьем разделе книги Майкла Старкса (Starks M. The UK's Digital Transition.) The digital television revolution Origins to Outcomes. – London: Palgrave Macmillan, 2013. – P. 55. ISBN-10 : 1137273348, ISBN-13 : 978-1137273345

уделять внимание оформлению своего видеопродукта по трём основным причинам:

**первая** – поведенческие аспекты аудитории, на которые направлен контент;

**вторая** – формирование образа достоверности информации;

**третья** – финансовая деятельность (экономические аспекты функционирования интернет-телевидения, включая маркетинговые стратегии).

Проанализируем эти пункты и начнём с самой первой причины – поведенческие аспекты аудитории, на которые направлен контент.

Известно, что успех любого медиапроекта во многом зависит от грамотно выстроенной медиаполитики вещателя, основывающейся на чётком понимании того, на какой сегмент аудитории нацелен его потенциальный медиапродукт. Определившись с аудиторией, вещатель имеет общие представления, на основании которых можно строить стратегическое медиапланирование. Медиапланирование это очень важный и сложный процесс, требующий серьёзного отклика от специалистов разной направленности, учитывающий все тонкости создания, доработки, переработки, а также распространения медиапродукции. К вопросам подготовки медиаплана могут привлекаться юристы, культурологи, программисты, дизайнеры, технологи, экономисты, филологи, психологи и социологи. Учитывая возрастающую роль сети Интернет в разных странах, естественны попытки управлять, манипулировать данной технологией и

пробовать подчинить её разным нормативно-правовым актам<sup>23</sup>. В этом случае процедура медиапланирования должна заключаться в привлечении грамотных, имеющих большую юридическую практику, экспертов, способных чётко оценивать риски при производстве интернет-контента.

В зависимости от географических условий распространения интернет-телевидения и его контента немаловажную роль будут играть специалисты в области прикладной культурологии и социокультурных практик. Специалисты в этой области так же, как и юристы, очень важны на стадии разработки медиапроекта и формирования ими медиаконтента, их действия заключаются в культурологической экспертизе проекта, т.е. в комплексной оценке его ценности с точки зрения цивилизационного развития. В качестве примера на рис. 4 приведём график культурологического восприятия Интернета в США.

Как видно из рис. 5, общественное восприятие Интернета в США носит достаточно позитивный характер. Подобные графики могут составляться и по отдельным каналам реализации медиаконтента. Действия специалистов в области культурологии могут быть направлены на анализ моментов, вызывающих споры и различные противоречия в уже произведённом контенте, прошедшем предварительную оценку юридическими экспертами. Как правило, это вопросы толкования либо детальной расшифровки аудиовизуальных явлений, выражающихся в вербальных и невербальных действиях участников, находящихся в кадре.

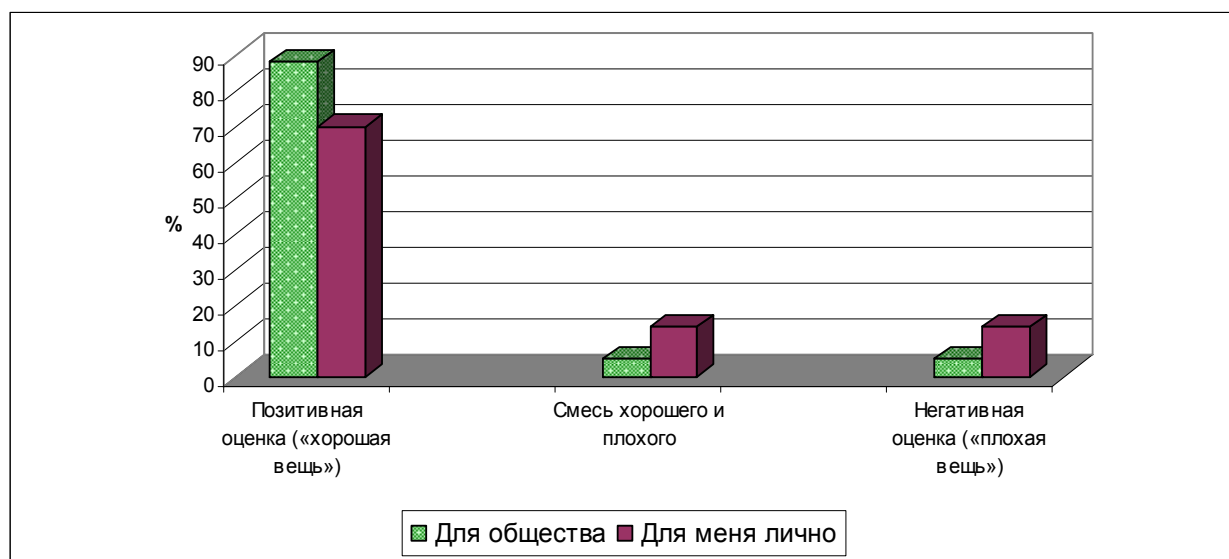


Рис. 5. Культурологическое восприятие Интернета в США<sup>n</sup>

**Составлено:** Таран В.В., кандидат культурологии

**Источник:** Pew Research Center 2019 Internet Statistics, Trends & Data. DailyWireless. – 2019. – URL: <https://www.dailywireless.org/internet/usage-statistics/>

n) Данные приведены по состоянию на январь 2018 г. Показатели рассчитаны в % от числа взрослых респондентов (18+). Респонденты оценивали ситуацию для себя лично и для общества в целом. В источнике не указано, одни и те же респонденты отвечали на два поставленных вопроса или нет. Отсюда не ясно, должна ли сумма мнений по каждому из двух вопросов равняться 100%.

Программисты и технологи полезны при комплексной технико-технологической оценке проекта, включающей вопросы технического распространения видеопродукта и подбора соответствующих элементов инфраструктуры его сопровождения (включая электронные транзакции и электронную валюту) [16].

Экономисты дают экономическую оценку, определяют себестоимость проекта, которая включает затраты на проведение различных экспертиз, работают со всеми специалистами, участвующими в создании потенциального медиапродукта.

Филологи оценивают уровень аудиальности, дают заключение, насколько речь персонажей потенциального медиапродукта является содержательной и выражает их эмоциональную окраску.

Дизайнеры так же, как и экономисты, работают со всеми участниками процесса создания потенциального медиапродукта и определяют визуальное оформление конечного продукта. На стадии дизайн-концепта дизайнер может консультироваться с юристом (преимущественно по авторскому праву) и культурологом (по вопросам качества и ценности разрабатываемого дизайн-концепта, включая историко-культурные характеристики). Дизайнер состоит в активной коммуникации и с программистом-технологом, который помогает совершенствовать дизайн-концепцию за счёт аппаратно-технической базы. И, разумеется, дизайнер может консультироваться с психологом (по вопросам восприятия массами проектируемой дизайн-концепции, психологии масс) и социологом (по вопросам сегментации и наработке статистической базы в области предпочтений аудитории).

Психолог работает с потенциальным сегментом аудитории (обычно определяемым социологом), на экспериментальном уровне ведёт за ним наблюдение, руководствуясь сводками, описывающими отклик аудитории посредством чатов, заметок и видеообсуждений, на основании которых вырабатывает психологический портрет аудитории, потребляющей продукцию определённого жанра.

Социолог участвует в определении сегмента аудитории, на основе научных методов выстраивает закономерности её формирования и заинтересованности в просмотре произведённой продукции. В функции социолога входит и прогнозирование увеличения либо уменьшения сегмента аудитории, учитывающего интересы респондентов и их экономическую активность. Как видим, даже краткий обзор функциональной деятельности специалистов, задействованных в медиапланировании, показывает, насколько значима эта область. Медиапланирование в целом это преимущественно технологический процесс, требующий расчёта и оперирования конкретной фактографией. Разумеется, в зависимости от сложности разрабатываемого медиапроекта к процессу медиапланирования могут быть подключены и узкопрофильные специалисты из разных областей знания.

Мы привели перечень только наиболее значимых специалистов, необходимых для проведения качественной экспертизы при медиапланировании.

Если рассматривать стратегическое планирование и управление медиапроектами, подобными интернет-телевидению, то тонкости планирования упираются в частную специфику этого СМИ. Интернет-телевидение это технология, постепенно набирающая популярность, и если с ретрансляционным типом интернет-телевидения дела обстоят довольно хорошо, то с самоформирующимся интернет-телевидением несколько сложнее. И здесь проблема требует уточнения, в первую очередь, конечно, речь идёт о профессиональном самоформирующемся интернет-телевидении, что является уделом богатых стран.

В действительности, по состоянию развитости самоформирующегося интернет-телевидения можно проследить, насколько финансово успешна аудитория потребления медиаконтента той или иной страны. К тому же интернет-телевидение служит индикатором состояния развитости интернет-инфраструктуры того или иного государства. Профессиональное самоформирующееся интернет-телевидение обладает высокой требовательностью к технико-технологическим ресурсам, и поэтому в экономическом плане оно довольно затратно.

Если немногим выше мы рассмотрели процессы медиапланирования, присущие созданию любого профессионального медиапродукта, то профессиональное интернет-телевидение самоформирующегося вида должно покрывать все затраты на собственное медиапланирование, плюс учитывать постоянно изменяющиеся технологические факторы. К таким факторам можно отнести постоянно изменяющуюся инфраструктурную основу самоформирующегося интернет-телевидения, которая должна постоянно учитывать открывающиеся возможности по взаимодействию с другими интернет-ресурсами. Процессы технологической интеграции в Интернете во многом определяют успешность его развития, степень технологической интеграции обосновывается технологическими концепциями стадий развития сети, получившими названия WEB-1.0, WEB-2.0 и т.д. Примером ранней технологической интеграции может быть внедрение кабеля и соответствующих ему разновидностей, олицетворявшее в своё время развитие кабельного телевидения. Опираясь на некоторые научные исследования, можно утверждать, что Интернет революционизировал все предшествующие вехи развития телекоммуникаций [17–19]. Самоформирующееся интернет-телевидение служит своего рода локомотивом интернет-телекоммуникаций, поскольку именно оно способствует переходу в полноценный информационный мир с собственным информационным обществом. Благодаря технико-технологическому фактору интегративные функции интернет-телевидения делают этот вид СМИ практически безукоризненным транслятором различных ценностей и помогают разрешить проблемы информационного голода.

## **ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕВИДЕНИЕ, ВИДЕОБЛОГИНГ И ОТЛОЖЕННОЕ ВИДЕО**

Многие задаются вопросом, а где же проходит та грань, которая помогает потребителям контента разграничить интернет-телевидение, видеоблогинг и отложенное видео. Более того, подобный вопрос воз-

никает и на этапе раскрутки медиапродукта (какой технический канал реализации выбрать для более эффективного привлечения внимания к контенту). Ответ на этот вопрос действительно требует определённой проработки. На первый взгляд интернет-телевидение, видеоблогинг и отложенное видео существуют параллельно, и по этой тематике можно встретить различную научную периодику в основном гуманитарного характера, однако если посмотреть на проблему шире, то необходимо подойти к её решению с технико-технологических позиций. Видеоблогинг — понятие, которое тесно связано с развитием программирования, ИКТ и прочими прикладными телекоммуникациями.

Когда бурными темпами развивалось техническое программирование, необходимо было вести учёт исполняемых программой действий для создания журнала событий, такой журнал обычно имел название «log» (log-файл). В такой файл записывались все регистрируемые программой изменения, включающие ввод и вывод данных, обращения к путям данных и их изменения, регистрацию ошибок. Само понятие «log» чисто техническое, более того, по мере развития компьютерных наук log-файлы совершенствовались (становились более интеллектуальными) и принимали более автоматизированную форму. Современные файлы такого типа стали не только включать прямую регистрацию исполняемых программой действий, но и расшифровывать подобные действия. Совершенствование этих процессов сильно упростило процедуры отладки приложений и способствовало лучшей интеграции между операционной системой и программами прикладного типа. Для того чтобы упростить понимание технологических процессов согласно концепции WWW, все интернет-технологии приравнивали к WEB-технологиям, поэтому «log» превратилось в WEB-log (сокращённо Blog — WEB-log). Здесь стоит отметить, что в понимании сетевых технологий понятие Blog стало толковаться более расширительно.

Blog в сети Интернет это, как правило, персональная страница, содержащая различные типы медиаданных (дневники, специальные персональные заметки, приоритетные гиперссылки). В отдельный сегмент выделился видеоблогинг, получивший название «vlog» (videoblog) и ставший развиваться параллельно интернет-телевидению. Видеоблогинг как жанр изложения и представления материала действительно схож с интернет-телевидением и отложенным видео. Особенно с последним феноменом. Видеоблогинг это, как правило, отложенная видеозапись либо видеозапись, которая была активна в режиме онлайн, впоследствии размещённая на видеохостинге как архивная видеозапись. Однако, если опустить жанровые особенности, то чисто технически это все-таки различающиеся технологии. Всё дело в том, что видеоблогинг технически имеет отличные от интернет-телевидения и отложенного видео технологические каналы реализации видеоконтента.

