

С.А. ИЛЬИНА

кандидат экономических наук,
старший научный сотрудник ФГБУН Институт экономики РАН

РЫНОК ПОЛУПРОВОДНИКОВ: ГЛОБАЛЬНАЯ ЦЕПОЧКА СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ И ДИНАМИКА В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

В статье рассмотрены особенности глобальной цепочки создания стоимости полупроводников и определены ее уязвимости. Представлена характеристика ключевых игроков рынка полупроводников и региональная структура полупроводниковой промышленности. Выявлены основные факторы возникновения и усугубления глобального дефицита полупроводников. Проведен анализ санкционного давления на Россию в части блокирования поставок чипов и доступа к современным технологиям их производства, а также возможностей симметричного ответа на санкции.

Ключевые слова: *глобальная цепочка создания стоимости полупроводников, микроэлектроника, полупроводниковая промышленность, рынок полупроводников, дефицит чипов, санкции.*

JEL: F01, F02, F51, L11, L63.

DOI: 10.52180/2073-6487_2022_3_112_125.

Введение

Полупроводники являются четвертым в мире наиболее продаваемым продуктом после сырой нефти, нефтепродуктов и автомобилей. Это очень сложный продукт, требующий для проектирования и производства значительных инвестиций в НИОКР (22% от годового объема продаж полупроводников) и существенных капитальных затрат (26%). Размеры рынка, необходимость использования высоких технологий и решения в процессе производства большого числа сложных, но узкоспециализированных задач – это факторы, обуславливающие создание глобальной цепочки создания стоимости полупроводников (ГЦС). Входящие в эту цепочку компании разных регионов и стран мира, находясь в жесткой взаимозависимости, выполняют различные роли и функции в соответствии со своей специализацией, используя свои сравнительные преимущества [9, с. 4].

Глобальная цепочка создания стоимости полупроводников фактически представляет собой глобальную экосистему. Например, для производства одного компьютерного чипа необходимо осуществить более 1000 процедур и более 70 перемещений через международные границы, прежде чем он дойдет до конечного потребителя. На высшем уровне ГЦС состоит из семи сегментов (звеньев): исследования и разработки; проектирование; производство; сборка, тестирование и упаковка; автоматизация электронного проектирования и интеллектуальная собственность; оборудование для производства полупроводников; материалы. После прохождения этих звеньев полупроводниковая продукция переходит на этап конечного использования, который включает распространение чипов для интеграции в продукцию [7, с. 5].

После распада СССР полупроводниковая промышленность долгое время не была в фокусе внимания российских экономистов. Однако по мере усиления интереса к изучению проблем развития цифровой экономики появились публикации по таким актуальным темам, как полупроводниковая индустрия в контексте цифровой трансформации [2; 3], новые тренды развития мировой и отечественной полупроводниковой промышленности [1; 5], региональные изменения в сфере электронной промышленности и реализация национальных экономических стратегий [4; 6]. Особую значимость исследование данных вопросов приобретает в условиях кризиса на мировом рынке полупроводников. Кризис, начавшийся в период распространения пандемии COVID-19, когда произошло снижение объемов производства и нарушились цепочки поставок, в настоящее время на фоне растущего спроса усилился в связи нарастанием геополитических и торговых проблем, изменив динамику и структуру рынка полупроводников. Анализ масштабов и характера этих изменений является целью настоящей статьи.

Структура глобального рынка полупроводников

Особенностью мирового рынка полупроводников является его высокая концентрация – на 2 крупнейшие компании приходится почти $\frac{1}{3}$, на 6 – более $\frac{1}{2}$, а на 15 – более $\frac{2}{3}$ мирового объема продаж (см. табл. 1). Южнокорейская компания Samsung за счет более чем 30%-ого прироста выручки в 2021 г. переместилась на первое место, вытеснив с этой позиции американскую компанию Intel. Три компании продемонстрировали более чем 60%-ный годовой прирост – американские Nvidia и AMD и тайваньская Media Tek. В целом объем выручки полупроводниковых компаний мира за год увеличился на 19,1% – с \$465,4 млрд в 2020 г. до \$554,1 млрд. Стоит отметить, что эксперты

