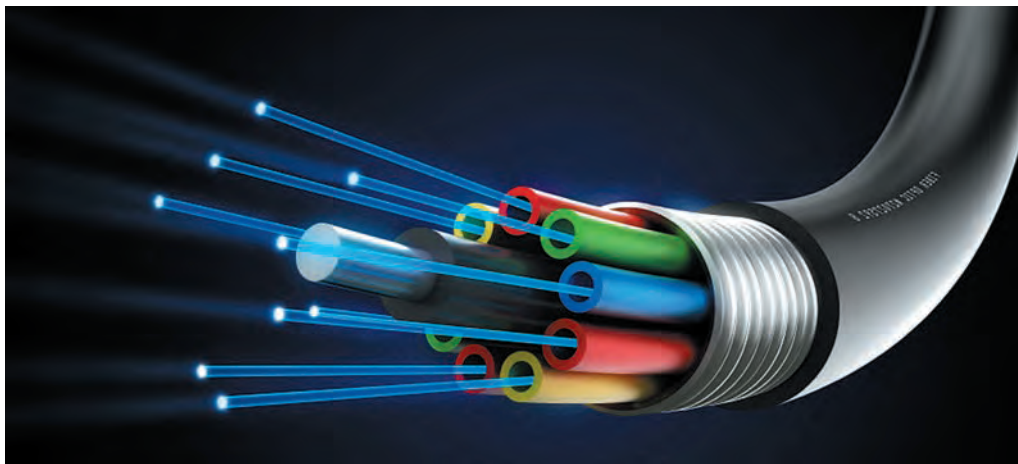


# Жизнь после 100

## или DWDM в Украине и в мире



В Украине операторы связи сейчас используют стогигабитные каналы, но переходить на более высокие скорости они пока не спешат. Между тем за рубежом уже начинают осваивать 400G.

Украина имеет разветвленную сеть оптических магистралей, которые принадлежат как местным телекоммуникационным компаниям, так и международным операторам транспортных сетей, также через нашу страну проходят несколько международных оптических трасс. И эта инфраструктура продолжает развиваться, хотя и не особенно интенсивно. Основной технологией построения транспортных сетей остается DWDM, она используется как на трассах дальней связи, так и в городском масштабе, а также для соединения центров обработки данных между собой.

«Сиб» выяснил, как расширились магистральные транспортные сети Украины на протяжении последних нескольких лет, кто владеет крупнейшими сетями на основе DWDM, а также как развивалась сама эта технология, которая тоже не стоит на месте

### Украинский DWDM

Компании, владеющие собственными оптическими сетями, можно поделить на три категории. Первая — операторы мобильной связи и «Укртелеком»; насколько известно, они используют транспортную инфраструктуру в основном для собственных нужд, хотя и предлагают услуги передачи данных. Вторая группа игроков — это местные компании, у которых оптический транспорт является одним из основных направлений бизнеса, а третья — крупные международные операторы, которые владеют в нашей стране ресурсами транспортной сети (ВОЛС или отдельными волокнами) либо же арендуют таковые.

Данные о сетях мобильных операторов не являются публичными, а что касается «Укртелекома», то согласно отчету за 2017 год, общая протяженности ее ВОЛС составляет более 46 тыс. км, из них магистральных

более 10,7 тыс. км и внутризонавых свыше 18 тыс. км. Как нам сообщили в компании, общая протяженность DWDM-сети составляет 28,8 тыс. км, пропускная способность — до 40 каналов по 10 Гбит/с. Всего сеть включает 166 DWDM-узлов. В качестве сетевого оборудования оператор использует платформу Cisco ONS15454, а также ECI XDM-1000 и XDM-500.

За последние несколько лет значительных изменений на сети «Укртелекома» не происходило: имело место развитие в локальных точках для расширения пропускной способности сети.

Обзор второй категории игроков рынка начнем с «Датагруп» — по информации от самой компании, она занимает 43,33% рынка операторских услуг передачи данных. Сеть ВОЛС «Датагруп» имеет протяженность 20 тыс. км и включает в себя более 100 DWDM-узлов, размещенных в Украине и в ближайших телекоммуникационных центрах Европы и Азии. Текущая пропускная способность ВОЛС магистральной сети составляет 4 Тбит/с. Компания также владеет собственными международными переходами на Польшу, Словакию, Венгрию и Россию, а также трансконтинентальной магистралью передачи данных Европа–Азия. На сети используется оборудование **Ekinops** и **Cisco**.