Технически видеоблогинг — это классическая встраиваемая технология, позволяющая адаптировать свой контент под нужды интернет-ресурса опреде-

лённой направленности. Часто видеоблогинг сопровождается WEB-чатами в режиме реального времени и привязывается к архивному видео вплоть до специальных меток, позволяющих устанавливать время воспроизводимого видеофрагмента, соотносящееся с периодом написания текстового сообщения в чат. Яркий тому пример — популярная видеофайлообменная система YouTube. Видеоблогинг может и интегрировать чат, выводя сообщения на экран просмотра видео, т. е. чат будет выводиться независимо от технологии, он будет присутствовать на видео так же, как и любые другие элементы оформления: логотип, титры и прочее. Основным каналом реализации видеоблогинга служат разные интернет-сервисы, обслуживающие пользовательский контент.

Напротив, интернет-телевидение не привязано к каким-либо сервисам и технически может реализовывать свой контент свободно. Важно, что и та, и другая технология может поддерживать режим отложенного видео. Только в случае с интернет-телевидением режим отложенного видео может задействовать технологию отложенного реального времени. Эта технология позволяет вести непрерывную трансляцию, эмулировать псевдовоспроизведение той и ли иной программы, изменяя текущую сетку вещания телеканала, вносить изменения в сетку вещания канала под конкретного пользователя (не изменяя текущую трансляцию и соответственно не затрагивая оригинальную сетку программ) и манипулировать программными настройками в режиме реального времени, а также может быть полезна при совмещении интернет-конференций с трансляцией телевизионного сигнала. Сам же режим отложенного видео может существовать и в форме интернет-трансляции, и форме архивного видеоподкастинга.

Все три технологии очень схожи и даже могут быть успешно интегрированы как в режиме интернет-телевидения, так и на различных WEB-платформах, однако они могут быть применены и как отдельные технические элементы в зависимости от типа WEB-проекта. Руководствуясь проанализированными технико-технологическими изменениями, можно сделать вывод о том, что все три технологии гибридные, а это очень хорошо вписывается и дополняет широко развивающиеся концепции конвергентности СМИ.

Теперь рассмотрим, как технологическая зависимость в условиях опережающего развития ИКТ сказывается на достоверности информации. Технологический фактор серьёзно влияет и на качество передаваемой информации. Причём, влияние это распространяется далеко за пределы именно *технического* качества<sup>9</sup> предоставления видеоконтента пользователю.

В условиях, когда количество информации только увеличивается, а каналы реализации совершенствуются опережающими её развитие средствами ИКТ,

9) Техническое качество включает скорость обработки передаваемой видеoinформации, качество разрешения видеоданных, способность к их быстрой загрузке в окна браузеров как на *мобильных*, так и на *стационарных* вычислительных устройствах.

во главу угла ставится вопрос о достоверности транслируемой информации. Технически за формирование образа достоверности транслируемой информации отвечает дизайн. Особенно, когда любая статистическая и в целом фактическая информация нуждается в яркой и информативной визуализации. В данном случае дизайн кадра формирует информативность сообщений за счёт обращения к конкретным источникам, закрепляет их в кадре и расставляет акценты на порядке выдаваемых сообщений, выделяя наиболее приоритетную информацию. Для этого в области инженерно-промышленного дизайна наработано внушительное количество цвето-шрифтовых схем, символизирующих важность визуализируемой информации. Помимо технического аспекта повышения достоверности информации существует еще и психологический, который отражает поведение человека при восприятии и оценке информации, оформленной разными способами. Человеческий мозг устроен таким образом, что грамотно подобранная инфографика, как правило, усваивается лучше, чем обычный статичный текст или цифры. Простой пример: имеются в продаже два автомобиля разных марок, первый автомобиль имеет очень высокие технические характеристики, выражающиеся в качестве и грамотной подборке составляющих элементов, а второй — имеет средние технические показатели, но при этом развитую эргономику и приятный дизайн. Вопрос — какой из автомобилей будет продан раньше? Маркетинговая практика показывает, что второй автомобиль будет продаваться успешнее, чем первый. В этом случае форма важнее содержания. Похожая зависимость прослеживается и с потребителями информации. Зритель всегда более подвержен эмоциональным факторам, нежели качественным показателям. Поэтому хорошо упакованная информация зачастую будет иметь больший спрос, нежели её аналог без упаковки. Пример подобных маркетинговых стратегий можно лицезреть на различных файлообменниках. На видеохостинге YouTube в режиме контекстного поиска видеoinформации можно наблюдать статичные кадры предпросмотра видео, часто информация на стопкадрах не соответствует искомому контенту, т. е. наблюдается несовпадение информации, визуально иллюстрирующей полноформатное видео. Таким образом, пользователь кидается на этот стопкадр, смотрит полную версию нашедшегося на файлообменнике видео, но этого кадра не видит. Такие дизайн-приёмы применяются для раскрутки видеоданных и привлечения к ним большего внимания со стороны интернет-аудитории. Грамотно подобранный визуальный интерфейс кадра (так же, как и текстовой документ, подкреплённый ссылками на источники) увеличивает информативность выдаваемых сообщений и создаёт образ достоверности информации.

Технологические факторы можно уследить и в проектировании финансово-экономической деятельности, направленной на более совершенное функционирование интернет-телевидения с точки зрения бизнес-проектов. Если рассматривать интернет-телевидение в контексте развития компьютерных систем обработки

больших данных, то можно проследить вполне очевидную закономерность между снижением себестоимости производства видеоконтента и увеличением количества технических каналов его реализации.

Сегодня технические средства создания и сопровождения видеоконтента достигли своего пика, что существенно сказалось на снижении стоимости производства самоформирующегося полупрофессионального видеоконтента за счёт применения следующих технико-технологических средств:

- ✓ WEB-камер и гибридных устройств видеосъёмки,
- ✓ мобильных систем освещения объекта,
- ✓ рир-проекции и создания эффекта типа хромакей,
- ✓ аппаратно-программных систем автоматизации интернет-вещания,
- ✓ систем объектно-ориентированного графического проектирования.

Применение этих средств позволило существенно удешевить процессы создания независимого видеоконтента с его последующей ретрансляцией.

WEB-камеры и гибридные устройства<sup>р</sup> видеосъёмки способствовали бурному развитию WEB-кастинга, что сказалось на приросте независимых интернет-вещателей. Устройства рир-проекции<sup>q</sup> сделали возможным создавать иллюзорную двухмерную и трёхмерную реальность для реализации эффекта присутствия, тем самым сняв часть экономической нагрузки, предполагающей создание физических декораций, на производство которых уходило довольно много времени и требовало значительных финансовых инвестиций.

Мобильные (бюджетные) передвижные системы освещения объекта сделали возможной качественную съёмку видеороликов в домашних условиях, и к тому же не стоит забывать, что чем лучше освещение хромакейного экрана, тем выше качество отделения объекта от фона. Аппаратно-программные системы автоматизации интернет-вещания позволили сэкономить на количестве сотрудников, сопровождающих интернет-контент. Такие системы автоматизировали рутинные действия, связанные с формированием эфирной сетки вещателя и упростили процедуры ротации видеороликов в эфире. Внедрение систем объектно-ориентированного графического проектирования автономного и встроенного типов помогло в создании оригинальных дизайн-решений по оформлению транслируемого в эфир контента. Благодаря обширной наработке дизайнеров и программистов были сделаны специальные корпоративные банки графических данных, включающих различные элементы графического оформления, — это и

р) Гибридные устройства – категория устройств, совмещающих в себе функциональные возможности фотоаппарата и видеокамеры с автономными системами записи звука.

q) Прежде всего, имеются ввиду устройства программного типа, позволяющие отделять картинку от фона; в некоторых случаях существует возможность применения аппаратной рир-проекции, которая является более качественным способом экспликации объекта, однако с точки зрения финансовых вложений более затратна.

геометрические конструкции, и разные виды титров, позволяющие подбирать и настраивать соответствующим образом различные дизайн-решения под конкретные видеопроекты.

## **ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕВИДЕНИЕ: СТАТИСТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И УЧЁТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

Одной из основных, мешающих определению точных показателей развития интернет-телевидения, является проблема учёта и формирование статистики пользователей. Эта проблема носит именно технический характер.

Рассматривая перспективы развития интернет-телевидения, мы опираемся в основном на отрывочную информацию, публикующую лишь основные цифры по интернет-телевидению. И даже при этом предоставляемая статистика не всегда отражает состояние именно интернет-телевидения, часто вместо этого статисты используют термин DVB цифровая передача видео — понятие очень близкое к интернет-телевидению (трактуемое расширительно), однако не учитывающее именно его технологические возможности. К тому же, эти цифры не всегда учитывают реальное положение дел на интернет-телевидении как основном канале реализации видеоконтента на медиарынке. Здесь также не стоит забывать, что интернет-телевидение (за исключением IPTV) как технологическая форма передачи видеоданных зависит исключительно от распространения самого интернет-сигнала.

Если брать отечественный опыт распространения интернет-сигнала различными способами (спутниковые технологии, оптоволокно, беспроводная ретрансляция, передача через мобильные устройства), то, несмотря на внедрение различных инновационных систем, способных технически более качественно распространять интернет-сигнал, ситуация с качеством его доставки остаётся проблематичной. Основными препятствия, лежащие на пути по распространению интернет-сигнала, — это сельские территории и малые города. На сегодняшний день Правительство РФ симулирует различные целевые программы (в прошлом остались федеральные целевые программы), направленные на улучшение инфраструктуры распределения интернет-сигнала, но ситуация меняется крайне медленно. В крупных городах дела обстоят немного иначе. Здесь заявленные операторами связи скорости интернет-соединения, как правило, выше средних показателей по стране. Но даже эти скорости варьируются и не всегда отвечают цифрам, заявленным в техническом паспорте пользователя Интернета.

Если уйти от соотношения показателей день/ночь, то на переменчивость скорости Интернета могут влиять некоторые факторы, среди которых:

- пиковые нагрузки на сетевые узлы провайдера;
- несогласованность технологий физического распределения данных в локальной сетевой инфраструктуре;
- технические ошибки, возникающие в результате некорректной программной маршрутизации устройств.

Если посмотреть на первый фактор, то пиковые нагрузки на сетевые узлы провайдера – проблема историческая и крайне трудно решаемая. Если провести

аналог, то в транспортной инфраструктуре подобной проблемой выступает загруженность городских магистралей, образующих огромное количество пробок. И принимаемые меры (строительство развязочных узлов, дополнительное введение магистралей, подземные тоннели) очень медленно решают эту проблему. Похожее состояние дел наблюдается и в сетевой инфраструктуре – несмотря на введение инновационных технологий, проблема остаётся.

Что касается второго фактора несогласованности технологий физического распределения данных в локальной сетевой инфраструктуре, то здесь ключевой проблемой является техническая несогласованность стыковочных элементов, применяемых разными операторами связи. Например, к дому по определённой улице подводится Интернет от абстрактного провайдера, тип кабеля передачи данных – оптоволокно. Кабель должен стыковаться с локальной сетевой инфраструктурой, которая в разных районах может сильно различаться. Есть районы, где ближайшие распределительные щиты, использующие физическую маршрутизацию оптоволоконного кабеля находятся удалённо от дома, причём расстояние может быть значительным. Известно, что цена провода определяется его качеством (материалы для его изготовления) и метражом. Если локальная сетевая инфраструктура использует иной тип проводов, например, обычный кабель, то оператору будет выгоднее подключиться к локальной инфраструктуре, чем задействовать развёртывание своей, что довольно сильно ударит по его бюджету. Поэтому используются гибридные технологии и соответствующие им типы соединения кабелей разного качества и уровня. Грубо говоря, при присадке оптоволоконного кабеля к обычному кабелю в процессе соединения и маршрутизации сигнала могут возникать искажения, и эти искажения повлекут за собой другие искажения в зависимости от участка цепи, использующего подобные разветвления. Аналог можно провести с сетевой инфраструктурой электроэнергетики, где линии электропередач (ЛЭП) первой иерархии используют строго установленные стандарты соединения проводов и, как правило, тип провода остаётся неизменным вплоть до подхода к распределительной станции. Однако после распределения и необходимой трансформации (понижение вольтажа) электроэнергия поступает на линии более низкой иерархии, это могут быть верховодки, активно используемые в сельских зонах и прочие ЛЭП более низкой категории, снабжающие малые предприятия электроэнергией. На этом уровне наблюдается отход от установленных норм соединения. Ярким примером может послужить соединение алюминиевого (неизолированного) провода с медным проводом. В результате подобных соединений и несмотря на то, что последний тип провода обладает выраженными качествами электропроводности, на участке соединения может возникнуть перегрузка, сопровождаемая тепловым эффектом, и если к этому эффекту добавляется влажность, вызванная периодическими осадками, то на данном участке может образоваться диэлектрик, мешающий прохожде-



нию энергии. Следует также отметить, что в результате суммирования некорректной коммутации проводов образуются и огромные потери, исчисляемые киловаттами. Эта проблема актуальна и для распространения интернет-сигнала. В своё время для насыщения удалённых территорий интернет-сигналом прорабатывалась технология передачи данных по электрическим линиям. Одним из основных препятствий распространения такой технологии как раз выступил анализируемый нами фактор.

