



## ДЕСЯТЬ ЛЕТ УСПЕХА: РЫНОК ФОТОНИКИ И ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (2004–2015 годы)

А.Игнатов, к.т.н., ООО "ЛазерИнформСервис",  
www.laseris.ru; laseris-spb@peterlink.ru; Санкт-Петербург



В обзоре одного из ведущих российских специалистов в области сварки и лазерных технологий на основе информации, опубликованной Ассоциацией VDW и ЛАС, консалтинговой компанией Optech Consulting, STRATEGIES Unlimited, известными экономистами и специалистами, дан анализ состояния динамики рынка фотоники и лазерных технологий за десятилетний период (2004–2015 годы). Обзор заслуживает пристального внимания технических специалистов, производителей лазерной техники, руководящего менеджмента потребителей – предприятий машиностроения и судостроения, авиакосмической и автомобильной, нефтегазовой и других отраслей российской промышленности.

Лазерная обработка материалов – один из наиболее производительных и перспективных технологических процессов, используемых в современной индустрии, особенно при производстве изделий нового поколения [1–18, 63–65]. Лазерные технологии (ЛТ), все более широко используемые в промышленности, фактически становятся стандартными базовыми технологическими процессами в машиностроении [19–24] и автомобилестроении [25–28], вагоностроении [29], авиации [30–36] и судостроении [37–40]; перспективы их использования проявляются в мосто- и трубостроении [41–42], в строительстве [43]. Эти тенденции просматриваются во всех ведущих индустриальных странах мира – США, Японии, Германии, Великобритании, Франции и наиболее динамично развивающемся Китае [44–49]. Большой интерес к лазерным технологиям начала проявлять Индия [50].

Мировой рынок фотоники ежегодно, начиная с 1970 года, увеличивался приблизительно на 10–20% [51], хотя, согласно данным работ [17, 18, 54], в последние 10–15 лет рост составил 5–10%. В 2012–2013 годы он имел объем около 300–420 млрд.долл./год и, по прогнозам тех же авторов, в 2015 году должен составить 480–500 млрд.долл./год. В последние 5–10 лет стала прослеживаться прямая связь развития рынка фотоники (до 5–10%/год) с общей экономической ситуацией в мире. Некоторые такие прорывные направления, как аддитивные технологии, волоконные, диодные

и дисковые лазеры, росли более высокими темпами – до 30–60%/год [1, 2].

Страны Европы формируют около 20% рынка лазерного оборудования, 24% рынка оптической связи, а в секторе освещения доля европейского производства достигает 40% [18, 54]. По заключению Еврокомиссии [17, 53, 54] фотоника является локомотивом инновационного развития экономики Евросоюза, от фотоники непосредственно зависят 20–30% всей европейской экономики и 10% всех работающих жителей (а это около 30 млн. рабочих мест). Согласно последним опубликованным данным Ассоциации VDW и консалтинговой компании "Optech Consulting" (Швейцария), лазерное технологическое оборудование занимает сегодня 12% мирового рынка обрабатывающего технологического оборудования (в стоимостном выражении), причем эта доля достаточно быстро увеличивается [55]. Лазерные технологии в отдельных секторах зарубежной обрабатывающей промышленности начинают занимать долю до 30–35%.

Признавая важнейшую роль фотоники для современной цивилизации, 68-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН в декабре 2013 года объявила 2015-й год Международным годом света и технологий, основанных на использовании света, т.е., в современных технических терминах, Годом фотоники [17].

Располагая аналитическими отчетами, приведем для справки лишь некоторые цифры.

- Европейский сектор мировой фотоники – это 52 млрд. евро в 2009 году и 60 млрд. евро в 2013 году [54], ежегодный рост – в среднем 8-10%, в отрасли занято 290-300 тыс. чел., работающих на 5.тыс.малых предприятий (по данным 2011 года) [17].
- С 2003 года идеологическое руководство европейской фотоникой гражданского применения осуществляет технологическая платформа "Photonics 21" (около 2 тыс. участников). Наиболее активно в ней участвовали Германия, Франция и Великобритания (рис.1). Для достижения заявленных целей требовалось выстроить три моста: "наука – технология", "технология – продукт", "продукт – массовое производство". Стратегия развития отрасли предусматривала выстраивание этих мостов и правильный выбор целей. Ключевая роль в разработке научно-технической политики в отрасли отводится технологической платформе [18].

Поддержка НИОКР по фотонике из бюджета Еврокомиссии – 120 млн. евро в год (в рамках завершенной 7-й Рамочной программы), проекты финансируются только на паритетных условиях с бизнесом [17]. На 2013-2020 годы было запланировано вложить в развитие европейской фотоники 7 млрд. евро, в том числе 1,4 млрд. – из бюджета Еврокомиссии [17,54]. Руководство Еврокомиссии считает, что Европа имеет все основания для того, чтобы стать мировым лидером в этой важнейшей комплексной области хай-тека ("Europe should be photonics champion of the world!") [53].

Новая Рамочная программа ЕС по научным исследованиям и инновациям "Горизонт 2020" ("Horizon 2020") является ключевым инструментом по финансированию научных исследований и разработок в 2014-2020 годы и ориентирована, в том числе, и на фотонику [18,53].

Наиболее динамично развивается фотоника в Китае [17, 44-49]. Для убедительности приведем следующие показатели:

- более 5 тыс. предприятий в 2011 году выпустили лазерную, оптическую и оптоэлектронную продукцию более чем на 400 млрд.юаней (2 трлн.руб.). В 2015 году планируется достичь объема производства фотоники в 63 млрд. долл.;
- профильные кафедры в 200 университетах, девяти институтах АН КНР и 10 отраслевых НИИ полностью работают по этой тематике, организовано 18 национальных лабораторий ("State key labs"), создан огромный



Рис.1. Состав участников европейской технологической платформы "Photonics 21" [54]

специализированный технопарк ("Оптическая долина им. Озера Дунху" в провинции Хубэй);

- из 1646 тысяч аспирантов, имеющих сегодня в КНР, 330 тысяч специализируются в фотонике; по этой тематике избраны более 300 академиков Национальной академии наук и Национальной академии инженерных наук;
- объем финансирования НИОКР по фотонике из госбюджета в последние 10 лет растет в среднем на 20% в год;
- создание и освоение технологий фотоники имеет мощную государственную поддержку (налоговые каникулы, льготные кредиты и др.) [17].

Соотношение специалистов, занятых сегодня в области лазерных технологий и лазерного технологического оборудования, можно оценить следующим образом: на одного российского специалиста приходится десять работников соответствующей специализации в Германии и соответственно 100-150 – в Китае. Правительство Российской Федерации, осознавая потенциальные возможности, которыми обладает Россия, провозгласило фотонику стратегической отраслью [52]. По оценке Минпромторга, доля России в мировом рынке фотоники (около 400 млрд. долл.) составляет 300 млн.долл. [52]. Рынок фотоники в России, в соответствии с мировой и европейской тенденцией может развиваться и расти ориентировочно до 5% в год, а сегодня из-за кризиса может упасть и до 5%. Необходимо

**Таблица 1.** Доля отдельных стран на рынках высокотехнологичной продукции в 2008 году в процентах к общему объему рынков [56]

