

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А.Д. Сушко, магистрант

Д.А. Фунтов, магистрант

Д.А. Матюшов, магистрант

М. А. Аль-Ханани, кандидат технических наук

И.В. Родыгина, кандидат технических наук

Данная работа посвящена анализу современных технологии передачи данных с целью выделения положительных и отрицательных характеристик каждой технологии для дальнейшего выбора оптимальной технологии решения поставленных задачи исследования.

Большое внимание уделялось проводным и беспроводным сетям, по проводным технологиям передачи данных большое внимание уделялось оптоволоконным технологиям передачи данных.

Ключевые слова: Передача данных, волоконно-оптические технологии, проводные технологии, беспроводные технологии, транстихоокеанская оптоволоконная сеть.

This work is dedicated to the analysis of modern data transmission technology in order to highlight the positive and negative characteristics of each technology for the further selection of the optimal technology for solving the tasks of the study.

Much attention was paid to wired and wireless networks; by wired data transmission technologies, great attention was paid to fiber optic data transmission technologies.

Keywords: Data transmission, fiber optic technology, wired technology, wireless technology, TRANS-Pacific fiber optic network ..

В современном мире процесс передачи и получения информации стал обыденностью, которой пользуются практически все жители современных городов. На текущий момент существует большое множество технологий и протоколов передачи, которые не остаются на месте и постоянно совершенствуются, а ученые и мировые корпорации предлагают совершенно новые методы и возможности транспортировки данных.

Под технологиями передачи данных понимают физического методы переноса различной информации и данных по каналам связи в виде сигналов, внутри своей среды, от точки к точке или множеству точек для последующей конвертации в изначальный вид с помощью вычислительной техники.

Аналоговая сеть передачи данных представляет данные как постоянно меняющийся цифровой сигнал, в то время как цифровая связь передает полный пакет информации в каждую единицу времени.

Все передаваемые данные являются сообщениями, посылаемые источником к другим участникам сети. В вычислительной технике цифровые данные – пакеты информации, передаваемые от источника (цифровой камеры, роутера, коммутатора, компьютера и т.д.) к другим участникам сети, которые могут обработать посылаемые пакеты данных. Аналоговые данные в основном представлены в виде телефонного звонка или

видеосигнала, оцифрованные в битовое представление с помощью импульсной модуляции данных или другие типы кодирования источника. Кодирование и декодирование данных осуществляется кодеком или кодирующим оборудованием, что является неотъемлемой частью системы передачи данных от аналоговой системы к цифровой.

Технологии передачи данных также классифицируются по области применения, определяемые характеристиками и возможностями системы:

1) Сектор локальных интерфейсов и домашних сетей передачи данных – обычно не превышающих 50 метров;

2) Сектор региональных городских сетей – сети покрывающие большую территорию и коммутирующие распределительные узлы между собой, объединяющие локальные объекты и территории в единую сеть;

3) Сектор глобальных сетей – высокоэффективные технологии передачи данных на базе радиорелейных, сотовых, спутниковых и кабельных систем, обеспечивающие коммутацию удаленных узлов в одну систему.

Современными технологиями передачи данных на большие расстояния, используемые всеми провайдерами связи, является оптоволоконные кабельные сети. Оптическое волокно представляет собой нити из оптического прозрачного материала, такого как пластик или

стекло, и используется для передачи световых импульсов средствами полного оптического отражения. В связи с тем, что волоконо-оптические сети используют в своей основе инфракрасный световой сигнал пускаемый в кабель, такая технология позволяет передавать данные внутри изолированного канала на большие расстояния со скоростью стремящейся к скорости света, а также меньшим уровнем затухания и наводок на сигнал, что в разы превышает показатели в электронных средствах связи. Также стоит отметить наивысшую степень защиты от несанкционированного доступа, поскольку для проведения подобной работы необходимо не только нарушить целостность кабеля, но и произвести работы по поиску необходимого волокна, а также его оконечивания, для дальнейшей установки декодирующего опти-

ческого приемника и преобразования оптического сигнала в электрический.

