

УДК 339.9

*Г. Ю. Пешкова*

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: prorruc@guap.ru

*Г. А. Плотников*

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: Dim111077@mail.ru

## **КРИЗИС В СФЕРЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ИНДУСТРИИ РОССИИ: ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Ключевые слова:** кризис, полупроводниковая продукция, санкции, международные отношения, производство.

В данной работе рассматривается проблема продолжения и усиления кризиса полупроводниковой продукции, а также влияние этого процесса на производство и учреждения, находящиеся в Российской Федерации. Изучены аспекты, которые продолжают замедлять нормализацию производства полупроводников, а также оборудования, которое базируется на этих электронных компонентах. В ходе исследования рассмотрены вопросы организации поставок полупроводниковой продукции иностранных компаний – производителей в условиях санкций, а также реализация собственного производства для решения проблем внутреннего рынка. Проанализировано производство полупроводников в России, а также возможное применение выпускаемой продукции для деэскалации образовавшегося внутреннего кризиса. Изучены составные компоненты, которые необходимы для производства полупроводниковой продукции, а также их наличие на внутреннем рынке. Рассмотрена возможность ввода Российской Федерацией контрсанкций в отношении иностранных компаний, выпускающих полупроводниковую продукцию и их вероятные последствия для производства во всем мире. Сделаны выводы относительно реализации полупроводниковых производств по актуальному техпроцессу на территории Российской Федерации в текущих реалиях, а также возможные пути решения возникших проблем.

*G. Yu. Peshkova*

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Saint-Petersburg, e-mail: prorruc@guap.ru

*G. A. Plotnikov*

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Saint-Petersburg, e-mail: Dim111077@mail.ru

## **THE CRISIS IN THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY IN RUSSIA: CAUSES, CONSEQUENCES, PROSPECTS**

**Keywords:** crisis, semiconductor products, sanctions, international relations, production.

This paper examines the problem of the continuation and intensification of the crisis of semiconductor products, as well as the impact of this process on production and institutions located in the Russian Federation. The aspects that continue to slow down the normalization of the production of semiconductors, as well as equipment based on these electronic components, have been studied. In the course of the study, the issues of organizing the supply of semiconductor products of foreign manufacturing companies under sanctions, as well as the implementation of their own production to solve the problems of the domestic market were considered. The article analyzes the production of semiconductors in Russia, as well as the possible use of manufactured products to de-escalate the resulting internal crisis. The composite components that are necessary for the production of semiconductor products, as well as their availability on the domestic market, have been studied. The possibility of introducing counter-sanctions by the Russian Federation against foreign companies producing semiconductor products and their likely consequences for production worldwide is considered. Conclusions are drawn regarding the implementation of semiconductor manufacturing according to the current technological process on the territory of the Russian Federation in the current realities, as well as possible solutions to the problems that have arisen.

### Введение

Начало 2022 года можно смело считать тяжелым для всей цифровой индустрии в мире. Уже давно начавшийся кризис полупроводников, казалось бы, должен быть вскоре сведен на нет. Однако, всеобщая потребность в электронных компонентах с каждым днем только возрастает. При этом, говорить о значительном увеличении производственных мощностей не приходится. Более того, по разным причинам, в том числе чрезвычайным ситуациям на производстве, количество выпускаемой продукции периодически снижается, относительно предыдущих периодов [1]. Из-за данных факторов полупроводниковый кризис только усиливается, а его последствия будут более катастрофичными.

Разумеется, Российская Федерация также является страной, в которой активно используются полупроводники при производстве собственной продукции. Например, из-за регулярных перебоев с поставками страдает сегмент нашей автомобильной промышленности, производство медицинского оборудования, государственные и военные структуры, в которых используются процессоры Российского проектирования, а также многие другие отрасли [2]. Дополнительные проблемы с поставками заключаются в растущем спросе на носимые и переносные гаджеты. Масло в огонь подливает майнинг, для нужд которого выпускается большое количество видеокарт, а повышенный спрос позволяет производителям поднимать их стоимость.

**Цель исследования** заключается в изучении текущей обстановки в производстве полупроводниковой продукции, пути решения возникшего кризиса на Российском рынке, а также возможность реализации собственного высокотехнологичного производства в этой отрасли.

### Материалы и методы исследования

Базой для исследований служили труды специалистов, посвященные производству полупроводниковой продукции, причинам кризиса и возможные пути решения текущих сложностей. В работе применялись методы изучения, анализа и классификации.