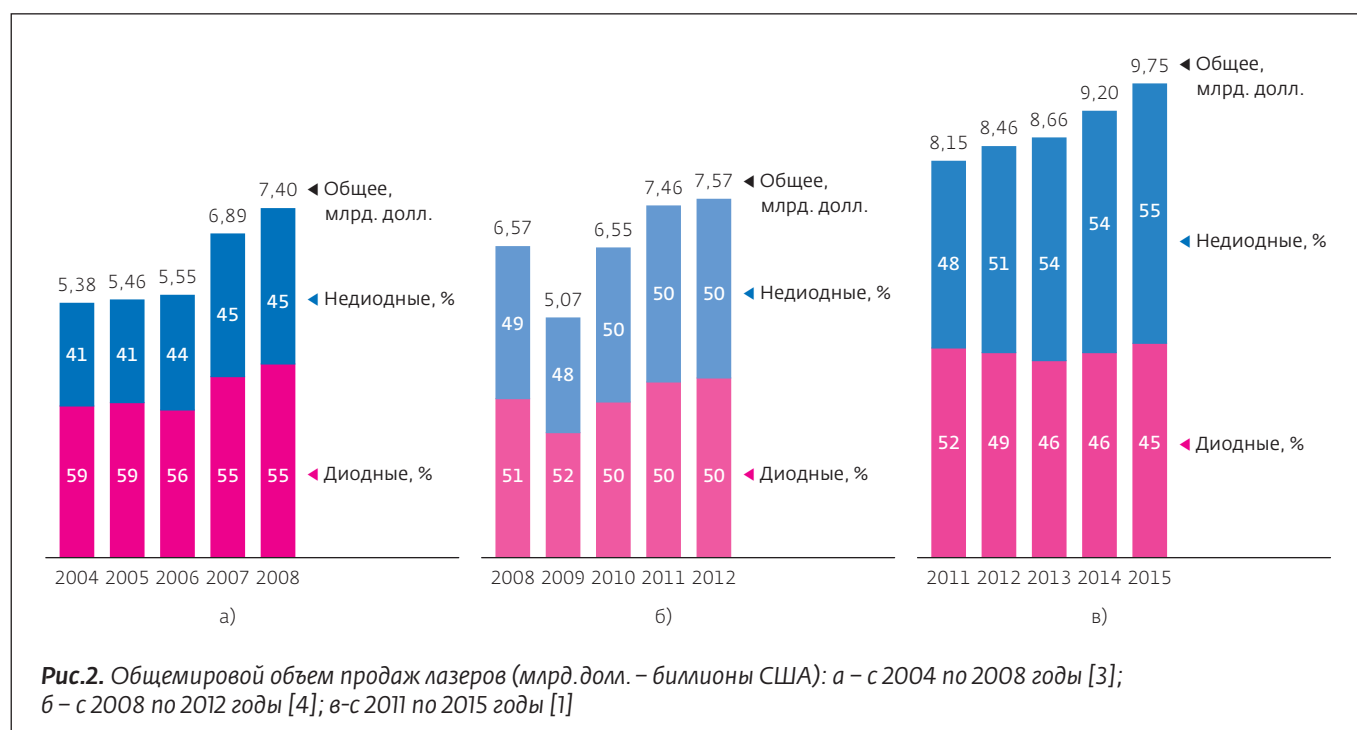
Виды продукции	Удельный вес стран (%)				
Продукция авиакосмической отрасли	США – 33,8	Франция – 16	Германия – 13	Великобритания – 9	Китай – 0,9 <b>Россия – 0,4</b>
Изделия электронной промышленности	Китай – 20	США – 8,9	Япония – 8	Сингапур – 7	<b>Россия – 0,05</b>
Офисное и компьютерное оборудование	Китай – 30,6	США – 9,2	Нидерланды – 7,6	Германия – 6	<b>Россия – 0,04</b>
Продукция инструментальной отрасли	США – 15,9	Германия – 12,7	Китай – 10	Швейцария – 6,5	<b>Россия – 0,31</b>

также учитывать существенную узость российского высокотехнологичного рынка РФ, который на сегодня составляет до 1% мирового рынка [56] (таблица 1).

По данным ведущих экономических обозревателей рынка фотоники – Д. Бельфорте, Г. Овертона, Т. Хаускена, К. Холтона, С. Андерсона, Р. Стила и STRATEGIES Unlimited, за прошедшие десять лет рынок лазерных систем и промышленных лазеров более чем удвоился, а продажи волоконных лазеров возросли в 20 раз [1-18, 63-65]. При этом мировой объем продаж лазеров в 2014 году составил 9,2 млрд.долл., а в 2015 году должен составить

9,75 млрд.долл., это хорошо проиллюстрировано на рис.2. Однако цифры, приведенные в традиционных ежегодных обзорах, несколько различаются между собой и имеют разброс примерно до 5-20% (рис.2 и табл. 2-5), поскольку прогноз экспертов и полученные позднее, в течение 1-2 лет, фактические данные финансовых отчетов фирм-производителей не совпадают [1-16, 63-65].

Рост экономики и, соответственно, рынка фотоники затормозил кризис 2008/2009 годов (рис.2-4 и табл. 2-5). Европейский кризис 2014/2015 годов перечеркнул наметившуюся стабилизацию в 2011/2013 годах – по-видимому, следует ожидать





**Таблица 2.** Годовой объем продаж промышленных лазеров и лазерных систем, млн.долл., шт. и процент их роста [2,8,11,63–65]

Продукция/ год,% роста	2004	%%	2005	%%	2006	%%	2007	%%	2008	%%	2009	%%
Лазеры, млн.долл.	1171 <sup>а*</sup> [63]	14 [63]	1241 [63]	6 [63]	1589 [64] 1287 <sup>*</sup> [63]	28 [64] 4 <sup>*</sup> [63]	1716 [64]	8 [64]	1758 [65] 1840 <sup>*</sup> [64]	7 <sup>*</sup> [64]	1231 [11,65]	-30 [11,65]
Лазеры, шт.	31,470 [63]	18 [63]	35,165 [63]	12 [63]	38,725 [64] 6,730 <sup>*</sup> [63]	10 [64] 4 <sup>*</sup> [63]	40,955 [64]	8 [64]	43,265 <sup>*</sup> [64]	6 <sup>*</sup> [64]	-	-
Лазерные системы, млн.долл.	3725 [63]	19 [63]	4318 [63]	16 [63]	5765 [64] 4677 <sup>*</sup> [63]	34 [64] 8 <sup>*</sup> [63]	6132 [64]	6 [64]	6075 [65] 6494 <sup>*</sup> [64]	6 <sup>*</sup> [64]	4865 [11,65]	-20 [11,65]

Продукция/ год,% роста	2010	%%	2011	%%	2012	%%	2013 [8]	%%	2014	%%	2015	%%
Лазеры, млн.долл.	1657 [11] 1336 <sup>*</sup> [65]	35 [11] 9 <sup>*</sup> [65]	1991 [8] 1956 [11]	20 [8] 19 [11]	2135 [8] 2061 <sup>*</sup> [11]	7 [8] 5 <sup>*</sup> [11]	2487 [2] 2177 <sup>*</sup> [8]	2 <sup>*</sup> [8]	2631 [2]	6 [2]	2759 <sup>*</sup> [2]	5 <sup>*</sup> [2]
Лазерные системы, млн.долл.	6090 [8,11] 5178 <sup>*</sup> [65]	25 [8,11] 6 <sup>*</sup> [65]	7075 [8] 7060 [11]	16 [8,11]	7475 [8] 7341 <sup>*</sup> [11]	6 [8] 4 <sup>*</sup> [11]	7800 <sup>*</sup> [8]	4 <sup>*</sup> [8]	-	-	-	-

\* - Прогноз.

спад в секторе мировой и, особенно, европейской фотоники, аналогичный 2008/2009 году, при сохранении и даже некотором росте рынка в Северной Америке, Японии и Восточной Азии. Неясно, что принесут 2015/2016 годы и усиливающееся противостояние США и России, конфликт на Украине. Как видим, политика существенно влияет на мировую экономику, и, соответственно, определяет темпы роста и развития фотоники и лазерных технологий.

