

УДК 004.77

EDN [YGKTCV](#)

Разработка учебно-методического комплекса по изучению оптических сетей абонентского доступа Ethernet FTTH с поддержкой услуг «Triple Play» (Интернет, IPTV, VoIP)

В.И. Плотко

Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, 149, Краснодар,
350040, Россия

E-mail: plotkovera@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена созданию учебно-методического комплекса (УМК) по изучению оптических сетей абонентского доступа Ethernet FTTH, обеспечивающих предоставление абонентам услуг «Triple Play»: высокоскоростного доступа в сеть Интернет, услуг IPTV и IP-телефонии. Актуальность разработки обусловлена стремительным развитием сетевых технологий и в то же время дефицитом специализированных учебных материалов, ориентированных на практическое обучение, что значительно ограничивает возможности будущих специалистов в освоении необходимых знаний и навыков. В статье представлена реализация УМК на базе активного оборудования фирм Cisco и Qtech. В результате разработаны и протестированы учебно-исследовательские стенды по обучению основам конфигурирования и настройки активного оборудования FTTH-сетей, а также оформлено учебно-методическое пособие, включающее в себя теоретические материалы, контрольные вопросы и 3 лабораторных практикума по темам: «Доступ в сеть Интернет», «IPTV» и «IP-телефония». Разработанный учебно-методический комплекс предназначен для использования в образовательных программах вузов по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Его внедрение поспособствует формированию у обучающихся навыков самостоятельного проектирования и администрирования современных сетей доступа, а также подготовит к решению реальных задач в области связи при трудоустройстве.

Ключевые слова: учебно-методический комплекс, Ethernet FTTH, Triple Play, Cisco, IPTV, IP-телефония.

Development of an educational and methodological complex for the study of optical networks of subscriber access Ethernet FTTH with support of «Triple Play» services (Internet, IPTV, VoIP)

V.I. Plotko

Kuban State University, 149 Stavropolskaya str., Krasnodar, 350040, Russia

E-mail: plotkovera@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the creation of an educational and methodological complex (EMC) for the study of optical subscriber access networks Ethernet FTTH, providing subscribers with “Triple Play” services: high-speed Internet access, IPTV and IP-telephony services. The relevance of the development is due to the rapid development of network technologies and at the same time the lack of specialized training materials focused on practical training, which significantly limits the ability of future specialists to master the necessary knowledge and skills. The article presents the realization of EMC based on active equipment of Cisco and Qtech firms. As a result, training and research stands were developed and tested to teach the basics of configuring and customizing active equipment for FTTH networks, as well as a training manual was designed, including theoretical materials, control questions and 3 laboratory workshops on the topics: “Internet access”, “IPTV” and “IP-telephony”. The developed educational and methodical complex is intended for use in educational programs of universities in the direction of training “Info-communication technologies and communication systems”. Its implementation will contribute to the formation of students' skills of independent design and administration of modern access networks, as well as prepare for solving real problems in the field of communications in employment.

Keywords: Educational and methodical complex, Ethernet FTTH, Triple Play, Cisco, IPTV, IP-Telephony.

1. Введение

В современном цифровом мире с каждым годом увеличивается спрос на развертывание сетей доступа, способных обеспечить абонентов высокоскоростными каналами связи. Этот спрос обусловлен стремительным увеличением потребностей в пропускной способности в связи с распространением новых широкополосных услуг и сервисов: видеоконференцсвязь, дистанционное обучение, цифровое TV, трансляции в формате HDTV, онлайн игры и т.д. [1]. Одной из наиболее перспективных и экономически эффективных технологий в данной сфере является FTTH (Fiber to the Home, или оптика до дома), обеспечивающая пользователей высокоскоростным и надежным доступом в Интернет, а также вышеперечисленными услугами, где ярким примером считается популярный набор, получивший название тройной услуги (Triple Play) – доступ к сети Интернет, IP-телефония, услуги IPTV и доставка видео. На данный момент существует два основных подхода к построению FTTH сетей: на базе активных Ethernet-решений и на базе пассивных оптических сетей (PON). Архитектурное решение Ethernet FTTH имеет ряд преимуществ – практически неограниченная дискретная полоса пропускания, простота масштабирования, высокая отказоустойчивость и безопасность передачи данных, гибкость управления сетью [2].

