

## ОБЗОР ТЕКУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ MOBILE HEALTH

**М. В. Захаров\*, Р. В. Киричек, А. Е. Кучерявый**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\*Адрес для переписки: [zaharov.spbgut@gmail.com](mailto:zaharov.spbgut@gmail.com)

**Аннотация**—В последние годы значительно возросло внимание к такой теме как электронное здоровье (e-Health), а также одному из его основных направлений – мобильному электронному здоровью (mHealth). Это связано с общемировыми тенденциями, такими как повышение внимания государственных институтов к здоровью своих граждан, стремление людей сохранить своё здоровье и повысить качество жизни, цифровизация и качественный рост уровня предоставления медицинских услуг, развитие и распространение персональной носимой электронной техники и ИКТ-технологий. В статье рассмотрена типовая архитектура сети предоставления услуг mHealth, которая включает смартфон или планшет пользователя со специализированным программным обеспечением, различные устройства mHealth, как то анализатор состава продуктов питания и медикаментов или носимый биометрический сенсор, а также удаленный облачный сервер для обработки и долгосрочного хранения пользовательских данных, для подключения к которому используется сеть связи общего пользования (ССОП). В статье проводится обзор работ по тематике mHealth. В частности, отмечается, что в настоящее время российскими и зарубежными учеными активно исследуется архитектура сетей, характеристики генерируемого сетевого трафика mHealth. Рассматриваются особенности применения мобильных приложений mHealth для сбора и анализа первичных данных о состоянии здоровья пользователя. Проводятся активные исследования эффективности работы устройств mHealth, например, таких как портативные персональные инфракрасные микроспектрометры, которые способны с высокой эффективностью в полевых условиях проводить анализ состава продуктов питания и лекарственных средств. Отмечается, что подобные устройства и связанные с ними сервисы могут в самом ближайшем будущем стать достаточно востребованными.

**Ключевые слова**—Mobile Health, e-Health, Internet of Things, Internet, электронное здоровье, мобильное электронное здоровье.

### Информация о статье

УДК 004.725.7

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 10.08.20, принята к печати 23.09.20.

**Ссылка для цитирования:** Захаров М. В., Киричек Р. В., Кучерявый А. Е. Обзор текущих исследований в области Mobile Health // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 3. С. 63–70. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-3-63-70.

# OVERVIEW OF CURRENT RESEARCH IN MOBILE HEALTH

**M. Zaharov\*, R. Kirichek, A. Koucheryavy**

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\*Corresponding author: zaharov.spbgut@gmail.com

**Abstract**—In recent years, there has been a significant increase in attention to such a topic as e-Health, as well as one of its main areas - mobile e-health (mHealth). This is due to global trends, such as the increased attention of state institutions to the health of their citizens, the desire of people to maintain their health and improve the quality of life, digitalization and qualitative growth in the level of medical services, the development and dissemination of personal wearable electronic equipment and ICT technologies. The article discusses a typical architecture of a network for providing mHealth services, which includes a user's smart phone or tablet with specialized software, various mHealth devices, such as an analyzer of the composition of food and drugs or a wearable biometric sensor, as well as a remote cloud server for processing and long-term storage of user data, for connection to Internet is used. The article provides an overview of works on the mHealth topic. In particular, it is noted that at present, Russian and foreign scientists are actively studying the architecture of networks, the characteristics of the generated mHealth network traffic. Peculiarities of using mHealth mobile applications for collecting and analyzing primary data on the user's health are considered. Active research is underway on the performance of mHealth devices, such as portable personal infrared micro spectrometers, which are capable of highly efficient field analysis of food and drug composition. It is noted that such devices and related services may become quite popular in the very near future.

**Keywords**—Mobile Health, e-Health, Internet of Things, Internet.

## Article info

Article in Russian.

Received 10.08.20, accepted 23.09.20.

**For citation:** Zaharov M., Kirichek R., Koucheryavy A.: Overview of current research in Mobile Health // Telecom IT. 2020. Vol. 8. Iss. 3. pp. 63–70 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-3-63-70.