Поскольку оптоволоконная сеть является самой помехоустойчивой, эффективной и скоростной – она является основным методом коммутации не только абонентов и провайдерских дата-центров, но и средством связи между странами, разделенными десятками тысяч километров. На сегодняшний день сервисы и сервера расположенные по всему миру доступны каждому пользователю сети интернет именно благодаря оптоволоконной трассе, проложенной по дну Тихого и Атлантического океанов (рис.1). Данная технологическая сеть PC-1 (Транстихоокеанская оптоволоконная сеть) имеет пропускную способность в 4,8 Tb/sec, обеспечивая соединение Европейских и Американских дата — центров.

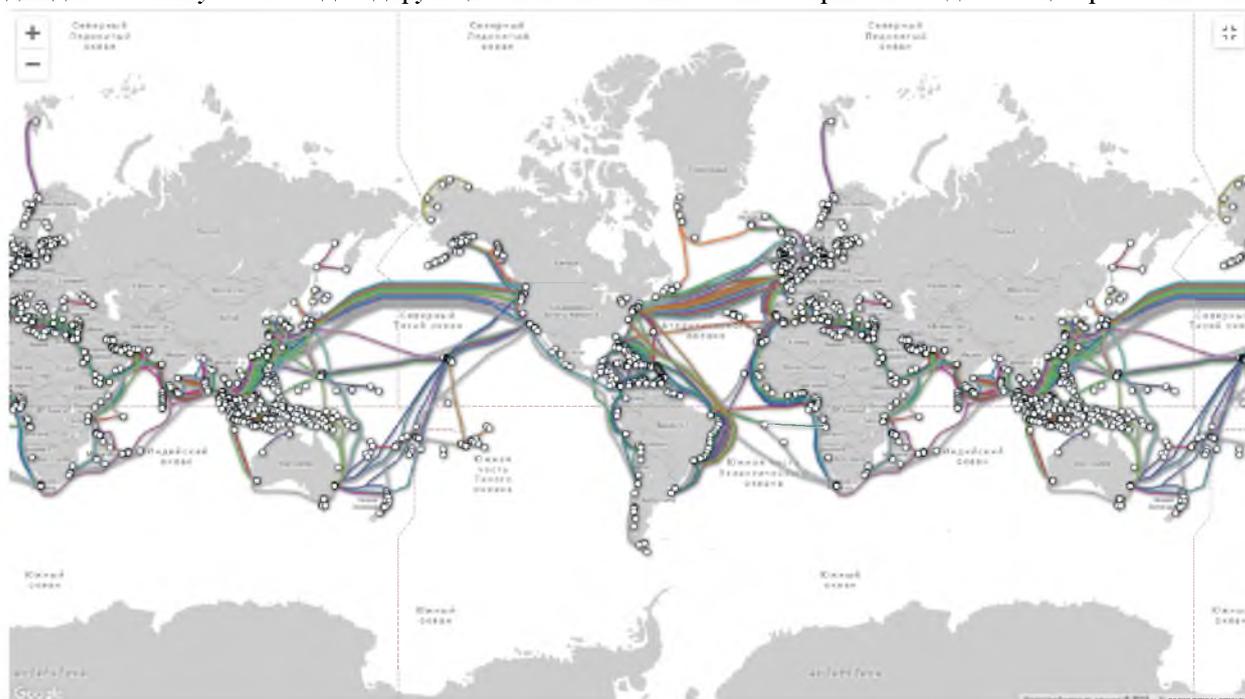


Рисунок 1 – Дальномагистральные оптоволоконные линии по состоянию 2018 года

Волоконно-оптические технология на данный момент являются самыми эффективными в области передачи информации, в связи с этим их применение распростерлось не только на дальнемагистральные сети, но также и региональные, областные, городские и даже абонентские, благодаря обширному спектру оборудования и кабельных систем, основанных на данной технологии.

Резюмируя вышеописанное можно выделить следующее:

1. Высокоскоростное, помехоустойчивое, стабильное соединение и высокая пропускная способность по каналам связи из-за использования световых параметров;
2. Высокая степень защиты кабельной трассы

от несанкционированного доступа и повреждений;

3. Сравнительно низкие параметры затухания сигналов на 1км пройденного расстояния по сравнению с электронными средствами связи;
4. Дешевизна сопутствующего коммутационного оборудования.