Counterpoint включали в рейтинг компании, реализующие только две бизнес-модели (IDM и Fables), исключив доходы контрактных производителей (Foundry) во избежание двойного счета¹. Помимо 15-ти представленных компаний стоит отметить еще двух крупных игроков рынка полупроводников – тайваньского контрактного производителя чипов TSMC, получившего в 2021 г. выручку в объеме \$56,8 млрд² (больше только у Samsung и Intel), и голландского производителя литографического оборудования для микроэлектроники ASML, объем продаж которого в 2021 г. составил около \$16,4 млрд (€18,6 млрд)³. Таким образом, определено 16 ключевых компаний полупроводниковой отрасли⁴, оценка рыночной капитализации которых представлена в табл. 2. Из них 10 вошли в ТОП-100, а 6 – в ТОП-500 крупнейших компаний мира.

Многолетнее сотрудничество и тесное взаимодействие в сочетании с конкурентной борьбой в сфере инноваций сформировали современную, глобально распределенную, высокоэффективную и инновационную цепочку создания стоимости полупроводников. Но при этом необходимая узкая специализация и высокая степень разделения труда привели к консолидации рынков и по ряду направлений к олигополиям и монополиям [8, с. 11]. Например, голландская компания ASML является единственным в мире производителем литографических сканеров с экстремальным ультрафиолетовым излучением (EUV) для крупносерийного производства самых современных микрочипов (7-нм и менее). Революционная разработка была презентована в 2017 г. Учитывая стоимость одной машины – порядка \$150 млн, большие габариты и уровень сложности, позволить себе такое оборудование могут лишь несколько компаний в мире, причем спрос на него превышает предложение⁵ (в 2021 г. было выпущено всего 42 EUV-сканера⁶).

¹ Li W. Samsung Takes Semiconductor Crown From Intel in 2021 // Counterpoint. Jan 28, 2022. https://www.counterpointresearch.com/semiconductor-revenue-ranking-2021/?utm_source=ixbtcom.

² Разин А. Выручка TSMC в 2021 году достигла \$56,8 млрд – половину из них принесли 7-нм и 5-нм техпроцессы // 3DNews. 13.01.2022. <https://3dnews.ru/1057906/polovinu-godovoy-viruchki-tsmc-poluchila-ot-realizatsii-7nm-i-5nm-produktsii?ysclid=l2sp7n1l8e>.

³ 2021 Annual Report. Finance / ASML. <https://www.asml.com/en/investors/annual-report/2021/highlights#finance>.

⁴ В рейтинг не попала Kioxia (ранее Toshiba Memory), т. к. она является непубличной компанией.

⁵ McFadden Ch. A New 'Extreme Ultraviolet' Microchip Machine Could Revive Moore's Law // Interesting Engineering. Sep 03, 2021. <https://interestingengineering.com/new-extreme-ultraviolet-microchip-machine-could-revive-moores-law>; Туева Е. На короткой волне // Коммерсантъ. 2021. 29 сент. <https://www.kommersant.ru/doc/5005658>.

⁶ 2021 Annual Report. Finance / ASML. <https://www.asml.com/en/investors/annual-report/2021/highlights#finance>.

Таблица 1

**ТОП-15 крупнейших полупроводниковых компаний мира
по объему выручки, 2021 г.**

Ранг	Компания	Бизнес-модель	Страна	Выручка, \$ млрд	Годовой прирост, %	Доля в мире, %
1	Samsung	IDM*	Ю. Корея	81,3	30,5	14,7
2	Intel	IDM	США	79,0	1,5	14,3
3	SK Hynix	IDM	Ю. Корея	37,1	36,0	6,7
4	Micron	IDM	США	30,0	33,3	5,4
5	Qualcomm	Fabless**	США	29,2	52,0	5,3
6	Nvidia	Fabless	США	26,0	61,9	4,7
7	Broadcom	Fabless	США	20,9	18,0	3,8
8	Texas Instruments	IDM	США	18,3	26,9	3,3
9	MediaTek	Fabless	Тайвань	17,7	60,5	3,2
10	AMD	Fabless	США	16,2	66,0	2,9
11	Apple	Fabless	США	15,1	23,0	2,7
12	Infineon	IDM	Германия	13,5	25,0	2,4
13	Kioxia (Toshiba Memory)	IDM	Япония	13,4	21,8	2,4
14	STMicroelectronics	IDM	Швейцария	12,8	24,9	2,3
15	NXP	IDM	Нидерланды	11,0	28,0	2,0
Другие				132,6	-1,3	23,9
Всего				554,1	19,1	100