## Введение

В настоящее время все больше внимания международного научного сообщества и производителей электронной техники уделяется такой области как электронное здоровье (*e-health*) [1, 2, 3]. Это область человеческих знаний на пересечении медицины, информатики и микроэлектроники, которая призвана обеспечить предоставление медицинских услуг в электронном виде с использованием ИКТ-технологий. Последние несколько десятилетий *e-health* активно развивается, что связано со стремлением повысить качество предоставления медицинских услуг и сохранить здоровье граждан, так и в связи с повсеместным распространением ИКТ-технологий и цифровой персональной вычислительной техники.

Одним из ведущих направлений развития электронного здоровья сегодня является мобильное электронное здоровье (*mHealth*) – раздел телемедицины,

который обеспечивает предоставление медицинских услуг с использованием мобильных пользовательских устройств и при условии наличия доступа к сети Интернет для обмена информацией. Это направление стало особенно стремительно развиваться в связи с распространением в последние 10–15 лет персональной носимой цифровой электронной техники (смартфоны, планшеты, умные часы, фитнес-браслеты и т. д.).

### Типовая архитектура сети

Рассмотрим типовую архитектуру сети предоставления услуг mHealth (рис.). Обычно она включает пользовательский терминал, например, смартфон или планшет, на котором установлено специализированное приложение для предоставления услуг mHealth. Данное приложение позволяет пользователю получить доступ к медицинской помощи или производить мониторинг состояния своего здоровья самостоятельно. В таком случае это могут быть как психологические тесты или специализированные медицинские опросы, с помощью которых пользователь проводит анализ состояния своего здоровья и собирает первичные данные, после чего, при необходимости, он может обратиться к врачу.

Другим примером может послужить приложение, которое взаимодействует со сторонними устройствами, такими как «умные часы», различные медицинские сенсоры или всевозможные анализаторы состава продуктов питания и лекарственных средств. В таком случае приложение взаимодействует, а иногда даже управляет работой подобного устройства или сенсора, обеспечивает передачу первичных данных от сенсора для последующей обработки на высокопроизводительном удаленном облачном сервере при помощи сети Интернет. После обработки и отправки данных сервером приложение на смартфоне или планшете пользователя обеспечивает прием и отображение полученной от сервера информации на экране в удобном для пользователя виде.