Однако, было выявлено, что на сегодняшний день имеется значительный дефицит специалистов, обладающих необходимыми знаниями и навыками для проектирования, установки, настройки и обслуживания FTTH сетей. Разработка учебно-методического комплекса (УМК) позволит обучающимся получить практические навыки по работе с телекоммуникационными технологиями и оборудованием, поспособствует развитию научных исследований в области телекоммуникаций, открывая возможности для тестирования новых решений и технологий в контролируемых условиях.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Целью исследования являлось создание учебно-методического комплекса по изучению технологии оптической сети абонентского доступа Ethernet FTTH с поддержкой услуг «Triple Play», а также конфигурированию активного сетевого оборудования. УМК разрабатывается для обучения будущих сетевых инженеров и включает в себя теоретические материалы, контрольные вопросы и три лабораторные работы по темам: 1 – «Разработка конфигураций активного оборудования FTTH для предоставления абонентам доступа в сеть Интернет», 2 – «Разработка конфигураций активного оборудования FTTH и настройка программной АТС для

предоставления услуг IP-телефонной связи», 3 – «Разработка конфигураций активного оборудования FTTH и настройка Multicast маршрутизации для предоставления услуг IPTV». Для реализации поставленной цели были собраны, настроены и протестированы учебно-исследовательских стенда (УИС).

3. Методы и материалы исследования

Для создания учебно-исследовательских стендов было выбрано активное оборудование фирм Cisco и Qtech: маршрутизаторы Cisco 2611 и 2801, коммутаторы Qtech QSW-2800, а также IP-телефоны модели Qtech QVP-100v2 (рисунок 1). Работа с оборудованием Cisco – золотой стандарт в сетевом образовании [3], в то время как работа с оборудованием Qtech поможет адаптироваться к реальным условиям, где бюджетные решения встречаются часто, что идеально подходит для студентов и начинающих сетевых инженеров.

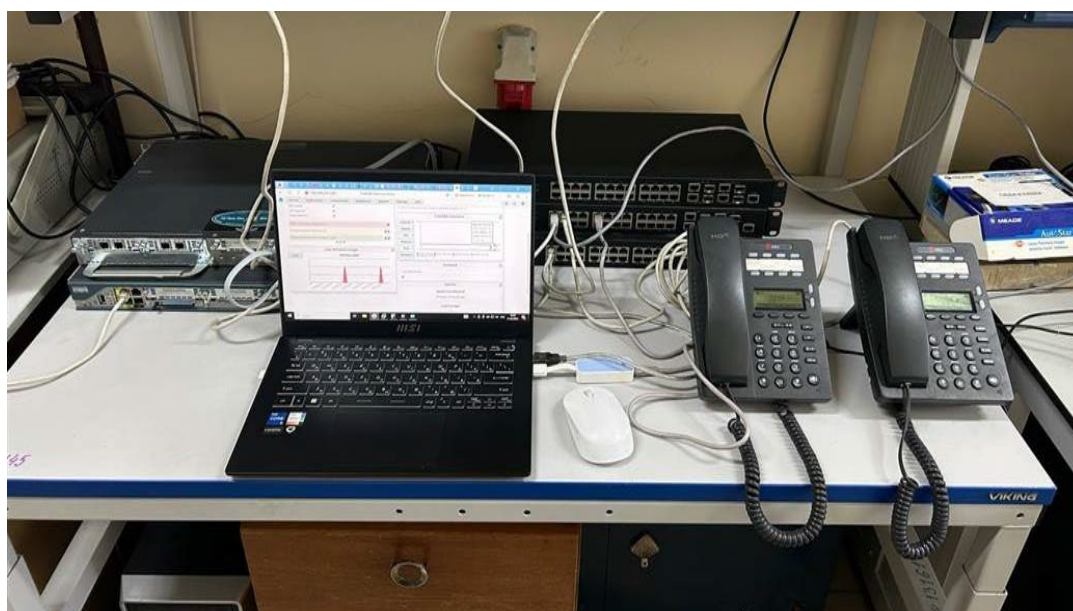


Рисунок 1. Лабораторный стенд «IP-телефония».