* IDM (Integrated Device Manufacturer) – производитель интегрированных устройств, самостоятельно осуществляет разработку, производство и продажу полупроводников.

** Fabless – компания занимается только разработкой и продажей полупроводников, не имеет собственных производственных мощностей, изготовление передает на аутсорсинг специализированному производителю.

Источник: составлено автором по: Counterpoint Technology Market Research. https://www.counterpointresearch.com/semiconductor-revenue-ranking-2021/?utm_source=ixbtcom; IC Insights. <https://www.icinsights.com>.

Таблица 2

**Полупроводниковые компании в рейтинге крупнейших компаний
мира по рыночной капитализации**

Ранг	Компания	Бизнес- модель	Страна	Рыночная капитализация, \$ млрд
1	Apple	Fabless	США	2 752
9	TSMC	Foundry*	Тайвань	627,55
10	Nvidia	Fabless	США	596,80
16	Samsung	IDM	Ю. Корея	425,22
34	ASML	SME**	Нидерланды	256,86
38	Broadcom	Fabless	США	236,75
60	Intel	IDM	США	193,94
65	Qualcomm	Fabless	США	185,54
85	Texas Instruments	IDM	США	151,83
100	AMD	Fabless	США	135,73
149	Micron	IDM	США	100,51
206	SK Hynix	IDM	Ю. Корея	75,85
256	MediaTek	Fabless	Тайвань	65,71
370	NXP	IDM	Нидерланды	49,66
372	Infineon	IDM	Германия	49,45
467	STMicroelectro- nics	IDM	Швейцария	40,59

* Foundry – контрактный производитель полупроводников.

** SME (Semiconductor Manufacturing Equipment) – компания, специализирующаяся на разработке и продаже оборудования для производства полупроводников.

Источник: составлено автором по: Companies MarketCap.com (по состоянию на 12.02.2022). <https://companiesmarketcap.com>.

В сегменте контрактного производства полупроводниковых компонентов 90% рынка приходится на долю 5 компаний: тайваньской TSMC – 55%, южнокорейской Samsung – 17%, тайваньской UMC и американской GlobalFoundries – по 7%, китайской SMIC – 4%⁷. Но только

⁷ Bajpai P. An Overview of the Top 5 Semiconductor Foundry Companies // Nasdaq. Oct 1, 2021. <https://www.nasdaq.com/articles/an-overview-of-the-top-5-semiconductor-foundry-companies-2021-10-01>.

две из них (TSMC и Samsung) обладают производственными мощностями, основанными на техпроцессах 7-нм и 5-нм. Мировым лидером рынка контрактных услуг является тайваньская TSMC. Среди ее клиентов крупные полупроводниковые компании без собственных производственных мощностей (Fables), в числе которых Apple, AMD, Nvidia и Qualcomm. На тайваньском заводе размещали свои заказы и российские разработчики – МЦСТ, Байкал Электроникс, Элвис и др.⁸ Также TSMC является собственником более половины всех существующих машин для литографии в жестком ультрафиолетовом диапазоне (EUV), выпускаемых голландской ASML⁹. В конце 2021 г. тайваньская компания начала экспериментальное производство микрочипов по техпроцессу 3-нм, запуск которого в штатном режиме запланирован на конец 2022 г.¹⁰ Ближайшим конкурентом тайваньского производителя является южнокорейская Samsung. Ранее эта компания была отнесена к бизнес-модели IDM, но сейчас она осуществляет также деятельность в сфере контрактных услуг¹¹.