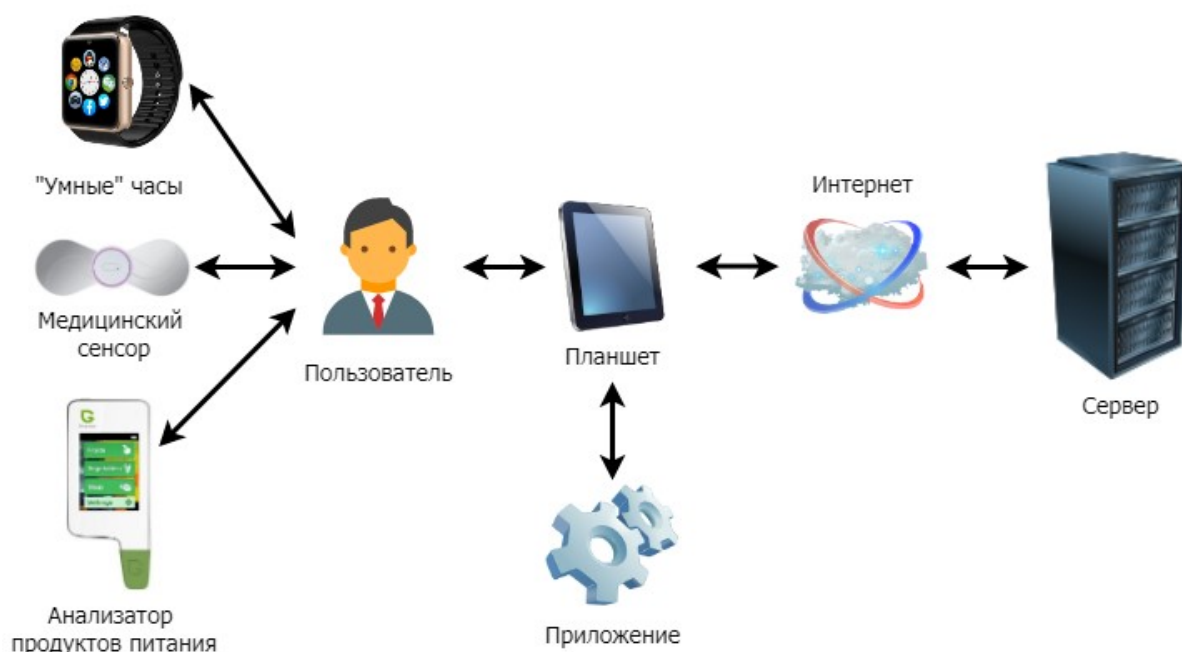


Рис. Типовая архитектура сети предоставления услуг mHealth

Следует отметить также, что некоторые устройства mHealth могут работать самостоятельно – без подключения к смартфону или планшету пользователя, т. к. они либо могут работать автономно - без подключения к сети Интернет (через смартфон или планшет), либо имеют собственные интерфейсы подключения к сети. Еще одним условием автономной работы устройства является наличие экрана для отображения информации в удобном и понятном для пользователя виде.

Как было сказано ранее, использование mHealth устройств и приложений в большинстве случаев подразумевает использование смартфона для сбора данных, а также обработка этих данных на удаленном облачном сервере. В связи с повсеместным ростом вычислительных способностей персональных электронных вычислительных устройств, а также в связи со стремлением обеспечить минимизацию задержек при передаче данных – обеспечить круговую задержку порядка десятков и единиц миллисекунд [4], кажется вполне вероятным, что в ближайшем будущем произойдет отказ об обработки данных на удаленном облачном сервере. Более рациональным с точки зрения минимизации сетевой задержки окажется обработка данных либо непосредственно на смартфоне пользователя, либо на граничном шлюзе (*Edge Gateway*) [5, 6]. В таком случае удаленный облачный сервер будет обеспечивать такие функции, как обновление приложений, учет действий абонентов и взимание платы за пользование сервисами, а также обновление баз данных служебной информации, которая необходима для проведения обработки первичных данных.

### Классификация

Конечно, в настоящий момент технологии и устройства mHealth еще не получили повсеместного распространения. Однако уже существует достаточно много как отдельных устройств<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>, так и сервисов mHealth [7, 8] которые достаточно широко используются и имеют потенциал для развития. Их можно разделить на несколько групп. К первой группе можно отнести сервисы и услуги mHealth, работа которых основана на использовании специальных устройств:

- Устройства mHealth, которые функционируют автономно – такие устройства имеют как интерфейс управления, так и дисплей. Такие устройства сами выполняют все необходимые измерения, обрабатывают полученные данные и представляют результаты в удобном для пользователя виде на собственном дисплее.

- Устройства mHealth, которые функционируют во взаимодействии со смартфоном (или планшетом), на котором установлено специализированное программное обеспечение. В таком случае устройство mHealth, которое пред-

<sup>1</sup> Nima, the world's first connected food sensor // Nima Labs, Inc.: сайт. 2020. URL: <https://blog.nimasensor.com> (дата обращения: 03.08.2020).

<sup>2</sup> FOODSniffer – a smart kitchen tool to enjoy meals safely // ARS Labs: сайт. 2020. URL: <https://www.myfoodsniffer.com> (дата обращения: 03.08.2020).

<sup>3</sup> SCiO – The World's First Pocket Sized Molecular Sensor // Consumer Physics: сайт. 2020. URL: <https://www.consumerphysics.com> (дата обращения: 03.08.2020).

<sup>4</sup> LinkSquare: Stratio Inc.: сайт. 2020. URL: <https://linksquare.io> (дата обращения: 03.08.2020).

<sup>5</sup> Tellspec scanner: Tellspec Inc.: сайт. 2020. URL: <https://www.tellspec.com> (дата обращения: 03.08.2020).

ставляет собой медицинский сенсор, смарт-браслет или даже портативный инфракрасный микроспектрометр и т. д. В таком случае устройство mHealth по команде пользователя самостоятельно проводит необходимые измерения, после чего передает собранные первичные данные на смартфон для обработки и отображения результатов.

- Устройства mHealth, которые функционируют во взаимодействии со смартфоном (или планшетом), а также с удаленным облачным сервером, на котором происходит обработка и долгосрочное хранение пользовательских данных, накапливается статистика измерений и т. д. Их отличительной особенностью является необходимость наличия доступа к сети Интернет для эффективной работы.