Минусами данной технологии являются:

1. Сложность работ по прокладке линий связи и проведении работ по подключению, коммутации и развертке оборудования и кабельной сети;
2. Большое количество оборудования, необходимого для преобразования сигнала,

проходящего внутри сети через различные среды передачи данных.

Если волоконно-оптические сети требуют больших затрат на монтаж и работы по прокладке трассы, то альтернативным вариантом передачи данных являются беспроводные радиорелейные системы и спутниковые системы

Радиорелейные системы передачи данных предназначены для сегмента региональных и глобальных сетей передачи данных, обусловлено это сложностью самого оборудования и его технических особенностей, которые требуют лицензирование в федеральных службах защиты информации, а также из-за стоимости и калибровки оборудования.

Радиорелейная связь – вид радиосвязи, основанный на многократной ретрансляции радиосигналов от станции передатчика до станции приемника, при чем любая из станций является как

передающей, так и принимающей из-за способности одновременно работать на разных каналах связи и разных частотах сигнала. Отличительной особенностью РРС от других видов передачи данных в использовании узконаправленных антенн, работающих на широком спектре радиоволн, от миллиметровых до дециметровых.

Говоря о РРС, подразумевается радиорелейная линия связи прямой видимости, функционирование антенн в таком виде связи возможно только при точной калибровке и установке каждой из антенн в прямой видимости друг друга, функционирующих на общей частоте либо объединенными в один диапазон каналов. Прямая видимость необходима для создания постоянного чистого сигнала между приемниками и передатчиками, что снизит уровень дифракционных замираний каналов связи, влияющие на качество канала. С учетом таких ограничений, данная схема коммутации ограничена дальностью связи до 80-150 км.

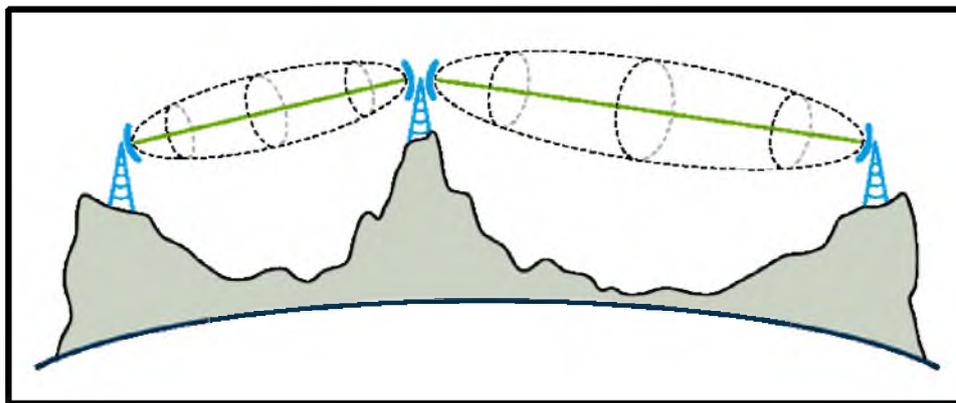


Рисунок 2 – радиорелейная связь прямой видимости

Случае необходимости передачи информации с помощью беспроводных каналов связи на большее расстояние, используют промежуточные ретрансляторы сигнала, являющиеся узлом коммутации и перенаправлении до следующей приемной точки.

В некоторых случаях, вместо радиорелейной связи прямой видимости используют тропосферную радиорелейную связь. Работа тропосферного радиорелейного канала связи основана на эффекте отражения передаваемых радиоволн от турбулентных и слоистых неоднородностей в нижних слоях атмосферы – тропосфере. Эффект дальнего тропосферного распространения радиоволн позволяет организовать канал связи на расстоянии 250-400 км, при полном отсутствии прямой видимости двух направленных станций. Современные тропосферные системы радиорелейной связи позволяют работать на расстоянии до 750 км, при расположении антенн на естественных возвышенностях местности. Однако, тропосфер-

ная связи подвержена эффекту ослабления сигнала, при трансляции последнего через атмосферу, из-за рассеяния сигнала при отражении. Нивелирование данного эффекта достигается использованием современных моделей оборудования с мощными передатчиками свыше 10 кВт, а также антенн с большей областью излучения сигнала.