Становится очевидным – США успешно решают вопросы своего экономического благополучия и даже роста, создавая серьезные проблемы странам Европы и Ближнего Востока. Так Россия из-за существенного падения цен на нефть, как отметил президент, уже потеряла приблизительно треть поступлений от ее продажи. Можно полагать, что Евросоюз потерял до 5% из-за введенных санкций против РФ, а некоторые страны и 5-10%. Санкции США затормозили развитие российской

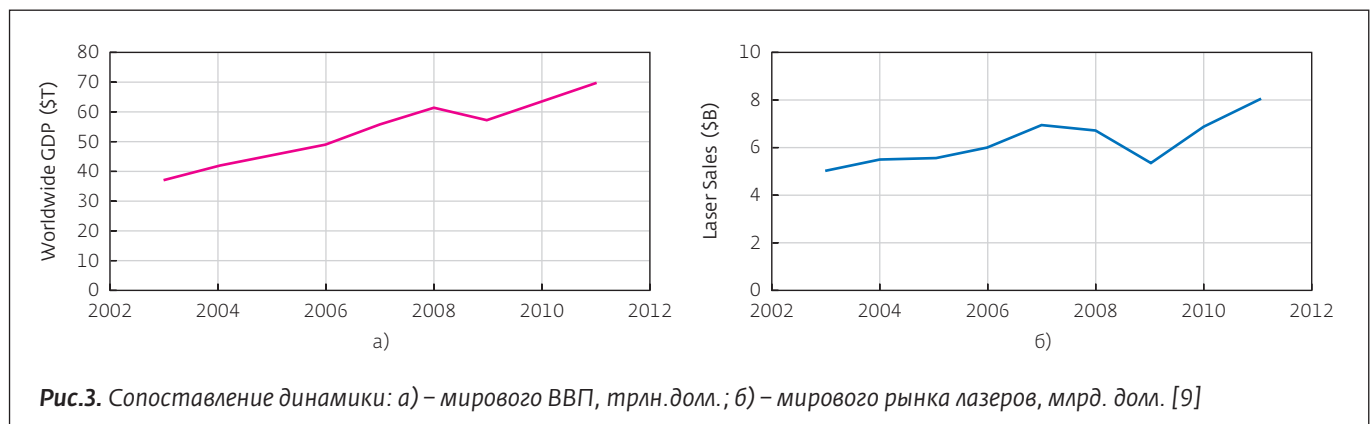




Таблица 3. Годовой объем продаж промышленных лазеров по типам, млн.долл. и их% роста [2,8,11,63–65]

Тип лазера / год, % роста	2004	2005	%%	2006	%%	2007	%%	2008	%%	2009	%%
CO <sub>2</sub>	597 [63]	634 [63]	6 [63]	963 [64] 673* [63]	6° [63]	1055 [64]	10 [64]	1091 [65] 1121* [64]	6° [64]	669 [65]	-39 [65]
Твердотельные	480 [63]	476 [63]	-8 [63]	431 [64] 429* [63]	-10° [63]	419 [64]	-3 [64]	394 [65] 440* [64]	5° [64]	340 [65]	-14 [65]
Волоконные	55 [63]	91 [63]	65 [63]	147 [64] 139* [63]	52° [63]	189 [64]	29 [64]	213 [65] 217* [64]	15° [64]	169 [65]	-21 [65]
Другие	39 [63]	40 [63]	2 [63]	48 [64] 46* [63]	15° [63]	53 [64]	10 [64]	60 [65] 62* [64]	17° [64]	53 [65]	-12 [65]
Общая сумма	1171** [63]	1241 [63]	6 [63]	1589 [64] 1287* [63]	4° [63]	1716 [64]	8 [64]	1758 [65] 1840* [64]	7° [64]	1231 [65]	-30 [65]

Тип лазера / год, % роста	2010	%%	2011	%%	2012	%%	2013	%%	2014	%%	2015	%%
CO <sub>2</sub>	870 [11] 723* [65]	8° [65]	988 [8] 989 [11]	14 [11]	1016 [8,11]	3 [8,11]	863 [2] 1008* [8]	-0,8° [8]	884 [2]	2 [2]	877* [2]	-1° [2]
Твердотельные	402 [11] 365* [65]	7° [65]	424 [8] 419 [11]	4 [11]	453 [8] 454* [11]	7 [8,11]	456 [2] 450* [8]	-0,7° [8]	444 [2]	-3 [2]	431* [2]	-3° [2]
Волоконные	326 [11] 190* [65]	12° [65]	495 [8] 486 [11]	48 [11]	576 [8] 516* [11]	16 [8] 8° [11]	841 [2] 616* [8]	7° [8]	960 [2]	14 [2]	1085* [2]	13° [2]
Другие	60 [11] 58* [65]	9° [65]	84 [8] 70 [11]	17 [11]	90 [8] 75* [11]	7 [8,11]	327 [2] 103* [8]	14° [8]	343 [2]	5 [2]	366* [2]	7° [2]
Общая сумма	1657 [8,11] 1336* [65]	35 [8] 9° [65]	1991 [8] 1956 [11]	20 [8] 18 [11]	2135 [8] 2061* [11]	7 [8] 5° [11]	2487 [2] 2177* [8]	2° [8]	2631 [2]	6 [2]	2759* [2]	5° [2]

\* - Прогноз; \*\* - Fiber lasers previously counted as solid-state.

**Таблица 4.** Годовой объем продаж промышленных лазерных систем по типам использованных в них лазеров, млн.долл. и их% роста [8,11, 63–65]

Тип лазера / год, % роста	2004	%%	2005	%%	2006	%%	2007	%%	2008	%%	2009	%%
CO <sub>2</sub>	2045 [63]	[65]	2327 [63]	14 [63]	3600 [64] 2468* [63]	6* [63]	3840 [64]	7 [64]	3910 [65] 4100* [64]	7* [64]	3022 [65]	-23 [65]
Твердотельные	1515 [63]	[65]	1674 [63]	18 [63]	1680 [64] 1806* [63]	8* [63]	1670 [64]	-1 [64]	1511 [65] 1700* [64]	2* [64]	1276 [65]	-16 [65]
Волоконные	85 [63]	[65]	230 [63]	170 [63]	380 [64] 306* [63]	56* [63]	495 [64]	30 [64]	501 [65] 545* [64]	10* [64]	430 [65]	-14 [65]
Другие	80 [63]	[65]	87 [63]	9 [63]	105 [64] 97* [63]	11* [63]	127 [64]	21 [64]	153 [65] 149* [64]	17* [64]	137 [65]	-10 [65]
Общая сумма	3725 [63]	[63]	4318 [63]	16 [63]	5765 [64] 4677* [63]	34 [64] 8* [63]	6132 [64]	6 [64]	6075 [65] 6494* [64]	6* [64]	4865 [11,65]	-20 [11,65]

Тип лазера/ год, % роста	2010	%%	2011	%%	2012	%%	2013	%%
CO <sub>2</sub>	3611 [11] 3178* [65]	5* [65]	4100 [8] 4110 [11]	14 [11]	4244 [8] 4200* [11]	4 [8] 2* [11]	4300* [8]	1* [8]
Твердотельные	1496 [11] 1360* [65]	6* [65]	1611 [8] 1630 [11]	0 [11]	1665 [8] 1722* [11]	3 [8] 5* [11]	1695* [8]	2* [8]
Волоконные	820 [11] 492* [65]	14* [65]	1164 [8] 1130 [11]	38 [11]	1350 [8] 1215* [11]	16 [8] 8* [11]	1465* [8]	8* [8]
Другие	163 [11] 148* [65]	8* [65]	200 [8] 190 [11]	17 [11]	216 [8] 203* [11]	8 [8] 7* [11]	240* [8]	11* [8]
Общая сумма	6090 [8,11]	6* [65]	7075 [8] 7060 [11]	16 [8,11]	7475 [8] 7341* [11]	6 [8] 4* [11]	7800* [8]	4* [8]

\* – Прогноз.

промышленности, ее модернизацию и уже нанесли ущерб не менее 5%.

Распределение мирового рынка промышленных лазеров и лазерных систем по регионам мира следующее (рис.5): Азия – около 49%, в том числе: Восточная Азия – почти 34% и Япония – приблизительно 15%. Европа – почти 30% и Северная Америка – около 17% [8].