Общая схема разрабатываемого УИС приведена на рисунке 2. Схема, представленная на рисунке 2а, включает в себя различные сегменты – зону провайдера, которая в реальных условиях может содержать в себе множество маршрутизаторов (главенствующей топологией обычно является «кольцо», для организации резервирования маршрутов), зону клиента, который будет получать от провайдера услугу «Интернет в дом», и вышестоящую за провайдером сеть Интернет. На стороне клиента установлен персональный компьютер и коммутатор, обеспечивающий подключение к сети провайдера.

Связь между роутерами настроена по протоколу динамической маршрутизации OSPF, основанному на технологии отслеживания состояния канала (link-state) и использующему алгоритм Дейкстры для нахождения кратчайшего пути. При выборе протокола маршрутизации, останавливаются именно на динамических, таких как OSPF, поскольку они имеют лучшую масштабируемость. Так, при расширении сети, не потребуется большое количество настроек, ведь каждый маршрутизатор автоматически получает и отправляет информацию об изменениях, произошедших на сети [4]. Данная лабораторная работа также включает в себя настройку статической IP-адресации и протокола DHCP, служащего для динамического назначения IP-адреса клиенту; протокола NAT, преобразующего частный локальный IP-адрес в общедоступный глобальный (и наоборот); а также конфигурирование VLAN на коммутаторе, что позволяет разделить одну физическую сеть на несколько изолированных логических сетей и улучшает производительность сети.

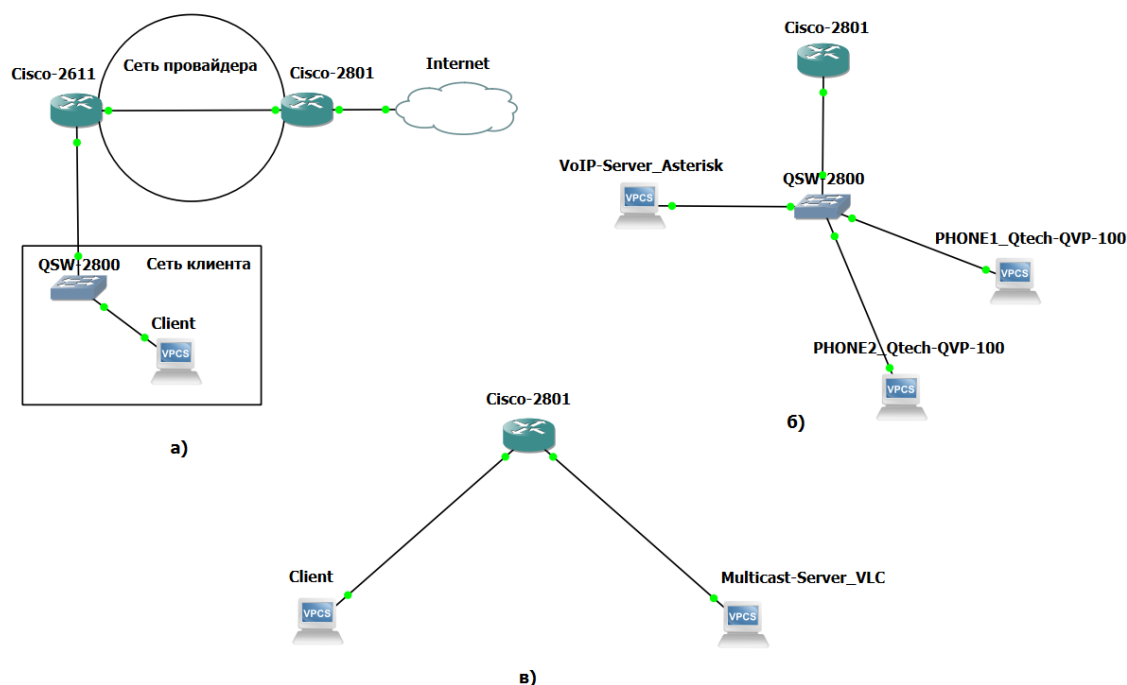


Рисунок 2. Общая схема учебно-исследовательского стенда: а) лабораторная работа №1 «Интернет»; б) лабораторная работа №2 «IP-телефония»; в) лабораторная работа №3 «IPTV: Настройка Multicast маршрутизации».

