

РОССИЙСКИЕ ИТ-КОМПАНИИ В СТРУКТУРЕ ГЛОБАЛЬНОГО СЕКТОРА ИКТ¹

АРТЁМЕНКО Владимир Геннадьевич, artemenko.vg@list.ru, соискатель ИИП РАН, эксперт ЦМАКП, Москва, Россия

В статье рассматривается роль российских компаний в структуре глобального сектора ИКТ. На основе данных о производственных цепочках описывается структура глобального сектора ИКТ на уровне основных стран, компании которых представлены в разработке и производстве ИКТ товаров и услуг. Выстраивается иерархическая структура сектора для материального производства и разработки ПО, включающая в себя глобальное Ядро, Полупериферию, Периферию сектора, а также страны-чистые потребители.

На основе проведённого анализа определяются заделы и потенциал российских компаний, которые могут быть реализованы как в рамках расширения пространства технологического суверенитета российской экономики, так и с целью выхода российских компаний на лидерские позиции в новых технологических направлениях.

Ключевые слова: сектор ИКТ, отрасль ИТ, информационные технологии, технологический суверенитет, цифровая экономика, глобальное ядро, глобальная периферия

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-2-161-186

Введение. На основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) получили развитие многообразные цифровые сервисы, для характеристики которых было выработано несколько подходов.

Термин «Информационная экономика» (Information Economy) был введён в научный оборот во второй половине 1960-х годов как развитие идеи пост-индустриальной экономики, в которой была выделена информационная деятельность (Information Activities) как наиболее важный элемент [1, 2] или как характеристика

¹ В статье использованы материалы проекта с ФРИИ (Договор подряда № КСУ/1-6-22 от 06.09.2022 г.).

работы информационных систем внутри отдельно взятого предприятия [3].

Экономика информации (Information Economics) исследует информацию как экономическое благо и даёт её стоимостную оценку [4].

Развитием этого направления можно считать экономику знаний или экономику, основанную на знаниях (Knowledge-Based Economy), которая исследует тенденции к большей зависимости от знаний, информации и высококвалифицированного труда [5].

В случае с понятием цифровой экономики акцент смещается в сторону проникновения ИКТ в материальное производство и транспорт [6] и в широком смысле включает в себя всю экономическую деятельность, осуществляемую с применением цифровых технологий [7].

Обращает на себя внимание многоуровневый децентрализованный характер развития самих ИКТ, осуществляемый многочисленными организациями, сообществами и отдельными специалистами. В этой связи, говорят об экосистеме ИКТ или об экосистеме цифровой экономики [8]. В России концепцию экосистемы ИКТ развивали, например, Д.Р. Белоусов и Е.А. Пенухина. Их подход отличается наличием как качественного описания экосистемы ИКТ [9], так и её количественного моделирования [10].

Согласно Приказу Минкомсвязи², сектор ИКТ включает в себя 20 подвидов экономической деятельности. В него входят производство и торговля микроэлектроникой, телекоммуникации, разработка ПО и предоставление услуг в этой сфере.

Отрасль ИТ, в соответствии с Приказом Минкомсвязи³, состоит из 4 подвидов экономической деятельности: разработка ПО, консультации в области компьютерных технологий, управление компьютерным оборудованием и деятельность по обработке данных.

² Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 07.12.2015 № 515 "Об утверждении собирательных классификационных группировок "Сектор информационно-коммуникационных технологий" и "Сектор контента и средств массовой информации" (Зарегистрирован 19.01.2016 № 40636) URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201601220005> (дата обращения 29.05.2023)

³ Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 30.12.2014 № 502 "Об утверждении собирательных классификационных группировок отрасли информационных технологий" (Зарегистрирован 20.02.2015 № 36139) URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201502250025> (дата обращения 29.05.2023)

В настоящей статье объектом исследования выступает базовый уровень описанного комплекса явлений – производство микроэлектронной продукции и разработка программного обеспечения, на основе которых выстраиваются все остальные компоненты экосистемы цифровой экономики.

Предметом исследования выступает глобальная структура сектора ИКТ, в котором отдельно выделяется роль российских ИТ компаний.

В научной литературе исследуется международная конкурентная структура рынка ИКТ [11], изучается формирование альянсов между ИТ компаниями на основе их предшествующих взаимодействий [12], анализируются отношения сотрудничества между компаниями сектора ИКТ [13]. В парадигме экосистемного подхода исследуется функционирование отдельных компонентов инновационной системы в различных странах [14].

Структура Российского сектора ИКТ рассматривается в ряде публикаций отечественных авторов. Кислицын Е. В [15], [16] исследует структуру и динамику развития Российского сектора ИКТ исходя из количественного соотношения отраслей, входящих в сектор ИКТ с учётом уровня конкуренции.

Жученко Б. А., Стрижак А. Ю. [17] рассматривают рынок ИТ в России с точки зрения соотношения и динамики роста входящих в него отраслей и интереса потребителей к отдельным технологиям.

Вейлер В. П. описывает [18] более широкий контекст, включающий в себя экономические, политические, регуляторные, правовые факторы, на основе анализа которых выделяет барьеры развития сектора ИКТ в России.

Усков В. С. помещает [19] развитие российского сектора ИКТ в глобальный контекст за счёт учёта международных рейтингов развития ИКТ и выделения общемировых тенденций технологического развития.

В статье Красильникова О. Ю. [20] информационный сектор экономики помещается в контекст воспроизводства экономики, в котором выделяются материальное производство и информационный сектор.

Тем не менее остаётся не проработанным вопрос о функциональной структуре глобального сектора ИКТ в его базовых

отраслях – разработке, производстве микроэлектроники и разработке ПО.

В первом пункте данной статьи описана глобальная структура сектора ИКТ в целом. Во втором пункте подробно проанализирована система производства ИКТ товаров и участие в ней российских компаний с учётом развития перспективных технологических направлений. В третьем пункте представлен анализ отрасли разработки ПО и роль российских компаний в этой сфере. В заключении делается вывод о возможностях и угрозах, с которыми сталкиваются российские компании в настоящее время.

Центр-периферия глобального сектора ИКТ. В рамках глобальной технологической цепочки можно проследить следующие иерархические уровни сектора ИКТ (рис. 1):

1. ***Ядро:*** США, ЕС в отдельных аспектах – Япония, Республика Корея и Китай. Страны глобального Ядра задают технологические тренды в отрасли, формулируют технологические стандарты, развивают институциональную среду ИТ-отрасли. Создают системы проектирования интегральных микросхем, средства ИТ-разработки, ключевые технологии. Владели интеллектуальной собственностью (средствами индивидуализации и патентами), создают предпосылки для их реализации в странах Периферии и Полупериферии, входят в число крупнейших рынков сбыта ИКТ товаров и услуг, что позволяет вкладывать ресурсы в дорогостоящие средства производства, исследования и разработки. Крупным транснациональным корпорациям удаётся привлекать на работу наиболее сильных и амбициозных профессионалов из стран Периферии и Полупериферии, что так же способствует их технологическому лидерству.