Страны БРИКС (Бразилия, Россия, Индия и Китай), от которых ожидали лидерства на рынке промышленных лазеров в 2014 году, этих ожиданий не оправдали, так как экономики России и Бразилии переживают стагнацию, а темпы

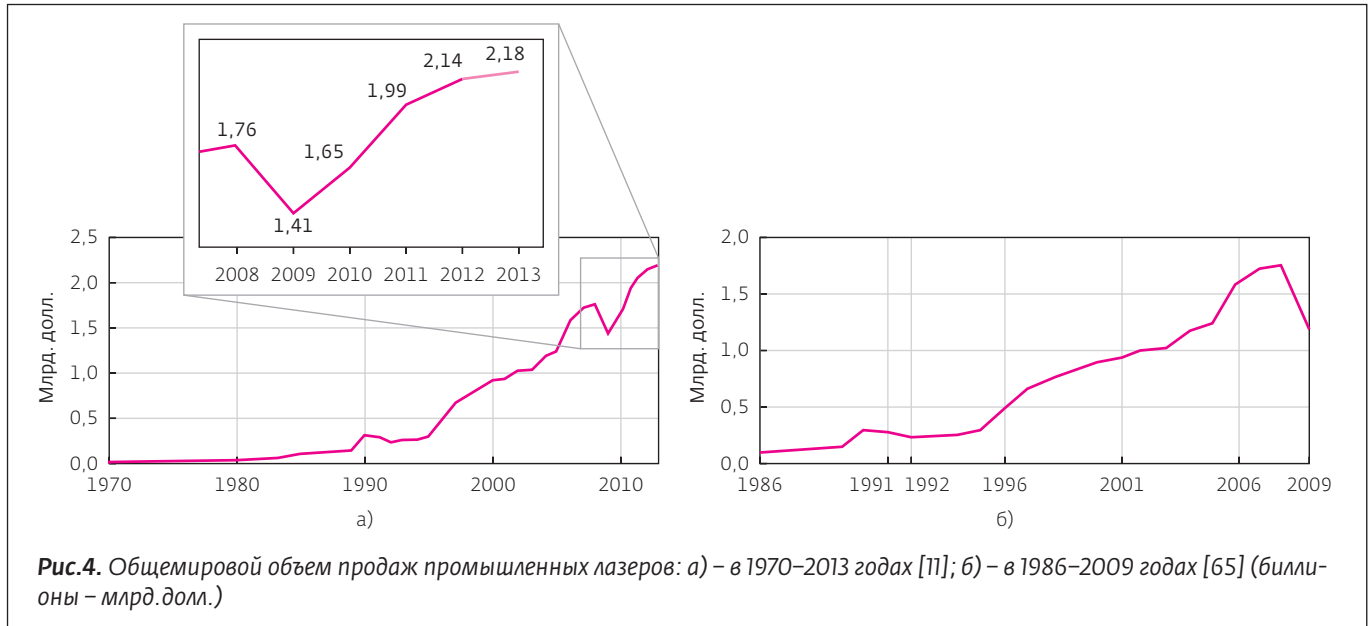
развития Китая и Индии снизились до 5–7% в год. Согласно оценкам МВФ, в 2015 году наиболее вероятен рост экономики в США, Индии и Великобритании, но глобальный рост инвестиций в производство вызывает сомнение [1]. Необходимо учитывать также и то, что, несмотря на небольшие размеры высокотехнологичного рынка в России, именно здесь наиболее востребованы новейшие лазерные технологии, тем более с учетом реалий сегодняшних дней – обострения международной обстановки и потери ряда зарубежных поставщиков оборудования и комплектующих.



Таблица 5. Основные сегменты рынка лазеров в 2004/2015 годы, млн.долл. [1, 3–5, 16, 17, 63–65]

№	Сектор рынка лазеров / Сумма, млрд.долл.	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Связь и оптическая память	-	-	-	-	2,894 [4]	2,214 [4]	3,153 [5] 2,721 [4]	3,636 [1,5] 3,080 [4]	3,447 [1,5] 3,146* [4]	3,394 [1] 3,400 [17] 3,443 [5]	3,515 [1] 3,579* [5]	3,615* [1]
2	Обработка материалов (включая литографию)	1,467 [3,16]	1,504 [3,16]	1,652 [3] 1,673 [16]	2184 [3] 1,782* [16]	2,374 [4] 2,327* [3]	1655 [4]	2,404 [5] 2,415 [4]	2,785 [1,5] 2,805 [4]	3,153 [1,5] 2,792* [4]	3,279 [1] 3,200 [17] 3,221 [5]	3,539 [1] 3,467* [5]	3,828* [1]
3	Медицина (включая эстетическую)	397 [3,16]	395 [3,16]	445 [3,16]	495 [3] 475* [16]	507 [4] 548* [3]	413 [4]	441 [5] 453 [4]	570 [1] 476 [5] 498 [4]	617 [1,5] 518* [4]	682 [1,5] 700 [17]	745 [1] 746* [5]	815* [1]
4	Научные исследования и военные применения	148 [3,16]	148 [3,16]	153 [3,16]	172 [3] 160* [16]	310 [4] 179* [3]	344 [4]	439 [5] 376 [4]	536 [1,5] 408 [4]	560 [1] 656 [5] 419* [4]	524 [1] 600 [17] 609 [5]	542 [1] 620* [5]	572* [1]
5	Контрольно-измерительные приборы и сенсоры	73,5 [3,16]	73,8 [3,16]	79,3 [3,16]	87,4 [3] 87,9* [16]	207 [4] 95,9* [3]	205 [4]	270 [4,5]	450 [1] 330 [5] 304 [4]	490 [1] 561 [5] 313* [4]	550 [1] 600 [17] 601 [5]	616 [1] 646* [5]	662* [1]
6	Развлечения, дисплеи и шоу	11,8 [3,16]	10,4 [3,16]	10,1 [3,16]	10,7 [3] 10,2* [16]	22 [4] 10,1* [3]	23 [4]	84 [5] 25 [4]	109 [1] 116 [5] 30 [4]	122 [1] 155 [5] 33 [4]	157 [1] 200 [17] 182 [5]	178 [1] 210* [5]	197* [1]
7	Запись и печать изображений	34,2 [3,16]	27,5 [3,16]	24,8 [3,16]	24,5 [3] 24,0* [16]	62 [4] 26,3* [3]	43 [4]	67 [5] 47 [4]	65 [1,5] 48 [4]	67 [1,5] 48 [4]	69 [1] 67 [5]	67 [1] 66* [5]	66* [1]
	Общая сумма	5,380 [3]	5,460 [3]	5,550 [3]	6,890 [3]	6,570 [4] 7,400* [3]	5,070 [4]	6,860 [5] 6,550 [4]	8,150 [1] 7,940 [5] 7,460 [4]	8,460 [1] 8,660 [5] 7,570* [4]	8,660 [1] 8,810 [5]	9,202 [1] 9,334* [5]	9,755* [1]

\* - Прогноз.



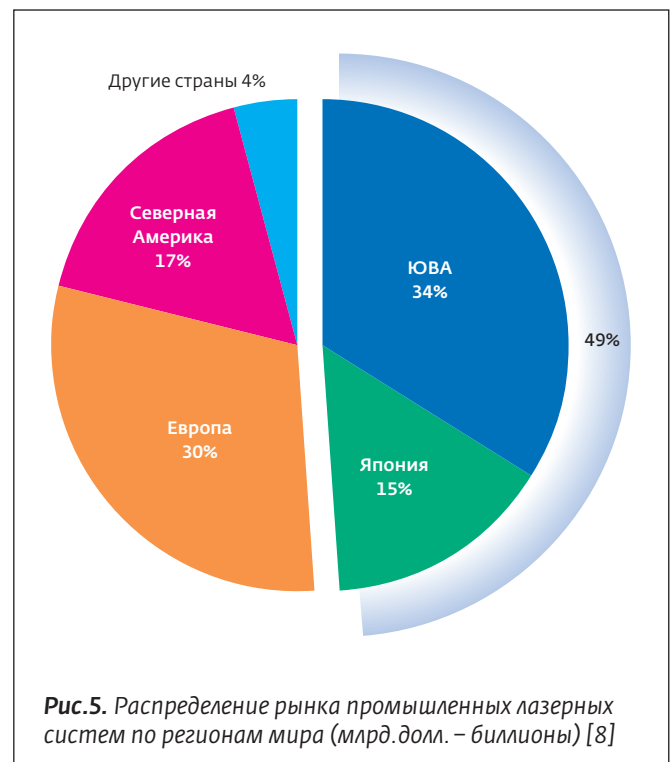
Для успеха импортозамещения необходим взвешенный баланс целесообразности и необходимости приоритета создания собственных отечественных разработок и использования международной кооперации и сотрудничества, глобальных/международных рынков сбыта, в том числе в стратегических областях и секторах: науки, промышленности и экономики, с доминированием национальных интересов. Кстати, как мы видим, именно так успешно действуют мировые лидеры производства лазеров: IPG и TRUMPF.