Для организации IP-телефонной связи (рисунок 2б) использовался популярный VoIP-сервер Asterisk и два IP-телефона модели Qtech QVP-100. Asterisk – это мощный и гибкий VoIP-сервер с открытым исходным кодом, который широко используется для построения телефонии любого масштаба [5]. АТС Asterisk является SIP-сервером для IP-телефонов и

настраивается через удобный, интуитивно понятный web-интерфейс. После чего, выполнив базовые настройки оборудования и подключение к локальной сети, можно проводить тестирование телефонной связи посредством организации звонка между двумя IP-телефонами.

Третья лабораторная работа (рисунок 2в) посвящена изучению и настройке многоадресной рассылки Multicast – рассылки видео трафика в IP-сетях с использованием сетевых протоколов IGMP и PIM. Целью протокола PIM является построение дерева маршрутов для рассылки multicast сообщений. В работе приводится настройка двух основных режимов работы PIM: разреженный (sparse mode) и плотный (dense mode). Таблица multicast маршрутизации для них выглядит по-разному, поэтому иногда эти режимы рассматривают как отдельные протоколы PIM-SM и PIM-DM соответственно [6]. Также существует смешанный режим sparse-dense mode. Для передачи потокового видео IPTV в качестве Multicast-сервера была выбрана программа Медиапроигрыватель VLC – универсальный кроссплатформенный медиаплеер, работающий на большинстве современных операционных систем и мобильных платформ. Для воспроизведения файлов мультимедиа не требуется установка дополнительных кодеков, они уже «встроены» в программу. VLC может воспроизводить DVD и потоковое незашифрованное (бесплатное) видео (IPTV), и Интернет-радио. Также программа может записывать потоковое аудио/видео на компьютер, хорошо воспроизводит испорченные файлы.

4. Полученные результаты

В результате проведенной работы исследована организация FTTH сетей доступа на базе оборудования фирм «Cisco» и «Qtech», собраны и протестированы лабораторные стенды, оформлено учебно-методическое пособие по изучению и конфигурированию FTTH сетей, включающее в себя теоретические материалы с подробным описанием принципов работы технологий, контрольные вопросы и три лабораторные работы по темам: Интернет, IP-телефония, IPTV. В качестве примера далее представлена лабораторная работа №1 из разработанного УМК по теме «Интернет» (рисунки 3-5). Лабораторные работы №2 и №3 имеют аналогичную структуру.

Лабораторная работа №1

РАЗРАБОТКА КОНФИГУРАЦИЙ АКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ FTTH ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ АБОНЕНТАМ ДОСТУПА В СЕТЬ ИНТЕРНЕТ

Цель работы: изучение технологии абонентского доступа Ethernet FTTH, овладение навыками проектирования FTTH сетей по принципу Клиент – Провайдер; получение практических навыков настройки виртуальных локальных сетей (VLAN) и протоколов динамической маршрутизации (OSPF); овладение навыками настройки методов трансляции сетевых адресов (NAT) и протокола DHCP, списков контроля доступа (ACL).

Оборудование: коммутатор Qtech QSW-2800, маршрутизаторы Cisco 2611 и Cisco 2801, 2 персональных компьютера, консольный кабель и ethernet-кабели.

Краткие теоретические сведения

Основы построения логической архитектуры сети провайдера

Логическая сеть провайдера (или логическая архитектура сети) строится на основе нескольких ключевых принципов, которые обеспечивают абонентам эффективное, надежное и масштабируемое предоставление услуг.

1. Модульность. Сеть разбивается на отдельные функциональные модули, такие как ядро, агрегация и доступ, что упрощает управление и расширение сети. Модули могут включать центры обработки данных, узлы доступа, магистральные сегменты и т.д.
2. Иерархичность. Сеть организована в иерархические уровни (core, distribution, access), что помогает управлять трафиком и масштабируемостью. Ядро (core) обеспечивает высокую пропускную способность и надежность, агрегация (distribution) концентрирует трафик от уровня доступа (access) и направляет его к ядру. Общая схема представлена на рисунке 1.