2. ***Полупериферия:*** Республика Корея, о. Тайвань (Китай)⁴, Япония, Россия (в части разработки ПО), Китай. В странах Полупериферии на базе технологий, созданных в глобальном Ядре, ведутся прикладные разработки и производятся ПО, ИКТ товары и услуги. Страны Полупериферии обладают крупным и технологичным сектором ИКТ, являются основными производителями электронной компонентной базы и товаров массового

⁴ Несмотря на то, что Россия признаёт о. Тайвань частью Китая, в статистике ОЭСР данные по о. Тайвань учитываются отдельно от данных по КНР.

потребления, могут иметь собственный цифровые платформы и экосистемы, как правило, повторяющие опыт глобальных лидеров.

3. Периферия: страны Юго-Восточной Азии (Малайзия, Сингапур), Индия, Россия (в части микроэлектронного производства). В странах глобальной Периферии сектора ИКТ осуществляется конечная сборка микроэлектронных товаров на основе компонентов, произведённых в странах глобальной Полупериферии, или квалифицированная адаптация ПО, разработанного в Ядре или Полупериферии.

Страны-чистые потребители продукции сектора ИКТ выступают пользователями товаров, ПО и услуг, произведённых в рамках глобального сектора ИКТ и, как правило, не принимают участия в их разработке, производстве или адаптации, ввиду чего не могут быть отнесены к иерархическому уровню ИКТ. Такие страны не всегда способны самостоятельно разворачивать компьютерные сети или эксплуатировать сложное оборудование. К странам-чистым потребителям можно отнести все страны, не имеющие значительного национального сектора ИКТ.



Рис. 1. Структура глобального сектора ИКТ

Источник: построено автором.

Описанная в общем виде иерархическая структура сектора ИКТ имеет различную детализацию применительно к материальному производству и разработке ПО, которые связаны друг с другом в рамках единой системы. Производство микроэлектронной продукции обеспечивает материальные основания для развития ПО, которое разрабатывается для установки на определённую микроэлектронику. Разработка и производство микроэлектронных компонентов и конечных товаров является более базовым фундаментальным основанием для ПО, развитие которого делает микроэлектронику полезной на практике.

Масштаб сектора ИКТ. Глобальный характер сектора ИКТ поддерживается большим положительным эффектом масштаба за счёт высокой концентрации умов в рамках технологической кооперации и крупных рынков сбыта, позволяющих частично окупать крупные инвестиции в исследования и разработки. Тем не менее, огромные инвестиции под будущие прибыли превышают текущие доходы крупнейших ИТ компаний: «стабильно покрывать свои текущие затраты из прибыли могут только компании банковского сектора, строительной отрасли, сектора производства потребительских товаров, услуг здравоохранения и прочих наименее наукоемких отраслей» [21]. Однако, работая в рамках национальных рынков цифровые компании имели бы менее хорошие показатели рентабельности и многие реализуемые сейчас проекты не были бы реализованы.

В части микроэлектронного производства эффект масштаба может быть описан следующим образом. По мере развития полупроводниковых технологий необходимы всё большие расходы на исследования и разработки для создания новых технологических процессов. Дорогостоящие средства производства, в цену которых вошли расходы на исследования и разработки, концентрируются на небольшом количестве крупных фабрик, производящих электронные компоненты крупными партиями, которые используются для производства микроэлектронных товаров, реализуемых по всему миру. Чем больше рынок сбыта, там большие затраты на исследования и разработки можно окупить и тем большая специализация производителей будет экономически эффективна.

В части разработки ПО эффект масштаба реализуется благодаря высокой доле издержек на разработку при близких к нулю

издержках репликации (в структуре трансформационных издержек). В результате, себестоимость одной лицензии оказывается обратно пропорциональна количеству проданных лицензий. Чем больше рынок сбыта, тем более дорогостоящие разработки могут окупиться, тем более сложные и специализированные проекты разработки ПО будут реализованы. В пределе наиболее оптимальным размером рынка для реализации эффекта масштаба является глобальный рынок.

Разработка адекватных методов измерения цифровой экономики представляет собой отдельную проблему [22]. По этой причине оценки рынка ИКТ, выполненные разными организациями, могут значительно различаться. Консалтинговая компания IDC (International Data Corporation), специализирующаяся на ИКТ, оценила мировые расходы на ИТ в 2022 г. в 3,11 трлн. долл. США⁵. Консалтинговая компания Gartner, занимающаяся исследованием и консультированием в области ИТ, оценила мировые расходы на ИТ в 2022 г. в 4,4 трлн. долл. США, в т.ч. рынок микроэлектронных устройств (Devices) был оценён в 717 млн. долл. США, а рынок ПО (Software) – 794 млн. долл. США⁶.

В 2021 г. Российский сектор ИКТ обеспечил 5,2 трлн. руб.⁷ или около 70 млрд. долл. США отгруженных товаров и услуг, что занимает около 2% мирового рынка ИКТ товаров и услуг.

Таким образом, из-за наличия значительного положительного эффекта масштаба российским компаниям сектора ИКТ необходим выход на глобальный рынок в качестве покупателей промежуточной продукции (ЭКБ, средств разработки и т.д.) и в качестве продавцов своей продукции (прежде всего – ПО). Воспроизвести полную структуру глобального сектора ИКТ в рамках российской экономики невозможно. Выход на рынки дружественных стран имеет огромный потенциал для развития российских ИТ компаний.

Производство микроэлектроники. Глобальная цепочка производства микроэлектроники. В части микроэлектроники в сектор ИКТ входят 5 из 8 подклассов 26 ОКВЭД. Исходя из доступ-

⁵ IDC's Forecast for Worldwide IT Spending in 2023 Continues to Slowly Trend Downward. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50554323> (дата обращения 25.06.2023)

⁶ Gartner Forecasts Worldwide IT Spending to Grow 5.5% in 2023. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-04-06-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-5-percent-in-2023>

⁷ Абдрахманова Г. И. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022. – 2022.

ности данных, будем отталкиваться от статистики по 26 ОКВЭД. В 2020 г. в России организациями 26 ОКВЭД была произведена ВДС в размере 634,8 млрд. руб.⁸ или 8,8 млрд. долл. США⁹. Для сравнения, в США в 2020 г. ВДС этой же отрасли составила 319 млрд. долл. США¹⁰, в Японии – 8 424 млрд. иен или 78,9 млрд. долл. США, в Германии – 42 млрд. евро или 48 млрд. долл. США.

Международная торговля товарами, связанными с ИКТ, проходит преимущественно через страны, встроенные в крупнейшие глобальные цепочки создания стоимости сектора ИКТ. Статистика экспорта ИКТ товаров показывает, что крупнейшие цепочки добавленной стоимости микроэлектроники проходят через Китай (в т.ч. Гонконг и о. Тайвань), в меньшей мере – через Республику Корею, США, Сингапур и другие страны. На Россию приходится только 0,1% мирового экспорта ИКТ товаров (рис. 2). Россия не встроена в глобальные цепочки создания стоимости в части ИКТ товаров.