### Результаты исследования и их обсуждение

У многих специалистов вызывал и вызывает опасение тот факт, что большую часть

полупроводников производит Тайваньская компания TSMC, которая, по факту, является монополистом в этой отрасли. Исходя из этого, данный производитель может разорить любую компанию, если прекратит свои поставки. К сожалению, проблема поставок возникла именно у России, когда Тайвань присоединился к санкциям США против нашей страны. Таким образом, вся производимая продукция, включающая в свой состав полупроводниковые элементы, встала на наших конвейерах. Говорить о каких-либо запасах электронных компонентов не приходится. Руководство наших компаний было готово к санкциям со стороны стран, но никак не к прекращению поставок и деятельности иностранных компаний на территории Российской Федерации. Все факторы вкупе создали производственный вакуум, когда есть все оборудование для создания продукции, но не из чего её производить.

Логичных выходов из данной ситуации представляется два:

1. Покупать полупроводники в других странах.
2. Реализовать свое производство.

Рассмотрим подробно каждый из них.

Покупка полупроводникового оборудования в других странах кажется наиболее логичным вариантом. Однако, при анализе рынка выясняется, что есть несколько стран с нужными производственными мощностями, откуда можно закупить полупроводники. Среди них можно выделить США, Южную Корею и Китай. США, как главный организатор санкций против Российской Федерации, в обозримом будущем не станет поставлять свое оборудование. Южная Корея также не самый надежный поставщик, так как влияние США на многие геополитические решения данной страны довольно весомое. Единственным независимым поставщиком данного вида продукции остается Китай.

Китай как поставщик нас устраивает по всем критериям. Тем не менее, если начнутся открытые поставки в больших объемах, то его могут коснуться санкции США и ряда других европейских стран [3]. Несмотря на сильную экономику, у Китая явно нет никакого желания получать какие-либо новые санкции в техническом и технологическом секторах. История с ограничениями в сторону Huawei явно показала, что США способны навредить многим крупным компаниям из поднебесной. На данный момент Китай продолжает поставки своей электрон-

ной продукции, но будут ли эти поставки регулярными, сказать сложно.

Если углубиться в вопрос поставок полупроводниковых чипов из Китая, то становится очевидным, что их производственные мощности не смогут обеспечить свой рынок при одновременной поставке продукции в Россию. По информации американского канала CNBC, на второй квартал 2021 года более 70% рынка полупроводников контролирует тайваньская TSMC и южнокорейская Samsung Electronics [4].

Вторым вариантом решения возникшей проблемы является производство собственных полупроводников. К сожалению, данная сфера у нас не развита. Российское предприятие «Микрон» производит полупроводниковую продукцию, но её потолок – 65 нм. техпроцесс, в то время, как последние процессоры от Intel были выполнены по 10 нм. техпроцессу, а TSMC выпускает продукцию по 3 нм. техпроцессу. Технология производства говорит о том, насколько высокий будет КПД произведённого устройства, а также как много элементов можно разместить на ограниченной площади. С устаревшим техпроцессом в 65 нм. та-же Intel выпускала процессоры в далеком 2007 году и многие помнят, что даже на то время они были довольно посредственными. Теперь такие процессоры и вовсе неприменимы в повседневной работе, если брать во внимание количество требуемых операций с плавающей точкой в секунду.

Основной продукцией, которую выпускает «Микрон» являются:

- микросхемы управления питанием;
- дискретные полупроводниковые устройства;
- RFID – продукция;
- продукция для интернета вещей;
- автоэлектроника;
- микроконтроллеры.

Наиболее востребованной продукцией на данный момент являются микроконтроллеры. К сожалению, перечень микроконтроллеров ограничивается продукцией для банковских карт или средств криптографической защиты информации (USB-ключи и т.д.). Микроконтроллер RISC-V МК32 АМУР [5] предназначен для медицинского оборудования, систем умного дома, систем мониторинга и автотранспорта. Соответственно, перечень выполняемых им задач сильно ограничен, а спектр возможностей довольно низок.