Во вторую группу можно отнести сервисы, работа которых основана на использовании стандартных датчиков самого смартфона и различные информационно-справочные сервисы.

- Сервисы mHealth, работа которых основана на использовании только датчиков самого смартфона. В работе таких сервисов не предполагается использование специализированных устройств mHealth. Они работают с использованием информации, получаемой с датчиков, встроенных в смартфон – гироскопа, акселерометра, датчика освещенности и т. д. Данные сервисы могут работать как с использованием облачных серверов для обработки и хранения информации, так и автономно.

- Сервисы mHealth, которые обрабатывают информацию, которую вводит сам пользователь. Это всевозможные информационно-справочные медицинские сервисы, которые помогают пользователю контролировать изменение своего самочувствия, а также сервисы, которые интегрированы в работу государственных медицинских служб и учреждений, позволяющие пользователям получить доступ к профессиональной медицинской помощи при необходимости.

### **Обзор работ**

Отечественными и зарубежными исследователями в настоящий момент представлен ряд работ, в которых проводится подробное изучение принципов работы и построения устройств и приложений mHealth, анализ характеристик генерируемого сетевого трафика, предлагаются различные варианты архитектуры сетей предоставления услуг устройствами mHealth [9].

Так, например, некоторые исследования показывают высокую эффективность использования портативных инфракрасных микроспектрометров при анализе состава продуктов питания рядовыми пользователями в повседневной жизни. Авторы этих работ провели многочисленные исследования [10, 11, 12, 13], целью которых был анализ продуктов питания с целью определения содержания в последних определенных веществ. Это направление является перспективным направлением практического использования устройств и сервисов mHealth, например, когда человеку необходимо соблюдать определенную диету или он имеет аллергию на определенные типы веществ (например, непереносимость глютена или лактозы).

Некоторые исследования показывают высокую эффективность инфракрасных микроспектрометров при определении типов лекарственных средств и входящих в них действующих веществ [14]. Вероятность верного определения ле-

картвенного препарата портативным устройством анализа составляет порядка 96 %. Поэтому данные устройства в ближайшем будущем могут найти свое применение в фармацевтике и медицине.

Другие исследования показывают больше перспективы разработки мобильных и web-приложений, которые даже без использования специализированных устройств способны помочь в повседневной жизни обычному человеку улучшить состояние своего здоровья. Например, организовать предоставление качественной медицинской помощи нуждающимся в удаленных регионах мира [15], где её бывает сложно предоставить традиционными способами. Или, например, разработать приложение mHealth, которое предназначено для определенной категории пользователей, которые подвержены или находятся в группе риска определенного заболевания [16], или просто испытывают стресс в связи с характером трудовой деятельности [17].

### Заключение

В статье рассмотрена типовая архитектура сети для предоставления услуг и сервисов mHealth, обозначены основные компоненты этой сети. Также приведена классификация услуг и сервисов. Произведен краткий обзор исследований отечественных и зарубежных авторов по тематике мобильного электронного здоровья.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-37-90140.*

### Литература

1. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
2. Кучерявый А. Е., Бородин А. С., Киричек Р. В. Сети связи 2030 // Электросвязь. 2018. № 11. С. 52–56.
3. Ахмед А. А., Блинников М. А., Пирмагомедов Р. Я., Глушаков Р. И., Кучерявый А. Е. Обзор современного состояния e-health // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 3. С. 1–13.
4. Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.
5. Forsström, S.; Kanter, T. and Johansson, O. Real-Time Distributed Sensor-Assisted mHealth Applications on the Internet-of-Things (2012) // IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, Liverpool, 2012. pp. 1844–1849. doi: 10.1109/TrustCom.2012.234.
6. Pham, V. D.; Hoang, T.; Kirichek, R.; Makolkina, M.; Koucheryavy, A. (2019) Minimizing the IoT System Delay with the Edge Gateways // In: Vishnevskiy V., Samouylov K., Kozyrev D. (eds) Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11965. Springer, Cham.
7. Volkov, I. and Radchenko, G. DiaMeter: a Mobile Application and Web Service for Monitoring Diabetes Mellitus (2020) // Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), Yekaterinburg, Russia, 2020. pp. 0384–0387. doi: 10.1109/USBREIT48449.2020.9117654.
8. Toda, T. et al. Prototype of A Medical and Dietary Record System Cloud to Support Diabetic Patient Care in Lao (2020) // 14th International Symposium on Medical Information Communication Technology (ISMICT), Nara, Japan, 2020. pp. 1–4, doi: 10.1109/ISMICT48699.2020.9152653.