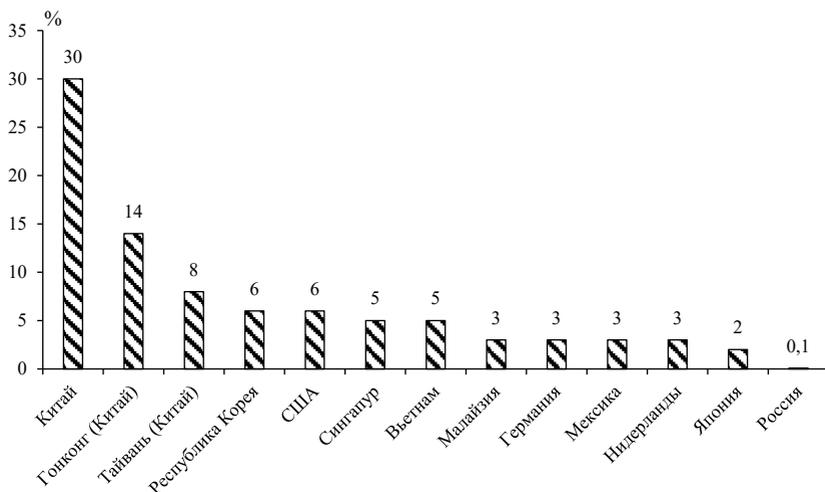


Рис. 2 Доля экспорта товаров, связанных с ИКТ, 2020 г., % от общемирового

Источник: построено автором по данным Абдрахманова Г.И. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2022.

⁸ Росстат. Национальные счета. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts#> (дата обращения 25.06.2023)

⁹ Здесь и далее для пересчёта в доллары США использованы оценки ЦМАКП на основе данных МВФ.

¹⁰ OECD data. URL: stats.oecd.org (дата обращения 25.06.2023)

Глобальную цепочку производства полупроводниковых устройств¹¹ можно описать в разрезе отдельных этапов технологической цепочки (рис. 3).

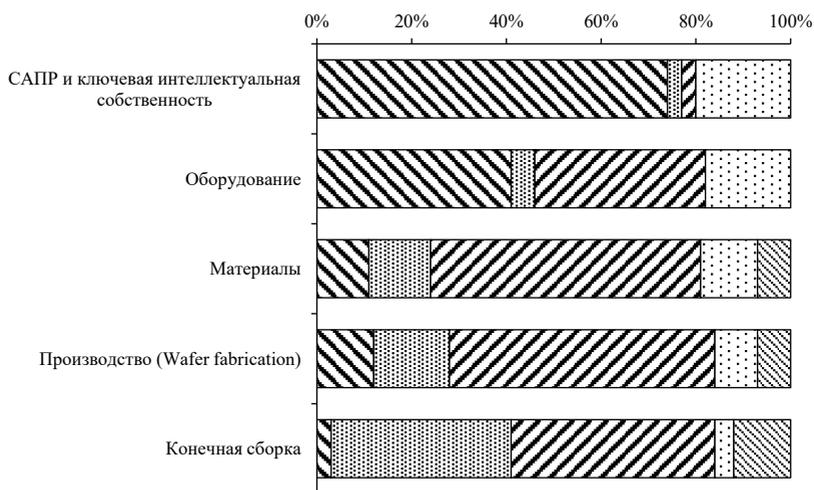


Рис. 3. Глобальная цепочка производства полупроводниковых устройств (2019 г.):
 ■ США; ■ КНР; ■ Восточная Азия (включая Тайвань);
 ■ Европа; ■ Прочие

Источник: *Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era*, BCG, SIA, 2021.

США (по данным BCG и SIA), опережают страны Европы и являются лидером в сфере ключевой интеллектуальной собственности и систем автоматизированного проектирования (САПР).

Производство средств производства микроэлектроники распределено преимущественно между тремя странами: США (Applied Materials; KLA Corporation; Lam Research Corporation), Восточная Азия, в частности, Япония (Tokyo Electron), Европа (Нидерланды, компания ASML). КНР так же стремится развивать производство средств производства микроэлектронной продукции. По оценке BCG и SIA в 2019 г. доля КНР составила

¹¹ *Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era*, BCG, SIA, 2021. URL: <https://www.semiconductors.org/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain-in-an-uncertain-era/> (дата обращения: 9.11.2022)

5%. Эти страны можно считать глобальным технологическим Ядром сектора ИКТ.

В производстве сырья и материалов для полупроводниковой промышленности доминируют страны Восточной Азии с результатом 57%. США, Европа и КНР обеспечивают по 10-15% мирового производства сырья для полупроводниковой промышленности.

Производство микрочипов сосредоточено в Восточной Азии (56%). Вероятно, основными лидерами в данном регионе являются о. Тайвань (компания TSMC), Республика Корея (Samsung) и Япония. 16% мирового производства полупроводников сосредоточено в КНР (SMIC), 12% – в США (Intel, Samsung, TSMC), 9% – в Европе и 7% – в прочих странах. При оценке полупроводниковой промышленности имеет значение не только стоимостной объём их производства, но и применение передовых архитектур и техпроцессов. В 2018 г. первыми производителями микрочипов по техпроцессу «7 нм»^{12,13} стали компании TSMC¹⁴ и Samsung¹⁵. В то же время американская компания Intel развивала другую архитектуру по техпроцессу «10 нм», что позволило ей получить более высокую плотность транзисторов на микрочипе¹⁶.

Производство высокотехнологичных компонентов на базе разработок, сделанных в Ядре, позволяет относить страны к Полупериферии. В то же время, некоторым странам Полупериферии в последние годы удалось существенно улучшить своё положение и добиться успехов в отдельных технологиях, характерных для стран Ядра.

Финальная сборка полупроводниковых устройств преимущественно распределена между странами Восточной Азии (43%)

¹² «7 нм» – это маркетинговое название технологии, которое не соответствует размеру затвора транзисторов, но является технологией нового поколения по сравнению с технологией «10 нм». Аналогично техпроцесс «5 нм» – это новое поколение по сравнению с «7 нм», но название не имеет отношения к размеру транзисторов.

¹³ No More Nanometers. URL: <https://www.eejournal.com/article/no-more-nanometers/> (дата обращения 13.05.2023)

¹⁴ TSMC ramping up 7nm chip production. URL: <https://www.digitimes.com/news/a20180622PD204.html> (дата обращения 13.05.2023)

¹⁵ Samsung Electronics Starts Production of EUV-based 7nm LPP Process. URL: <https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-starts-production-of-euv-based-7nm-lpp-process/> (дата обращения 13.05.2023)

¹⁶ 7 нм техпроцесс в чипах: Померяемся нанометрами? ПАЗБОР. URL: <https://habr.com/ru/companies/droider/articles/510796/> (дата обращения 13.05.2023)

и КНР (38%). Сборка является технологически более простым процессом, поэтому если страна осуществляет сборку без участия в разработке и производстве компонентов, то она может быть отнесена к Периферии глобального сектора ИКТ.

Существование глобальной системы производства микроэлектронных устройств не исключает возможности построения квази-закрытых национальных производственных систем, работающих, как правило, в интересах военных и специальных нужд. Несмотря на стремление к технологической независимости, такие системы всё равно зачастую используют импортные средства производства и значительную долю импортных компонентов.

Необходимо отметить, что в предложенной классификации для характеристики стран использованы преобладающие тенденции развития национального сектора ИКТ. Это не исключает возможности обладания страной отдельными технологическими заделами, свойственными другому классу.

Рассмотрим географическое распределение основных технологий и производств, характерных для выделенных групп стран.