Как сообщили в «Датагруп», за последние три года глобальных изменений на DWDM-сети не было. Оператор по необходимости добавляет узлы для выделения трафика под индивидуальные запросы заказчиков, которыми являются все украинские и региональные домашние сети, интернет-провайдеры и операторы связи. В частности, существующие длинные пролеты компания дробит в соответствии со своими потребностями или пожеланиями клиентов.

Компания **«Евротранстелеком»**, изначально созданная для обеспечения связью железнодорожного транспорта Украины, предоставляет услуги строительства ВОЛС и предлагает на продажу и в аренду «темные» волокна. Оптическая сеть «Евротранстелеком» покрывает территорию страны и имеет пограничные переходы на Россию и Европу (через Польшу, Словакию и Румынию). DWDM-сеть построена на оборудовании Ciena CPL (платформа OME6500), которое позволяет организовать до 88 дуплексных цифровых каналов со скоростями от 10 до 200 Гбит/с в зависимости от типа используемого транспондера. Также используется система электронной коррекции дисперсии, позволяющая увеличить длину регенерационных участков вплоть до 2,5 тыс. км. «Евротранстелеком» своими силами обеспечивает обслуживание ВОЛС и контроль системы передачи.

За последние три года «Евротранстелеком» ввел автоматическое переключение стогигабитных трактов на резервные каналы на маршрутах Киев–Одесса, Киев–Львов и Киев–Днепропетровск. Также введена в эксплуатацию линия Львов–Самбор–Дрогобыч, что позволило создать кольцо с использованием существующей линии через Стрый. В конце 2015 года «Евротранстелеком» и российский оператор **«Раском»** организовали стык своих сетей дальней связи (LH-DWDM), обеспечив сквозные тракты между городами Украины и Европы — как сообщается, это стало возможным благодаря тому, что обе компании используют однотипное оборудование. В 2016 году операторы обеспечили прямой канал Киев–Франкфурт со скоростью 100 Гбит/с без использования регенераторов (ранее канал работал с переприемом во Львове).

Компания **«Омега Телеком»** была создана в 2012 году. Известно, что в 2013-м она приобрела магистральную сеть компании «Украинские радиосистемы» (TM Beeline), которая стала избыточной после слияния UPC с «Киевстаром». Согласно сайту самой компании, в ее состав вошла сеть передачи данных общей протяженностью 18,5 тыс. км. Опорная DWDM-сеть построена на

оборудовании Huawei и включает в себя 140 узлов. Во всех областных и региональных центрах пропускная способность каналов — от 2,5 до 40 Гбит/с на длину волны. Также компания владеет семью пограничными переходами. На сегодняшний момент клиентами «Омега Телеком» являются более 190 украинских интернет-провайдеров. Компания продает и предоставляет в аренду «темные» волокна и предлагает каналы передачи данных на базе технологий SDH, DWDM и Ethernet.

**«Уарнет»** — полностью государственный интернет-провайдер, который имеет свои площадки во всех областных центрах Украины, а также во Франкфурте и Варшаве. По данным сайта, компания владеет собственными DWDM-линиями, связывающими часть городов, а на остальных направлениях арендует ресурсы у других операторов.

Также нельзя не отметить, что строительством ВОЛС — под заказ и на продажу — занимается компания **«Атраком»**, которая продает и предлагает в аренду «темные» волокна и необслуживаемые регенерационные пункты (НРП), а также обеспечивает их поддержку, для чего в крупных узлах открыты центры техобслуживания и эксплуатации. ВОЛС «Атраком» привязаны преимущественно к автомобильным дорогам и имеют выходы к границам Украины. Согласно сайту, среди заказчиков «Атраком» числятся практически все крупнейшие операторы связи Украины.

## Иностранные операторы

Говоря о международных игроках, прежде всего упомянем **RETN** — эта международная группа компаний представлена в Украине **ООО «PETH»**. В настоящее время DWDM-сеть RETN по всему миру, построенная на оборудовании **Infinera**, имеет общую протяженность более 33 тыс. км и включает свыше 220 узлов. Пропускная способность европейского кольца составляет 5 Тбит/с. В Украине сеть имеет протяженность более 4,5 тыс. км. Компания использует в мире как собственные, так и арендованные пары волокон, тогда как в Украине емкости уже ею выкуплены.