Резюмируя вышеописанное получаем:

1. Универсальность и гибкость для создания системы на любой местности;
2. Легкость в создании направленных каналов связи, используя минимум кабеля на протяжении всей трассы;
3. Высокая степень защиты от несанкционированного доступа;
4. Средние показатели скорости, пропускной способности и дальности связи без использования промежуточных узлов с усилителями и разветвителями сигнала;
5. Низкая себестоимость беспроводной трассы.

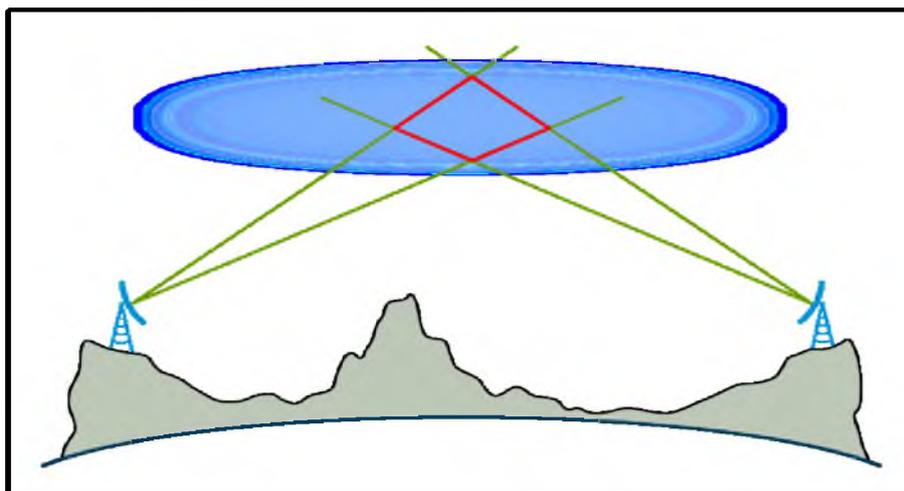


Рисунок 3 – тропосферная радиорелейная связь

Минусы данной технологии:

1. Показатели пропускной способности не превышают 20 Gb/sec;
2. Беспроводной канал восприимчив к различным погодным условиям, что негативно отражается на качестве передаваемого сигнала.
3. Слабая помехозащищенность.

При необходимости построения бюджетных каналов передачи данных отличным вариантом служит беспроводная сеть Wi – Fi построенная на точках доступа.

В привычном смысле технология Wi – Fi позволяет организовать небольшую беспроводную зону покрытия для предоставления доступа к локальной и глобальной сети с помощью устройств, снабженных модулями Wi – Fi. На текущий момент используется стандарт IEEE 802.11ax, Wi – Fi 6, функционирующий в диапазоне от 1 ГГц до 7 ГГц и поддерживающих технологию MIMO (используется несколько антенн приема и передачи сигнала для распределения нагрузки на каналы).

Технология построения каналов связи используя технологию Wi – Fi подразумевает включение в локальную сеть пограничные ретрансляторы направленного спектра, функционирующих с помощью протоколов IEEE 80x.xx. Ретрансляторы или Wi-Fi антенны работают по двум принципам: PtP и PtMP.

Технология PtP (Point-to-Point, «точка-точка») – мост, соединяющий два устройства расположенных в разных местах с помощью беспроводного канала связи и обеспечивает стабильность передачи информации между двумя подсистемами, при условии непосредственной видимости и направленности сигналов. Тип беспроводного соединения «Мост» позволяет передавать информацию по стандарту airMaxи аналогичные

ему, обеспечивая пропускную способность канала связи до 750 Mb/sec на расстоянии до 20 километров.

Технология PtMP (Point-to-MultiPoint, «точка-многоточка») – распределительный мост, соединяющий два и более устройств, расположенных в разных местах с помощью беспроводного канала связи, с использованием 1 базовой ретрансляционной станции и нескольких направленных на нее антенн. Такой тип соединения по возможностям практически не уступает соединению «точка-точка», при этом позволяя транслировать сигнал для большего количества объектов.