Производство микроэлектроники в странах Глобального Ядра. В Ядре глобальной отрасли ИТ:

1. Создаются ключевые технологии.
2. Разрабатываются САПР.
3. Разрабатывается и производится оборудование для производства интегральных микросхем, прежде всего – ступени для фотолитографии.
4. Разрабатываются топологии интегральных микросхем.

Таким образом, в Ядре формируются тренды развития глобального сектора ИКТ. Основными представителями Ядра являются США и ЕС частично – Япония, Республика Корея и Китай.

Основными разработчиками новых прикладных технологий в области полупроводников являются Япония, КНР, США и о. Тайвань (Китай). По данным STAN database, на эти страны приходится около 70% патентов IP5 в области полупроводников (рис. 4).

Аналогичная ситуация наблюдается в области компьютерных технологий (рис. 5).

В России есть научно-технические заделы в областях квантовых технологий и фотолитографии, хотя в условиях ограничений на поставку ЭКБ реализовать их будет сложнее.

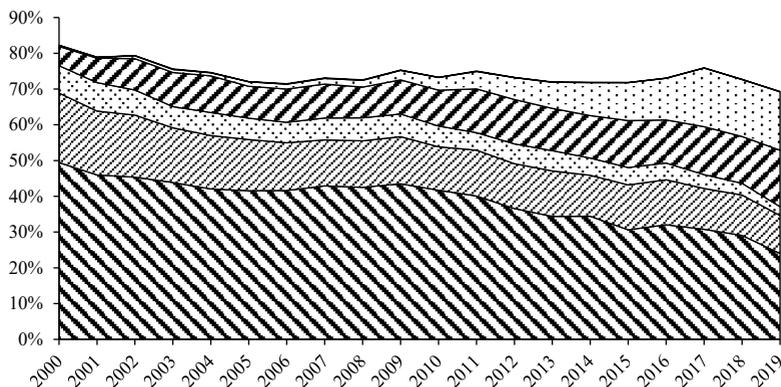


Рис. 4. Доля патентов в общемировом количестве патентов IP5 в области полупроводников:

■ Япония; ▨ США; ▩ Германия; ▧ Тайвань; □ КНР; ▤ Россия;

Источник: Построено автором по данным STAN.

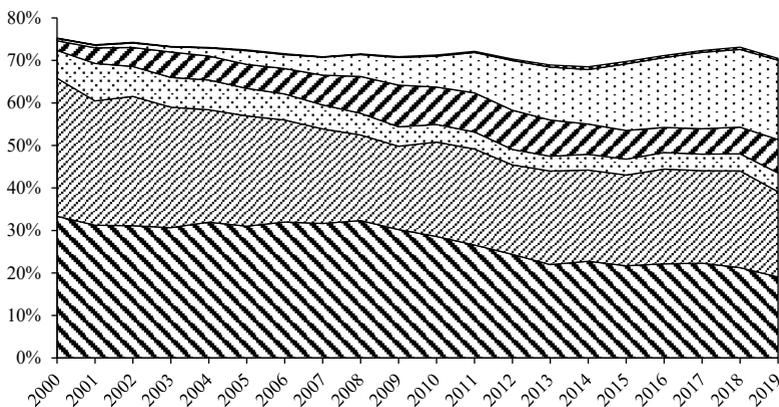


Рис. 5. Доля патентов в общемировом количестве патентов IP5 в области компьютерных технологий по стране разработчика технологии:

■ Япония; ▨ США; ▩ Германия; ▧ Тайвань; □ КНР; ▤ Россия;

Источник: Построено автором по данным STAN.

Одной из ключевых технологий для изготовления интегральных микросхем является фотолитография, которая может быть реализована на базе одной из трёх технологий^{17,18}.

- Глубокая ультрафиолетовая фотолитография (DUV) основана на лазере с длиной волны 193-248 нм. На основе этой технологии реализуются техпроцессы до 22 нм.
- Фотолитография на основе экстремального ультрафиолета (EUV), предполагает применение плазмы для генерации волны, длиной до 13,5 нм, что позволяет изготавливать чипы по техпроцессу до 7 нм. В России такую технологию прорабатывали специалисты из Института физики микроструктур РАН, Института спектроскопии РАН и других организаций.
- Безмасочная фотолитография воздействует на подложку осуществляется при помощи оптического, рентгеновского или электронного луча и считается перспективной технологией. В марте 2022 г. Минпромторг заключил с НИУ МИЭТ контракт на разработку этой технологии по техпроцессу 28 нм и меньше¹⁹.

Уже много лет российские учёные вносят заметный вклад в развитие квантовых технологий²⁰, находясь на переднем крае науки. В МГУ им. М.В. Ломоносова²¹ и в НИТУ МИСиС^{22,23} ведётся обучение в области квантовых технологий, квантового материаловедения и квантовой связи. Проекты в области квантовых технологий получают финансирование Газпромбанка.

¹⁷ Перспективы развития литографии в РФ. URL: <https://tesstech.ru/info/articles/biznes-sovetu/perspektivy-razvitiya-litografii-v-rf/> (дата обращения 13.05.2023)

¹⁸ Механик А. Фотолитография с пятнадцатилетним опозданием // Стимул. – 2022. URL: <https://stimul.online/articles/science-and-technology/fotolitografiya-s-pyatnadsatiletnim-opozdaniem/> (дата обращения 13.05.2023)

¹⁹ В МИЭТе по госконтракту разработают концепцию безмасочного фотолитографа – для выпуска микросхем 28 нанометров и ниже. URL: <https://www.zelenograd.ru/hitech/v-miete-razrabotayut-konceptsiyu-bezmasochnogo-fotolitografa-dlya-vypuska-mikroshem/> (дата обращения 13.05.2023)

²⁰ На пороге квантового будущего. URL: <https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2020/03/24/naporoge-kvantovogo-buduschego.aspx> (дата обращения 13.05.2023)

²¹ Магистерская программа «Прикладная квантовая связь». URL: <https://quantum.msu.ru/ru/education/msc-programs/quantum-cryptography> (дата обращения 6.11.2022)

²² НИТУ «МИСиС» открывает новую магистратуру по квантовым технологиям. URL: <https://misis.ru/university/news/admission/2019-04/6097/> (дата обращения 6.11.2022)

²³ Квантовое материаловедение iPhD. URL: https://misis.ru/applicants/admission/magistracy/iphd/kvant_mat/ (дата обращения 6.11.2022)

Сколково и другие институты развития предоставляют льготы и грантовое финансирование. ГК Росатом и АО РЖД активно участвуют в тестировании квантовых технологий.

В результате, в России были развёрнуты одни из первых в мире каналов квантовой связи^{24,25}. Казанский квантовый центр в партнёрстве с Ростелекомом и Таттелекомом²⁶ развернули канал квантовой связи длиной более 100 км, а РЖД в партнёрстве с ИТМО²⁷ развернули канал квантовой связи протяжённостью более 700 км.

С некоторым отставанием от мировых лидеров российские учёные разрабатывают^{28,29} прототипы квантовых компьютеров. Несмотря на некоторую критику перспектив квантовых вычислений, в случае реализации данного направления российские специалисты потенциально могут разделить выгоды с глобальными лидерами.