Фактор третий – технические ошибки, возникающие в результате некорректной программной маршрутизации устройств. Это довольно весомый фактор, препятствующий качеству интернет-сигнала и соответственно снижающий потенциальную эффективность телекоммуникационных услуг. Сегодня Интернет это огромная глобальная информационно-коммуникационная сеть, аккумулирующая огромный спектр телекоммуникационных услуг. Огромную часть из этих телекоммуникационных услуг составляют технологии обмена Большими Данными, облачные вычисления, гибридные стрим-сервисы передачи медиаконтента. В таких условиях вычислительные мощности дата-центров могут работать на пределе, и вполне закономерно, что пределы работы этих мощностей могут вызывать ошибки в распределении обрабатываемых потоков данных. Внимательные пользователи, увлекающиеся загрузкой мультимедийных данных, наверняка обращали внимание на технические описания, регламентирующие загрузку контента, среди которых можно встретить цифровые ключи, показывающие точный объём загружаемых данных (контрольные суммы образов). Контрольные суммы приводятся для идентификации объёмов загружаемого контента с целью сохранения его первоначального качества. Часто бывает, что контрольные суммы скачиваемого материала не соответствуют объёму загружаемого образа файла. Разница может быть в килобайтах. Примечательно, что при этом, например, видеоконтент будет воспроизводиться пользователем без проблем. Но недостающие килобайты могут сказаться на описательных характеристиках видео, включая метаданные и информацию о кодируемых контейнерах видео, соответствующих формату воспроизведения. Эта информация может пригодится при онлайн-трансляции видео независимым вещателем. Помимо прочего, существует риск возникновения сетевых ошибок, образующихся в результате неэффективного просчёта различными протоколами потенциально передаваемых данных. В результате образуется нежелательная задержка данных, переполняется канал, и всё это приводит к сбоям. Существующая система отладки ошибок основывается на полуавтоматическом принципе сбора данных, и поэтому не может заменить полностью специалиста, который имеет возможность устранить проблему. Поэтому пока Интернет не перейдёт в стадию искусственного самосовершенствования, подобные ситуации будут наблюдаться и впредь. Разумеется, все вышперечисленные ошибки не способствуют адекватному составлению отчётов и специализированной статистики. Особенно, ес-

ли речь идёт об интернет-телевидении и смежных с ним мультимедийных телекоммуникациях. Проблема сбора статистики по интернет-телевидению упирается и в принятые стандарты сетевой адресации пользователей Интернета. В настоящее время в России, в особенности в крупных городах, существует диверсифицированная система адресации пользователей, которой абонент имеет возможность выбирать схему настройки периодического подключения, т. е. его компьютер может быть закоммутирован через статическую и динамическую адресацию. Статическая адресация предполагает фиксированный IP-адрес пользователя, а динамическая – периодическую обновляемость IP-адреса на единицу времени и при каждом последующем подключении. Конечно, динамический IP-адрес очень удобен при настройке домашней сети и при перераспределении потоков для беспроводного соединения типа Wi-Fi<sup>24</sup>, WiMAX<sup>25</sup> или WiMAX 2.1<sup>†</sup> (совместимый с технологией TD-LTE)<sup>26</sup>, но с точки зрения учёта просмотра мультимедийного контента крайне нежелателен. Разберём два небольших по объёму примера, показывающих искажение учёта пользователей интернет-телевидения.

Пример первый – учёт просмотра интернет-телевидения, задействующий статичную схему IP-адресации. Допустим, в помещении находится один компьютер, и к нему подключен Интернет, имеющий фиксированный адрес. Пользователь периодически просматривает интернет-телевидение и прочий мультимедийный контент через различные популярные хостинги размещения потокового и непотокового контента. В том случае, если пользователь один, то система учёта просмотра, например, на самом популярном видеофайлообменнике YouTube, фиксирует его пребывание через статичный IP-адрес. Система учёта может выражаться в кликах и в подписке, а также в разовых заходах. Во всех случаях пользователь будет идентифицирован системой одинаково. Таким образом невозможно количественно проследить, сколько пользователей реально просмотрело видеоконтент, по той причине, что у компьютера могут находиться сколько угодно людей, (друзья пользователя, родные и т.д.).

Пример второй – учёт просмотра интернет-телевидения, задействующий динамическую схему IP-адресации. Допустим, в помещении находится один компьютер, соединённый с Интернетом по динамическому IP-адресу. Компьютер является системообразующим звеном в домашней локальной сети и обеспечивает функцию сервер-клиент. В локальную домашнюю сеть завязаны: три смартфона, два планшета, принтер, умные часы, три ноутбука и один нетбук, т.е. одиннадцать периферийных устройств, входящих или выходящих из сети попеременно или одновременно. Пользователь находится у центрального компьютера и является хозяином этих устройств. В один момент пользователь просматривает интернет-телевидение с выключенными гаджетами, и картинка более менее ясна. В

†) Наиболее модернизированная версия WiMAX – совместима с предыдущими поколениями сетей подобного типа, в некоторых странах может быть представлена как бренд WiMAX 2+.

другой момент пользователь включает сеть устройства активно и продолжает просматривать интернет-канал. Система учёта интернет-канала посчитает все без исключения 11 устройств и отобразит статистику на сервере просмотра:

$$3 + 2 + 1 + 1 + 3 + 1$$

Фактически 11 устройств, просто подключённых к сети, будут засчитаны за реальных пользователей. Рассмотрим и обратный вариант, когда имеется 11 активных устройств, соединённых в сеть, и у каждого устройства находятся по два человека. Лишние одиннадцать человек никак не будут зарегистрированы системой, хотя это реальный просмотр контента. Конечно, существуют специализированные алгоритмы сортировки IP-данных. Однако в большинстве случаев они не применяются в силу разных причин, обычно это: дороговизна использования систем дифференцированного учёта данных, низкая адаптированность к WEB-технологиям, программное обеспечение подобного уровня требует серьёзной заточки под низкоуровневые WEB-технологии, в некоторых случаях требовательность к вычислительным возможностям компьютера и установка дополнительного ПО на стороне клиента и т.д. Итак, в результате анализа возможностей сбора статистики мы имеем довольно высокую погрешность в составлении социологических выкладок и соответствующей статистики по данному направлению. Такой подход не сопоставим с аналогичным ему по использованию традиционных систем замеров аудитории, применяемым при просмотрах обычного телевидения. Пиплметры ведут более чёткую статистику, однако и там есть погрешности, но они другого уровня. Так, совершенствование технологических механизмов, направленных на учёт интернет-аудитории, откроет новые грани в познании такого феномена как интернет-телевидение и поможет составить более объективную картину его распространения. А впоследствии положительно скажется на экономическом состоянии интернет-вещателей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ влияния технико-технологических факторов на качественное поэтапное формирование интернет-телевидения в условиях опережающего развития информационно-коммуникационных технологий показал, что технико-технологические факторы играют существенную роль в процессах становления интернет-телевидения и смежных с ним интернет-технологий. Учёт технико-технологических факторов при анализе общего состояния и развития телекоммуникационных интернет-систем позволяет существенно повысить качество прогнозирования в области развития интернет-коммуникаций. Грамотная оценка технико-технологического состояния интернет-телевидения, учитывающая тенденции развития информационно-коммуникационных технологий, способствует адекватному медиапланированию и служит большим подспорьем при распределе-

нии и перераспределении финансовых ресурсов, выделяемых на медиапроекты. Вместе с тем, не стоит забывать и о том, что интернет-телевидение это динамично развивающаяся форма интернет-технологий, требующая комплексного анализа с разных позиций. Поэтому дополнительные научные исследования, касающиеся данного феномена, способствует приращению научных знаний в области коммуникационных и информационных процессов, тем самым повышая их научную значимость. Научный анализ технико-технологических факторов, формирующих интернет-телевидение, позволяет более детально раскрыть его потенциал. И в перспективе даёт питательную почву для мультидисциплинарных исследований, привлекая различные отрасли научных знаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папцов А.Г., Аварский Н.Д., Таран В.В., Серегин С.Н., Соколова Ж.Е. и др. Стратегические направления развития рынка органической продукции России: Монография в 2-х частях. Часть 2 / под общей ред. академика А.Г. Папцова, д.э.н. Н.Д. Аварского. – М.: Изд-во ВНИРО, 2020. – 188 с. DOI: 10.31857/S9785907036284000001
2. Долгушкин Н.К., Папцов А.Г., Аварский Н.Д., Таран В.В., Соколова Ж.Е. и др. Концептуальные основы развития рынка органической продукции России/Монография в 2-х частях. Часть 1 / под общей ред. академиков РАН Н.К. Долгушкина и А.Г. Папцова. – М.: РАН, 2018. – 172 с. DOI: 10.31857/S9785907036284000001
3. Соколова Ж.Е. Формирование и развитие сельского хозяйства, поддерживаемого местными общинами в зарубежных странах // Экономика аграрного сектора в России и за рубежом. – М.: Изд-во НИИ экономики сельского хозяйства. – 2019. – С. 94-114.
4. Таран В.В. Современные подходы к оценке развития информационно-коммуникационных технологий и основные направления их совершенствования // Научно-техническая информация. Сер.1. – 2014. – №9. – С. 9-14; Taran V.V. Modern Approaches to the Assessment of information and Communication Technologies and the Main Areas of Improvement // Scientific and Technical Information Processing. – 2014. – Vol. 41, №3. – P. 201-205.
5. Noam E., Groebel J., Gerbarg D. Internet-television. – New Jersey – London: Mahwah, 2004. – 250 p.
6. Comer D.E. The Internet book everything you need to know about computer networking and how the internet works (5th Edition). – Oxford: Taylor & Francis Group, 2019. – 376 p.
7. Abubakar B.A. Intelligent routing algorithm for mobile internet protocol television // A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of the University of Brighton for the Degree of Doctor of Philosophy. – April, 2016. – P. 221.
8. Abubakar B.A., Petridis M., Gill D.S., Gheyta S.M. “Unicast Bandwidth Efficiency

- Routing Algorithm for Mobile Devices,” in 2014 // IEEE International Conference on Mobile Services. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 8–15.
9. Tian K., Zhang B., Mouftah H., Zhao Z., Ma J. Destination-Driven On-demand multicast routing protocol for wireless ad hoc networks // 2009 IEEE International Conference Commun., P. 1–5, Jun. 2009.
  10. Aminullah N. Internet protocol television (IP-TV) services: Bachelor’s Thesis (UAS) Degree Program in Information Technology. Data communication 2011. – 54 p. Instructor: Patric Granholm.
  11. Cordeiro C., Challapali K. C-MAC: cognitive mac protocol for multi-channel wireless networks // IEEE DySPAN, April 2007.
  12. Bonaventure O. Computer networking : principles, protocols and practice (Release 0.25) October 30, 2011. – URL: <http://textbookequity.org/bonaventure-computer-networking-principles-protocols-and-practice>, P. 278.
  13. Valdar A. Understanding telecommunications networks / published by the institution of engineering and technology. London: Michael Faraday House, 2006. – P. 336.
  14. Gerbarg D. Television goes digital. – Berlin–Heidelberg: Springer, 2009. –246 p. DOI: 10.1007/978-0-387-79978-0.
  15. Starks M. The digital television revolution Origins to Outcomes/ Palgrave Global Media Policy and Business, University of Oxford, 2013, – P.247 .– ISBN 978–1–137–27334–5.
  16. Skinner C. Value WEB: How FinTech firms are using mobile and blockchain technologies to create the internet of value. – Singapore: Marshall Cavendish Business, 2016. – P. 525. – ISBN 978 981 4751 09 4.
  17. Lotz A.D. We now disrupt this broadcast (How cable transformed television and the Internet revolutionized it all). – Cambridge (Massachusetts) – London (England): The MIT Press, 2018. – P. 256.
  18. Wolff M. Television is the new television (the unexpected triumph of old media in the digital age / An imprint of Penguin Random House LLC, 2015, – P.146. – ISBN 978-0-69840552-3).
  19. Sparrow A. Film and television distribution and the Internet: A legal guide for the media industry. – Aldershot: Gower Publishing, 2007. – P. 217.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

1) **Прим. автора** (Таран В.В.) Под гуманитарным подходом понимается научный анализ проблематики конвергенции СМИ и их общекommunikационных (включая телекоммуникацию) возможностей с филологических, экономических, социологических, психологических и философских позиций. Безусловно, подобный анализ очень важен, (принципиально важен), однако без отдельного анализа специфики технико-технологического функционирования СМИ, зачастую может быть не совсем точен. Почему ис-

ключение составляют научные исследования культурологического характера? Ответ на этот вопрос кроется в сущности самих культурологических исследований и научных методов, применяемых при их проведении. Культурология относительно молодая наука, использующая как устоявшиеся общенаучные методы, так и собственные частные методы, относящиеся к специфике проводимых исследований. Собственные частные методы имеют и другие научные дисциплины, однако культурологию здесь отличает два важных аспекта — это гиперинтегративность и гиперполидисциплинарность, позволяющие охватить широкий спектр нюансов гуманитарного и технико-гуманитарного характера.