9. Zakharov, M.; Muthanna, A.; Kirichek, R.; Koucheryavy, A. (2020) Real-time Molecular Analysis Methods Based on Cloud Computing // 22nd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). V. 4. pp. 620–623.
10. Thong, Y. J.; Nguyen, T.; Zhang, Q.; Karunanithi, M.; Yu, L. Predicting food nutrition facts using pocket-size near-infrared sensor (2017) // 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC). May 2017. pp. 742–745.
11. Grossi, M.; Valli, E.; Glicerina, V. T.; Rocculi, P.; Toschi, T. G.; Riccò, B. Practical Determination of Solid Fat Content in Fats and Oils by Single-Wavelength Near-Infrared Analysis // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. March 2019. vol. 8. pp. 1–8.
12. Das, A. J.; Wahi, A.; Kothari, I.; Raskar, R. Ultra-portable wireless smartphone spectrometer for rapid non-destructive testing of fruit ripeness // Scientific Reports. 2016. Vol. 6.
13. You, H.; Kim, H.; Joo, D.; Lee, S. M.; Kim, J. and Choi, S. Classification of Food Powders with Open Set using Portable VIS-NIR Spectrometer (2019) // International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), Okinawa, Japan, 2019. pp. 423–426. doi: 10.1109/ICAIIIC.2019.8668992.
14. Baik, K.; Lee, J. H.; Kim, Y. and Jang, B. Pharmaceutical tablet classification using a portable spectrometer with combinations of visible and near-infrared spectra (2017) // Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Milan, 2017. pp. 1011–1014. doi: 10.1109/ICUFN.2017.7993951.
15. Silva, B. M. C.; Rodrigues, J. J. P. C.; Ramos, A.; Saleem, K.; Torre, I. de la and Rabêlo, R. L. A Mobile Health System to Empower Healthcare Services in Remote Regions (2019) // IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom), Bogota, Colombia, 2019. pp. 1–6. doi: 10.1109/HealthCom46333.2019.9009477.
16. McGinnis, R.; McGinnis, E. W.; Petrillo, C. J.; Ferri, J.; Scism, J. and Price, M. Validation of Smartphone Based Heart Rate Tracking for Remote Treatment of Panic Attacks // in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. doi: 10.1109/JBHI.2020.3001573.
17. Liang, Z.; Tatha, O. and Andersen, L. E. Developing mHealth App for Tracking Academic Stress and Physiological Reactions to Stress (2020) // IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech), Kyoto, Japan, 2020. pp. 147–150. doi: 10.1109/LifeTech48969.2020.1570618580.

## References

1. Borodin A. S., Koucheryavy A. E. Fifth generation networks as a base to the digital economy // *Electrosvyaz*. 2017. No. 5. pp. 45–49 (in Russian).
2. Koucheryavy A. E., Borodin A. S., Kirichek R. V. Network 2030 // *Electrosvyaz*. 2018. No. 11. pp. 52–56. (in Russian).
3. Ahmed A., Blinnikov M., Pirmagomedov R., Glushakov R., Koucheryavy A.: Review of Modern State of e-Health // *Telecom IT*. 2017. Vol. 5. Iss. 3. pp. 1–13 (in Russian).
4. Koucheryavy A. E., Makolkina M. A., Kirichek R. V. Tactile internet. Ultra-low latency networks // *Electrosvyaz*. 2016. No 1. pp. 44–46 (in Russian).
5. Forsström, S.; Kanter, T. and Johansson, O. Real-Time Distributed Sensor-Assisted mHealth Applications on the Internet-of-Things (2012) // IEEE 11th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, Liverpool, 2012. pp. 1844–1849. doi: 10.1109/TrustCom.2012.234.
6. Pham, V. D.; Hoang, T.; Kirichek, R.; Makolkina, M.; Koucheryavy, A. (2019) Minimizing the IoT System Delay with the Edge Gateways // In: Vishnevskiy V., Samouylov K., Kozyrev D. (eds) Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11965. Springer, Cham.
7. Volkov, I. and Radchenko, G. DiaMeter: a Mobile Application and Web Service for Monitoring Diabetes Mellitus (2020) // Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT), Yekaterinburg, Russia, 2020. pp. 0384–0387. doi: 10.1109/USBREIT48449.2020.9117654.
8. Toda, T. et al. Prototype of A Medical and Dietary Record System Cloud to Support Diabetic Patient Care in Lao (2020) // 14th International Symposium on Medical Information Communication Technology (ISMICT), Nara, Japan, 2020. pp. 1–4, doi: 10.1109/ISMICT48699.2020.9152653.