Погоня полупроводникового бизнеса за экономической эффективностью в последние десятилетия привела к формированию такой ГЦС, при которой автономно осуществить полный цикл производства невозможно не только в пределах одной компании, но и в пределах одного региона. При этом 99% рынка сконцентрировано в шести территориальных зонах (см. табл. 3). В оставшийся 1% входит и Россия, доля которой, по разным оценкам, составляет порядка 0,5–0,7%¹². И именно высокая концентрация игроков рынка полупроводников в сегментах ГЦС и регионах сделала данный рынок потенциально нестабильным. Открытым оставался лишь вопрос: когда эта нестабильность проявится?

⁸ Корнев Т. Производители электроники оценили эффект от возможных санкций США // РБК. 26.01.2022. https://www.rbc.ru/technology_and_media/26/01/2022/61eed36c9a794730cbedb973.

⁹ Разин А. TSMC наращивает закупки оборудования ASML для EUV-литографии // 3DNews. 13.11.2020. <https://3dnews.ru/1025333/tsmc-narashchivaet-zakupki-oborudovaniya-asml-dlya-euvlitografii>.

¹⁰ Колотович Н. TSMC начал экспериментальное производство по 3-нм техпроцессу // РБК. 02.12.2021. https://quote.rbc.ru/news/short_article/61a8f4b69a79477927167164.

¹¹ Vajrai P. An Overview of the Top 5 Semiconductor Foundry Companies // Nasdaq. Oct 1, 2021. <https://www.nasdaq.com/articles/an-overview-of-the-top-5-semiconductor-foundry-companies-2021-10-01>.

¹² Михайлов А. Глобальный дефицит чипов – стимул для электронной промышленности // РБК+. 26.10.2021. <https://plus.rbc.ru/news/617747bc7a8aa9cfe1fb478f>.

**Региональная структура мирового рынка полупроводников
по специализации на сегментах цепочки поставок, 2020 г.**

Регион	Доля мирового рынка, в %	Специализация на сегментах цепочки поставок
США	47	Доминируют в области исследований и разработок, проектирования и технологий производственных процессов, участвуют в различных сегментах цепочки поставок, но не имеют собственных передовых заводов по производству полупроводников (Foundry) и фотолитографического оборудования (самого дорогого и сложного оборудования полупроводниковой отрасли)
Ю. Корея	20	Все этапы производства, а также производство значительной доли материалов и некоторого оборудования для производства полупроводников
Япония	10	Специализируется на оборудовании для производства полупроводников и материалах, производит полупроводниковую продукцию в основном по технологиям, не являющимися передовыми
Европа	10	Главным образом – это Нидерланды, Великобритания и Германия, специализирующиеся на оборудовании для производства полупроводников (в т. ч. на фотолитографическом оборудовании), материалах и ключевой интеллектуальной собственности
Тайвань (островная китайская провинция)	7	Доминирует в самом передовом производстве полупроводников (Foundry) и в сегменте «Сборка, тестирование, упаковка», также производит некоторые материалы
Китай (материковый)	5	Специализируется на этапе «Сборка, тестирование, упаковка», на оборудовании для сборки и упаковки, а также на исходном сырье

Источник: составлено автором по: [7, с. 4; 10, с. 14].

Факторы кризиса на рынке полупроводников и его влияние на Россию в условиях санкционных ограничений

Небывалый спрос на чипы, возникший в 2020 г., привел к их беспрецедентному дефициту на мировом рынке, который не удалось преодолеть и ко II кварталу 2022 г. Отправной точкой стал высокий спрос на персональные компьютеры и периферийные устройства в период пандемии COVID-19, когда почти во всех странах мира резко увеличились масштабы работы и учебы на дому. К осени 2020 г. вырос спрос и на другие гаджеты – игровые приставки, телевизоры, смартфоны, планшеты¹³. В это же время из-за локдаунов свою деятельность стали приостанавливать полупроводниковые компании и возникали проблемы с логистикой.