2) Здесь СМИ, прежде всего, рассматриваются с технической точки зрения. Имеется в виду, что СМИ — один из инструментов технологического продвижения цифровой экономики, поскольку они являются частью телекоммуникационной инфраструктуры. Особенно следует обратить внимание на интернет-СМИ, задействующие различные сетевые протоколы и смежные технические решения, которые, в свою очередь, могут участвовать в перемещении транзакций и также являться элементом цифровой инфраструктуры, способствующей общему развитию цифровой экономики.

3) Здесь СМИ рассматриваются с общегуманитарных позиций. Имеется ввиду эффективность работы электронных СМИ как наиболее эффективных каналов реализации гуманитарного контента, направленного на формирование культуры (в том числе и информационной).

4) DTMF — это телекоммуникационная сигнальная система, использующая полосу голосовых частот по телефонным линиям между телефонным оборудованием и другими устройствами связи и коммутационными центрами. Впервые была разработана компанией Bell в США и позднее стала известна как торговая марка Touch-Tone для использования в кнопочных телефонах, поставляемых телефонным клиентам, начиная с 1963 г. DTMF стандартизирована как рекомендация ITU-T Recommendation Q.23. Она также известна в Великобритании как MF4\*.

\* MF – группа методов сигнализации, использующих смесь двух чистых тонов звуков. Различные протоколы сигнализации MF были разработаны компаниями Bell System и CCITT. Ранние модели были полуавтоматическими и предназначались для внутриволосной сигнализации между коммутационными центрами. Они оказались технически и экономически эффективными. На их основе в дальнейшем была разработана двухтональная многочастотная сигнализация для передачи сигналов конечным пользователям без помощи операторов.

5) Для того чтобы расширить понятийный аппарат интернет-телевидения, считаем возможным привести авторское определение данной технологии. Автор определения Таран В. В. — российский исследователь в области компьютерных наук, информационно-коммуникационных технологий и наук об информации. Интернет-телевидение — совокупность аудиовизуального наполнения, осуществляющая функционирование за счет технологической базы, реализуемой через сетевые протоколы.

6) **Прим. автора** (Таран В.В.) 5G – fifth generation. В терминологии информационно-коммуникационных и включающих в себя телекоммуникационных технологий 5G – это технологический стандарт пятого поколения для сотовых сетей, который компании сотовой связи начали развёртывать по всему миру в 2019 году, стратегический преемник сетей 4G, который призван обеспечить подключение к большинству современных мобильных телефонов и других периферийных устройств. Как и предыдущие поколения подобных сетей, сети 5G — это сотовые сети, в которых зона обслуживания разделена на небольшие географические области (сектора), называемые ячейками. Все беспроводные устройства 5G в ячейке связываются с Интернетом и телефонной сетью посредством радиоволн через локальную антенну, размещённую в ячейке. Главное преимущество новых сетей заключается в том, что они будут иметь большую пропускную способность, которая обеспечит более высокую скорость загрузки, в конечном итоге до 10 Гбит/с. В связи с увеличением пропускной способности ожидается, что новые сети будут не только обслуживать мобильные телефоны, как существующие сотовые сети, но и использоваться в качестве общих интернет-провайдеров для ноутбуков, нетбуков и настольных компьютеров, конкурируя с существующими стандартными интернет-провайдерами, такими как кабельный Интернет, а также сделают возможными новые приложения в интернете вещей (IoT) что в свою очередь повысит уровень информационно-коммуникационного взаимодействия между вычислительными машинами. Нынешние сотовые телефоны 4G не смогут использовать новые сети, для чего потребуются новые беспроводные устройства с поддержкой 5G. Частично увеличение скорости достигается за счёт использования более высокочастотных радиоволн, по сравнению с современными сотовыми сетями. Однако высокочастотные радиоволны имеют более короткий диапазон, чем частоты, используемые предыдущими вышками сотовой связи, требуя меньших размеров ячеек. Таким образом, чтобы обеспечить широту обслуживания, сети 5G работают в трёх радиочастотных диапазонах: низком, среднем и высоком. Сеть 5G будет состоять из сетей, использующих до 3-х различных типов ячеек, каждая из которых требует различных антенн. Каждый тип даёт различное компромиссное разрешение скорости загрузки в зависимости от расстояния и зоны технического обслуживания. Сотовые телефоны и беспроводные устройства 5G будут иметь возможность подключаться к сети через наиболее высокоскоростную антенну в пределах диапазона их расположения.

7) Эту модель часто критикуют специалисты в области ИКТ в связи с её устаревшими конструкциями и несвоевременной информативностью, однако замена пока не предложена. Кроме того, существуют разные мнения — например, в исследованиях прикладного характера такую модель часто называют «чересчур тереотизированной», в то время как в области фундаментальных (теоретических) научных исследований её считают приоритетной.

8) **Прим. автора** (Таран В.В.) Система технологических отношений подразумевает иерархию электронных технических средств передачи информации, систематизирующую информационные и коммуникационные процессы в целях повышения качества доставки информации. В некоторой научной и научно-популярной литературе модель может называться — «коммуникационная модель». Например, в известной книге Джеймса Куроуза (James F.Kurose) и Кита Росса (Keith W.Ross) Computer Networking (A Top-Down Approach Featuring the Internet) модель OSI определяется именно как «коммуникационная модель», иногда модель просто называют стековой моделью протоколов Интернета.

9) OSI (The Open Systems Interconnection model (OSI model)) — это модель межкомпонентного соединения открытых систем, характеризующая и стандартизирующая коммуникационные функции телекоммуникационной или вычислительной системы без учета их внутренней структуры и технологии. Цель — обеспечение совместимости различных систем связи со стандартными коммуникационными протоколами. Модель OSI определена в стандарте ISO / IEC 7498.

10) ГИКС «Интернет» – глобальная информационно-коммуникационная сеть Интернет — определение, предложенное российским исследователем в области компьютерных наук и ИКТ Тараном В. В., для уточнения принципов коммуникативности (включающей как техническую, так и гуманитарную коммуникацию). Таким образом, привязка «телекоммуникационная», как эта сеть указывается в государственных документах согласно ГОСТ (информационно-телекоммуникационная сеть Интернет) не совсем точно отражает суть глобальности данной технологии. Обладая развитым спектром технологий, развивающихся, преимущественно, на интернет-площадке, Интернет (как сеть) сильно отличается от других видов телекоммуникационных технологий, поэтому она требует особого выделения среди других телекоммуникационных сервисов. Его привязка к коммуникационной функции показывает насколько развита эта сеть именно при установлении интерактивных гипертекстуальных и гипермедиа связей.

11) **Прим. автора.** (Таран В.В.) На правой стороне рисунка 4 изображены сетевые процессы кодирования, а в качестве ключевого стандарта (кодирования/декодирования) потоков аудио и видеоинформации представлен алгоритм MPEG. В некоторых статьях и специализированных справочниках по информатике и вычислительной технике аббревиатура MPEG может иметь разную расшифровку. Например, в нижеперечисленных источниках стандарт описывается как алгоритм MPEG (Motion Pictures Expert Group). Однако при раскрытии аббревиатуры мы видим несколько иное, отличное от технического стандарта название – *Motion Picture Editors Guild* (The Motion Picture Editors Guild), которое обозначает Гильдию редакторов кинофильмов (*MPEG*). Гильдия представляет внештатных и штатных редакторов кинофильмов и телевизионных фильмов, а также других специалистов по соответствующему дальнейшему движению кинопродуктов и аналитиков сюжетов по всей терри-

тории США. В нашем случае (информатика и вычислительная техника) это **Moving Picture Experts Group (MPEG)** – экспертная группа по движущимся изображениям (The Motion Pictures Expert Group). Представляет группу технических специалистов, инженеров; осуществляет управление, мониторинг и координацию проектов в области адаптации мультимедийной информации. Образована Международной организацией по стандартизации (ISO, International Organization for Standardization) и Международной электротехнической комиссией (IEC, International Electrotechnical Commission) для выработки стандартов сжатия и передачи цифровой видео- и аудиоинформации. Визуализация логотипа MPEG и наглядная сетевая инфраструктура кодирования сигнала позволяют уйти от путаницы данных понятий. Источники, характеризующие стандарт MPEG как **Motion Pictures Expert Group**:

1. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/motion-picture-experts-group-standards> (дата обращения: 01.10.2020)

2. <https://www.gsmarena.com/glossary.php3?term=mpeg> (дата обращения: 01.10.2020)

3. <http://www.businessdictionary.com/definition/Motion-Pictures-Experts-Group-MPEG.html> (дата обращения: 01.10.2020).

Источники, характеризующие стандарт MPEG как **Moving Picture Experts Group**:

1. <https://mpeg.chiariglione.org/> (дата обращения: 01.10.2020)

2. <https://www.webopedia.com/TERM/M/MPEG.html> (дата обращения: 01.10.2020)

Русскоязычные источники, характеризующие стандарт MPEG как «общее наименование ряда стандартов соответствующих им форматов и технологий»:

1. Воровский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник (Введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах). – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 389 с. ISBN 5-9221-0426-8

2. Воровский Ф. С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 362 с. ISBN 5-9221-0717-8.

12) **WebDAV (Web Distributed Authoring and Versioning)** – вспомогательный протокол, поддерживающий передачу данных поверх HTTP. В зависимости от типа соединения HTTP –HTTP(S) передаваемый трафик может шифроваться. По умолчанию протокол поддерживает незащищённое соединение. WebDAV является альтернативой протоколу FTP.

13) **RPC (Remote Procedure Call)** – набор технологий, обеспечивающих вызов процедур и функций в удалённом режиме. Технология задействует транспортный протокол и технологии перевода структур данных в битовую последовательность. В программировании подобная технология называется сериализацией (маршалингом) (Serialization-marshalling). Чтобы восстановить первоначальную структуру дан-

ных, задействуется обратный процесс десериализация (демаршелинг) (deserialization-Unmarshalling).

14) **SSL (Secure Sockets Layer)** – защищённый слой сокетов, специализированный сетевой протокол, позволяющий развёртывать безопасный канал связи, особенно популярен при организации IP-телефонии.

15) **TLS**, как и его предшественник SSL – криптографические протоколы, предназначенные для обеспечения безопасности связи по компьютерной сети. Они широко используются в таких приложениях, как просмотр веб-страниц, электронная почта, мгновенные сообщения и голос по IP (VoIP). Протокол TLS направлен, в первую очередь, на обеспечение конфиденциальности и целостности данных между двумя или более взаимодействующими компьютерными приложениями. При защите с помощью TLS соединения между клиентом и сервером протокол должен обладать определенными свойствами, в том числе способностью к установлению идентичности общающихся сторон, надёжностью и конфиденциальностью.

16) **P2P—P2PTV**. Система P2PTV устроена таким образом, что участник сети, загружая видеопоток, одновременно подгружает этот поток другим участникам. Этот способ позволяет более эффективно использовать установленную полосу пропускания сигнала. Принцип похож на оверлейную сеть, развёрнутую поверх Интернета для распределения видеоданных в реальном времени.

17) **Прим. автора.** (Таран В.В.) протокол PPSP описывается документом Problem Statement and Requirements of the Peer-to-Peer Streaming Protocol (PPSP) который определяет постановку задачи и требования однорангового потокового протокола PPSP. Подробное описание можно найти по адресу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6972.txt> (дата обращения к электронному ресурсу: 01.10.2020). Информацию об ошибках протокола и текущем состоянии документа можно получить по адресу: <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6972> (дата обращения к электронному ресурсу: 01.10.2020).

