

ПРОБЛЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Дубинина М.Г.

Статья посвящена анализу распространения технологии мобильной связи 5-го поколения, проблем, сопровождающих ввод в эксплуатацию этих сетей (на примере телекоммуникационных компаний Южной Кореи). Кроме того, рассматриваются риски и угрозы для экологии и здоровья населения от повсеместного распространения сетей 5G.

doi: 10.20537/mce2024econ06

Введение. Широкое использование мобильной связи в последнее время привело к значительному росту среднемесячного мирового трафика мобильных данных. За период 2016–2022 гг. он вырос в 12,2 раза (с 9,68 Эб/мес. в 2016 г. до 118,21 Эб/мес. в 2022 г. [1]), что обусловило необходимость перехода на новый стандарт связи. Ввод в коммерческую эксплуатацию сетей 5G привел в ряде стран к значительному росту средней скорости загрузки. Так, в 2022 г. Hot Mobile (Израиль) повысил скорость загрузки 5G на 1183,3% по сравнению с 4G, Movistar (Чили) — на 1084,5%, Partner (Израиль) — на 1014,7% [2].

На 2022 г., по данным [3], в США 503 города имели сети 5G, в Китае таких городов 356, в Финляндии — 137. Однако обещанное операторами многократное увеличение скорости относительно поколения 4G отмечается не во всех странах. Например, в Малайзии на март 2022 г. это превышение составило 25,7 раза, в Южной Корее — в 6,5 раза, но эти страны обеспечили на тот момент одни из самых высоких скоростей в своих сетях 5G (382,2 и 432,7 Мбит/сек соответственно) [4]. В других странах превышение скорости не было столь значительным (в Нидерландах, например, на июль 2023 г. скорость 5G превышала 4G в 1,9 раза) [5].

Особенности распространения сетей 5-го поколения в Южной Корее. Как уже говорилось выше, сети 5G в Южной Корее обеспечивают самую высокую скорость загрузки данных в мире. Тем не менее, основные поставщики мобильных услуг в стране (SK Telecom, KT и

LGplus) столкнулись с рядом проблем при развертывании этого поколения мобильной связи.

Коммерческая эксплуатация сетей 5G в Южной Корее началась в 4 квартале 2018 г. (у SK Telecom) — 1 квартале 2019 г. (у KT и LGplus). На конец 3 квартала 2023 г. общее количество пользователей мобильной связи пятого поколения превысило 31.5 млн человек (рассчитано по данным [6–8]). Несмотря на большое количество пользователей 5G, по индексам роста по кварталам первых двух лет распространения поколения LTE опережает сети 5G для всех трех южнокорейских компаний (на рис. 1 приведены индексы роста численности пользователей только по SK Telecom и KT).

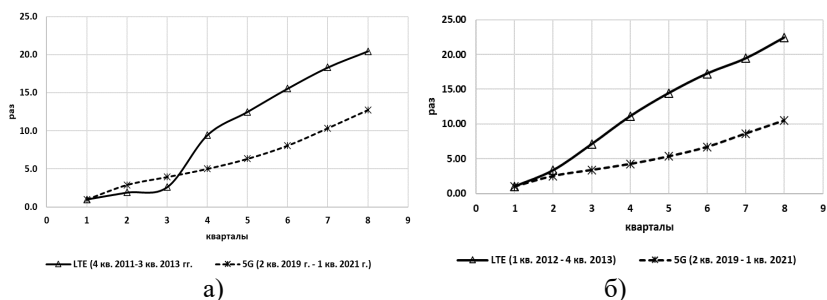


Рис. 1. Индексы роста количества подписчиков поколений технологий мобильной связи компаний относительно первого квартала их появления (1 кв.=1), а) SK Telecom (LTE: 4 кв. 2011 – 3 кв. 2013; 5G: 2 кв. 2019 – 1 кв. 2021); б) KT (LTE: 1 кв. 2012 – 4 кв. 2013; 5G: 2 кв. 2019 – 1 кв. 2021) (построено по данным [6–8]).