В качестве наиболее значимого фактора, повлиявшего на развитие глобального кризиса производства полупроводников, можно выделить сформированные современной ГЦС сегменты рынка с высокой концентрацией, ставшие его «бутылочными горлышками». В условиях форс-мажорных обстоятельств эти сегменты или даже отдельные компании создают риски каскадных срывов в системе распределенного производства. Как пример можно привести занимающую уникальное положение на рынке компанию ASML. Пожар на ее заводе, расположенном в Берлине, в январе 2022 г. повредил производство одного из компонентов литографических сканеров с экстремальным ультрафиолетовым излучением¹⁴, что приостановило их выпуск на неопределенный срок. Еще один пример – японские заводы Western Digital и Kioxia, на которых использование загрязненных химреактивов повлекло за собой порчу колоссального количества чипов памяти. Утрата составила порядка 13% планового выпуска двух компаний за 1-й квартал 2022 г. (3% от мирового объема), что, по предварительным прогнозам, может повлечь их удорожание во II квартале на 5–10%¹⁵.

Другим значимым фактором глобального кризиса стало изменение бизнес-поведения игроков рынка. По сути, логистическая концепция «точно-в-срок», направленная на снижение издержек на содержание складов, перестала работать. В то же время некоторые полупроводни-

¹³ Leswing K. Why there's a chip shortage that's hurting everything from the PlayStation 5 to the Chevy Malibu // CNBC. Feb 10, 2021. <https://www.cnbc.com/2021/02/10/whats-causing-the-chip-shortage-affecting-ps5-cars-and-more.html>.

¹⁴ Update fire incident at ASML Berlin: press release / ASML. Jan 7, 2022. <https://www.asml.com/en/news/press-releases/2022/update-fire-incident-at-asml-berlin>.

¹⁵ Касми Э. Грядет небывалое подорожание SSD-накопителей из-за глупой оплошности производителей // CNews. 10.02.2022. https://www.cnews.ru/news/top/2022-02-10_gryadet_nebyvaloe_podorozhanie.

ковые компании стали действовать в противовес интересам своих заказчиков. Например, американская Broadcom применяет тактику сдерживания поставок, обосновывая это опасностью перебоев в будущем¹⁶.

По данным аналитиков Goldman Sachs, от глобальной нехватки чипов пострадало 169 отраслей промышленности, но самый большой ущерб понес мировой автопром¹⁷. В 2021–2022 гг. автопроизводители один за другим были вынуждены сокращать и приостанавливать производство. Среди них – General Motors, Ford, Toyota, Honda, Nissan, Fiat Chrysler, Opel, Volkswagen, BMW, а также отечественный АвтоВАЗ. Глобальная консалтинговая фирма AlixPartners оценила общие потери выручки мирового автопрома в 2021 г. в \$210 млрд¹⁸.

Важно отметить, что текущая конъюнктура создает все предпосылки для сохранения дефицита полупроводников, поскольку проблемы ЦС продолжают накапливаться. Представители отрасли называют разные сроки окончания кризиса. В течение 2021 г. многие из них сходились во мнении, что ситуация должна вернуться в норму до конца 2022 г. Однако эксперты Deloitte в конце 2021 г. представили более пессимистичный прогноз – дефицит чипов приобрел долговременный характер, т. е. речь теперь идет не о кварталах, а о годах¹⁹.

Влияние глобального кризиса на российскую экономику, связанное, как и для большинства национальных экономик, с нарушением цикличности поставок и ростом цен в условиях дефицита, оказалось особенно чувствительным из-за относительно низкого уровня развития отечественной микроэлектроники. После начала специальной военной операции на Украине негативное влияние радикально усилилось за счет введения беспрецедентных санкционных ограничений. Уже в феврале 2022 г. о прекращении поставок своей продукции в Россию объявили такие гиганты рынка полупроводников, как американские Intel, AMD, Nvidia и южнокорейская Samsung. Серьезный удар по российской промышленности нанес тайваньский контрактный

¹⁶ Разин А. Broadcom сдерживает поставки чипов сейчас, чтобы избежать дефицита в будущем // 3DNews. 03.09.2021. <https://3dnews.ru/1048245/broadcom-sdergivaet-postavki-chipov-seychas-chtobi-izbegat-defitsita-v-budushchem>.