18) **MPEG-2 (Moving Picture Experts Group v.2)** — стандарт кодирования и упорядочивания кадров для последующего их порядкового воспроизведения с целью создания эффекта движущегося изображения. Имеет соответствующие форматы (\*MPEG-1,2,3,4,7) хранения видеоданных, различающиеся между собой уточнёнными алгоритмами обработки видеоданных. MPEG-2 как стандарт был разработан в период между 1990-м и 1994-м годами и предназначался как качественная замена формату MPEG-1. Первая версия MPEG была предназначена, в основном, для кодирования видеодорожек на CD-диски объёмом от 500 до 700 Мбайт, позже стали выпускаться CD-диски объёмом 800 Мбайт. Это обстоятельство помогло расширить горизонты кодирования видеоданных форматом MPEG-1. Однако, не смотря на то, что это нововведение положительно сказалось на продолжительности видеодорожек, но, к сожалению, качество их оставалось таким же. MPEG второй версии был создан с учётом технических характеристик MPEG-1,

но уже содержал некоторый арсенал нововведений, среди которых были: усовершенствование качества передаваемого видеозображения с учётом более высоких скоростей передачи данных, более высокая (адаптивная) степень компрессии видеок кадров с наименьшими потерями при воспроизведении, адаптация под технические регламенты ТВЧ (Телевидение Высокой Чёткости — High-Definition Television, HDTV). Для уточнения вещательных возможностей формата MPEG-2 немногим позже была введена уточняющая инструкция под названием MPEG-3. Суть её сводилась к усовершенствованию технологической базы формата MPEG-2 в области его вещательных возможностей. Подразумевалось, что техническая инструкция MPEG-3 уточнит возможности MPEG-2 в трансляционных потоках HDTV. На этапе разработки уточняющей инструкции появились свежие идеи по полной адаптации MPEG-2 к HDTV и от введения формата MPEG-3 отказались.

19) MPEG-4 — четвёртая версия стандарта MPEG, отличающаяся от предшествующих версий введёнными возможностями по управлению базами данных видеоконтента, качественное решение для передачи потоковых мультимедийных данных в сети Интернет и спутниковой связи. Версия поддерживает язык моделирования виртуальной реальности (Virtual Reality Modeling Language, VRML), что позволяет отображать в процессе трансляции трёхмерные блоки. Работа с аудиоданными подразумевает поддержку кодека (Advanced Audio Coding, AAC).

20) MPEG-7 (Moving Picture Experts Group / Multimedia Content Description Interface) — стандарт описания мультимедийного контента. Он был стандартизирован в соответствии с ISO / IEC 15938 (интерфейс описания Мультимедийного контента). Это описание предположительно будет связано с самим контентом, чтобы обеспечить быстрый и эффективный поиск материала, представляющего интерес для пользователя. MPEG-7 формально именуется как Интерфейс Описания Мультимедийного Контента (Multimedia Content Description Interface). Таким образом, эта технология не является стандартом (в полном смысле слова), который имеет дело с фактическим кодированием движущихся изображений и аудио, как MPEG-1, MPEG-2 или MPEG-4. Она использует XML для хранения метаданных и может быть применена к тайм-коду, чтобы отмечать определенные события или, например, синхронизировать тексты песен. Поскольку структура MPEG-7 хорошо вписывается в архитектуру MPEG-4 и является её проводником при организации сетевых трансляций, в некоторых источниках эти объединённые названия упоминаются как MPEG-47. Требование структуры MPEG-7 состоит в том, что описание должно быть отделено от аудиовизуального контента. С другой стороны, должна существовать связь между содержанием и описанием. Таким образом, обеспечивается мультипликативный эффект.

21) MHEG-5 — стандарт, являющийся частью набора международных стандартов, связанных с представлением мультимедийной информации, утверждённый группой экспертов по мультимедиа и

гипермедиа (MHEG). Выступает в качестве языка для описания интерактивных телевизионных услуг. Является безлицензионной и общедоступной технологией промежуточного программного обеспечения для интерактивного телевидения, которая используется как для отправки, так и для приема сигналов интерактивного телевидения. Технология позволяет развертывать широкий спектр ориентированных на телевидение интерактивных сервисов. Она используется платформами Freeview и Freesat в Великобритании, Freeview в Новой Зеландии, TVB в Гонконге, Freeview в Австралии, Saorview в Ирландии (MHEG-5, v1. 06), также было отмечено его использование в ЮАР. Кроме того MHEG-5 был выбран в качестве обязательного движка интерактивности для CI+ совместимых телевизоров (и других устройств CI+). MHEG-5 — это объектно-ориентированный декларативный язык программирования, который может быть использован для описания представления текста, фотографий и видео. Приложение MHEG-5 состоит из нескольких «Сцен», между которыми пользователь приложения может перемещаться. Каждая «Сцена» содержит список элементов текста и графики, которые должны быть представлены, и может содержать блоки процедурного программного кода, которые выполняются в ответ на одно из предопределённых событий, таких как нажатие клавиш, запуск таймеров или успешная загрузка содержимого в память. Эти блоки программного кода состоят из элементарных действий, способных выполнять такие операции, как изменение текста, отображаемого текстовым объектом, или запуск воспроизведения видеоклипа. MHEG-5 определяет иерархию классов, доступных автору приложения. В отличие от объектно-ориентированных языков, определение новых классов невозможно. Стандарт определяет два представления приложений MHEG, одно из которых является текстовым, а другое представлено в ASN.1. Приложения обычно пишутся в текстовой нотации, а затем кодируются в ASN.1 для интерпретации двигателем MHEG. Язык MHEG-5 как раз подходит для этого. Чтобы стать полезным в любом конкретном контексте, язык должен быть профилирован. Широковещательный профиль языка был стандартизирован ETSI, с соответствующим стандартом ETSI ES 202 184. Если рассмотреть британский опыт, то MHEG-5 используется для предоставления интерактивных услуг для цифрового телевидения, таких как услуга замены красной кнопки Ceefax на BBC.

22) DDL (Description Definition Language) – язык определения описания, является частью стандарта MPEG-7. Он предлагает важный набор инструментов для пользователей для создания своих собственных Схем Описания (Description Schemes — DSs) и Дескрипторов (Descriptors – Ds). DDL определяет синтаксические правила для определения, объединения, расширения и изменения Схем Описания и Дескрипторов. DDL не является языком моделирования подобно унифицированному языку моделирования (UML), а представляет схематический язык для представления результатов аудиовизуальных данных, которые должны соответствовать дескрипторам, схемам описания и описаниям MPEG-7.

23) **Прим. автора** (Таран В. В.) Авторская позиция по этому вопросу заключается в принципе *открытости* Интернета для всех пользователей; любые попытки искусственных ограничений и установление технических барьеров для беспрепятственного доступа к необходимой информации влечёт за собой снижение активности пользователей, что неблагоприятно сказывается на процессах обработки информации, и с технической точки зрения технологически отбрасывает потенциальный (национальный) сегмент Интернета далеко назад. Таким образом, избыточная нормативно-правовая база в области использования Интернета, на основании которой включаются технические механизмы, регламентирующие работу региональных сегментов сети, препятствует технологическому развитию региона или страны, прежде всего, в силу того, что телекоммуникационная инфраструктура служит базисом для внедрения новых идей и передовых технологий.

24) Wi-Fi — это семейство беспроводных сетевых протоколов, основанных на стандартах группы IEEE 802.11, которые обычно используются в локальных вычислительных сетях для организации доступа в Интернет. Wi-Fi является торговой маркой некоммерческого Альянса «Wi-Fi Alliance», который ограничивает использование маркировки Wi-Fi Certified — продуктами, успешно прошедшими сертификационное тестирование на совместимость. Устройства, которые могут использовать технологии Wi-Fi, включают персональные настольные компьютеры и ноутбуки, смартфоны и планшеты, интеллектуальные телевизоры, принтеры, интеллектуальные динамики, автомобили и беспилотные летательные аппараты.

25) WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — Технология широкополосного доступа в микроволновом диапазоне — это семейство стандартов беспроводной широкополосной связи, основанных на наборе стандартов IEEE 802.16, которые предоставляют несколько вариантов управления доступом к физическому уровню (PHY) и Средствам Массовой Информации (MAC). Название «WiMAX» было предложено Форумом WiMAX, который был создан в июне 2001 года для содействия соответствию и возможности взаимодействия стандарта, включая определение предопределённых системных профилей для коммерческих поставщиков. Форум определяет WiMAX как «основанную на стандартах технологию, позволяющую предоставлять беспроводной широкополосный доступ *последней мили*<sup>\*</sup> в качестве альтернативы кабельной связи и DSL». IEEE 802.16 m или WirelessMAN-Advanced был кандидатом на 4G, конкурируя со стандартом LTE Advanced. Первоначально WiMAX был разработан для обеспечения скорости передачи данных от 30 до 40 мегабит в секунду, однако обновление 2011 года обеспечивало уже до 1 Гбит/с для стационарных станций.

<sup>\*</sup> «Последняя миля» — канал, соединяющий конечное (клиентское) оборудование с узлом доступа провайдера (оператора связи).

26) TD-LTE (Long-Term Evolution Time-Division Duplex) В некоторой справочной и научно-технической научной литературе упоминается как TDD LTE, является телекоммуникационной технологией 4G и стандартом, совместно разработанным международной коалицией компаний, среди которых: Nokia Solutions and Networks, Qualcomm, China Mobile, Huawei, ST-Ericsson, ZTE, Samsung, Datang Telecom.

*Материал поступил в редакцию 02.07.20.*

#### Сведения об авторах

**ТАРАН Василий Васильевич** — кандидат культурологии, доцент, Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский международный университет», докторант, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук»  
e-mail: allscience@lenta.ru

**БАКСАНСКИЙ Олег Евгеньевич** — доктор философских наук, профессор, профессор Российской академии наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук»  
e-mail: obucks@mail.ru

**СОКОЛОВА Жанна Евгеньевна** — доктор экономических наук, кандидат философских наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»  
e-mail: organicsearch@rambler.ru

**ТАРАН Василий Викторович** — доктор экономических наук, старший научный сотрудник (ВАК), главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий — Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства»  
e-mail: organicsearch@rambler.ru

**СУХОЙ Владимир Васильевич** — старший преподаватель, Автономная некоммерческая организация высшего образования «Московский международный университет», профессор кафедры международной журналистики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации»  
e-mail: vladimirsukhoi52@gmail.com

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ТЕКСТА

---

УДК 811.161.1'322.2

А.А. Голубев, Н.В. Лукашевич

## Исследование моделей нейронных сетей типа BERT для анализа тональности текстов на русском языке\*

*Описываются результаты применения стандартных архитектур нейронных сетей (CNN, LSTM, BiLSTM) и недавно появившихся их моделей BERT на ранее размеченных данных для анализа тональности текстов на русском языке. Сравниваются два варианта русскоязычной модели BERT (RuBERT) и различные способы ее применения.*

**Ключевые слова:** анализ тональности, русский язык, нейронные сети, архитектура BERT

**DOI:** 10.36535/0548-0027-2021-01-3

### ВВЕДЕНИЕ

В Интернете и в социальных сетях огромное количество людей излагает свои мнения на различные темы. Автоматическое извлечение и анализ этих мнений представляют значительный интерес для дальнейшего развития научных исследований в области русского языка.

Современные подходы к решению задач анализа тональности текстов основаны на применении методов машинного обучения, требующих наличия специальных обучающих и тестовых наборов данных (коллекций). Наибольшее количество различных размеченных коллекций анализа тональности создано для английского языка, например, Stanford Sentiment Treebank SST [1], коллекция отзывов пользователей о фильмах IMDB [2], коллекции твитов, размеченных по тональности в рамках тестирования SemEval [3, 4].

Для других языков существует значительно меньше размеченных данных. Примерами русскоязычных размеченных коллекций для анализа тональности являются наборы данных с тестирований РОМИП 2012-2013 и SentiRuEval 2015-2016 [5-7], включающие размеченные отзывы пользователей на фильмы, книги и цифровые камеры, а также цитаты из новостей и короткие сообщения из социальной сети Твиттер. Лучшие результаты анализа тональности текстов среди участников тестирования были полу-

чены с применением классических подходов машинного обучения: метода опорных векторов (SVM) [5], ранних нейронных архитектур [8], а также инженерных подходов, основанных на правилах [9].

Повышение качества автоматического анализа тональности связано с применением относительно новых архитектур нейронных сетей, например, BERT [10]. Поэтому можно предположить, что с использованием новых подходов результаты на русскоязычных коллекциях данных могут быть значительно улучшены.

В настоящей работе сравниваются несколько подходов к анализу тональности на основе модели BERT [10], хорошо зарекомендовавшей себя при решении широкого спектра задач по автоматической обработке текстов. Подходы на основе этой модели сопоставляются с методом машинного обучения SVM, а также со стандартными нейронными архитектурами (CNN, LSTM, BiLSTM). Лучшие результаты анализа продемонстрировал вариант модели BERT, обученный на разговорных текстах – диалоги, комментарии и др. [11]. Лучшей архитектурой оказалась модель BERT-NLI, рассматривающая задачу классификации по тональности как задачу текстового вывода (Natural Language Inference) [12]. На одной из задач эта модель практически достигает уровня человеческих ответов. В той же работе проводится анализ ошибок лучших подходов, а также приводятся примеры, которые сегодня не удается правильно классифицировать автоматически.