Необходимо учитывать тот факт, что научно-технический сектор высоких технологий России в доле соотношении в мире сегодня ориентировочно по кадровому составу и финансовому обеспечению составляет от 0,5 до 1%, а страны СНГ чуть более – до 1-2%. В этих же пропорциях можно оценить и рынки сбыта высокотехнологичной продукции, что, соответственно, определяет экономические показатели, серийность и масштаб производства, норму прибыли и повышенные издержки РФ в разработке и производстве новой наукоемкой продукции.

США и ведущие страны Евросоюза имеют сегодня рынок сбыта высокотехнологичной продукции на порядок больше, чем Россия, а идея объединения рынка РФ и Евросоюза окончательно "добьет" оставшиеся российские НИИ и предприятия, поскольку им не выдержать конкуренции с ведущими зарубежными американскими, немецкими и китайскими фирмами, особенно с учетом того, что, как показано выше,

Евросоюз и Китай вкладывали вчера и инвестируют сегодня миллиарды в развитие фотоники и лазерных технологий.

Так, европейские программы "ЕвроЛазер", "Эврика" и другие сумели повысить в 80–90-х годах уровень лучевой мощности лазерных твердотельных излучателей с ламповой и диодной накачкой до 6–10 кВт, а CO<sub>2</sub>-лазеров до 30–50 кВт. Европейские платформа "Photonics







**Рис.6.** Совместное заседание Межведомственной рабочей группы по фотонике при Минпромторге РФ, Секретариата ТП "Фотоника" и НТС ЛАС (Москва, Экспоцентр, 16 марта 2015 года)

21" и программа "Horizon 2020" обеспечивают сегодня и в будущем устойчивое развитие европейской отрасли фотоники [17-18, 53-54].

Таким образом, из-за образовавшегося отставания российских НИИ и производителей в постперестроечный период работа с европейским и китайским рынками предстанет скорее "улицей с односторонним движением": импорт высокотехнологичной продукции на порядок будет превосходить российский экспорт.

В России федеральные и региональные власти на эту отрасль и лазерные технологии стали обращать внимание только в последние 2-3 года. По инициативе ЛАС при Минпромторге России была создана Межведомственная рабочая группа по фотонике, представители властных структур стали участвовать в создании лазерных региональных центров, например в центрах, создаваемых в Казани, Екатеринбурге и Владимире компанией IPG, и в некоторых других регионах [57-60].

Необходимо отметить наладившиеся в последнее время контакты и работу специалистов, руководителей Лазерной Ассоциации (ЛАС), Правительства, определенные сдвиги в их работе. Правительство в лице Минпромторга оказывает сегодня существенную моральную поддержку и пытается структурировать работу лазерно-оптической отрасли [17, 52, 61, 62]. В рамках недавно прошедшей выставки "Фотоника-2015" председатель Межведомственной рабочей группы по фотонике, директор Департамента Минпромторга К. А. Тарабрин провел 16 марта 2015 года координационное совместное заседание Межведомственной рабочей группы по фотонике при Минпромторге РФ, Секретариата технологической платформы "Фотоника" и научно-технического совета ЛАС [62] (рис.6).

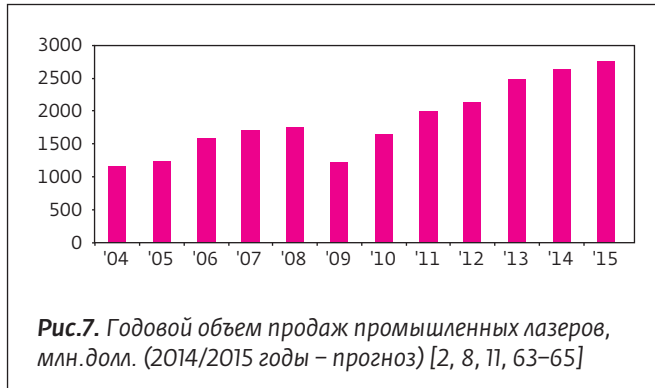
Можно надеяться, что эта работа будет вскоре отражена в реальной и эффективной помощи в развитии отрасли, имеющей стратегическое значение. Мы надеемся на ускорение разработок новейших образцов лазерной техники и внедрение лазерных технологий в отечественную промышленность и народное хозяйство. Мы стремимся к тому, чтобы восстановить лидирующие позиции России среди ведущих промышленно-развитых стран мира.

Продажи промышленных лазеров в 2014 году достигли объема в 2,631 млрд. долл. и должны составить в 2015 году 2,759 млрд. долл. [1] – это составляет примерно 25-30% от общего объема продажи лазерных систем (см. табл. 2-4 и рис. 2-4, 7-10).

Наиболее мощные лазеры, имеющие значение для развития и внедрения лазерных технологий обработки материалов, созданы на базе твердотельных сред и газовых сред с использованием электрического разряда в газе. Сюда же относятся лазеры на основе энергии химических реакций. Все более широкое применение в индустрии находят волоконные, диодные и дисковые лазеры (мощностью до 30-100 кВт), а также эксимерные и лазеры на парах меди.

Объем проданных волоконных лазеров за 10 лет вырос с 55 до 960 млн. долл. (табл. 4. и рис. 7,8). В 2014 году 17%-ное увеличение продаж волоконных лазеров шло за счет снижения продаж CO<sub>2</sub>-лазеров. CO<sub>2</sub>-лазеры имели 43%-ную долю от общей выручки против волоконных лазеров, занимающих долю в 36%. В 2015 году это соотношение, как ожидается, будет уже по существу одинаковым; для CO<sub>2</sub>-лазеров – 40% и 39% для волоконных.

На выставке EuroBLECH в октябре 2014 года, их экспонировавшихся 49 промышленных лазерных систем только шесть имели в своей конструкции CO<sub>2</sub>-лазеры. Тем не менее, позиции CO<sub>2</sub>-лазеров, занятые ими в лазерных промышленных



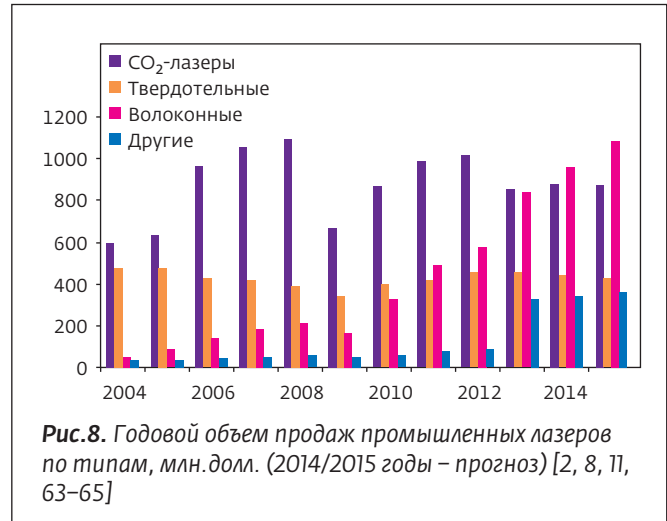
системах, остаются пока устойчивыми (рис.8). К сожалению, мы не располагаем данными по лазерным системам за 2014/2015 год. И, как правило, аналитические обзоры по перспективным мощным диодным и дисковым лазерам отсутствуют, поэтому выделить их отдельной строкой не представлялось возможным. 63% доходов рынка промышленных лазеров занимает макрообработка, с тенденцией на увеличение мощности лазерных источников излучения.