В области разработки САПР лидерами являются Cadence Design Systems Inc (США), Synopsys (США), Mentor Graphics (США), Altium (Австралия) и ANSYS (США). Интересно отметить, что до 2022 г. многие из этих компаний имели в России подразделения ИТ разработки, а значит, в России велись работы, относящиеся к глобальному Ядру сектора ИКТ.

Кроме того, в России есть несколько своих компаний, разрабатывающих САПР: Резидент Сколково «50ом Технолоджиз» – САПР СВЧ-интегральных схем «Смекалец» [23], ЭРЕМЕКС³⁰ – САПР Delta Design [24], «НИИ «АСОНИКА» – САПР АСОНИКА [25] и т.д. Тем не менее, российские разработчики САПР заметно уступают мировым лидерам. Разработка

²⁴ «С-Терра СиЭсПи» приняла участие в испытаниях квантовой защиты данных. URL: <https://www.s-terra.ru/company/news/s-terra-siespi--prinyala-uchastie-v-ispitaniyakh-kvantovoy-zashchity-dannykh/> (дата обращения 6.11.2022)

²⁵ В России появился телефон с квантовым шифрованием. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/05/28/802676-poyavilsya-telefon-s-kvantovim-shifrovaniem> (дата обращения 6.11.2022)

²⁶ В России заработала самая длинная в мире ВОЛС с квантовым шифрованием. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2019-09-25_v_rossii_zarabotala_samaya_dlinnaya_v_mire_volc_s_kvantovym_shifrovaniem (дата обращения 6.11.2022)

²⁷ В России заработала первая линия квантовой связи. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2021-06-09_rossiya_perehodit_na_kvantovuyu (дата обращения 6.11.2022)

²⁸ Физики создали 256-кубитный аналоговый квантовый компьютер. URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/11847771> (дата обращения 6.11.2022)

²⁹ Где создается российский квантовый компьютер. URL: <https://www.vesti.ru/nauka/article/2920320> (дата обращения 6.11.2022)

³⁰ Eremex. URL: <https://www.eremex.ru/about/> (дата обращения 10.11.2022)

САПР отталкивается от производимой ЭКБ. Поскольку последнее в России развито слабо, то это накладывает ограничение на развитие САПР³¹.

Основными производителями средств производства для интегральных микросхем являются Applied Materials (США), KLA Corporation (США), Lam Research Corporation (США), ASML (Нидерланды), Токуо Electron (Япония). Компания TechInsights³², которая занимается обратным инжинирингом микроэлектроники, обнаружила, что в Китае начался выпуск интегральных микросхем по техпроцессу «7 нм». Поскольку ранее были сообщения, что западные производители оборудования для фотолитографии не продают в КНР степперы последнего поколения, то можно предположить, что в Китае начато собственное производство оборудования по самым современным техпроцессам. Если производство интегральных микросхем в Китае по техпроцессу «7 нм» ведётся по собственным технологиям на собственном оборудовании, то Китай вошёл в число стран Ядра глобального сектора ИКТ.

Осенью 2021 г. Минпромторг России заключил контракты на разработку степперов по техпроцессу 230 и 130 нм³³. Если удастся разработать и наладить производство такого оборудования, то в данном направлении Россия приблизится к Ядру глобального сектора ИКТ. Несмотря на значительное отставание от лидеров, интегральные микросхемы с техпроцессом 130-230 нм используются в автопроме и бытовой технике. Высокий уровень доверия к микроэлектронике собственного производства позволит применять её для военного, специального назначения и в системах управления критической инфраструктурой.

На разработке топологии интегральных микросхем в рамках глобального сектора ИКТ специализируются бесфабричные компании Advanced RISC Machines – ARM (США), Ceva Inc. – DSP (США), Rambus Incorporated (США), Imagination

³¹ В софт закачивают программы. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5340152> (дата обращения 10.11.2022)

³² SMIC 7nm technology found in MinerVa Bitcoin Miner. URL: <https://www.techinsights.com/blog/disruptive-technology-7nm-smic-minerva-bitcoin-miner#product-brief> (дата обращения 10.11.2022)

³³ «Полностью отечественные фотолитографы придут на замену импортным, используемым сейчас на зеленоградских фабриках». Глава наноцентра Анатолий Ковалёв – о новых разработках по заказу Минпромторга. URL: <https://www.zelenograd.ru/hitech/otchestvennyye-fotolitografy-zntc-kovalev/> (дата обращения 24.10.2022)

Technologies Group plc (Великобритания) и т.д. В России к ним относится компания МЦСТ – создатель линейки микропроцессоров Эльбрус. К 2022 г. в их линейке были представлены микропроцессоры по техпроцессу 28 нм, которые производились компанией TSMC (о. Тайвань)³⁴. С ужесточением санкционного давления поставки в Россию продукции компании TSMC были прекращены. По данным открытых источников³⁵, в России развёрнуто производство интегральных микросхем по техпроцессам от 65 нм. С точки зрения наличия необходимых производственных мощностей, партнёром компании МЦСТ могла бы стать китайская SMIC, но в открытых источниках информации о таком сотрудничестве нет.

Реализация потенциала компании МЦСТ затруднена низким уровнем развития производства интегральных микросхем в России в условиях разрыва связей с иностранными партнёрами.

Обобщая анализ технологий Ядра в области производства микроэлектронной продукции можно заключить, что в России представлены некоторые технологии, которые характерны для глобального Ядра, однако основным барьером для их реализации является отставание производства оборудования для производства интегральных микросхем. В условиях исчерпания возможностей для дальнейшего развития вычислительной техники, основанной на кремниевых технологиях, особое значение приобретают заделы в области квантовых вычислений, которые потенциально могут помочь России войти в глобальное Ядро на новом этапе технологического развития.

Производство микроэлектроники в странах Полупериферии. В части производства микроэлектронной продукции Полупериферия характеризуется следующими признаками:

1. Разработанные в Ядре технологии применяются для производства микрочипов
2. Разрабатываются и производятся готовые изделия. Типичным представителем Полупериферии можно считать о. Тайвань (Китай).

³⁴ Российский 28-нм процессор «Эльбрус-8С» пойдет в серию в 2016 г. URL: https://www.cnews.ru/news/top/rossijskij_28nm_protessor_elbrus8s (дата обращения 24.10.2022)

³⁵ Производство «Эльбрусов» перейдет в Россию. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-05-30_rossijskim_protessoram_ (дата обращения 24.10.2022)

В России примером полупериферийных технологий можно считать производство микрочипов на мощностях Ангстрем, Микрон, НИИ системных исследований РАН и др. Их ЭКБ применяют, главным образом, в космической и специальной сферах, где к технике предъявляются повышенные требования, но до 2022 г. было достаточно штучного и мелкосерийного производства.

В России производится значительная номенклатура микроэлектронной продукции на основе как заграничной, так и отечественной ЭКБ. Например, компания Eltex³⁶ производит телекоммуникационное оборудование. Больше примеров представлено в Реестре телекоммуникационного оборудования³⁷.

Производство микроэлектроники в странах Периферии. Основными характеристиками Периферии являются:

1. Квалифицированная адаптация и эксплуатация импортной микроэлектроники.
2. Производство готовых изделий из зарубежной ЭКБ на основе импортных технологий.