Ввод новых стандартов связи требует обновления сети, предоставления дополнительных услуг, что сопровождается значительным ростом капитальных вложений. Эти средства инвестируются в НИОКР, приобретение лицензий и обновление оборудования сетей. Капиталоемкость компании вырастает при переходе на новое поколение технологии мобильной связи. Так, для компании KT ввод в эксплуатацию поколения 3G в 2006–2007 гг. сопровождался ростом капиталоемкости до 20%. После внедрения поколения LTE в 2012 г. и нового роста последовало снижение капиталоемкости компании до 2019 г., когда начались работы по переходу на сети 5G. Общие индексы роста капиталовложений всех

трех южнокорейских компаний за период 2011–2022 гг. представлены на рис.2а.

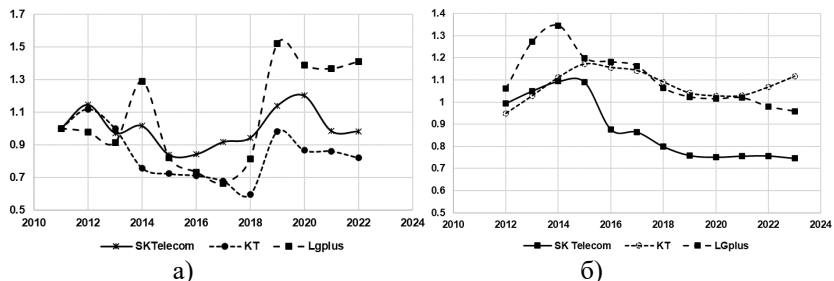


Рис. 2. Индекс роста а) капитальных вложений; б) средней выручки на 1 пользователя мобильной связи (ARPU) южнокорейских компаний, 2011 г. = 1. Расчитано по данным [6–8].

Целью развития телекоммуникационных компаний является, помимо удовлетворения потребностей пользователей, рост выручки, которая традиционно учитывается показателем средней выручки на 1 пользователя (ARPU). Ввод стандарта 5G в Южной Корее привел к росту ARPU только в компании KT, у двух других компаний выручка опять снизилась (рис.2б). Этот результат совпадает с выводами, полученными в работе [9], о том, что на современном этапе достигнута стадия насыщения в развитии сетей мобильной связи, происходит замедление роста доходов операторов.

В августе 2023 г. компания SK Telecom опубликовала отчет [10], в котором выделила проблемы, возникшие в ходе распространения мобильной связи 5-го поколения. В первую очередь, это отсутствие промышленного развития для поддержки новых услуг, которые были бы востребованы при автономном вождении, расширенной реальности, создании голограмм и цифрового двойника. Однако незрелость устройств и технологий обслуживания, низкий или отсутствующий рыночный спрос, а также проблемы политики регулирования частотами привели к снижению эффекта от 5G. Кроме того, завышенные ожидания производительности 5G не могли быть удовлетворены сразу. Из-за особенностей частотных характеристик сетей 5-го поколения потребовалось больше базовых станций по сравнению с LTE для обеспечения соответствующего покрытия.

Тем не менее, с распространением смартфонов и взрывным ростом услуг мобильного видео использование беспроводной передачи данных пользователями резко возросло, и время достижения точки насыщения для частоты LTE ускорилось. В настоящее время затраты на 1 Гб сети 5G стали на 70% дешевле, чем в LTE, поэтому пользователи технологии 5G, как правило, используют на 50% больше данных, чем LTE-клиенты [10].

Моделирование влияния сетей 5G на окружающую среду. В 2007 г. в Южной Корее принят закон о радиоволнах, согласно которому базовые станции, имеющие передающие устройства с антенной мощностью более 30 Вт, должны регулярно измерять электромагнитные поля и прилегающие территории. Компания SK Telecom ежегодно проводит такие измерения. Если в первый год было проверено 209 станций, то в 2022 г. компанией были проведены измерения электромагнитного излучения (ЭМИ) на 28343 беспроводных станциях и обнаружено, что фактическая интенсивность электромагнитных волн на них составляла менее 10% от стандарта защиты человеческого тела [11]. Однако компания располагает около 60 тыс. станциями, и измерения коснулись менее 50% от этого количества. В то же время эти стандарты различаются по странам. В России максимально допустимый уровень воздействия электромагнитного поля (ЭМП) на человека (по СанПиН) в полосах сотовой связи составляет 10 мкВт на см² тела. В большинстве стран Европы и Азии, а также США эта норма — 200–1000 мкВт [12].