Операторы и провайдеры услуг интернет, а также некоторые службы используют высокопроизводительные направленные антенны Wi – Fi с узким канальным лучом, для организации мостов на большие расстояния. Подобные средства связи предназначены для эффективного использования спектра в полосе частот от 2,4 до 5 GHz, обеспечивая пропускную способность до 3 Gb/secна расстоянии до 200 км.

Преимущества данной технологии является:

1. Небольшие цены на оборудование;
2. Стабильность соединения, пропускной способности и интеллектуальное распределение нагрузки;
3. Универсальность использования.

Минусами данной системы являются:

1. Высокий уровень восприимчивости оборудования к погодным условиям, таким как дождь, гроза и бури;
2. Низкие показатели скорости и пропускной способности;
3. Низкая помехозащищенность;
4. Слабая защита от несанкционированного взлома.

Данное оборудование является специфичным и используется в совершенно редких случаях.

Рассматривая технологии построения каналов передачи данных нужно обозначить повсеместно используемый в локально-вычислительных сетях кабельные сети Ethernet. Основой данной системы является кабельная сеть, организованная с помощью кабеля типа «Витая пара». Благодаря своей дешевизне и легкости в монтаже является самым распространенным решением для построения кабельных локальных сетей. Повсеместное использование получили каналы, построенные на категории 5 и 5e, поддерживающие тех-

нологии Fast Gigabit Ethernet, работающие на частоте 100 MHz и позволяющие пропускать от 100 Mb/sec до 1 Gb/sec. На текущий момент существует и используются категории 8, 8.1 и 8.2, поддерживающие технологию 100 Gigabit Ethernet, работающие в диапазоне 1600 – 2000 MHz и имеющие пропускную способность до 40 Gb/sec.

Данная технология не предназначена для прокладки магистральных каналов связи или соединения удаленных объектов, поскольку максимальная дальность работы технологии Gigabit Ethernet – 250 метров, а 100 Gigabit Ethernet – не превышает 40 метров.

Сводная таблица описанных технологий представлена ниже:

Таблица 1 – сравнительные характеристики технологий передачи данных

	Опволоконные кабельные системы	Радиорелейные беспроводные системы	Беспроводные Wi – Fi технологии	Электронные кабельные системы Ethernet
Тип канала	Оптическая среда передачи данных (оптическое стекло/пластик)	Радиорелейная среда передачи данных (радио сигнал)	Беспроводная связь по стандарту IEEE 802.11	Кабельная электронная система GigabitEthernet 100 GigabitEthernet
Пропускная способность	До 43 Tb/sec	До 20 Gb/sec	До 3 Gb/sec	До 1 Gb/sec (Gigabit) До 40 Gb/sec (100 Gigabit)
Диапазон частот	-	От 400 MHz – 94 GHz	От 1 – 7 GHz	100 MHz (Gigabit) 2000 MHz (100 Gigabit)
Количество каналов на трассу	До 144 оптических проводника на кабель	Зависит от количества установленных антенн и направлений, обычно не более 4 на одно соединение	Зависит от количества установленных антенн и направлений, обычно не более 16 на одно соединение	1 канал, есть возможность разделения и объединения сигнала
Эффективная дальность передачи сигнала	Исчисляется десятками тысяч км, зависит от мощности лазерного передатчика и приемника	В зависимости от выбранной технологии передачи данных – до 150 или 750 км	В зависимости от выбранной технологии передачи данных – до 20 или 200 км	В зависимости от выбранной технологии передачи данных – до 250 м или 40 м
Сектор применения	Дальнемагистральные, магистральные и городские системы, реже локальные сети	Магистральные и городские системы	Коммутация удаленных систем, городские и локальные сети	Локальные сети
Сложность монтажа	Высокая сложность монтажа, необходимо дорогостоящее сварочное оборудование	Высокая сложность монтажа, обусловленная спецификой оборудования	Небольшая сложность при монтаже, обусловленная необходимостью размещения оборудования на открытом пространстве	Низкая сложность монтажа
Помехоустойчивость	Высокая степень защищенности к помехам благодаря использованию световых импульсов в проводниках	Слабая помехоустойчивость	Слабая помехоустойчивость	Средняя помехоустойчивость к электромагнитным помехам
Защищенность канала от физического воздействия и несанкционированного доступа	Высокая степень защищенности кабельной линии благодаря различным слоям защиты	Восприимчив к различным погодным условиям, высокая степень защиты от несанкционированного доступа	Восприимчив к различным погодным условиям, средняя степень защиты от несанкционированного доступа	Восприимчив к различным погодным условиям, низкая степень защиты от несанкционированного доступа