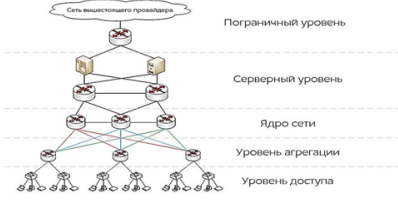


Рисунок 1 – Иерархическая структура сети провайдера

3. Избыточность и отказоустойчивость. Включение резервных маршрутов и дублирование оборудования обеспечивает бесперебойную работу сети даже при аварийных ситуациях. Для обеспечения динамической маршрутизации и резервирования используются также протоколы, как BGP, OSPF и VRRP.
4. Масштабируемость. Способность легко расширять сеть по мере роста числа пользователей и объема трафика, использование современных технологий и архитектур, таких как MPLS, для упрощения масштабирования и управления трафиком.

Далее будут рассмотрены основные сетевые протоколы и технологии, необходимые для организации связи между провайдером и абонентами.

Network address translation (NAT)

Network Address Translation (NAT) – это метод, используемый для изменения сетевых адресов в IP-пакетах, которые проходят через маршрутизатор или брандмауэр. Основная цель NAT – сократить количество

Рисунок 3. Цель работы, оборудование, краткие теоретические сведения.

Задания и методические указания к проведению работы

1. Используя предоставленное оборудование соберите лабораторный стенд согласно схеме, изображенной на рисунке 2. Компьютер PC1 (клиент) должен быть соединен ethernet-кабелем с коммутатором Qtech QSW-2800, который подключается к маршрутизатору Cisco 2611 (далее R2). R2 соединяется с маршрутизатором Cisco 2801 (далее R1) ethernet-кабелем. Маршрутизатор R1 подключается витой парой к компьютеру PC2, который выступает в роли Интернет-роутера.

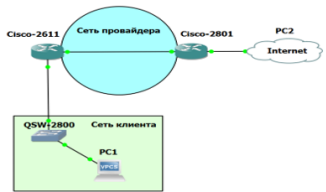


Рисунок 2 – Схема сети для выполнения лабораторной работы №1

2. Раздайте устройствам IP-адреса в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. Исходные данные для выполнения лабораторной работы №1

Устройство	Интерфейс	IP-адрес	Маска
R1	Loopback 0	10.11.1.2	255.255.255.255
	Fast Ethernet 0/0	DHCP	DHCP
	Fast Ethernet 0/1	10.220.10.2	255.255.255.252
R2	Loopback 0	10.11.1.1	255.255.255.255
	Ethernet 0/0	192.168.1.1	255.255.255.0
	Ethernet 0/1	10.220.10.1	255.255.255.252
PC1	Ethernet	192.168.1.3	255.255.255.0
	Gateway	192.168.1.1	255.255.255.0

3. При помощи консольного кабеля произведите настройку коммутатора Qtech QSW-2800. Для этого включите *vlan 130* и настройте порты: в сторону клиента PC1 в режиме *access*, в сторону маршрутизатора R2 – в режиме *trunk*.

```
(config)# vlan 130
(config-vlan)# name FTTH
(config)# interface eth 0/1
(config-if)# switchport mode access
(config-if)# switchport access vlan 130
(config)# interface eth 0/2
(config-if)# switchport mode trunk
(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
```

4. Настройте маршрутизатор R2. Сначала необходимо задать адрес *loopback-интерфейса* (логического интерфейса роутера). Он необходим для того, чтобы при поломке одного или нескольких «линков» на сети, связность с маршрутизатором не потерялась. Настройка производится в конфигурационном режиме, указывается адрес и маска сети:

```
interface Loopback0
ip address 10.11.1.1 255.255.255.255
```