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 20-07-01059)



Размеченные коллекции, используемые в исследовании

| Коллекция                               | Обучающая | Тестовая | Метрика          | Лучшие результаты анализа | Метод   |
|---|-----------|----------|------------------|---------------------------|---------|
| Новости РОМИП-2013 <sup>1</sup>         | 4260      | 5500     | $F_1 macro$      | 62,1                      | Правила |
| SentiRuEval-2015 Операторы <sup>2</sup> | 5000      | 5322     | $F_1^{+-} macro$ | 50,3                      | SVM     |
| SentiRuEval-2015 Банки <sup>2</sup>     | 5000      | 5296     | $F_1^{+-} macro$ | 36,0                      | SVM     |
| SentiRuEval-2016 Операторы <sup>3</sup> | 8643      | 2247     | $F_1^{+-} macro$ | 55,9                      | GRU     |
| SentiRuEval-2016 Банки <sup>3</sup>     | 9392      | 3313     | $F_1^{+-} macro$ | 55,1                      | GRU     |

Таблица 2

Распределение классов по наборам данных (%)

| Коллекция                  | Обучающая выборка, классы |        |        | Тестовая выборка, классы |        |        |
|----------------------------|---------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
|                            | Полож.                    | Отриц. | Нейтр. | Полож.                   | Отриц. | Нейтр. |
| Новости РОМИП-2013         | 16                        | 36     | 48     | 11                       | 33     | 56     |
| SentiRuEval-2015 Операторы | 19                        | 32     | 49     | 10                       | 23     | 67     |
| SentiRuEval-2015 Банки     | 7                         | 34     | 59     | 8                        | 15     | 79     |
| SentiRuEval-2016 Операторы | 15                        | 29     | 56     | 10                       | 46     | 44     |
| SentiRuEval-2016 Банки     | 8                         | 18     | 74     | 10                       | 22     | 68     |

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ранее были рассмотрены пять русскоязычных наборов данных, созданных в рамках предыдущих тестирований по анализу тональности: коллекция новостных цитат РОМИП-2013 [5] и четыре коллекции размеченных сообщений (твитов) из социальной сети Твиттер с тестирования SentiRuEval 2015-2016 [6, 7]. В табл. 1 представлены описание размеченных коллекций, включающее обучающие и тестовые выборки, меры качества результатов, а также лучшие методы и продемонстрированные ими результаты анализа; в табл. 2. – распределение классов тональностей для упомянутых наборов.

### Коллекция новостных цитат

В рамках тестирования РОМИП-2013 для создания коллекции новостных цитат из статей извлекались высказывания, записанные в форме прямой или косвенной речи [5]. Предполагалось, что подобные цитаты содержат высокую долю оценочных (пози-

тивных или негативных) мнений. Задача тестирования состояла в отнесении высказываний к одному из трех классов: позитивный, негативный или нейтральный. Из табл. 2 видно, что данные по классам достаточно сбалансированы. Основной метрикой тестирования являлась макро  $F$  мера ( $F_1 macro$ ).

Участники тестирования экспериментировали с классическими подходами машинного обучения: наивным байесовским классификатором и методом опорных векторов. Однако лучшие результаты анализа текстов были получены при использовании подхода, основанного на знаниях и правилах: 62,1  $F_1$  меры и 61,6 Ассигасы. Это может объясняться широким разнообразием тем и используемой оценочной лексикой в цитатах, а также недостаточным объемом обучающей выборки [5, 9].

### Коллекция твитов

В рамках двух тестирований SentiRuEval 2015-2016 [6, 13] рассматривалось задание по мониторингу репутации компаний на примере банков и телекоммуникационных операторов, заключавшееся в поиске мнений с положительной или отрицательной тональностью, а также положительных и отрицательных фактов о компаниях. Таким образом, задание можно рассматривать как задачу анализа тональности с ори-

<sup>1</sup> <http://romip.ru/en/collections/sentiment-news-collection-2012.html>

<sup>2</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/0BxlA8wH3PTU-ffl15LUM0SmVvZ1puc2NaalQtWmdEbEw1Yi0zYk11cjdDN-2pue1FIRDBHdVU>

<sup>3</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/0BxlA8wH3PTU-fV1F1UTBwVTJPd3c>

ентацией на заданный объект (*entity-oriented sentiment analysis, targeted sentiment analysis* [14]). За два года исследований создано четыре набора данных (см. табл. 1). В 2016 г. обучающие наборы были получены с помощью объединения прошлогодних обучающих и тестовых данных. Это позволило существенно увеличить размеры обучающих выборок [7].

Участникам тестирования было необходимо провести классификацию по трем классам. Из табл. 2 видно, что нейтральный класс превалирует во всех коллекциях. По этой причине главной метрикой качества была выбрана  $F_1^{+-}$  макро мера, вычисляемая как среднее значение между  $F_1$  мерами положительного и отрицательного классов. Аналогичная  $F_1$  мера нейтрального класса игнорировалась, поскольку эта категория чаще всего не представляет интереса. Стоит уточнить, что выбор этой метрики не сводит задачу к бинарной классификации, поскольку ошибки на нейтральном классе негативно влияют на  $F_1^+$  и  $F_1^-$  метрики. В дополнение к этому подсчитывалась мера  $F_1^{+-}$  макро, учитывающая неравенство объемов положительного и отрицательного классов [6, 7].

Как показано в табл. 1, результаты анализа тональности в тестировании 2016 г. значительно превышают результаты 2015 г. на аналогичных задачах. Это объясняется как увеличением обучающей выборки для второго соревнования, так и использованием участниками исследования более продвинутых методов, включая современные нейронные сети на основе векторных представлений слов (эмбедингов) [7].

## МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТОВ

В настоящей работе исследовались классические архитектуры нейронных сетей для автоматической обработки текстов – сверточная и рекуррентная, – а также нейронная сеть архитектуры BERT.

В качестве базового подхода (*baseline*) для экспериментов был выбран метод опорных векторов, использующий предобученные эмбединги для описания признаков. Вариант эмбедингов от FastText<sup>4</sup> выбран из-за лучших результатов в исследовании по сравнению с эмбедингами ELMo<sup>4</sup>, Word2Vec<sup>5</sup> и GloVe<sup>6</sup>. Для подачи данных в SVM использовался подход усреднения эмбедингов по предложению. Для поиска оптимальных гиперпараметров применялся механизм подбора параметров библиотеки scikit-learn<sup>7</sup>.

**Предобработка текстов** для всех наборов данных состояла из следующих шагов:

- приведение к нижнему регистру;
- замена ссылок токеном *ссылка*;
- замена упоминаний пользователей токеном *пользователь*;
- замена хэштегов токеном *хэштег*;

- замена адресов электронной почты токеном *почта*;
- замена телефонных номеров токеном *телефон*;
- замена всех эмодзи соответствующими смысловыми токенами;
- удаление всех специальных символов за исключением пунктуации;
- сокращение числа повторений любой буквы подряд до двух раз;
- лемматизация и удаление стоп-слов.

Заключительный пункт проводился только для метода опорных векторов и классических нейронных сетей. Для моделей, основанных на архитектуре BERT, это не привело к изменениям и дало лишь незначительный прирост в районе 0,01%.

## Классические нейронные сети

Архитектура сверточной сети, используемая в нашем исследовании, основана на подходах, описанных в [15, 16]. Входные данные представляются в виде матрицы размера  $s \times d$ , где  $s$  – количество токенов в предложении, а  $d$  – размерность пространства эмбедингов. Оптимальная высота матрицы  $s = 50$  была выбрана экспериментальным путем. При необходимости предложение обрезалось или дополнялось нулевыми векторами до требуемой длины.

Далее операции свертки с фильтрами различных размеров применяются к матрице параллельно. Одному фильтру соответствует матрица  $w \in R^{h \times d}$  с размером фильтра  $h$ , равным числу слов, которое этот фильтр покрывает. Затем к результатам использования каждого фильтра применяется операция *max-pooling*. Это помогает извлечь наиболее важную информацию независимо от положения признака в тексте. После проведения всех сверточных операций полученные векторы конкатенируются и отправляются на полносвязный слой, результат которого передается на слой *softmax* для получения конечного распределения вероятностей по классам. Число сверток было выбрано равным четырем с окнами (2, 3, 4, 5) соответственно. Для снижения эффекта переобучения было добавлено два слоя *dropout* с параметром  $p = 0,5$ : первый – после слоя *max-pooling*, второй – после полносвязного слоя.

Другой известной архитектурой нейронной сети, часто используемой для автоматической обработки текстов, является рекуррентная сеть LSTM. Основная ее идея – введение специальной внутренней ячейки состояния размерности  $c_t \in R^d$ , равной размерности скрытого слоя сети. В рассматриваемом нами случае размерность  $d$  была выбрана равной размерности пространства эмбедингов.

Одним из недостатков архитектуры сети LSTM считается невозможность учитывать информацию идущих впереди слов, поскольку предложение читается сетью только в прямом направлении [17]. Для решения этой проблемы обычно используется двунаправленная BiLSTM сеть. Две эти LSTM сети проходят по предложению с двух сторон, а их ячейки состояния конкатенируются и позволяют получить вектор размерности  $c_t \in R^{2d}$ . Как и в случае обыч-

<sup>4</sup> [http://docs.deeppavlov.ai/en/master/features/pretrained\\_vectors.html](http://docs.deeppavlov.ai/en/master/features/pretrained_vectors.html)

<sup>5</sup> <https://rusvectors.org/ru/models/>

<sup>6</sup> [http://www.cs.cmu.edu/~afm/projects/multilingual\\_embeddings.html](http://www.cs.cmu.edu/~afm/projects/multilingual_embeddings.html)

<sup>7</sup> <https://scikit-learn.org/stable/>

ной LSTM, этот вектор подается на полносвязный слой размерности 40, выход которого передается далее на слой *softmax* для получения итоговых вероятностей принадлежности классам.

В обоих рекуррентных архитектурах для борьбы с переобучением применялись *dropout* слои с параметром вероятности  $p = 0,5$ , расположенные до и после полносвязных слоев. Для всех описанных архитектур были использованы предобученные русскоязычные эмбединги FastText размерности 300.

## Настройка моделей BERT

Подходы, используемые для анализа тональности на основе BERT [10], могут быть разделены на две группы: 1) классификация по одному предложению; 2) классификация с использованием вспомогательных предложений [18], в процессе которой задача анализа тональности преобразуется в задачу классификации пары предложений. Модель BERT способна принимать на вход как одно, так и два предложения, рассматривая их как задачу оценки смысловой связности.

Для задачи объектно-ориентированного анализа тональности для каждого объекта оценки в тексте имеется метка тональности. Это дает возможность маскировать реальное название сущности специальным токеном. Например, исходный текст “Сбербанк – надежное место для хранения ваших сбережений” преобразуется к виду “*MASK* надежное место для хранения ваших сбережений”. В случае наличия в предложении двух сущностей задача решается дважды с поочередным маскированием каждой из них.

Модель с одним предложением (BERT-single) использует только исходный текст и представляет стандартную архитектуру BERT с дополнительным линейным слоем с матрицей  $W \in R^{K \times M}$ . Здесь  $K$  определяет количество классов, а  $M$  – размерность выходного представления исходного предложения. Входное представление текста конструируется в виде суммы эмбединга токена, а также позиционных и разделяющих эмбедингов. Итоговое распределение вероятностей вычисляется с помощью слоя *softmax*. Модель этой архитектуры проводит классификацию на основе контекста маскированной сущности.

Модель с двумя предложениями (BERT-pair) имеет некоторые отличия. Входное представление преобразует два предложения в одно путем добавления токена *[SEP]* между ними. Для задачи классификации в начало входной последовательности добавляется специальный токен *[CLS]*. Поверх выходного представления данного токена размерности  $H$  добавляется линейный слой классификации с матрицей  $W \in R^{K \times H}$ . В этом случае модель основывается не только на контексте, но и на дополнительном вопросе.

Модели, использующие вспомогательные предложения, основаны на задачах ответа на вопрос (QA) и вывода из текста (NLI):

- pair-NLI: “Тональность *MASK* равна”
- pair-QA: “Что вы думаете о тональности *MASK*?”

Следствием к предложению должен являться один из элементов множества *Положительно, Отрицательно, Нейтрально*.

В случае задачи общего анализа тональности метки принадлежат не объектам, а целым предложениям. Поскольку объекты для маскирования отсутствуют, было решено присваивать токен целому предложению. Таким образом, исходное предложение “56% Rambler Group было продано Сбербанку” преобразуется к виду “*MASK = 56% Rambler Group было продано Сбербанку*”. Для этого варианта задачи конструируются аналогичные вспомогательные предложения.

В настоящей статье сравниваются две предобученные модели BERT из библиотеки DeepPavlov [19]:

1) RuBERT, Russian, cased, 12-layer, 768-hidden, 12-heads, 180M параметров, обучение на русской части Википедии и новостях<sup>8</sup>;

2) Conversational (диалоговый) RuBERT, Russian, cased, 12-layer, 768-hidden, 12-heads, 180M параметров, обучение на различных форумах, Пикабу и подкорпусе постов социальных сетей корпуса Тайга<sup>8</sup>.