Масштабные инвестиции в общенациональное сетевое оборудование 5G телекоммуникационных компаний Южной Кореи привели к увеличению потребления энергии, что, в свою очередь, увеличило выбросы парниковых газов. В то время как базовая станция LTE использует максимум 4 антенны для передачи и приема, антенны станций 5G состоят из 32 антенных элементов. Для снижения воздействия на окружающую среду компания КТ, например, разработала энергосберегающую технологию, которая была применена к коммерческим устройствам, и обеспечила снижение потребления электроэнергии на 33% (с 325 Вт до 217 Вт [13]). Экологически чистые базовые станции вводятся и компанией SK Telecom. В период с 2003 по 2015 гг. их количество выросло более чем в 15 раз (с 3.8 тыс. в 2003 г. до 58.4 тыс. станций в 2015 г.) [14].

В 2020 г. компания SK Telecom присоединилась к политике использования возобновляемой энергии. По плану компании, к 2030 г. 65% энергии, потребляемой SK Telecom, будет получено из возобновляемых источников, а к 2050 г. этот показатель должен достигнуть 100%.

Однако это потребует дополнительных затрат. Пока, по данным [14], с вводом в эксплуатацию сетей 5G уровень экологичности компании (Environmental friendliness rate) снизился с 36.1% в 2020 г. до 32% в 2022 г., а затраты на охрану окружающей среды сократились с 73.7 млн вон в 2019 г. до 38.8 млн вон в 2022 г.

Общие затраты компании на охрану окружающей среды складываются из расходов на переработку отходов, меры по энергосбережению, переоборудованию базовых станций, взносы на экологические проекты, закупку экологических продуктов и др.

Для оценки воздействия количества базовых станций с учетом ввода технологий 5G была разработана модель вида:

$$E(t) = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_2 Dum,$$

где $E(t)$ – общее количество выбросов парниковых газов, 10 тыс. т. CO₂;

X_1 — расходы на охрану окружающей среды, млн вон;

X_2 — количество базовых вышек сотовой связи, тыс. единиц;

Dum — фиктивная переменная, равная 1 в 2019–2022 гг. и 0 — в остальные годы.

За период 2003–2022 гг. получены следующие оценки параметров модели (в скобках указаны t-статистики): $a_0 = 23.6$ (5.2); $a_1 = -0.27$ (-2.2); $a_2 = 1.29$ (7.8); $a_3 = 0.28$ (2.8); $R^2 = 0.92$. В результате выявлено положительное влияние роста затрат на охрану окружающей среды на снижение выбросов парниковых газов (увеличение затрат на экологические цели ведет к снижению выбросов парниковых газов на 2.7 тыс. т), а также рост выбросов с ростом количества вышек сотовой связи (увеличение числа базовых станций на 1 тыс. единиц ведет к росту выбросов на 12.9 тыс. т, причем с вводом 5-го поколения этот рост увеличился (дополнительно на 2.8 тыс. т)). Полученные результаты согласуются с тем, что установка сетевого оборудования для 5G ведет к росту выбросов парниковых газов.

Риски и угрозы распространения сетей 5G. Существует ряд различий между 5G и предыдущими стандартами беспроводной связи. Одним из них является то, что в дополнение к частотам электромагнитных полей (ЭМП), которые используются в стандартах 3G и 4G, некоторые технологии связи 5G используют более высокие частоты ЭМП (например, в США в настоящее время используется частота 28 ГГц). Различные частоты ЭМП влияют на окружающую среду, для использования более высоких частот требуются дополнительные антенны. Одни иссле-

дователи считают, что воздействие от антенн 5G будет примерно аналогично воздействию от антенн 3G и 4G. Технология формирования луча, используемая в стандарте 5G, позволяет фокусировать радиочастотные ЭМП в той области, где они необходимы, а не распространяться на большой площади. С появлением пятого поколения мобильной связи остаются вопросы относительно потенциальных биологических эффектов нетеплового воздействия. Однако в работе [15] не получено доказательств возникновения молекулярных эффектов на клетки кожи при воздействии радиочастотных электромагнитных сигналов 5G (3.5 ГГц) в течение 24 часов, даже на уровнях, превышающих рекомендации Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) (0.08 Вт/кг).