В марте 2015 года в Москве на выставке "Фотоника" представитель компании LASERLINE (Германия) сделал сенсационное заявление о том, что компания создала диодные лазеры высокой мощности – до 25–40–100 кВт, с фокальным пятном до 0,6–2 мм. Двумя годами ранее, в 2013 году, в Эссене заявленный уровень мощности составлял 20 кВт при фокальном пятне до 3 мм, что позволяло тогда применять диодные лазеры в основном для термоупрочнения (при формировании их выходного излучения в линию длиной до 1 метра) и наплавки. Теперь же диодные лазеры могут применяться и для сварки [66], и, как сообщается – даже для резки.

Компания LASERLINE является ведущим разработчиком и производителем диодных лазеров. На рынок РФ и стран СНГ компания вышла недавно, и на данный момент она продала более 20 лазерных источников излучения мощностью  $P \geq 1$  кВт. Заметьте, общее количество проданных LASERLINE высокомошных ( $P \geq 1$  кВт) установок во всем мире приближается к 3000.

Ранее в Японию был поставлен мощный 100-кВт волоконный лазер IPG [67], с его помощью недавно была проплавлена сталь толщиной до 40 и 125 мм (за один проход в защитном газе – азоте и при низком вакууме 0,1 Па) [68].

15 ноября 2012 компания TRUMPF получила от компании Lindoe Welding Technology (LWT) заказ на производство 32-кВт дискового лазера



(конструкция из двух дисковых лазеров по 16 кВт) для осуществления гибридной лазерной сварки применительно к судостроению [69].

Фирма TRUMPF хорошо известна в мире [70], а также и в России своим высококачественным лазерным технологическим оборудованием, лазерными станками на базе CO<sub>2</sub>-лазеров для индустрии, сетью своих лазерных центров в РФ (например, в Санкт-Петербурге), но, однако, в 2014/2015 годах из-за санкций, введенных в Евросоюзе, компания снизила свою активность на российском рынке.

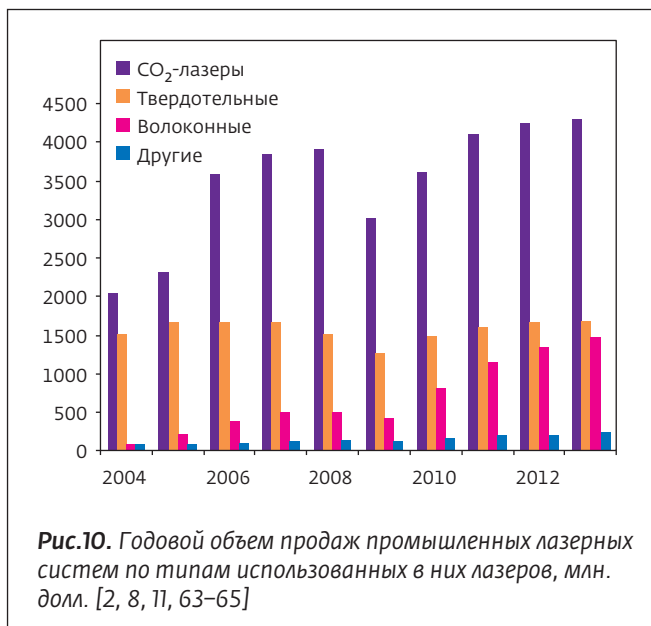
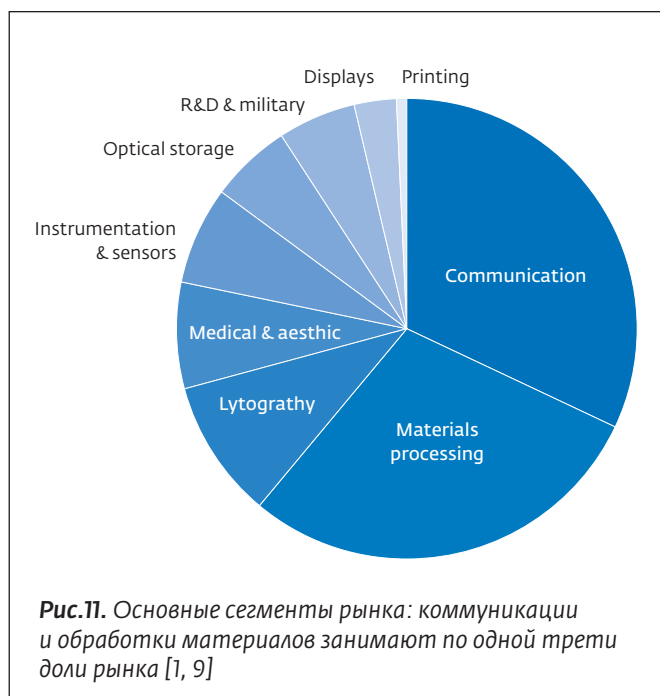
Таким образом, сегодня мировыми лидерами по производству мощных лазеров являются компании: IPG (США), TRUMPF и LASERLINE (Германия). Ими разработаны и производятся технологические лазеры мощностью до 30–100 кВт, это волоконные лазеры производства компании IPG/НТО "ИРЭ-Полюс" (США-Россия), дисковые лазеры немецкой фирмы TRUMPF и диодные лазеры немецкой фирмы LASERLINE.

Высококачественное оснащение для основной сферы применения лазерного технологического оборудования – лазерной резки – производят и поставляют в Россию многие известные фирмы: Amada, Bystronic, ESAB, IMG (крупногабаритное), FinnPower, Mazak, Messer, Pema (крупногабаритное), Prima Power, Salvagnini и многие другие. На российский рынок в последние годы активно выходят китайские и турецкие (например – Ermaksan) фирмы. Из российских производителей лазерных технологических комплексов для лазерной резки выделяются: ВНИТЭП (Москва), Юнимаш/ МорСвязьАвтоматика (Санкт-Петербург), "Промлазер" (Шатура) [55].



Другая крупная доля рынка лазеров принадлежит информационным технологиям и технологиям связи. В 2004–2011 годах сегмент рынка коммуникаций лидировал и занимал более 1/3 рынка, а рынок обработки материалов составлял около 1/4. В последние 2–3 года они практически сравнялись, занимают сегодня немногим более 1/3 рынка, а за 10 лет – удвоились (рис.11 и табл. 5).

На рынке лазерной макрообработки лидирует резка металлов (главным образом резка листового металла), она занимает объем более 75%. А наиболее массовым применением по количеству проданных установок отличается лазерная маркировка и гравировка.



Ненасытный коммерческий интерес к 3D-печати в мире (и в России) привел сегодня к широкому признанию аддитивных технологий, увеличению производства и продаж в 2014 году на 34%, а в 2015 году ожидается их рост до 62%. Это сегодня самый высокий рост в области фотоники и лазерных технологий.

Сектор медицины за 10 лет удвоился и представляет сегодня объем в ~800 млн.долл. (табл. 5).

Сектор научных исследований и военных применений вырос за 10 лет в четыре раза и представляет сегодня объем в ~600 млн.долл. (см. табл. 5). Военное применение лазеров набирает обороты. Уже не только США и Германия, а Китай, Турция и некоторые другие страны создают и начинают применять в войсках лазерные системы для поражения ракет и самолетов, мин и снарядов, лазерные системы навигации для беспилотников и многое другое.

Сектор контрольно-измерительных приборов и сенсоров вырос за десятилетие в 10 раз и представляет сегодня объем ~650 млн.долл. (см. табл. 5).