¹⁷ Campbell Ch. Inside the Taiwan Firm That Makes the World's Tech Run // Time. Oct 1, 2021. <https://time.com/6102879/semiconductor-chip-shortage-tsmc>.

¹⁸ Shortages related to semiconductors to cost the auto industry \$210 billion in revenues this year, says new AlixPartners forecast / AlixPartners. Sep 23, 2021. <https://www.alixpartners.com/media-center/press-releases/press-release-shortages-related-to-semiconductors-to-cost-the-auto-industry-210-billion-in-revenues-this-year-says-new-alixpartners-forecast>.

¹⁹ De Chant T. No end in sight for chip shortage as supply chain problems pile up // ARS Technica. Oct 28, 2021. <https://arstechnica.com/gadgets/2021/10/no-end-in-sight-for-chip-shortage-as-supply-chain-problems-pile-up>.

производитель TSMC, который не только прекратил поставки готовой продукции нашим компаниям, но и приостановил производство отечественных процессоров «Эльбрус» и «Байкал»²⁰. Велика вероятность, что в ближайшее время санкционные меры со стороны компаний недружественных государств будут расширены.

Такое развитие событий не стало для нашей страны неожиданностью. Отечественная электроника уже давно работала в условиях санкционных ограничений. Так, США в 2012 г. ввели санкции против 42 отечественных компаний (дистрибьютеров электронных компонентов и радиоэлектроники, производителя печатных плат и др.), а также 46 иностранных контрагентов (физических и юридических лиц), сотрудничавших с Россией²¹. В 2016 г. санкционный перечень был расширен – под запрет на экспорт технологий попали 11 крупных российских производителей, в числе которых, например, зеленоградские Микрон (АФК «Система»), Ангстрем, Ангстрем-Т, Ангстрем-М (группа «Ангстрем»), московское Внешнеэкономическое объединение Радиоэкспорт (ГК «Ростех»), томский Микран²².

Стоит отметить, что вопрос о присоединении к санкциям против России иностранных государств и компаний является обоюдоострым. На Россию приходится 80% рынка сапфировых подложек для оптики и микроэлектроники, которые используются в каждом процессоре. Для их локализации необходимы высококвалифицированный персонал, около 30 лет непрерывного производства для выхода на требуемый особо чистый режим, причем в условиях практически нулевой сейсмической активности. Наша страна обеспечивает 100% мировых поставок редкоземельных элементов, используемых для травления микросхем с использованием ультрачистых компонентов²³. Россия является ключевым поставщиком палладия, удовлетворяя около 45% мирового спроса (на рынке США – 35%), и обладает самыми большими доказанными запасами этого металла, а также закрывает около 90% потребности США в неоне (побочном продукте сталелитейной

²⁰ Котов П. TSMC прекратила поставки в Россию и приостановила производство процессоров «Эльбрус» // 3DNews. 27.02.2022. <https://3dnews.ru/1061038/tsmc-prekratila-postavki-v-rossiyu-i-priostanovila-proizvodstvo-protssorov-elbrus>.

²¹ Королев И. Российские электронщики объявлены врагами США: 119 имен и компаний // CNews. 05.10.2012. https://www.cnews.ru/news/top/rossijskie_elektronshchiki_obyavleny_vragami.

²² Королев И. США ввели санкции против «Ангстрема» и «Микрона» // CNews. 07.09.2016. https://www.cnews.ru/news/top/2016-09-07_angstrem_i_mikron_popali_pod_amerikanskie.

²³ Изумрудов О. Нанометровые санкции: невозможная война за микропроцессоры между Россией и Западом // Россия в глобальной политике. 05.03.2022. <https://globalaffairs.ru/articles/nanometrovye-sankczii/>.