За последние три года сеть RETN развивалась в Европе, Северной Америке и Азии — в частности, запущен резервируемый маршрут Гонконг–Европа через Казахстан, а также открыты новые узлы в Дублине, Гонконге, Сеуле, Париже, Лос-Анджелесе и Сингапуре. В Украине RETN ежегодно наращивает емкость как между узлами внутри страны, так и в направлении европейских точек присутствия (PoP), используя собственные пограничные переходы на Венгрию и Польшу. Сейчас RETN заканчивает инсталляцию и тестирование новой DWDM-линии Луцк – Люблин – Варшава, что обеспечивает резервный короткий маршрут между Украиной и Польшей. Это третий пограничный переход в направлении Европы. В прошлом году в Киеве было закончено строительство кольца, соединяющего все PoP RETN в городских ЦОД и призванного увеличить надежность предоставляемых сервисов.



Европейская часть сети компании RETN

Как сообщили в «РЕТН», их клиентами являются все крупные украинские провайдеры ШПД, кроме мобильных. Увеличение пропускной способности на европейском направлении определяется ростом трафика от этих заказчиков. RETN может предоставлять клиентам оптические каналы со скоростью 100 Гбит/с на «лямбду» между украинскими и европейскими узлами.

В Украине присутствует турецкий оператор **Türk Telekom International**. Компания владеет оптической сетью протяженностью более 40 тыс. км в Центрально-Восточной Европе и Турции с выходами на Ближний Восток, а также более чем 50 PoP в Европе, Азии и на Ближнем Востоке. В Украине турецкий оператор является собственником оптических линий из Киева на Ужгород и Чоп, а емкости резервного канала Киев-Львов и участок Киев-Чернигов-Харьков арендует. ТТI предлагает заказчикам услуги разных уровней, от аренды «темных» волокон и оптических несущих до IP-транзита и прямого интернет-доступа.

Также вспомним компанию **Cogent** — провайдера первого уровня, который в Украине имеет узлы в Киеве, Харькове и Одессе с выходами на Кишинев и Братиславу. В целом же компания присутствует в 41 стране Европы, Азии и Северной Америки и владеет линиями дальней связи общей протяженностью более 92,4 тыс. км, а также более 31,2 тыс. км. городских сетей.

## Эпоха удвоения

Теперь посмотрим, каковы дела у DWDM в мире. Для начала немного цифр. В прошлогоднем отчете **Dell’Oro Group** объем рынка WDM (включая как магистральные, так и метро-решения) прогнозировался на уровне \$12 млрд при росте по сравнению с предыдущим годом на 8%. Основными (в порядке убывания рыночной доли) игроками названы **Huawei, Ciena, ZTE, Nokia** и **Infinera** — на них приходится около 75% мировых продаж. Основными движителями рынка в отчете названы Китай, использование WDM для соединения дата-центров и все большее распространение когерентной оптики, причем основной рост приходится на оборудование не для магистральных, а для городских сетей. Также сообщалось, что больше всего увеличиваются продажи линейных карт на основе технологии когерентного приема для скоростей 100 Гбит/с и выше.

Согласно вышедшему в апреле отчету компании **Zion Market Research**, в 2017 году рынок оборудования WDM в целом (включая DWDM и CWDM) оценивался \$14,1 млрд, а к 2023 году достигнет \$28,43 при годовом росте в 12,4%. Ожидается, что в региональном разрезе наибольшая доля будет приходиться на Северную Америку, но наиболее быстрорастущим рынком является Китай.

С точки зрения технологии, на текущем этапе производители используют в своем оборудовании оптические модули, обеспечивающие 100 Гбит/с на длину волны, при этом в сфере дальней связи новым стандартом становится технология 200 Гбит/с. Однако скоро уже и этого будет мало: как отметила в своем блоге на LightReading

старший директор по портфельному маркетингу Ciena Хелен Зинос, не успела 200G стать нормой, как возникла потребность в еще больших скоростях и пропускной способности. Например, мировой трафик потокового видео за 2017 год увеличился вдвое, а на Facebook с его 2 млрд пользователей каждое пятое видео является прямой трансляцией, притом что появляются новые сервисы вроде демонстрации событий в виртуальной реальности, как во время зимней Олимпиады в Корее. А по словам Ричарда Цзиня, президента Huawei по продуктовой серии для транспортных сетей, в эпоху 5G сверхвысокая пропускная способность станет базовым требованием для операторов.