Далеко не секрет, что в России с недавнего времени используются процессоры собственного проектирования «Байкал». Они устанавливаются в системные блоки и ноутбуки, используемые в военных подразделениях, спецслужбах и т.д. Однако, даже эти процессоры производились в Тайване [6]. Теперь, когда производство всех полупроводников для России полностью остановлено, возникает задача замены завода-изготовителя или возведения собственного для производства этих процессоров. Использование процессоров от Intel или AMD в таких структурах недопустимо по соображениям безопасности. Более того, обе компании заявили, что приостанавливают поставки своей продукции на территорию Российской Федерации и Белоруссии [6]. Таким образом, могут пострадать не только предприятия и государственные структуры, но и обычные граждане.

Так как существующие в России предприятия в ближайшее время не могут выполнить задачу, требуется организация новых производственных линий. Построение нового завода, на котором бы выполнялась эта задача, кажется правильной, но, пока, невозможной. Для производства процессоров в России из имеющихся компонентов есть только чистая вода и специальные газы. Все остальное – практически вся химия, «чистые» пластины, и прочие материалы приходится импортировать, в России или нет производства нужных материалов, или они недостаточного для микроэлектроники качества [7]. Для решения всех производственных задач может уйти много времени, что просто недопустимо в текущей обстановке.

К сожалению, проблема не только в этом. Построение такого производства требует наличия рынка сбыта, производственного оборудования, компетентного персонала, сырья, материалов и расходников.

Вопрос производственного оборудования также стоит довольно остро. На данный момент нет ни одной страны в мире, которая производила бы все оборудование, необходимое для микроэлектронного производства по технологиям 45 нм и ниже. Даже США, которые производят большую часть полупроводникового оборудования, не производят машины фотолитографии [8].

Даже эти два фактора явно указывают на то, что организация производства таких компонентов в России потребует большого количества времени, но заниматься этим

вопросом необходимо. Временно сгладить ситуацию поможет, если нашим производителям удастся заказать нужные чипы у китайских коллег и наладить производство «Байкалов» на их территории.

Если ситуация в Российской Федерации примерно понятна, то что можно сказать про мировую арену по производству полупроводниковой продукции и микрочипов. На самом деле, события первого квартала 2022 года только усугубили ситуацию с кризисом в этой сфере. Проблема в том, что для производства такой продукции требуются специфические материалы и сопутствующая продукция. Так, важным компонентом при производстве является газ неон.

В настоящее время процессоры изготавливаются методом фотолитографии, в которой газ неон является основным инертным газом в газовой смеси, которая обеспечивает необходимую длину волны лазера. Без этого газа не будут работать лазеры, необходимые для производства чипов. Также неон используется при производстве LCD-мониторов и телевизоров.

Специфика данного газа в том, что специальной его добычи не проводится. По факту, он побочный продукт, который образуется в результате сжижения и разделения воздуха в промышленности. Его получают в больших количествах на металлургических предприятиях России и Украины. 90% производимого неона для производства процессоров и микросхем поставляется из этих двух стран. Причем большая часть газа поступает именно из России, а в Украине он только проходит очистку [9]. Уже есть данные, что очистительные заводы на Украине уже остановлены [10]. Таким образом, сфера производства полупроводниковой продукции в ближайшее время может столкнуться с еще одной глобальной проблемой – нехваткой компонентов для производства.

Кроме неона в производстве также используется палладий. Палладий используют в транзисторах графического процессора вместе с танталом для увеличения объема памяти чипа. Также палладий и его сплавы применяют для покрытия контактов [8]. Россия добывает более половины от ежегодного объема палладия в мире. США закупает 35% от необходимого объема палладия из России. В случае новых санкций на полезные ископаемые и металлы, быстро заменить поставки этого металла из России

вряд ли получится. Это также может неблагоприятно сказаться на полупроводниковой промышленности.

Угроза полного прекращения поставок полупроводниковой продукции и чипов для вычислительной техники в Российскую Федерацию на данный момент достигла апогея. Тем не менее, у России имеются определенные рычаги давления, благодаря которым получится этого избежать. Так, если РФ в связи с контрсанкциями запретит поставки неона и палладия, то мировое производство полупроводников значительно сократится (не менее, чем на 50%). С подобным срывом производства вряд ли готовы смириться производители и страны, в которых базируется производство. Ресурсы, которыми обладает основной производитель Тайвань, очень ограничены. Контрсанкции, с большой вероятностью, могут заставить производителя возобновить договорные отношения с РФ. Также, можно предоставить Китаю дополнительные скидки на необходимые для производства полупроводниковой продукции компоненты, закупаемые из нашей страны и параллельно обсудить бесперебойные поставки данного вида продукции в максимально возможном объеме.