Сектор развлечений, дисплеев и шоу за 10 лет увеличился в 20 раз: с 2004 по 2010 год вырос на порядок, а с 2011 по 2015 год – удвоился и составил объем около 200 млн.долл. (см. табл. 5).

Объем сектора записи и печати изображений с 2004 по 2010 год удвоился, а с 2011 по 2015 годы держится примерно на одном уровне – около 65–67 млн.долл. (см. табл. 5).

Эксперты ILS и поставщики промышленных лазеров, лазерных систем и сопутствующих

||



||



товаров пришли к консенсусу: результаты 2015 года, вероятно, станут повторением результатов 2014 года – с общим ростом доходов на 5%. Таким образом в 2015/2016 годах можно ожидать рост мирового рынка фотоники и лазерных технологий до 5%.

В Европе и России, с учетом и в зависимости от политической ситуации и санкционных ограничений, в 2015 году не следует ожидать роста рынка. Возможно, даже будет наблюдаться некоторый спад в пределах 5%, но влияние этой региональной части рынка международные эксперты, по-видимому, считают не определяющим.

Появление положительной динамики в российском секторе фотоники и лазерных технологий в 2015/2016 годах возможно только в случае существенной государственной и региональной поддержки – желательно "переломить" общую тенденцию равнодушия к этому, стратегически важному сектору. Основой для дальнейшего развития могут служить созданные в 2011/2012 годах технологическая платформа "Фотоника" и Рабочая группа по частно-государственному партнерству в инновационной сфере при Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям [71], активно работающая сегодня Межведомственная рабочая группа по фотонике при Минпромторге [62].

В следующих номерах журнала "Фотоника" мы планируем рассмотреть более подробно динамику отдельных секторов мирового, европейского и российского рынков фотоники, военные лазерные разработки, промышленное оборудование и лазерные технологии, а также применение разных видов лазерной обработки материалов: сварки и резки, маркировки и гравировки, включая наплавку, термоупрочнение и очистку.

Автор выражает благодарность Лазерной Ассоциации и ее Президенту И.Ковшу, Н.Грезеву, сотруднику компании НТО "ИРЭ-Полюс" и О.Райкису, представителю компании Laserline за помощь в предоставлении материалов при подготовке данной статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Overton G., Belforte D., Noguee A., Holton C.** Laser Marketplace 2015: Lasers surround us in the Year of Light. – Лазер-Информ, 2015, № 6 (549), с.1-6.; Laser Focus World, 2015, № 1.
2. **Belforte D.** Fiber lasers continue growth streak in 2014 laser market. – Industrial Laser Solutions., 2015, № 1, Jan/Feb., p.5-13. <http://www.industrial-lasers.com>, 05/03/2015.
3. **Кинкэйд К., Андерсон С.Дж.** Лазерный рынок в 2007 году. Обзор и прогноз. Часть 1. Недиодные лазеры. Динамика лазерной индустрии отражает тенденции мировой экономики. – Optoelectronics Report, Jan.2008, v.15, № 1. – Лазер-Информ, 2008, № 1-2 (376-377), с.2-10.
4. **Овертон Г., Хаускен Т., Бельфорте Д., Холтон К.** Послекризисные потрясения экономики не позволяют лазерным рынкам устояться. Состояние в 2011 году и прогноз на 2012 год. – Лазер-Информ, 2012, № 3 (474), с.1-6./ Laser Focus World, 2012, № 1.
5. **Overton G., Noguee A., Holton C.** Laser Marketplace 2014: Lasers force 21-st century innovations. – Laser Focus, 2014,01/16.
6. **Belforte D.A.** Fiber laser revenues boost the 2013 laser market. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2014, № 1, January/ February, p.6-9.
7. **Belforte D.A.** Laser industry health in 2014. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2014, July/August, p.32.
8. **Belforte D.A.** 2012 Annual Economic and Forecast. Status-quo for 2013. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2013, № 1.
9. **Овертон Г., Ноджи А., Бельфорте Д.А., Холтон К.** Лазерные рынки развиваются несмотря на "встречные ветры" в глобальной экономике. – Лазер-Информ, 2013, № 3 (498), с.1-8. / Laser Focus World, 2013, № 1, p. 36-47.
10. **Mayer A.** Laser Market at Record High. Diverging market trends and currency effects. – Laser Technik Journal, 2013, № 3, May, p.12-13.
11. **Belforte D.A.** Annual Review 2011. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2012, № 1,2, p.4-6, 8-10,12/ <http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-27/issue-1/features/2011-annual-economic-review-and-forecast.html>
12. **Овертон Г., Андерсон С., Бельфорте Д.А., Хаускен Т.** Лазерный рынок: состояние в 2010 году и прогноз на 2011 год. – Лазер-Информ, 2011, № 5-6 (452-453), с.1-8./Laser Focus World, 2011, v.47, № 1 Jan.
13. **Стил Р.В.** Мировой лазерный рынок: состояние и тенденции. Часть 2. Диодные лазеры. – Лазер-Информ, 2008, № 4 (379), с.1-8 / Optoelectronics Report, 2008, v.15, № 3.
14. **Маркс Б.К., Кинкэйд К.** Мировой лазерный рынок расширяется. – Лазер-Информ, 2007, № 6 (357), с.8-9./ Optoelectronics Report, 2007, v.14, № 1.