промышленности, поставляемом через Украину, в которой осуществляется его очистка), необходимым для литографии²⁴. После начала специальной военной операции два украинских производителя неона Кривоин (Одесса) и Ингаз (Мариуполь), на долю которых приходится 54% мировых поставок, приостановили свою деятельность. Синтез неона также налажен в Китае. Однако в этой стране цена предложения за период с октября 2021 г. по февраль 2022 г. уже выросла в 4 раза, а на запуск собственных производств компаниям необходимо от девяти месяцев до двух лет²⁵. Таким образом, ограничения экспорта на указанную продукцию в ответ на введенные антироссийские санкции вполне могут оказать существенное дестабилизирующее воздействие на всю ГЦС.

Заключение

Сегментарные уязвимости – это ключевая характеристика современной глобальной цепочки создания стоимости на рынке полупроводников, что в полной мере раскрылось в период пандемии COVID-19. Из-за сбоя в цепочке поставок в 2020–2022 гг. пострадало большинство отраслей промышленности во всем мире. Возникшая ситуация дала импульс реализации государствами политики по локализации производств для обеспечения самодостаточности и конкурентоспособности в полупроводниковой отрасли. Это уже происходит в таких странах, как США, Республика Корея, Япония, Китай.

Что касается идеи о более глубокой интеграции России в ГЦС, то она представлялась утопичной задолго до начала полупроводникового кризиса. Глобальный рынок всегда находился под внешним управлением США и никогда не был свободным. Попытки стран по развитию собственной полупроводниковой отрасли, усилению своих позиций на рынке и изменению бенефициара воспринимались США и их союзниками как угроза национальной безопасности и всячески пресекались. В условиях введения в 2022 г. в отношении России односторонних санкций крупнейшими игроками полупроводникового рынка необходимыми направлениями действий в кратко- и среднесрочной перспективе, в чем солидарны многие эксперты, являются: активизация взаимодействия с Китаем, располагающим определенными про-

²⁴ Скрябин Д. Что грозит экспорту российских цветных металлов // Forbes. 11.03.2022. <https://www.forbes.ru/mneniya/458511-cto-grozit-eksportu-rossijskih-cvetnyh-metallov>; Касми Э. Белый дом: Россия заблокирует производство чипов по всему миру в ответ на запрет ввоза iPhone // CNews. 11.02.2022. https://www.cnews.ru/news/top/2022-02-11_belyj_dom_rossiya_ostanovit.

²⁵ Касми Э. Россия и Украина обрушили мировое производство микросхем // CNews. 11.03.2022. https://www.cnews.ru/news/top/2022-03-11_rossiya_obrushila_mirovoe.

изводственными мощностями и оборудованием, и Индией, обладающей базовыми элементами производства полупроводников и кадровым ресурсом. Однако ключевым системным решением должна стать реализация мер по развитию ускоренными темпами отечественной полупроводниковой отрасли, что теперь предстоит делать в экстремальных условиях. Введение жестких контрсанкций со стороны России может иметь неблагоприятные последствия. Во-первых, это еще больше ухудшит положение отечественных полупроводниковых компаний. Во-вторых, может усилиться неопределенность в сфере производства полупроводников, что затронет интересы Китая и Индии. И, в-третьих, контрсанкции могут дать стимул остальным участникам рынка активизировать усилия по диверсификации поставок и изменению техпроцессов, а также ускорить мировую гонку по локализации производств, в которой Россия лидером пока не является. Поэтому поиск путей расширения поставок в Россию полупроводниковой продукции представляется в настоящее время более перспективным решением, чем усиление дестабилизации рынка, а, возможно, и его полное обрушение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Варшавский Л.Е.* Современные тенденции развития полупроводниковой промышленности // Концепции. 2021. № 1 (40). С. 44–50.
2. *Ганичев Н.А., Кошовец О.Б.* Принуждение к цифровой экономике: как изменится структура цифровых рынков под влиянием пандемии COVID-19 // Проблемы прогнозирования. 2021. № 1 (184). С. 19–35.
3. *Зеленский А.А., Морозкин М.С., Грибков А.А.* Обзор полупроводниковой промышленности в мире и России: производство и оборудование // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2021. Т. 26. № 6. С. 468–480.
4. *Клочко О.А., Царева А.С.* Глобальные цепочки создания стоимости в электронной промышленности: региональные изменения после кризиса 2008 г. // Пространственная экономика. 2020. Т. 16. № 3. С. 52–75.
5. *Сиротин Д.В.* Развитие интеллектуального капитала российской полупроводниковой промышленности // Эпомен. 2022. № 67. С. 60–77.
6. *Смординская Н.В., Катухов Д.Д.* Распределенное производство и «умная» повестка национальных экономических стратегий // Экономическая политика. 2017. Т. 12. № 6. С. 72–101.
7. *Khan S.M., Mann A., Peterson D.* The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness / Center for Security and Emerging Technology. January 2021. <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/The-Semiconductor-Supply-Chain-Issue-Brief.pdf>.
8. *Kleinhans J.-P., Baisakova N.* The global semiconductor value chain / The Stiftung Neue Verantwortung. October 2020. https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the_global_semiconductor_value_chain.pdf.