### Заключение

Уже сейчас мы можем сделать вывод, что мировой кризис полупроводников в ближайшее время разрешен не будет, а в связи с увеличением потребности в данном виде продукции только усилится. Стоит полагать, что определенные запасы неона у компаний еще есть, но на сколько его хватит – вопрос открытый. С учетом того, что украинский кризис пока не выходит на завершающую стадию, мы сможем увидеть еще более глобальную нехватку полупроводниковой продукции во всем мире. Что-же касается России, то решение задачи построения новых заводов и отладки производства в ограниченные сроки видится сложно реализуемым. В краткосрочной перспективе нам стоит надеяться на партнеров из южной и восточной Азии, которые при определенных условиях смогут обеспечить нас необходимой продукцией. Стоит отметить, что на данный момент США отменила санкции на поставки ПО и оборудования, но компании не спешат возвращаться и поставлять продукцию на наш рынок [11]. Важнейшей задачей является развитие данной отрасли производства на своей территории, так как

выпуск полупроводников – это системообразующий вид индустрии, без которого невозможно развитие любых других отраслей экономики и науки. Приоритетными для государства должны стать финансирование ис-

следований, проектирования и производства полупроводников, так как колоссальные инвестиции, которые необходимо вкладывать в это направление возможно осуществить только при поддержке государства.

*Библиографический список*

1. В Японии произошел еще один пожар на заводе, выпускающем микрочипы для автопрома. URL: <https://news.drom.ru/83251.html> (дата обращения: 10.02.2022).
2. Запрет на развитие: как российские технологии выживут без полупроводников. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/457563-zapret-na-razvitie-kak-rossijskie-tehnologii-vyživut-bez-poluprovodnikov> (дата обращения: 07.03.2022).
3. США постараются склонить китайские компании к ограничению поставок электроники в Россию. URL: <https://3dnews.ru/1061129/ssha-postarayutsya-sklonit-kitayskih-postavshchikov-ogranichit-otgruzku-elektroniki-v-rossiyu> (дата обращения: 07.03.2022).
4. Тайвань и Южная Корея владеют 81% мирового рынка полупроводников. URL: <https://realtribune.ru/tajvan-i-juzhnaya-koreya-vladejut-81-mirovogo-rynka-poluprovodnikov> (дата обращения: 10.02.2022).
5. RISC-V микроконтроллер МК32 АМУР. URL: [https://mikron.ru/products/iot/mk32-amur/?utm\\_source=site&utm\\_medium=referral&utm\\_campaign=product&utm\\_content=link&utm\\_term=mcu](https://mikron.ru/products/iot/mk32-amur/?utm_source=site&utm_medium=referral&utm_campaign=product&utm_content=link&utm_term=mcu) (дата обращения: 03.04.2022).
6. TSMC прекратила поставки полупроводников в Россию. URL: [https://quote.rbc.ru/news/short\\_article/621b55739a79477349224743](https://quote.rbc.ru/news/short_article/621b55739a79477349224743) (дата обращения: 01.03.2022).
7. AMD и Intel приостановили поставки своей продукции на территорию России. URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/27/02/2022/621a7f4f9a79473d8899b18d](https://www.rbc.ru/technology_and_media/27/02/2022/621a7f4f9a79473d8899b18d) (дата обращения: 08.03.2022).
8. Микроэлектроника в России до и после 24.02.2022. URL: <https://habr.com/ru/post/656677/> (дата обращения: 17.03.2022).
9. Как Россия может остановить производство процессоров во всем мире. URL: <https://hi-news.ru/hardware/kak-rossiya-mozhet-ostanovit-proizvodstvo-processorov-vo-vsem-mire.html> (дата обращения: 27.03.2022).
10. Прекратившиеся поставки неона из Украины могут сильно навредить глобальному производству микросхем. URL: <https://3dnews.ru/1061813/ostanovka-postavok-neona-iz-ukraini-obrushit-globalnoe-proizvodstvo-mikroshem> (дата обращения: 13.03.2022).
11. AMD, NVIDIA, Intel и Apple могут вернуться в РФ – США отменила санкции на поставки ПО и оборудования. URL: <https://overclockers.ru/blog/ТЕХНАРЬ/show/65367/amd-nvidia-intel-i-apple-mogut-vernutsya-v-rf-ssha-otmenila-sankcii-na-postavki-po-i-oborudovaniya> (дата обращения: 10.04.2022).