По данным представленных в таблице видно, при каких технических задачах и требованиях к системе передачи данных лучше использовать ту или иную технологию. По описанным в таблице данным видно, что волоконно-оптическая сеть передачи данных является самой эффективной с точки зрения скорости, функциональности, защиты и устойчивости к различным воздействиям, но при этом является трудоемкой к монтажу и дорогостоящей системой, которая может удовлетворить практически любые потребности в передаче данных для любой из систем.

По приведенному списку плюсов и минусов делается вывод, что проводная сеть выглядит гораздо предпочтительнее беспроводной. Ну, абстрактно это действительно так: если нужна именно «скорость, стабильность и надежность», то приходится выбирать проводное подключение. Но у Wi-Fi есть огромное преимущество, которое перевешивает многие недостатки. Это преимущество – удобство.

Литература

1. ВОЛС [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Волоконно-оптическая_линия_передачи
2. Беспроводные технологии [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводные_технологии
3. Технологии передачи данных [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://sites.google.com/site/1kvsoks/osnovnye-tehnologii-peredaci-informacii>
4. Подводные системы ВОЛС [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://rubroad.ru/magazine/hardware/3883-podvodnye-vols-osnovnye-kanalv-internet-trafika-mezhdu-kontinentami.html>
5. Категория 8, 8.1, 8.2 Ethernet [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://lindex.ru/library/articles/o_kategoriyakh_8_8_1_8_2/

6. Правила технической эксплуатации радиорелейных линий передачи прямой видимости // ГосКомСвязи России.– 2018.–170 с.
7. Смирнова Е.В., Ромашкина Е.А., Пролетарский А.В. Технология современных беспроводных сетей. –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.– 448 с.
8. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы.– СПб.: Питер, 2016.– 996 с.
9. Каракаев А.Б., Луканин А.В., Николаев Н.И., Хекерт Е.В. Контроль и управление коммутационными состояниями электрических сетей// Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– Т. 2.– № 1 (43).– С. 46-54.

References

1. VOLS [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Volokonno-opticheskaya_liniya_peredachi
2. Besprovodnye tekhnologii [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/Besprovodnye_tekhnologii
3. Tekhnologii peredachi dannyh [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa: <https://sites.google.com/site/1kvsoks/osnovnye-tehnologii-peredaci-informacii>
4. Podvodnye sistemy VOLS [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa: <http://rubroad.ru/magazine/hardware/3883-podvodnye-vols-osnovnye-kanalv-internet-trafika-mezhdu-kontinentami.html>
5. Kategoriya 8, 8.1, 8.2 Ethernet [Elektronnyj resurs] // Rezhim dostupa: http://lindex.ru/library/articles/o_kategoriyakh_8_8_1_8_2/
6. Pravila tekhnicheskoy ekspluatcii radiorelejnyh linij peredachi pryamoj vidimosti // GosKomSvyazi Ros-sii, 2018 god, 170 str.
7. Smirnova E.V., Romashkina E.A., Proletarskij A.V. Tekhnologiya sovremennyh besprovodnyh setej // MGTU im. N.E. Bauman, 2017 god, 448 str.
8. V. Olifer, N. Olifer. Komp'yuternye seti. Principy, tekhnologii, protokoly // Piter, 2016 god, 996 str.
9. Karakaev A.B., Lukanin A.V., Nikolaev N.I., Hekert E.V. Kontrol' i upravlenie kommutacionnymi sostoyaniyami elektricheskikh setej/ Morskie intelektual'nye tekhnologii.– 2019.– Т. 2.– № 1 (43).– С. 46-54.