В качестве примера можно привести российскую отрасль телекоммуникаций. До введения санкций в отрасли применялось в основном иностранное оборудование, на базе которого отечественные специалисты проектировали и разворачивали сети связи. Установленное оборудование обслуживалось российскими инженерами с использованием стандартной технической поддержки производителей.

Микроэлектроника в странах чистых потребителей. Страны-чистые потребители характеризуются тем, что импортируют готовые решения без участия в их разработке и имеют ограниченные возможностями их адаптации и квалифицированной эксплуатации.

В потребительской микроэлектронике в Россию импортируется готовая продукция, например, смартфоны и фотоаппараты. В области научного и промышленного оборудования российские организации тоже закупают готовую технику, но в этом случае уже требуется квалифицированное применение и обслуживание.

³⁶ Eltex. URL: <https://eltex-co.ru/> (дата обращения 24.10.2022)

³⁷ Реестр телекоммуникационного оборудования, произведенного на территории Российской Федерации, которому присвоен статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения. URL: <https://reestrinform.ru/reestr-oborudovania-minpromtorg/reestr-telekommunikacionnogo-oborudovaniia.html> (дата обращения 24.10.2022)

Позиция российского сектора ИКТ в части производства микроэлектроники. В производстве микроэлектроники сложилась значительная неравномерность заделов российского сектора ИКТ. Отставание в производстве интегральных микросхем не позволяет реализовать заделы в области разработки микросхем и САПР. Россию, по большинству направлений, можно отнести к странам Периферии сектора ИКТ. Собственные разработки имеют довольно узкие сферы применения, в большинстве случаев не выходящие за пределы военных, специальных задач и критической инфраструктуры. Иностранные компании – глобальные технологические лидеры размещали в России подразделения ИТ разработки, но не сложные производства. В тех сферах, где использование микроэлектронной техники предполагает её адаптацию и квалифицированную эксплуатацию, эти задачи выполняются российскими организациями, что характерно для стран глобальной Периферии сектора ИКТ.

В перспективе позитивным фактором может стать участие российских разработчиков в развитии квантовых технологий, однако, из-за отсутствия собственного современного производства микроэлектроники и ограничений на сотрудничество с иностранными компаниями, остаётся открытым вопрос о возможности реализации этого потенциала.

В настоящее время основные усилия российского сектора ИКТ направлены на импортозамещение иностранной продукции. Рост спроса на российские товары позволит отечественным производителям накопить опыт и капитал для дальнейшего развития.

Разработка ПО. Развитие средств вычислительной техники расширяет возможности для разработки ПО, которое может опираться на всё более совершенную материальную базу.

В России отрасли разработки ПО и деятельности в области ИТ (62 и 63 ОКВЭД) в 2020 г. произвели ВДС в размере 1403 млрд. руб. или 19,5 млрд. долл. США. Для сравнения, эти же отрасли в США произвели 762 млрд. долл. США, в странах ЕС³⁸ – 357 млрд. евро или 406 млрд. долл. США, в Великобритании – 63 млрд. фунтов стерлингов или 80,5 млрд. долл. США, в Германии 96 млрд. евро или 109 млрд. долл. США.

³⁸ Данные за 2019 г.

Несмотря на значительные успехи в развитии ПО, остаётся не раскрытым потенциал российских ИТ компаний по выходу на иностранные рынки.

Разработка ПО в глобальном Ядре. В Ядре отрасли разработки ПО:

1. Формируются языки программирования.
2. Создаются средства разработки ПО.
3. Создаются прикладные пакеты с открытым исходным кодом.
4. Создаются программные продукты с инновационным функционалом.

К Ядру могут быть отнесены США, в некоторой мере – ЕС, постепенно подтягивается Китай.

Языки программирования определяют логику и возможности ИТ разработки. Основные языки программирования были сформированы и продолжают развиваться в англоязычной среде: С, Python, Go, Java и т.д.

В настоящее время применяются многообразные средства ИТ разработки для написания программного кода, оптимизации, отладки и тестирования ПО силами крупных, часто распределённых команд. В качестве примеров наиболее известных сред ИТ разработки можно выделить Microsoft Visual Studio (Microsoft, США), NetBeans (США), Eclipse (НКО Eclipse Foundation, Канада) и другие.

Языки программирования и средства ИТ разработки часто создаются сообществами, работающими вокруг некоммерческих фондов. Они получают финансирование от одной или нескольких крупных ИТ компаний, государств и инновационных фондов. Например, сообщество разработчиков NetBeans Community и компания NetBeans Org развивают интегрированную среду разработки NetBeans IDE. Исторически проект развивался при финансовой поддержке компании Oracle (США). С 2016 г. проект ведёт фонд Apache Software Foundation, который развивает десятки средств ИТ-разработки под единым брендом Apache. В свою очередь, фонд Apache Software Foundation получает финансирование от большого количества ИТ компаний, среди которых Google и Yahoo!. Описанная сложная структура доказала свою результативность при развитии языков программирования и средств ИТ-разработки.

В 2000 г. выходцами из России была создана компания JetBrains с центральным офисом в Праге, которая развивает широкую линейку средств ИТ разработки для разных языков программирования, среду метапрограммирования MPS, язык программирования Kotlin и ряд вспомогательных приложений для ИТ-разработки. В 2012 г. JetBrains открыла лабораторию языковых инструментов на Математико-механическом факультете СПбГУ^{39, 40}.

В марте 2022 г. компания JetBrains прекратила деятельность в России, в августе выставила на продажу офисные площади в Санкт-Петербурге⁴¹.

Средства ИТ-разработки и языки программирования взаимозаменяемы только в ограниченной степени, т.к. оптимизируются для конкретных областей применения. Это делает особенно важным эффект масштаба: чем больше компаний и специалистов заняты разработками, тем выше специализация средств ИТ-разработки.

Отдельного внимания заслуживают веб-сервисы для хостинга ИТ-проектов и их совместной разработки GitHub, GitLab и другие, предназначенные для контроля версий разрабатываемого ПО. На этих платформах получило значительное развитие ПО с открытым исходным кодом. Разработчик может создать минимальный жизнеспособный продукт и опубликовать его код в открытом доступе. После этого другой разработчик, столкнувшийся с похожей задачей, может взять за основу уже существующий продукт, доработать его и опубликовать свою версию. Таким образом, в результате усилий большого количества специалистов образуется «дерево» версий, в которых эволюционирует данное программное обеспечение. По итогу, конкретный разработчик мог внести 5% вклада в развитие ПО, но получить 100% функционала программного продукта, который уже написан, протестирован и оптимизирован поколениями его предшественников.