Аналогичным образом настраиваются интерфейсы в сторону R1 и в сторону клиента:

```
interface Ethernet 0/1
ip address 10.220.10.1 255.255.255.252
no shutdown

interface FastEthernet0/0
no shutdown
interface Ethernet0/0.130
encapsulation dot1q 130
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

Рисунок 4. Задания и методические указания к проведению лабораторной работы №1.

7. Для реализации аналогичной задачи, но не со статическим адресом клиента, а с получением ip-адреса по протоколу DHCP, настройте маршрутизатор R2 как DHCP-сервер: <pre>ip dhcp excluded-address 192.168.1.2 ip dhcp excluded-address 192.168.1.3 ip dhcp excluded-address 192.168.1.1 ! ip dhcp pool FTTH_PC network 192.168.1.0 255.255.255.0 default-router 192.168.1.1</pre> Первыми 3 командами исключаются адреса, которые нельзя выдавать клиенту, так как они заняты под нужды провайдера. Далее указывается пул адресов на раздачу и устанавливается <i>default-router</i> – адрес шлюза по умолчанию, который будет выдавать адрес на ПК клиента. Содержание отчета Отчет о выполненной работе должен содержать: – фотографию лабораторного стенда, собранного по представленной схеме в соответствии с заданием; – структурную схему организации сети с указанными сетевыми адресами физических и виртуальных интерфейсов, номерами и префиксами распределенных и локальных сетей; – текстовые файлы конфигурации маршрутизаторов R1 и R2, для R2 второй файл с настроенным DHCP-сервером; – результат выполнения команды «ping» в сеть Интернет 1.1.1.1 с консоли ПК.	Контрольные вопросы 1. Из каких уровней состоит логическая структура сети провайдера? 2. Какова основная цель технологии NAT? 3. Чем отличаются режимы access и trunk при настройке vlan на коммутаторе? 4. Для чего задается Loopback-интерфейс на маршрутизаторах? 5. Что такое Area в OSPF? 6. Как настроить OSPF на маршрутизаторе Cisco? Приведите пример базовой конфигурации. 7. Что означает команда redistribute connected subnets? 8. Что такое пул адресов (address pool) в DHCP? В чем разница между статическим и динамическим распределением IP-адресов? 9. Для чего используются списки доступа (ACL)? Рекомендуемая литература Уэнделл О. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2. 2-е изд., пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2011. С. 601–628. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2002. С. 508–512. Халеби С. Принципы маршрутизации в Internet. 2-е изд. М.: ИД «Вильямс», 2001. С. 140–156, 267–268.
---	--

Рисунок 5. Содержание отчета, контрольные вопросы, рекомендуемая литература.

5. Выводы

Разработанный учебно-методический комплекс предназначен для использования в образовательных программах вузов по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Его внедрение поспособствует формированию у обучающихся навыков самостоятельного проектирования и администрирования современных сетей доступа, а также подготовит к решению реальных задач в области связи при трудоустройстве.

Список литературы

1. Гольдштейн Б.С. Широкополосные сети доступа / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, И.М. Верещагин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.
2. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых сетей связи / Н.Н. Слепов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2020. – 542 с.
3. Одом У. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 / У. Одом; пер. с англ. – 2-е изд. – Москва: Вильямс, 2011. – С. 601 – 628.
4. Халеби С. Принципы маршрутизации в Интернет / С. Халеби, Д. Макферсон; пер. с англ. – 2-е изд. – Москва: Вильямс: Cisco Press, 2000. – 404 с. – ISBN 5-8459-0188-1.
5. Замятина О.М. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Моделирование сетей: учебное пособие для вузов / О.М. Замятина. – Москва: Юрайт, 2022. – 159 с. –

В.И. Плотко. Разработка учебно-методического комплекса по изучению оптических сетей абонентского доступа Ethernet FTTH с поддержкой услуг Triple Play (Интернет, IPTV, VoIP)

(Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00335-2. – URL: <https://urait.ru/bcode/490257>
(дата обращения: 17.05.2025). – Текст: электронный.

6. Левченко А.С. Оптические цифровые телекоммуникационные системы: основы работы распределенных сетей на базе протоколов BGP и MPLS: лабораторный практикум / А.С. Левченко, Е.А. Лаврентьева, Ю.А. Тихонова, В.В. Слюсаревский, Н.А. Яковенко. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2013. – 151 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-8209-0980-1.