“ За последние 5 лет наиболее востребованными были интерфейсы 10GE, при том что еще не так давно для передачи данных операторами использовалась технология SDH. Но сейчас пропускная способность на одной длине волны составляет 100GE, и под нужды клиента мы можем собрать DWDM-сервисы кратных скоростей.

Елена Луценко, директор ООО «РЕТН»

Поэтому на рынок уже выведены более мощные решения. В частности, во второй половине прошлого года Ciena начала поставки оборудования 400G, а именно линейной карты WaveLogic AI, которую компания характеризует как когерентный программируемый модем. Устройство обеспечивает скорости передачи от 100 до 400 Гбит/с с шагом 50 Гбит/с. Максимальная скорость достигается на расстоянии до 300 км, тогда как 100G может работать на линиях протяженностью до 7 тыс. км или даже вдвое больше, если используется подводный кабель.

Huawei показала коммерчески доступную технологию 400G в марте нынешнего года — это сигнальный процессор oDSP, который также позволяет настраивать скорость передачи. При этом на больших дистанциях Huawei использует два канала по 200 Гбит/с с алгоритмом оптимизации, позволяющим достигать практически той же спектральной эффективности, что и 400G на одной «лямбде». Также в марте «универсальную линейную карту» NCS 4000 на 400 Гбит/с продемонстрировала Cisco. В зависимости от типов используемых модулей карта обеспечивает разные скорости передачи, начиная от 10 Гбит/с. На одном шасси NCS 4016 могут размещаться до 16 линейных карт, что обеспечивает общую пропускную способность 6,4 Тбит/с, а в полностью укомплектованной стойке — 12,8 Тбит/с.

“ Оборудование и технологии постоянно совершенствуются, и на одних и тех же каналах можно многократно увеличивать пропускную способность. Кстати, мы в компании проводили тестирование 200 Гбит/с на «лямбду» — работает. На рынке уже появились производители, которые выпускают оборудование с поддержкой 400 Гбит/с и активно тестируют 800 Гбит/с, заявляя о терабитных решениях. Учитывая такие тренды, можно говорить, что качественно построенная оптическая сеть практически не имеет лимита пропускной способности.

Владимир Лутченко, технический директор «Датагруп»



Аналитическая компания Signal AI в конце прошлого года предсказывала, что активное внедрение технологии 400 Гбит/с начнется уже в 2018 году, а в 2019-м в дополнение к линейным картам появятся вставные модули стандартных форматов, которые окончательно «похоронят» уже устаревшую технологию 10 Гбит/с. По прогнозам, к 2020 году на 400G будет приходиться четверть всех установленных портов WDM.

Эксперты прогнозируют, что на первых порах основным применением технологии 400G будет организация соединений между ЦОД, где расстояния относительно короткие и требуются мощные каналы передачи. Например, осенью прошлого года новозеландский Vodafone ввел в эксплуатацию линию 400G между своими ЦОД в Окленде, используя линейные карты WaveLogic AI для уже установленной платформы Ciena 6500. Также на основе решения Ciena запустил 400G британский оператор Jisc, который обслуживает сеть Janet, объединяющую британские колледжи и университеты.

## Погоня за терабитом

Как отмечал в марте Владимир Козлов, основатель и глава компании LightCounting Market Research, в 2017 году Ciena и Huawei на двоих поставили свыше 75% всех портов 100/200/400 Гбит/с. Имея такие сильные позиции, оба игрока не торопятся выводить на рынок еще более скоростные решения. Между тем цены на оборудование DWDM продолжают снижаться. Другие производители, чтобы увеличить свою долю или просто остаться в игре, анонсировали решения, позволяющие передавать 600 Гбит/с на «лямбду».