³⁹ *Открытие лаборатории компании JetBrains на мат-мехе СПбГУ.* URL: https://oops.math.spbu.ru/SE/se_events/2012/jetbrains-lab?set_language=en (дата обращения 13.05.2023)

⁴⁰ *Семинары лаборатории языковых инструментов JetBrains Research.* URL: <https://habr.com/ru/companies/JetBrains-education/articles/525648/> (дата обращения 13.05.2023)

⁴¹ *«Сжигают мосты»: ИТ-гигант продаёт в Петербурге офисы за 7 млрд. рублей.* URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/06/05/2022/62750df19a79477c9ee5fac0 (дата обращения 24.10.2022)

Примерами программных продуктов с инновационным функционалом могут служить модели генеративного ИИ, представленные в 2022-23 гг. сразу несколькими компаниями. В области обработки и генерации текста^{42,43}: ChatGPT от компании Open AI, Bard от Google, ChatSonic от Writesonic и другие. В России тестируется модель SistemmaGPT от компании Sistemma⁴⁴. В области обработки и генерации изображений⁴⁵: Midjourney от одноимённой компании, Bing от Microsoft и др. В России Сбербанк разрабатывает нейросеть Кандинский, Яндекс разрабатывает нейросеть Шедеврум, предназначенные для генерации изображений по запросу пользователя. Появились примеры интеграции нейросетей в привычные программные продукты. В части работы с текстом: разработка презентации по тексту, написание программного кода по сформулированной человеком задаче, ответ на вопросы по текстовому файлу, развёрнутый ответ на вопрос пользователя исходя из информации, доступной в интернете и т.п.

В части работы с изображениями: удаление объекта на фото, повышение качества фото, генерация изображения по описанию, разработка дизайна комнаты по её фотографии и выбранному стилю и т.п.

Можно ожидать, что нейросети нового поколения, интегрированные в ПО, позволят существенно повысить возможности пользователей, выполняя часть рутинной и творческой работы. При благоприятном развитии событий внедрение нейросетей в интеллектуальный труд может быть сопоставимо с переходом от мануфактуры к фабрике в физическом труде.

Обобщая анализ можно отметить, что в целом технологии Ядра разрабатываются в англоязычной среде, часто в рамках распределённых децентрализованных команд. В силу высокого уровня развития ИТ в России были и продолжаются попытки российских компаний войти в Ядро глобальной отрасли ИТ.

⁴² ChatGPT | 5 аналогов ChatGPT: обзор конкурентов. URL: <https://vc.ru/u/1692689-neurochat/658640-chatgpt-5-analogoov-chatgpt-obzor-konkurentov> (дата обращения 13.05.2023)

⁴³ Чем заменить ChatGPT: 14 бесплатных альтернатив. URL: <https://journal.tinkoff.ru/short/almost-chatgpt/> (дата обращения 13.05.2023)

⁴⁴ Sistemma. URL: <https://sistemma.ru/> (дата обращения 13.05.2023)

⁴⁵ 5 бесплатных альтернатив нейросети Midjourney. URL: <https://vc.ru/u/1602467-besedy-s-ii/667163-5-besplatnyh-alternativ-neyroseti-midjourney> (дата обращения 13.05.2023)

Разработка ПО в странах Полупериферии. Основной характеристикой Полупериферии является разработка прикладного ПО при помощи разработанных в Ядре языков и средств ИТ-разработки. Страны Полупериферии обладают значительным потенциалом в области создания прикладного ПО, в них распространена оффшорная разработка и подразделения ИТ компаний стран Ядра. В Полупериферию входят Россия, КНР, Индия и другие страны.

В России значительного успеха добился ряд крупных ИТ компаний. Особо нужно отметить Яндекс и Сбербанк, которые одни из немногих в мире смогли создать экосистемы цифровых сервисов и ПО. Разнообразие входящих в такие экосистемы сервисов таково, что экосистема «становится маленькой моделью цифровой экономики отдельной страны» [26], что выводит компании, находящиеся в ядре экосистемы, на качественно новый уровень конкуренции [27].

В Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных⁴⁶ представлены в преимущественно прикладные B2B продукты, главным образом предназначенные для автоматизации управленческих процессов: ERP, CRM системы, бухгалтерские приложения и т.п. Представлены решения с инновационным функционалом: распознавание и синтез речи или обработка изображений, программное обеспечение для интернета вещей, системы поддержки принятия решений и т.п.

Разработка ПО на Периферии. Основным признаком Периферии – адаптация прикладного ПО, разработанного в других странах. Например, известно по меньшей мере пять российских компаний, разработавших собственные версии операционных систем на базе Linux⁴⁷. В сфере разработки ПО отличие Периферии от Полупериферии менее выражено, чем в области производством микроэлектроники.

Чистые потребители. Страны-чистые потребители импортируют готовые решения, без участия в их разработке или

⁴⁶ Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. URL: <https://reestr.digital.gov.ru/> (дата обращения 28.10.2022)

⁴⁷ Market.CNews: Рейтинг российских операционных систем 2023. URL: https://www.cnews.ru/reviews/os_2023/review_table/7bfeb9c2e1f8ee21b96ec878ee396a18c0345a0f (дата обращения 30.05.2023)

сложной адаптации к своим потребностям. В качестве примеров чистого потребления можно привести использование популярных операционных систем Microsoft Windows, офисных приложений MS Office, графических редакторов Adobe и Figma, которые импортируются в готовом виде.

Большинство стран мира, не обладающих собственной развитой отраслью разработки ПО, относятся к чистым потребителям.

Позиция российского сектора ИКТ в части разработки программного обеспечения. В отрасли разработки ПО российские компании наиболее близки к глобальной Полупериферии: они разрабатывают значительный ассортимент ПО и цифровых сервисов, создают ИТ экосистемы, но преимущественно на базе средств ИТ разработки, созданных иностранными компаниями и сообществами. Несмотря на значительную долю иностранного ПО, российские ИТ компании ведут широкий спектр проектов по разработке отечественных аналогов, прежде всего, в сфере B2G и B2B.

В тех областях, где импортируются готовые программные продукты, глобальные ИТ компании до 2022 г. нередко создавали в России подразделения ИТ-разработки, что даже в этом случае не позволяет относить Россию к чистым потребителям ПО.

Как производство ИКТ-оборудования, так и разработка ПО отличаются большим эффектом масштаба и колоссальными сетевыми эффектами. Это затрудняет возможность создания национальной конкурентоспособной ИКТ системы, особенно в B2C.

В настоящее время можно выделить два направления развития российского сектора ИКТ. Во-первых, введённые в 2022 г. ограничения стимулируют импортозамещение ПО во многих направлениях. Данный процесс позволяет российским ИТ компаниям получить опыт и занять значительный рынок, однако отвлекает крупные ресурсы на создание аналогов уже существующих программных продуктов в ущерб перспективным разработкам. Во-вторых, российские разработчики способны вести самостоятельные перспективные разработки во многих областях и, при отсутствии негативных политических факторов, могут продавать свои программные продукты на внешних рынках.

Заключение. Сектор ИКТ развивается в рамках глобальной экосистемы, в которой высока концентрация капитала и интеллекта, что обеспечивает активное технологическое развитие в течение нескольких десятилетий. В рамках данной экосистемы сформировалась иерархическая технологическая структура, в которой можно выделить Ядро, Полупериферию и Периферию глобального сектора ИКТ.

В этой системе Российские ИТ компании занимают преимущественно полупериферийное положение, разрабатывая свои технические решения на базе технологий, компонентов и средств разработки, созданных в глобальном Ядре. В то же время, российским специалистам удалось достичь значительных успехов, создав полноценные цифровые экосистемы и довольно успешно реализуя крупные проекты в области импортозамещения. Невысокая доля российских компаний в глобальном рынке ИКТ товаров и услуг указывает на возможности более полной реализации потенциала российского бизнеса за счёт выхода на рынки дружественных стран.