Однако другие исследователи настаивают на проведении дополнительных исследований в области последствий распространения сетей 5G на здоровье человека [16]. Есть опасения по поводу увеличения воздействия радиочастотного излучения из-за уплотнения инфраструктуры 5G. (см, например, работы [17,18]).

Особое внимание уделяется миллиметровым и субмиллиметровым волнам технологии 5G в более высоких частотных диапазонах (от 30 ГГц до 300 ГГц). Высоочастотные сигналы миллиметрового диапазона легко блокируются зданиями, стенами, окнами и листвой, что приводит к необходимости установки множества малых сот с высокой плотностью. Это увеличивает стоимость развертывания сетей миллиметрового диапазона в больших масштабах. Кроме того, не оценены потенциальные риски для здоровья населения, хотя сотовые антенны создают дополнительные источники радиочастотного излучения (миллиметровые волны в дополнение к микроволнам).

Радиочастотные ЭМП обладают способностью проникать в тело человека, при этом основным эффектом этого является повышение температуры в открытых тканях. Воздействие радиочастотного излучения выше порогового уровня и сопровождающее его повышение температуры могут спровоцировать серьезные последствия для здоровья человека (например, тепловой удар, ожоги) [19], создавать опасность для глаз и кожи человека [20]. Кроме того, ЭМП могут вызвать «злокачественные новообразования (опухоли в головном мозге, в том числе в слуховом нерве), болезни и функциональные расстройства нервной системы, включая провокацию эпилептической готовности, заболевания, связанные с нарушением иммунного статуса» [21, с.7].

Высокочастотное электромагнитное излучение (ЭМИ) технологии 5G представляет большую биологическую проблему. На необходимость длительного периода наблюдений за воздействием сетей 5G на здоровье человека указывалось в работах [9, 16, 22, 23] и других.

Заключение. Несмотря на сопровождающие ввод в коммерческую эксплуатацию сетей 5G проблемы, количество пользователей этого поколения во всем мире продолжает расти. На январь 2024 г. на долю 5G приходилось 18% всех подписчиков мобильной связи в мире, не считая интернета вещей (IoT) [24]. Распространение поколения 5G вызвано объективным ростом спроса на больший трафик данных, большую скорость и пропускную способность мобильной связи со стороны как отдельных пользователей, так и бизнеса. В России сети 5G еще не начали разворачивать, открыты только несколько тестовых зон, поэтому есть время учесть все проблемы и риски, связанные с их распространением.

Оценка долгосрочных последствий от технологии 5G является особенно сложной задачей. Внедрение 5G произошло относительно недавно, исследования, оценивающие кумулятивные эффекты длительного воздействия излучения 5G, ограничены, хотя они могут представлять иные риски для здоровья, чем кратковременное воздействие. Поэтому задача оценки потенциального риска здоровью населения от ЭМИ в связи с внедрением сетей 5G является актуальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GSMA. The State of Mobile Internet Connectivity 2023. URL: <https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2023/10/The-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2023.pdf>
2. 5G Global Mobile Network Experience Awards 2022. URL: https://cdn.opensignal.com/public/data/reports/pdf-only/data-2022-09/5gglobalmobilenetworkexperienceawards_opensignal2022.pdf
3. *Vatu G.* How Many 5G Subscribers in the World? URL: <https://www.sellcell.com/blog/how-many-5g-subscribers-in-the-world/>
4. Benchmarking the Global 5G Experience — June 2022. URL: <https://www.opensignal.com/2022/06/22/benchmarking-the-global-5g-experience-june-2022>
5. Global 5G benchmark: South Korea’s retreat on mmWave threatens its 5G leadership. URL: <https://www.opensignal.com/2023/09/12/global-5g-benchmark-south-koreas-retreat-on-mmwave-threatens-its-5g-leadership>.