9. Zakharov, M.; Muthanna, A.; Kirichek, R.; Koucheryavy, A. (2020) Real-time Molecular Analysis Methods Based on Cloud Computing // 22nd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). V. 4. pp. 620–623.
10. Thong, Y. J.; Nguyen, T.; Zhang, Q.; Karunanithi, M.; Yu, L. Predicting food nutrition facts using pocket-size near-infrared sensor (2017) // 39th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBC). May 2017. pp. 742–745.
11. Grossi, M.; Valli, E.; Glicerina, V. T.; Rocculi, P.; Toschi, T. G.; Riccò, B. Practical Determination of Solid Fat Content in Fats and Oils by Single-Wavelength Near-Infrared Analysis // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. March 2019. vol. 8. pp. 1–8.
12. Das, A. J.; Wahi, A.; Kothari, I.; Raskar, R. Ultra-portable wireless smartphone spectrometer for rapid non-destructive testing of fruit ripeness // Scientific Reports. 2016. Vol. 6.
13. You, H.; Kim, H.; Joo, D.; Lee, S. M.; Kim J. and Choi, S. Classification of Food Powders with Open Set using Portable VIS-NIR Spectrometer (2019) // International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC), Okinawa, Japan, 2019. pp. 423–426. doi: 10.1109/ICAIIIC.2019.8668992.
14. Baik, K.; Lee, J. H.; Kim, Y. and Jang, B. Pharmaceutical tablet classification using a portable spectrometer with combinations of visible and near-infrared spectra (2017) // Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Milan, 2017. pp. 1011–1014. doi: 10.1109/ICUFN.2017.7993951.
15. Silva, B. M. C.; Rodrigues, J. J. P. C.; Ramos, A.; Saleem, K.; Torre, I. de la and Rabêlo, R. L. A Mobile Health System to Empower Healthcare Services in Remote Regions (2019) // IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom), Bogota, Colombia, 2019. pp. 1–6. doi: 10.1109/HealthCom46333.2019.9009477.
16. McGinnis, R.; McGinnis, E. W.; Petrillo, C. J.; Ferri, J.; Scism, J. and Price, M. Validation of Smartphone Based Heart Rate Tracking for Remote Treatment of Panic Attacks // in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. doi: 10.1109/JBHI.2020.3001573.
17. Liang, Z.; Tatha, O. and Andersen, L. E. Developing mHealth App for Tracking Academic Stress and Physiological Reactions to Stress (2020) // IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech), Kyoto, Japan, 2020. pp. 147–150. doi: 10.1109/LifeTech48969.2020.1570618580.

**Захаров Максим Валерьевич** – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [zaharov.spbgut@gmail.com](mailto:zaharov.spbgut@gmail.com)

**Zaharov Maxim** – Postgraduate Student, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, [zaharov.spbgut@gmail.com](mailto:zaharov.spbgut@gmail.com)

**Киричек Руслан Валентинович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [kirichek.sut@mail.ru](mailto:kirichek.sut@mail.ru)

**Kirichek Ruslan** – Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of the Department, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, [kirichek.sut@mail.ru](mailto:kirichek.sut@mail.ru)

**Кучерявый Андрей Евгеньевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, [akouch@mail.ru](mailto:akouch@mail.ru)

**Koucheryavy Andrey** – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, [akouch@mail.ru](mailto:akouch@mail.ru)