Список литературы

1. Porat M. U., Rubin M. R. *The information economy: The Labour Income by Industry Matrix of Employee Compensation*. – Department of Commerce, Office of Telecommunications. 1977. №. 77-12 (1). URL: https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=OwxKp3gvyMC&oi=fnd&pg=PP16&dq=Information+Economy&ots=lsvWrSfKHu&sig=uGk3T3x4MwbXhg3z1m0AVZWDs98&redir_esc=y#v=onepage&q=Information%20Economy&f=false (дата обращения: 29 мая 2023 г.)
2. Porat M. U., Rubin M. R. *The information economy: definition and measurement*. Department of Commerce, Office of Telecommunications. 1967. Т. 77. №. 77-12 (6). URL: https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=MANPAAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Information+Economy&ots=2wmuR1xGIz&sig=efFJG0FFVehD-Nug7oKYB9Y_XZ4&redir_esc=y#v=onepage&q=Information%20Economy&f=false (дата обращения: 29 мая 2023 г.)
3. Zmud R. W., Boynton A. C., Jacobs G. C. *The information economy: A new perspective for effective information systems management* //ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems. 1986. Т. 18. №. 1. Pp. 17-23. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/20724.20726> (дата обращения: 29 мая 2023 г.)
4. Birchler U., Büttler M. *Information economics*. Routledge. 1999. URL: http://ndl.ethernet.edu/bitstream/123456789/8117/1/249.%20%20Urs_Birchler_and_Monika_B%C3%BCtle_r%5D_Information_Econ%28BookSee.org%29-1.pdf (дата обращения: 29 мая 2023 г.)
5. Aparicio G., Iturralde T., Rodriguez A. V. *Developments in the knowledge-based economy research field: a bibliometric literature review* //Management Review Quarterly. 2023. Т. 73. №. 1. Pp. 317-352. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11301-021-00241-w> (дата обращения: 29 мая 2023 г.)
6. Purnomo A. et al. *Digital economy research: Thirty-five years insights of retrospective review* //Procedia Computer Science. 2022. Т. 197. Pp. 68-75.
7. Сухарева М. А. *От концепции постиндустриального общества к концепции экономики знаний и цифровой экономики: критический анализ терминологического поля* //Государственное управление. Электронный вестник. 2018. №. 68. С. 445-464.

8. Senyo P. K., Liu K., Effah J. Digital business ecosystem: Literature review and a framework for future research // *International journal of information management*. 2019. Т. 47. Pp. 52-64.
9. Белоусов Д. Р., Пенухина Е. А. О построении качественной модели российской экосистемы ИКТ // *Проблемы прогнозирования*. 2018. №. 3 (168). С. 94-104.
10. Белоусов Д. Р. и др. О построении количественной модели российской экосистемы ИКТ // *Проблемы прогнозирования*. 2018. №. 4 (169). С. 129-141.
11. Halkos G. E., Tzeremes N. G. International competitiveness in the ICT industry: Evaluating the performance of the top 50 companies // *Global Economic Review*. 2007. Т. 36. №. 2. Pp. 167-182.
12. Narula R., Santangelo G. D. Location, collocation and R&D alliances in the European ICT industry // *Research policy*. 2009. Т. 38. №. 2. Pp. 393-403.
13. Hallikas J. et al. The evolution of the network structure in the ICT sector // *International Journal of Production Economics*. 2008. Т. 115. №. 2. Pp. 296-304.
14. Fransman M. *The new ICT ecosystem: Implications for policy and regulation*. Cambridge University Press, 2010.
15. Кислицын Е. В. Информационно-технологический сектор России: трансформация конкурентной среды и оценка структурных сдвигов // *Journal of new economy*. 2021. Т. 22. №. 2. С. 66-87.
16. Кислицын Е. В. Российский рынок программного обеспечения: конкуренция и потенциал развития // *Вестник Томского государственного университета. Экономика*. 2019. №. 47. С. 19-33.
17. Жученко Б. А., Стрижак А. Ю. Анализ рынка информационных технологий в России // *Редакционный коллектив: Кухенная М.А.; Масич Л.А.; Скоробогатова Н.В.; Юрина Н.А.; Дадашова Т.А.* 2019. С. 286.
18. Вейлер В. П. Российский сектор информационно-коммуникационных технологий: проблемы и перспективы развития // *Вестник Брянского государственного университета*. 2011. №. 3. С. 74-81
19. Усков В. С. Рынок ИКТ России: состояние развития и перспективы // *Актуальные вопросы современной экономики*. 2020. №. 9. С. 332-346.
20. Красильников О. Ю. Воспроизводственная динамика информационного сектора экономики // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право*. 2017. Т. 17. №. 4. С. 390-397.
21. *О долгосрочном научно-технологическом развитии России: монография / Под ред. Белоусова Д.Р. и Фролова И.Э. М.: Динамик принт, 2022. С. 21. URL: <https://ecfor.ru/publication/o-dolgosrochnom-nauchno-tehnologicheskot-razviti-rossii/>*
22. Ганичев Н. А., Кошовец О. Б. Как посчитать цифровую экономику: между реальностью и конструкцией // *Всероссийский экономический журнал ЭКО*. 2020. №. 2 (548). С. 8-36.
23. Калентьев А., Добуш И., Горяинов А., Сальников А. Интеллектуальная САПР «Смекалец»: быстрый и простой синтез СВЧ интегральных схем // *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2022. №3. С. 76-80.
24. Библиотеки электронных компонентов для отечественных САПР. // *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2022. №3. С. 84-89.
25. Шалумов А. АСОНИКА – российская САПР электроники в части виртуальных испытаний. // *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2022. №3. С. 82-83.
26. Калайда С. А. Экосистема «Сбер» как институционально-организационная форма межсекторной финансовой конвергенции // *Экономическая безопасность*. – 2021. Т. 4. №. 3. С. 823-838.
27. Бездудная А. Г., Трейман М. Г. Бизнес-экосистемы компаний: конкуренция или сотрудничество, развитие цифровых подходов // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2021. №. 4 (130). С. 129-134.

Для цитирования: Артёменко В.Г. Российские ИТ-компании в структуре глобального сектора ИКТ // *Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2023. № 2. С. 161-186.

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-2-161-186.

Summary

THE ROLE OF RUSSIAN IT COMPANIES IN THE STRUCTURE OF THE GLOBAL ICT SECTOR

ARTEMENKO V.G., artemenko.vg@list.ru, Graduate student, Institute of Economic Forecasting RAS, Expert, Center for Macroeconomic Analysis and Short-Term Forecasting, Moscow, Russia

Abstract. The article examines the role of Russian companies in the structure of the global ICT sector. Based on data on production chains, the structure of the global ICT sector is described at the level of the main countries whose companies are represented in the development and production of ICT goods and software development. A hierarchical structure of the sector for material production and software development is being built, including the global Core, Semi-periphery, Periphery of the sector, as well as net consumer countries. On the basis of the analysis, the reserves and potential of Russian companies are determined, which can be realized both by expanding the space of technological sovereignty of the Russian economy, and with the aim of Russian companies taking leadership positions in new technological directions.

Keywords: ICT sector, IT industry, information technology, technological sovereignty, digital economy, global core, global periphery

For citation: *Artemenko V.G.* The Role of Russian IT Companies in the Structure of the Global ICT Sector // Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2023. No. 2. Pp. 161-186.
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-2-161-186