В частности, Nokia в марте представила процессор цифровой обработки сигналов PSE-3, который может работать со скоростями от 100 до 600 Гбит/с. В процессоре используется алгоритм вероятностного формирования сигнального созвездия (PCS) — технология модуляции, которая предусматривает переменную частоту использования различных точек в 64QAM-созвездии. Благодаря этому обеспечивается оптимизация используемой оптической мощности в зависимости от условий в канале. Технология, разработанная Bell Labs, была испытана еще в 2016 году, когда в лабораторных условиях была достигнута скорость передачи 1 Тбит/с; позже был проведен тест, имитирующий использование PCS при передаче по подводному кабелю — на расстоянии 6,6 тыс. км была продемонстрирована совокупная скорость 65 Тбит/с. В Nokia утверждают, что решение PSE-3 позволит максимально приблизиться к пределу Шеннона — теоретическому максимальному значению пропускной способности канала связи.

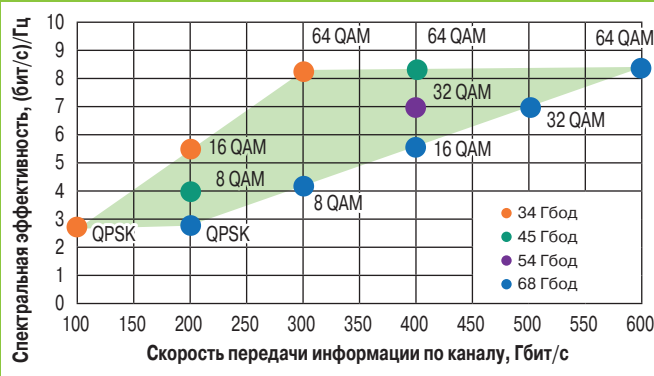
PSE-3 поддерживает два канала по 600 Гбит/с, тем самым обеспечивается максимальная емкость волокна 1,2 Тбит/с. При этом процессор может работать в разных сочетаниях скоростей передачи и дальности связи. Первым продуктом, в котором используется процессор, стала платформа Nokia 1830 PCI-M для соединения ЦОД. Процессор будет выпускаться в двух вариантах: компактном и производительном (последний станет доступен в конце года).

## КОГЕРЕНТНАЯ ОПТИКА

Технология когерентной оптической передачи предусматривает модуляцию по амплитуде и фазе и использование процессоров цифровой обработки сигналов (DSP) на передаче и приеме.

Она имеет ряд ключевых особенностей, таких как программируемость (одна карта может поддерживать разные форматы модуляции и скорости передачи символов, что позволяет настраивать ее в зависимости от сценария использования), формирование спектра (важно в системах с гибкой сеткой частот, когда оптический спектр волокна делится между каналами неодинаковой ширины и модуляции, что позволяет передавать по одному волокну потоки данных с разной скоростью). Алгоритм упреждающей коррекции ошибок с мягким принятием решения позволяет передавать сигнал на большие расстояния с использованием меньшего числа регенераторов. DSP обеспечивают компенсации хроматической и поляризационной дисперсии, что дает возможность использовать в том числе старые волокна, обходясь без специализированных компенсаторов.

Первое поколение линейных карт с когерентным приемом обеспечивает пропускную способность 100 Гбит/с на оптическую несущую при символьной скорости 34 Гбод, задействуя метод квадратурной фазовой манипуляции (QPSK), при этом используются те же мультиплексоры и усилители, что и для систем 10/40 Гбит/с. Во втором поколении благодаря использованию гибкой сетки частот и квадратурно-амплитудной модуляции (QAM) достигается пропускная способность 200 Гбит/с. Текущий уровень развития технологии обеспечивает максимальную скорость 600 Гбит/с, и в будущем можно ожидать 800 Гбит/с и даже 1,2 Тбит/с.



Спектральная эффективность и пропускная способность когерентных оптических систем (источник: Lightwave)

Между тем Infinera в октябре прошлого года отчиталась о двух технологических прорывах. Компания продемонстрировала скорость передачи в 1 Тбит/с на одной несущей при использовании модуляции 32QAM и обеспечении символьной скорости 100 Гбод. В ходе другого испытания применялась модуляция 1024QAM, при этом была достигнута скорость 1,32 Тбит/с, а также необычайно высокая спектральная эффективность: 9,35 бит/с на Гц при дальности передачи 400 км.

Как долго еще будет продолжаться эта гонка скоростей, сказать трудно, хотя, наверное, какой-то предел все же есть. Интересно другое: когда все эти новшества дойдут до нас?

Василий ТКАЧЕНКО, Сиб