6. SK Telecom Annual Reports. URL:
<https://corp.kt.com/eng/html/investors/financial/business.html>
7. KT Annual Reports. URL:
<https://www.sktelecom.com/en/investor/lib/creport.do>
8. LGplus Annual Reports. URL:
<https://www.lguplus.com/about/en/investing/finance/audit-report>
9. *Варшавский А.Е.* Проблемные инновации: основные факторы и проблемы перехода к новому поколению сетей связи 5G // *Концепции*. №1 (41). 2022. С.18 – 35. doi: 10.34705/КО.2022.22.68.002.
10. SK Telecom 6G White Paper. URL: https://newsroom-prd-data.s3.ap-northeast-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2023/11/SKT6G-White-PaperEng_v1.0_clean_20231129.pdf
11. New door to the future. URL:
https://www.sktelecom.com/img/eng/persist_report/20210713/SSKT2019AReng.pdf
12. *Валенко А.С.* Нормы электромагнитной безопасности в Российской Федерации и за рубежом // *Молодая наука Сибири*: электрон. науч. журн. 2020. URL: <http://mnv.irkups.ru/toma/39-2020/>
13. KT 2023 ESG REPORT. URL: <https://corp.kt.com/eng/archive/ipgrpt/attach>
14. SK Telecom Sustainability Report 2005-2022. URL:
<https://www.sktelecom.com/en/esg/lib/persist.do>
15. *Joushomme, A., Orlacchio, R., Patrignoni, L.* et al. Effects of 5G-modulated 3.5 GHz ra-diofrequency field exposures on HSF1, RAS, ERK, and PML activation in live fibroblasts and keratinocytes cells // *Sci Rep*. 2023. Vol.13. P. 8305. doi: 10.1038/s41598-023-35397-w
16. *Дымова И.А.* Угрозы и риски беспроводных сетей 5G // *Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов. Выпуск 28.* – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2021. С. 124–134. doi: 10.20537/mce2021econ12.
17. Рентюк В. 5G: мифы и реальность. URL: <https://wireless-e.ru/wp-content/uploads/6104.pdf>
18. *Mercola J.* 5G Health Risks: How Much Exposure Can Humans Withstand? - 2022. URL: <https://childrenshealthdefense.org/defender/5g-emf-radiofrequency-radiation-health-risks-exposure-humans-cola/>
19. 5G. Radiofrequency - RF EMF. URL:
<https://www.icnirp.org/en/applications/5g/index.html>
20. *Харченко С. Г., Жижин Н. К., Кучер Д. Е.* Риски и проблемы развития сетей 5G в России: монография; под ред. С. Г. Харченко. – Москва: МАКС Пресс, 2022.
21. *Григорьев О.А., Зубарев Ю. Б.* Действие электромагнитной энергии беспроводной связи на человека: прогнозы роста обусловленной заболеваемости, их реализация и проблемы оценки // *Концепции*. №1 (41). 2022. С.3 – 17. doi:10.34705/КО.2022.68.54.001

22. Григорьев Ю.Г., Самойлов А.С. 5G-стандарт сотовой связи. Суммарная радиобиологическая оценка опасности планетарного электромагнитного облучения населения. — М-ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. Бурназяна ФМБА России, 2021.
23. Moon J. The relationship between radiofrequency-electromagnetic radiation from cell phones and brain tumor: The brain tumor incidence trends in South Korea. *Environ Res.* 2023. Vol.226. P. 115657. doi: 10.1016/j.envres.2023.115657.
24. GSMA. The Mobile Economy 2024. URL: <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2024/02/260224-The-Mobile-Economy-2024.pdf>

PROBLEMS OF DISTRIBUTION OF FIFTH GENERATION MOBILE COMMUNICATION TECHNOLOGY

Dubinina M.G.

The article is devoted to the analysis of the diffusion of 5th generation mobile communication technology in the world, the problems accompanying the commissioning of these networks (using the example of telecommunications companies in South Korea). In addition, risks and threats to public health from the wide diffusion of 5G networks are considered.