Обучение моделей производилось параметрами: вероятность на слое *dropout* 0,1; число эпох 5; начальный шаг обучения размер батча, равный 12.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для сравнения рассматриваемых моделей вычислялись стандартные метрики: точность (Accuracy) и  $F_1$  macro. Помимо них были вычислены метрики, необходимые для сравнения с участниками соревнований:  $F_1^{+-}$  macro и  $F_1^{+-}$  micro, учитывающие только положительный и отрицательный классы. Все представленные результаты работы нейронных сетей являются усреднением по пяти попыткам. Для разделения двух предобученных BERT моделей используется метка (C) для диалогового (*conversational*) варианта.

### Результаты моделей на коллекции новостных цитат

Результаты использования моделей на коллекции новостных цитат РОМИП-2013 продемонстрированы в табл. 3. Как отмечалось ранее, участники соревнования применяли традиционные методы машинного обучения (метод опорных векторов, наивный байесовский классификатор и т.д.), а также инженерные методы, основанные на знаниях и правилах и продемонстрировавшие лучшие результаты.

Рассматриваемое задание оказалось сложным даже для моделей, применяющих эмбединги (SVM, CNN, LSTM, BiLSTM). Среди классических нейронных сетей двунаправленная BiLSTM архитектура показала лучшие результаты, при этом лишь незначительно повысив результаты инженерного подхода по  $F_1$  метрике. Использование модели BERT радикальным образом повышает результаты. Лучшей конфигурацией является модель BERT-pair-NLI на базе диалоговой модели RuBERT. Модель BERT-pair-NLI присваивает маскирующий токен всему предложению и трактует задачу анализа тональности как формирование вывода по тексту (*textual entailment*). Результаты этой модели выше результатов BiLSTM на 9 процентных единиц.

<sup>8</sup> <http://docs.deeppavlov.ai/en/master/features/models/bert.html>

Результаты моделей на коллекции новостных цитат

| Модель            | Accuracy     | $F_1 macro$  | $F_1^{+-} macro$ | $F_1^{+-} micro$ |
|-------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|
| РОМИП-2013 [5]    | 61,60        | 62,10        | –                | –                |
| SVM               | 69,12        | 61,63        | 74,82            | 75,07            |
| CNN               | 68,57        | 60,43        | 73,51            | 74,55            |
| LSTM              | 73,61        | 62,31        | 77,02            | 78,20            |
| BiLSTM            | 74,14        | 62,78        | 77,61            | 78,94            |
| BERT-single       | 78,90        | 68,07        | 84,33            | 84,45            |
| BERT-pair-QA      | 79,06        | 68,54        | 84,33            | 84,45            |
| BERT-pair-NLI     | 79,68        | 69,45        | 84,96            | 85,08            |
| BERT-single (C)   | 79,81        | <b>71,12</b> | 85,05            | 85,10            |
| BERT-pair-QA (C)  | 78,95        | 70,16        | 84,71            | 84,83            |
| BERT-pair-NLI (C) | <b>80,28</b> | 70,62        | <b>85,52</b>     | <b>85,68</b>     |

Таблица 4

Результаты моделей на коллекции твитов SentiRuEval-2015 (операторы связи)

| Модель               | Accuracy     | $F_1 macro$  | $F_1^{+-} macro$ | $F_1^{+-} micro$ |
|----------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|
| SentiRuEval-2015 [6] | –            | –            | 48,80            | 53,60            |
| SVM                  | 62,86        | 58,29        | 50,27            | 54,70            |
| CNN                  | 60,80        | 57,52        | 49,92            | 53,23            |
| LSTM                 | 64,46        | 58,94        | 52,10            | 56,03            |
| BiLSTM               | 65,54        | 59,35        | 53,01            | 56,83            |
| BERT-single          | 72,48        | 67,04        | 58,43            | 62,53            |
| BERT-pair-QA         | 74,00        | 67,83        | 58,15            | 62,92            |
| BERT-pair-NLI        | 74,66        | 68,24        | 59,17            | 64,13            |
| BERT-single (C)      | 76,55        | <b>69,12</b> | 61,34            | 66,23            |
| BERT-pair-QA (C)     | <b>76,63</b> | 68,54        | <b>63,47</b>     | <b>67,51</b>     |
| BERT-pair-NLI (C)    | 76,40        | 68,83        | 63,14            | 67,45            |
| Manual               | –            | –            | 70,30            | 70,90            |

### Результаты моделей на коллекции твитов

Результаты применения моделей на двух коллекциях твитов с соревнования SentiRuEval-2015 отражены в табл. 4 и 5. Особенностью этого тестирования стало то, что в период между сбором обучающей и тестовой коллекций прошло около 6 месяцев 2013-2014 гг. В этот период произошли события на Украине, которые отразились в тематике твитов о проблемах операторов связи и банков, что привело к большим различиям между обучающими и тестовыми коллекциями.

Описанные сложности негативно повлияли на результаты банковской коллекции 2015 г. [6]. Задача оказалась трудной для методов SVM+FastText, CNN, LSTM и BiLSTM. Только модели на основе BERT смогли значительно улучшить результаты анализа текстов. Как и в предыдущем случае, лучшим вариантом стала диалоговая модель BERT в конфигурации задачи формирования вывода по тексту.

Один из участников SentiRuEval-2015 загрузил ручную разметку тестовой коллекции данных операторов связи и получил результаты, приведенные в табл. 4 (Manual) [10]. Надо отметить, что лучшие показатели моделей BERT вплотную приблизились к показателям ручной разметки.

Результаты моделей на двух коллекциях твитов с соревнования SentiRuEval-2016 представлены в табл. 6 и 7. В отличие от предыдущего конкурса, базовый порог результатов 2016 г. (лучшие показатели участников) превысил результаты SVM+FastText и CNN моделей. Это может быть объяснено тем фактом, что участники применяли нейронные сети в сочетании с эмбедингами, а также комбинировали метод опорных векторов с существующими русскоязычными словарями оценочной лексики [7, 8]. Лучшие результаты также были получены моделями BERT на основе двух предложений, которые на 9–14 процентных пунктов превышают результаты участников тестирований 2016 г.

Результаты моделей на коллекции твитов SentiRuEval-2015 (банки)

| Модель               | Accuracy     | $F_1macro$   | $F_1^{+-}macro$ | $F_1^{+-}micro$ |
|----------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| SentiRuEval-2015 [6] | –            | –            | 36,00           | 36,60           |
| SVM                  | 49,23        | 43,39        | 33,08           | 36,62           |
| CNN                  | 47,91        | 42,87        | 31,62           | 34,18           |
| LSTM                 | 51,89        | 44,12        | 35,85           | 39,55           |
| BiLSTM               | 53,21        | 46,43        | 36,93           | 40,18           |
| BERT-single          | 83,78        | 74,57        | 57,82           | 60,64           |
| BERT-pair-QA         | 84,24        | 75,34        | 56,65           | 57,41           |
| BERT-pair-NLI        | 85,14        | 77,59        | 60,46           | 63,15           |
| BERT-single (C)      | 85,80        | 78,71        | 64,90           | 66,95           |
| BERT-pair-QA (C)     | 86,28        | 78,62        | 62,37           | 67,27           |
| BERT-pair-NLI (C)    | <b>86,88</b> | <b>79,51</b> | <b>67,44</b>    | <b>70,09</b>    |

Таблица 6

Результаты моделей на коллекции твитов SentiRuEval-2016 (операторы связи)

| Модель               | Accuracy     | $F_1macro$   | $F_1^{+-}macro$ | $F_1^{+-}micro$ |
|----------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| SentiRuEval-2016 [7] | –            | –            | 55,94           | 65,69           |
| SVM                  | 65,89        | 55,34        | 53,13           | 65,87           |
| CNN                  | 65,28        | 54,87        | 52,62           | 64,40           |
| LSTM                 | 66,71        | 56,74        | 56,93           | 67,18           |
| BiLSTM               | 67,30        | 57,11        | 57,23           | 67,93           |
| BERT-single          | 72,85        | 65,12        | 60,29           | 71,70           |
| BERT-pair-QA         | 74,24        | 66,34        | 63,86           | 73,26           |
| BERT-pair-NLI        | 74,51        | 67,48        | 62,81           | 73,39           |
| BERT-single (C)      | 75,20        | 67,89        | 64,96           | 73,91           |
| BERT-pair-QA (C)     | 75,27        | 68,11        | 65,91           | <b>74,22</b>    |
| BERT-pair-NLI (C)    | <b>75,71</b> | <b>68,42</b> | <b>66,07</b>    | 74,11           |

Таблица 7

Результаты моделей на коллекции твитов SentiRuEval-2016 (банки)

| Модель               | Accuracy     | $F_1macro$   | $F_1^{+-}macro$ | $F_1^{+-}micro$ |
|----------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| SentiRuEval-2016 [7] | –            | –            | 55,17           | 58,81           |
| SVM                  | 66,46        | 57,85        | 51,12           | 53,74           |
| CNN                  | 67,15        | 58,43        | 52,06           | 54,96           |
| LSTM                 | 70,80        | 61,17        | 57,22           | 59,71           |
| BiLSTM               | 71,44        | 61,86        | 58,40           | 61,06           |
| BERT-single          | 81,20        | 73,21        | 68,19           | 69,56           |
| BERT-pair-QA         | 80,35        | 72,61        | 66,61           | 68,18           |
| BERT-pair-NLI        | 80,91        | 72,68        | 65,62           | 67,65           |
| BERT-single (C)      | 80,47        | 72,59        | 66,95           | 69,46           |
| BERT-pair-QA (C)     | <b>82,28</b> | <b>74,06</b> | <b>69,53</b>    | <b>71,76</b>    |
| BERT-pair-NLI (C)    | 81,28        | 73,34        | 65,82           | 68,03           |

## АНАЛИЗ ОШИБОК МЕТОДОВ

Качество анализа тональности на рассмотренных наборах данных значительно улучшили методы на основе нейронных сетей. Вместе с тем сохранилась значимая доля ошибок. Для анализа были извлечены примеры, в которых ошиблись все методы, т.е. предсказали не ту тональность, которую указали аннотаторы. Статистические данные по коллекциям примеров, в которых ошиблись все методы, продемонстрированы в табл. 8. Интересно отметить, что доля подобных твитов среди коллекций телекоммуникационных операторов существенно выше, чем среди банковских.

Для сравнения были извлечены примеры, в которых только одна модель предсказала тональность правильно. Среди этих моделей не оказалось метода опорных векторов и классических нейронных сетей. Лучшей конфигурацией по усредненному результату стала BERT-single на основе Conversational RuBERT модели. В табл. 9 представлено распределение подобных твитов по методам и коллекциям (для экономии места BERT архитектуры обозначены соответствующими сокращениями из табл. 3–7).

Примеры, в которых ошиблись все модели, могут быть разделены на несколько групп.

Первая группа включает очень короткие примеры, тональность в которых выражается одним, возможно, неоднозначным словом. Например, в следующих примерах аннотатор ставит отрицательную тональность, а модели предсказывают нейтральную.

- *Альфа-клик у всех лежит, да?*
- *Сбербанк навязывает кредитную карту.*

Во второй группе ошибки возникают из-за использования автором в твите количественных величин.

- *Расчетно-кассовое обслуживание Сбербанке стоит 2,5 т.р./месяц, в Татфондбанке 150 целковых.*

- *Пока ждем сотрудника Сбербанка, могла уже 3 раза сходить пообедать.*

- *Нормально @sberbank зарабатывает – размен 5% от суммы.*

- *Сбербанк делает мою карту уже 1 месяц и 7 дней*

Для определения тональности высказывания в таких случаях требуются специальные знания, которые невозможно получить из обучающей выборки.

В третьей группе примеров в твитах упоминается несколько сущностей с разной тональностью. В отчетах организаторов прошедших тестирований [9, 10] 2015-2016 гг. было указано, что модели не справились с подобными примерами. Большинство методов проставляло одинаковую тональность всем сущностям в твитах, но были и подходы, пытавшиеся применить более детальный анализ. При обеих стратегиях были получены не очень высокие результаты анализа таких твитов.

Современные модели на основе архитектуры BERT способны справляться со значимой долей твитов с несколькими сущностями. В табл. 10 представлены результаты моделей на подобных примерах. Однако в некоторых твитах ни одна модель не смогла отличить разные тональности по отношению к разным упоминаемым организациям. Например, в следующих твитах отношение автора к Билайну положительное, но модели ставят отрицательную тональность и Билайну, и МТС.