15. **Стил Р.В.** Лазерный рынок в 2006 году. Обзор и прогноз. Ч. 2. Диодные лазеры. Рынок диодных лазеров берет передышку. – Лазер-Информ, 2007, № 6 (357), с.1-8 /Optoelectronics Report, 2007, v.14, № 3.
16. **Кинкэйд К., Андерсон С.** Лазерный рынок в 2006 г. Обзор и прогноз. Ч. 1. Недиодные лазеры. Лазерная индустрия возвращается в область рентабельности. – Лазер-Информ, 2007, № 5 (356), с.1-9/Optoelectronics Report, 2007, v.14, № 1.
17. **Ковш И.Б.** Отчетный доклад. – Лазер-Информ, 2014, № 7-8 (526-527), с.1-8.
18. Годичное собрание Европейской технологической платформы "Photonics21". – Лазер-Информ, 2012, № 7 (478), с.8-9.
19. **Лопота В.А.** Легкие конструкции в современном машиностроении. – Сварка и диагностика, 2008, № 4, с.11-12.
20. Широкий выбор лазеров предлагает подходящее решение для каждого случая. – Maschinenmarkt., 2011, № 6, с. 12.
21. **Pilarczyk Jan et al.** Различные технологии лазерной сварки – результаты испытаний и возможные области применения / (Welding Institute, Польша). – Weld.Int., 2010, v.24, № 11, p.844-852.
22. **Bady Torsten et al.** Хороший опыт. Автоматическая резка, гравировка и сварка волоконным лазером. – Praktiker, 2010, v.62, № 5, с.198-200.
23. **Герасимович В.** Сварка с применением волоконных лазеров. – Мир техники и технологий, 2010, № 4, с.16-17.
24. **Jorg W.** Преимущества ясны. Лазерная сварка филигранных крупногабаритных конструкций (KWM Wiesshaar GmbH). – Praktiker., 2010, v.62, № 1, с.9-11.
25. Применение быстрой дистанционной сварки. – Blech InForm., 2010, № 6, p.22.
26. **Веа М., Зурн М.** Лазерная дистанционная сварка вступает во второе поколение. – ATZ: Automobiltechn. Z., 2010, p.6-10.
27. **Siewert A., Krastel K.** Fiber Laser Seam Stepper Replacing Resistance Spot Welding. – Laser Technik Journal, 2014, № 4, p.52-55.
28. **Mentgen A., Hiemer K.** Станет ли контактная точечная сварка в скором времени историей? – Produktion, 2009, № 24-25, с.14.
29. [http://www.afanasy.biz/articles/economy/index.php?ELEMENT\\_ID=52692](http://www.afanasy.biz/articles/economy/index.php?ELEMENT_ID=52692). Тверской вагоностроительный завод приступил к выпуску комплектующих для двухэтажных вагонов с помощью инновационной технологии лазерной сварки.
30. **Лукин В.И., Оспенникова О.Г., Иода Е.Н., Пантелеев М.Д.** Сварка алюминиевых сплавов в авиакосмической промышленности. – Сварка и диагностика, 2013, № 2, с.47-51.
31. **Блинков В.В.** Лазерные технологии в авиационной промышленности. – ЛазерИнформ, 2009, № 23 (422), с.5-9.
32. **Каблов Е.Н., Лукин В.И., Оспенникова О.Г.** Перспективные алюминиевые сплавы и технологии их соединения для изделий авиакосмической техники. – Материалы 2-й Международной конференции "Алюминий-21. Сварка и пайка". 20-22 ноября 2012, ФГУП "ВИАМ". – СПб: ALUSIL.
33. **Шиганов И.Н., Шахов С.В., Холопов А.А.** Лазерная сварка алюминиевых сплавов авиационного назначения. – Вестник МГТУ им.Н.Э.Баумана. Сер.Машиностроение, 2012, с.34-50.
34. **Shiner B.** Fiber laser in the aerospace industry – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2014, July/August, p.9-10.
35. **Chen Y., Li L., Tao W., Yang Z.** Laser Welding Technologies for Aircraft Fuselage Panels. – РОЕМ/MP3 (LTST) Technical Digest., 2012, OSA, p.2
36. **Гайдачук В.Е., Костенко А.И.** Анализ эффективности технологии лазерной резки листовых деталей из цветных металлов в серийном авиационном производстве. [www.knai.edu](http://www.knai.edu)
37. **Minks T.** Лазерная революция в судостроении: лазерная сварка и резка на фирме Blohm+Voss / Forum – Techn.Mitt. ThyssenKrupp, 2000, № 2, p.61-66.
38. **Reisgen U., Olschok S., Turner C.** Innovation in ship building using vertical-down hybrid laser welding. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2014, July/August, p.6-8.
39. **Dilthey U., Reisgen U., Olschok S.** Robot application for laser-GMA hybrid welding in shipbuilding. – Proc. ICALEO, 2007, p.308-315.
40. **Васильев А.А., Горбач В.Д., Игнатов А.Г., Левшаков В.М. и др.** Опыт использования лазерных технологий в судостроении. – Судостроение, № 1, 2000, с.49-53.
41. **Гэртнер А.** Трубопроводы будущего. – Сварка и диагностика, 2008, № 4, с.14-16.
42. **Гок С., Гуменюк А., Ламмерс М., Ретмайер М.** Особенности процесса орбитальной лазерно-дуговой сварки толстостенных труб большого диаметра / (БАМ, Германия). – Автоматическая сварка, 2010, № 9, с.5-13.







43. Новые возможности стального фасада. Сваренные лазером несущие профили. – Stahlmarkt., 2010, v. 60, № 4, с.58.
44. **Lora Xie.** China laser industry: Expert views. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2012, № 1,2, p.14–15.
45. **Маковецкая О.К.** Современное состояние и перспективы рынка стали и сварочной техники Китая (Обзор). – Автоматическая сварка, 2011, № 11, с.50–55.
46. <http://www.jqlaser.ru/main.html> ООО "Цзинаньское лазерное оборудование с ЧПУ "JinQiang" было основано в 2004 году.
47. [www.konstruktor.net](http://www.konstruktor.net) Открыты для нового: станки из Китая и для Китая. – Конструктор. Машиностроитель, 2014, № 3, с.46–48.
48. [www.konstruktor.net](http://www.konstruktor.net) "Стратегия двух марок" в Китае. – Конструктор. Машиностроитель, 2014, № 3, с.49.
49. Делегация Лазерной ассоциации на 11-й международной оптоэлектронной выставке Оптической долины Китая (OVC EXPO-2014). Впечатления участников. – Лазер-Информ, 2014, № 21 (540), с.4–13.
50. Laser World of Photonics India 2013. – Laser Technik Journal, 2014, № 1, p.48.
51. **Пармухина Е.** Обзор российского рынка лазеров. – ТехСовет, 2010, № 7 (июль), с.40.
52. Председатель Правительства России провозгласил фотонику стратегической отраслью. – Лазер-Информ, 2014, № 14 (533), с.1–6.
53. [www.photonics21.org/download/photonics/new](http://www.photonics21.org/download/photonics/new) 7 млрд. евро будет инвестировано в Фотонику в Европе до 2020 года. – Лазер-Информ, 2012, № 3 (474), с.10–11.
54. **Юнге Х.** Фотоника в странах Евросоюза: задачи, приоритеты, международные проекты. – Лазер-Информ, 2013, № 10 (505), с.1–4.
55. **Сапрыкин Д.Л.** Российский рынок и производство лазерного технологического оборудования в контексте развития станкостроения. – Лазер-Информ, 2014, № 1 (520), с.2–8.
56. **Ленчук Е.Б.** Стратегия инновационного развития России: выбор приоритетов и институтов. – Лазер-Информ, 2012, № 9–10 (480–481), с.10–14.
57. <http://news.mail.ru/inregions/volgaregion/16/politics/15339127/>. Дмитрию Рогозину в Казани презентовали инжиниринговый технологический центр "КАИ-Лазер" / 24.10.2013.
58. [http://www.nep08.ru/industry/news/2013/09/19/inzhinir\\_centra\\_ek/](http://www.nep08.ru/industry/news/2013/09/19/inzhinir_centra_ek/). Региональный инжиниринговый центр может появиться в Екатеринбурге уже в 2013 году / 19.09.2013.
59. Во Владимирской области будет создан Инжиниринговый центр инновационных лазерных технологий. – Лазер-Информ, 2014, № 3 (522), с.7.
60. ДВФУ создает центр превосходства в области лазерных технологий. – Лазер-Информ, 2013, № 21–22 (516–517), с.13.
61. Фотоника как отрасль отечественного хайтека – возможности поддержки ее развития. – Лазер-Информ, 2014, № 17–18 (536–537), с.1–3.
62. **Игнатов А.Г.** Выставка "Фотоника-2015" завершила свою работу несколькими сенсациями. – Фотоника, 2015, № 2, с.4–12.
63. **Belforte D.A.** Fiber lasers tip the scale. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2006, № 1, 01/01.
64. **Belforte D.A.** A pocket full of opportunities. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2008, № 1, 01/01.
65. **Belforte D.A.** The worst is over – industrial laser market recovers. – Industrial Laser Solutions for Manufacturing, 2010, № 1, 01/01.
66. **Райкис О.** High-Power Diode Laser and Innovative Industrial Applications. – Доклад на Конференция "Лазерные технологии и методики в промышленности (ЦТСС, 17.03.2015) на международной выставке "Фотоника – 2015", 16–19 марта 2015, Москва, Экспоцентр. – 12 с. <http://www.laserline.de/> 1/05.
67. <http://optics.org/news/3/10/44> IPG set to ship 100 kW laser 01, Nov 2012.
68. What's new with 100 kW fiber lasers? – Industrial Laser Solutions., 2015, № 1, Jan/Feb., p.2
69. <http://www.ru.trumpf.com/metanavigacija/arkhiv-novostei/lindoe-welding-technology-placed-an-order.html> // <http://www.ru.trumpf.com/>; <http://www.ru.trumpf.com/produkcija/lazery/produkcija/tverdotelnye-lazery/diskovye-lazery.html>, 1/05/2015. Информация по фирме ТРУМПФ: Датское научно-исследовательское предприятие приобретет 32-киловаттную лазерную систему на базе дискового лазера для сварки стали больших толщин, в том числе применительно к судостроению.
70. Справочник по лазерной сварке /Под ред. С.Катаямы. – М.: Техносфера, 2015.
71. Технологическая платформа "Фотоника": Итоги первого года. – Лазер-Информ, 2012, № 8 (479), с.12–15.