9. *Varas A., Varadarajan R., Goodrich J., Yinug F.* Strengthening The Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era / Boston Consulting Group; Semiconductor Industry Association. April 2021. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf.
10. 2021 State of The U.S. Semiconductor Industry / Semiconductor Industry Association. 2021. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>.

REFERENCES

1. *Varshavsky L.E.* Modern trends of semiconductor industry development // Concepts. 2021. No. 1 (40). Pp. 44–50. (In Russ.).
2. *Ganichev N.A., Koshovets O.B.* Forcing the digital economy: how will the structure of digital markets change as a result of the COVID-19 pandemic // Forecasting problems. 2021. No. 1 (184). Pp. 19–35. (In Russ.).
3. *Zelensky A.A., Morozkin M.S., Gribkov A.A.* Overview of the semiconductor industry in the world and in Russia: production and equipment // News of higher educational institutions. Electronics. 2021. Vol. 26. No. 6. Pp. 468–480. (In Russ.).
4. *Klochko O.A., Tsareva A.S.* Global value chains in electronic: regional post-2008 crisis regional changes // Spatial economics. 2020. Vol. 16. No. 3. Pp. 52–75. (In Russ.).
5. *Sirotnin D.V.* Development of the intellectual capital of Russian semiconductor industry // Epomen. 2022. No. 67. Pp. 60–77. (In Russ.).
6. *Smorodinskaya N.V., Katukov D.D.* Dispersed model of production and smart agenda of national economic strategies // Economic policy. 2017. Vol. 12. No. 6. Pp. 72–101. (In Russ.).
7. *Khan S.M., Mann A., Peterson D.* The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness / Center for Security and Emerging Technology. January 2021. <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/The-Semiconductor-Supply-Chain-Issue-Brief.pdf>.
8. *Kleinhans J.-P., Baisakova N.* The global semiconductor value chain / The Stiftung Neue Verantwortung. October 2020. https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the_global_semiconductor_value_chain.pdf.
9. *Varas A., Varadarajan R., Goodrich J., Yinug F.* Strengthening The Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era / Boston Consulting Group; Semiconductor Industry Association. April 2021. https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf.
10. 2021 State of The U.S. Semiconductor Industry / Semiconductor Industry Association. 2021. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>.

Дата поступления рукописи: 21.03.2022 г.

ABOUT THE AUTHOR

Плына Светлана Александровна – Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher at the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
sailyina@inecon.ru

SEMICONDUCTOR MARKET: GLOBAL VALUE CHAIN AND DYNAMICS
IN A CRISIS

This article examines the features of the global semiconductor value chain and identifies its vulnerabilities. The characteristics of the key players in the semiconductor market and the regional structure of the semiconductor industry are presented. The main factors of the emergence and aggravation of the global shortage of semiconductors are identified. The analysis of the sanctions pressure on Russia in terms of blocking the supply of chips and access to modern technologies for their production, as well as the possibilities of a symmetrical response to sanctions.

Keywords: *global semiconductor value chain, microelectronics, semiconductor industry, semiconductor market, chip shortage, sanctions.*

JEL: F01, F02, F51, L11, L63.