- *Я сдаюсь! И перехожу после НГ на Билайн, сохранив старый номер. Ибо МТС интернет жутко лютый, причем в любой точке города.*

- *МТС не работает! Вечно вне зоны доступа. Связь постоянно прерывается. Всю семью переводим на Билайн.*

Таблица 8

Статистика по примерам, на которых ошиблись все модели

| Коллекция                  | Объём | Ошибки | Доля (%) |
|----------------------------|-------|--------|----------|
| SentiRuEval-2015 Операторы | 4173  | 621    | 14,88    |
| SentiRuEval-2015 Банки     | 4613  | 213    | 4,62     |
| SentiRuEval-2016 Операторы | 2460  | 345    | 14,02    |
| SentiRuEval-2016 Банки     | 3418  | 306    | 8,95     |
| Всего                      | 14664 | 1485   | 10,13    |

Таблица 9

Статистика по примерам, для которых только одна модель дала правильный ответ

| Коллекция      | Кол-во | Доля (%) | BS    | BPQ   | BPN   | BS-C  | BPQ-C | BPN-C |
|----------------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Операторы 2015 | 160    | 3,83     | 16,25 | 18,75 | 20,00 | 15,00 | 14,37 | 15,63 |
| Банки 2015     | 222    | 4,81     | 11,71 | 4,05  | 17,57 | 50,45 | 4,05  | 12,17 |
| Операторы 2016 | 101    | 4,11     | 19,8  | 12,87 | 13,86 | 22,78 | 17,82 | 12,88 |
| Банки 2016     | 113    | 3,31     | 6,19  | 24,78 | 28,32 | 10,62 | 12,39 | 7,7   |
| Всего          | 596    | 4,06     | 1,49  | 15,11 | 19,94 | 24,71 | 12,16 | 14,6  |

Результаты моделей на примерах, содержащих две различные тональности

| Коллекция      | Кол-во | Доля (%) | BS   | BPQ  | BPN  | BS-C  | BPQ-C | BPN-C |
|----------------|--------|----------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Операторы 2015 | 59     | 1,41     | 6,78 | 3,39 | 6,78 | 3,39  | 5,08  | 6,78  |
| Банки 2015     | 14     | 0,3      | 7,14 | 0    | 10   | 0     | 0     | 0     |
| Операторы 2016 | 43     | 1,75     | 6,98 | 6,98 | 9,3  | 9,3   | 13,96 | 9,3   |
| Банки 2016     | 11     | 0,32     | 0    | 0    | 0    | 18,18 | 18,18 | 0     |
| Всего          | 127    | 0,95     | 5,23 | 2,59 | 4,02 | 7,72  | 9,31  | 4,02  |

В этом случае лучшие результаты по усреднению демонстрирует конфигурация BERT-`raig-QA` на основе модели Conversational RuBERT.

Еще одна – четвертая группа сообщений содержит явные оценки или эмоции автора сообщения, но не по отношению к упоминаемому банку или оператору – здесь аннотаторы твитов проставляли нейтральную тональность, а модели определяли превалирующую тональность.

- *Сейчас в Сбербанке бабушка с Альцгеймером пыталась снять деньги со счёта. Угнетающее зрелище, дерьмовая болезнь.*

- *Этот момент, когда ты не успел до закрытия Сбербанка на несколько минут, сейчас застрял у бабушки, надо дойти до киви, а телефон сейчас вырубится.*

- *Когда придут счета от МТС, нужно просто объявить что симку похитили. Это вроде спасает, когда уходишь в минус.*

Как и ожидалось, есть ещё и пятая группа ироничных высказываний, которые выглядят по лексике позитивно или нейтрально, а на деле имеют негативную окраску:

- *Отлично, моя карта со стипухой в другом Сбербанке... Проехать полгорода и узнать об этом – всегда мечтала прям.*

- *В следующий раз возьму с собой в Сбербанк вязание.*

## ДРУГИЕ РАЗМЕЧЕННЫЕ КОЛЛЕКЦИИ И ПОДХОДЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

Наиболее объемным набором данных для анализа тональности текстов на русском языке обладает коллекция RuSentiment [20], содержащая более 30 тыс. постов из социальной сети «ВКонтакте». Каждый пост отнесен к одному из трех классов (позитивный, негативный, нейтральный) по тональности. Для классификации сообщений по тональности авторы этой коллекции применяли классические методы машинного обучения (логистическая регрессия, метод опорных векторов с линейным ядром, градиентный бустинг) и нейронные сети. Лучший результат был получен с помощью четырехслойной полносвязной нейронной сети в сочетании с эмбедингами FastText, предобученными на тех же данных и составил 71,7  $F_1$  меры. В работе [11] авторы получили 87,73  $F_1$  меры с использованием мультязычных моделей BERT и RuBERT, предобученных на русскоязычных текстах.

Другой известный набор данных – это коллекция твитов, автоматически размеченных по эмоциям (RuTweetCorp) [21]. Эта коллекция содержит более 200 тыс. постов 2013-2014 гг., размеченных по тональности на два класса.

В работе [22] к данным RuTweetCorp применялся метод опорных векторов с эмбедингами Word2Vec. Авторы [23] тестировали нейросетевые модели LSTM+CNN и BiGRU на коллекциях RuSentiment и RuTweetCorp. А. Звонарев и А. Билый в [24] представили более высокие результаты с использованием сверточной нейронной сети по сравнению с логистической регрессией и XGBoost классификатором на данных RuTweetCorp.

В [25] описан корпус RuSentRel, включающий аналитические статьи, посвященные международным отношениям. В корпусе размечено авторское отношение к упоминаемым именованным сущностям, а также отношения упоминаемых именованных сущностей между собой. В работе [26] исследовались подходы к распознаванию оценочных отношений между упоминаемыми сущностями с использованием сверточных нейронных сетей и подхода опосредованного обучения (*distant supervision*) на данных корпуса RuSentRel.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были протестированы стандартные нейронные архитектуры (CNN, LSTM, BiLSTM) и современные BERT-модели на русскоязычных коллекциях данных, подготовленных в рамках ранее проведенных тестирований по анализу тональности текстов. Помимо стандартной BERT архитектуры исследованы модели, сводящие задачу анализа тональности к задаче ответа на вопрос (QA), а также к задаче формирования вывода по тексту (NLI). Сравнились два варианта предобученных русскоязычных моделей BERT. Было показано, что на большинстве задач диалоговый вариант модели BERT, обученный на текстах социальных сетей, демонстрирует лучшие результаты анализа тональности. Наиболее удачной конфигурацией стала BERT-NLI архитектура, рассматривающая задачу классификации по тональности как задачу логического вывода по тексту. На одном наборе данных модель практически достигла результатов человеческого уровня. Исходный код программы (<https://github.com/antongolubev5/Targeted-SA-for-Russian-Datasets>) и используемые в работе данные (<https://github.com/LAIR-RCC/Russian-Sentiment-Analysis-Evaluation-Datasets>) находятся в публичном доступе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Socher R., Perelygin A., Wu J., Chuang J., Manning C.D., Ng A.Y., Potts C. Recursive deep models for semantic compositionality over a sentiment treebank // Proceedings of the 2013 conference on empirical methods in natural language processing. – Seattle: Association for Computational Linguistics, 2013. – P. 1631–1642.
2. Maas A., Daly R., Pham P., Huang D., Ng A.Y., Potts C. Learning word vectors for sentiment analysis // Proceedings of the 49th annual meeting of the association for computational linguistics. Vol. 1. – Portland: Association for Computational Linguistics, 2011. – P. 142–150.
3. Nakov P., Ritter A., Rosenthal S., Sebastiani F., Stoyanov V. Semeval-2016 task 4: Sentiment analysis in twitter // Proceedings of the 10th International Workshop on Semantic Evaluations SemEval-2016. – San Diego: Association for Computational Linguistics, 2016. – P. 502–518.
4. Rosenthal S., Farra N., Nakov P. Semeval-2017 task 4: Sentiment analysis in twitter // Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluations (SemEval-2017). – Vancouver: Association for Computational Linguistics, 2017. – P. 502–518.
5. Chetviorkin I., Loukachevitch N. Evaluating sentiment analysis systems in Russian // Proceedings of the 4th biennial international workshop on Balto-Slavic natural language processing. – Sofia: Association for Computational Linguistics. – 2013. – P. 12–17.
6. Loukachevitch N., Rubtsova Y. Entity-oriented sentiment analysis of tweets: results and problems // International Conference on Text, Speech, and Dialogue. – Cham: Springer, 2015. – P. 551–559.
7. Loukachevitch N., Rubtsova Y. SentiRuEval-2016: Overcoming Time Gap and Data Sparsity in Tweet Sentiment Analysis // Proceedings of International Conference Dialog-2016. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2016. – P. 416–426.
8. Arkhipenko K., Kozlov I., Trofimovich J., Skorniakov K., Gomzin A., Turdakov D. Comparison of neural network architectures for sentiment analysis of Russian tweets. // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference Dialogue. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2016. – P. 50–59.
9. Kuznetsova E., Loukachevitch N., Chetviorkin I. Testing rules for a sentiment analysis system // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2013. – P. 71–80.
10. Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics. – Minneapolis: Association for Computational Linguistics, 2019. – P. 4171–4186.
11. Kuratov Y., Arkhipov M. Adaptation of deep bidirectional multilingual transformers for russian // Proceedings of International Conference Dialog. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2019. – P. 333–339.
12. Bowman S. R., Angeli G., Potts C., Manning C. D. A large annotated corpus for learning natural language inference // Proceedings of EMNLP-2015. – Lisbon: Association for Computational Linguistics, 2015. – P. 632–642.
13. Amigo E., De Albornoz J.C., Chugur I., Corujo A., Gonzalo J., Martin T., Meij E., De Rijke M., Spina D. Overview of replab 2013: Evaluating online reputation monitoring systems // International conference of the cross-language evaluation forum for European languages – Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. – P. 333–352.
14. Zhang M., Zhang Y., Vo D.T. Gated neural networks for targeted sentiment analysis // Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence. – Phoenix: AAAI Press, 2016. – P. 3087–3093.
15. Cliche M. BB twtr at SemEval-2017 task 4: Twitter Sentiment Analysis with CNNs and LSTMs // Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2017). – Vancouver: Association for Computational Linguistics, 2017. – P. 573–580.
16. Zhang Y., Wallace B. A Sensitivity Analysis of (and Practitioners' Guide to) Convolutional Neural Networks for Sentence Classification // Proceedings of the 8th International Joint Conference on Natural Language Processing. – Taipei, Taiwan: AFNLP, 2015. – P. 253–263.
17. Chiu J. P. C., Nichols E. Named entity recognition with bidirectional LSTM-CNNs // Transactions of the Association for Computational Linguistics. – 2016. – Vol. 4. – P. 357–370.
18. Sun C., Huang L., Qiu X. Utilizing BERT for aspect-based sentiment analysis via constructing auxiliary sentences // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. – Minneapolis: Association for Computational Linguistics, 2019. – P. 380–385.
19. Burtsev M. et al. DeepPavlov: Open-Source Library for Dialogue Systems // Proceedings of ACL 2018, System Demonstrations. – Melbourne: Association for Computational Linguistics, 2018. – P. 122–127.
20. Rogers A., Romanov A., Rumshisky A., Volkova S., Gronas M., Gribov A. Rusentiment: An enriched sentiment analysis dataset for social media in Russian // Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics. – Santa Fe: Association for Computational Linguistics, 2018. – P. 755–763.
21. Rubtsova Y. Constructing a corpus for sentiment classification training. Software and Systems (109) // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016”. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2016. – P. 72–78.



22. Rubtsova Y. Reducing the deterioration of sentiment analysis results due to the time impact // Information. – 2018. – Vol. 9, № 8. – P. 184-194.
23. Svetlov K., Platonov K. Sentiment analysis of posts and comments in the accounts of russian politicians on the social network // 25th Conference of Open Innovations Association (FRUCT) – Helsinki: IEEE, 2019. – P. 299–305.
24. Zvonarev A., Bilyi A. A comparison of machine learning methods of sentiment analysis based on Russian language twitter data // The 11th Majorov International Conference on Software Engineering and Computer Systems – Saint Petersburg: ITMO, 2019. – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2590/short35.pdf>
25. Loukachevitch N., Rusnachenko N. Extracting sentiment attitudes from analytical texts // Proceedings of International Conference on Computational Linguistics and Intellectual Technologies Dialog-2020. – Moscow: Russian State University for Humanities, 2020. – P. 459–468.
26. Rusnachenko N., Loukachevitch N., Tutubalina E. Distant supervision for sentiment attitude extraction // Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2019). – Varna: Shau-men, 2019. – P. 1022–1030.

*Материал поступил в редакцию 21.10.20.*

#### **Сведения об авторах**

**ГОЛУБЕВ Антон Александрович** – студент магистратуры Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана  
e-mail: [antongolubev5@yandex.ru](mailto:antongolubev5@yandex.ru)

**ЛУКАШЕВИЧ Наталья Валентиновна** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник НИВЦ Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова  
e-mail: [louk\\_nat@mail.ru](mailto:louk_nat@mail.ru)

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**