

**В) Концепция реализации опорной сети в 5G**

Опорная сеть (ядро или Core Network) 5G разрабатывается в качестве основной для работы множества новых бизнес-приложений, при этом она по-прежнему должна обеспечивать функционирование уже действующих услуг, связанных с мобильным Интернетом, с технологиями доступа и передачей трафика. Ядро сети будет иметь модульную пластичную архитектуру и поддерживать виртуализацию сетевых функций, принципы и протоколы программного конфигурирования [11].

Гибкость сети обеспечивается посредством "расслоения" (слайсинга) сети, разбивающего физическую сеть на несколько слоёв, каждый из которых адаптирован под определённую услугу (рис. 9).

**Выводы**

Бурное развитие мобильной связи вызвало столь же бурное развитие многих отраслей науки и техники и тем самым ускорило темп нашей жизни и труда.

Уже в течение ряда лет разработчики телеком-оборудования и операторы связи во многих передовых странах активно обновляют архитектуру сетей и регламенты взаимодействия до стандарта 5G (IMT2020). В таблице приведены сравнительные параметры систем связи.

Наша страна активно участвует в разработке и внедрении новой системы связи. Стратегическим направлениям

Параметры	IMT Advanced	IMT2020
Скорость на пользователя (Мбит/с)	10	100
Эффективность использования спектра	×1	×3
Мобильность пользователя (км/ч)	350	500
Задержка (мс)	10	1
Плотность терминалов (устройств на км <sup>2</sup> )	5	6
Эффективность использования энергии в сети	×1	×100
Ёмкость трафика на ед. площади (Мбит/с/м <sup>2</sup> )	0,1	10
Пиковая скорость (Гбит/с)	1	20

внедрения промышленного интернета вещей посвящена одна из семи дорожных карт развития цифровых технологий в России до 2024 г., разработанных корпорацией "Ростех" [12].

Технология 5G находится на стадии внедрения на отдельных объектах и территориях. Она будет развиваться в комплексе с теорией и практикой коллективной коммуникации, будет опираться на развивающиеся рынки и индустрии.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Серопегин В. Мобильная связь стандарта GSM. — Радио, 2022, № 8, с. 7—11.
2. Серопегин В. Развитие сети GSM. — Радио, 2022, № 9, с. 7—13.
3. 3GPP TR 38.913. Study on scenarios and requirements for next generation access technologies. — URL: <https://www.atis.org/wp-content/uploads/3gpp-documents/Rel16/ATIS.3GPP.38.913.V1600.pdf> (23.08.22).
4. 3GPP TR 38.801. Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces. — URL: <https://panel.castle>

[cloud/view\\_spec/38801-e00.pdf](https://cloud/view_spec/38801-e00.pdf) (23.08.22).

5. Тихвинский В. А., Терентьев С. В., Коваль В. А. Сети мобильной связи 5G: технология, архитектура и услуги. — М.: Медиа-Паблишер, 2019.

6. Гольдштейн Б. Инфокоммуникационные сети и системы. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019, 208 с.

7. Перри Ли. Архитектура интернета вещей. — М.: ДМК, 2020.

8. Степутин А. Н., Николаев А. Д. Мобильная связь на пути к 6G. Том 2. — М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2021, 416 с.

9. Натан Марц, Джеймс Уоррен. Большие данные. — М., СПб., Киев: Вильямс, 2016.

10. Бакулин М. Г., Варукина Л. А., Крейнделин В. Б. Технология ММО. Принципы и алгоритмы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022, 244 с.

11. Варукина Л. А. 5G: В новый 2017 год — с новым стандартом 5G. Обзор технологии и статус стандартизации. — URL: [www.mforum.ru/news/article/117626.htm](http://www.mforum.ru/news/article/117626.htm) (23.08.22).

12. Tadviser — портал выбора технологий и поставщиков. — URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (23.08.22).

**К 65-летию запуска первого искусственного спутника Земли**

**Университетские разработки малых космических аппаратов и космические эксперименты, реализуемые на их основе**

**С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, г. Курск, С. САМБУРОВ, г. Королёв Московской обл., О. АРТЕМЬЕВ, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл., Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук, С. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, Д. ДОБРОСЕРДОВ, Д. ЗАРУБИН, А. ЩИТОВ, Д. КОПТЕВ, г. Курск**

Современные малые космические аппараты (МКА) формата CubeSat 3U означают новое перспективное направление развития средств космической техники [1]. Они являются авто-

номными исследовательскими роботизированными лабораториями, функционирование которых основано на различных физических, механических, энергетических, электронно-вычисли-

тельных, приёмопередающих принципах работы элементов и подсистем [2, 3]. Особенность эксплуатации МКА в околоземном пространстве и ограниченность дистанционного управления

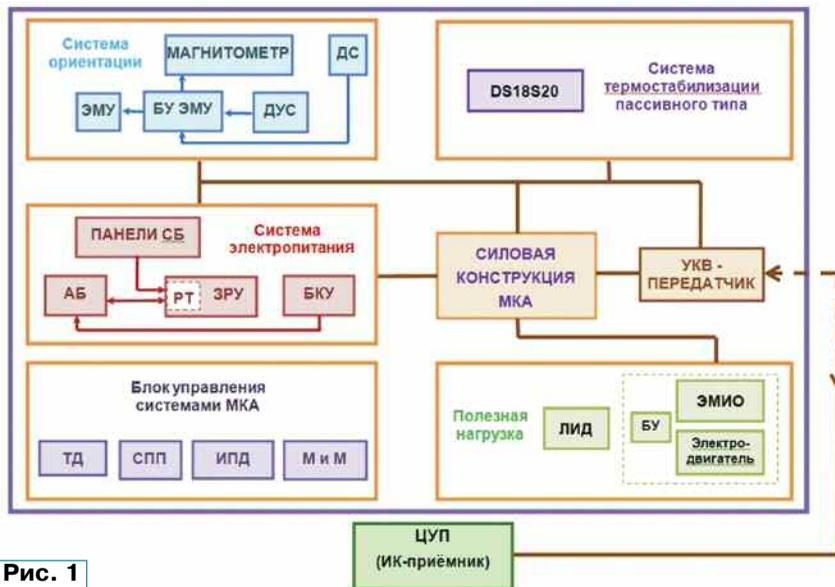


Рис. 1

(воздействие ионизирующего излучения, задержка сигнала, помехи радиопередающего оборудования Земли и др.), а также существенные затраты на запуск МКА в космос обуславливают необходимость постоянного совершенствования конструкции платформы, материалов, электронной компонентной базы и технологии изготовления модулей и подсистем МКА.

тельные научно-технические проекты. При их изготовлении используются доступные компоненты, как правило, даже не проходящие сертификацию для применения в условиях космоса, с негерметичным исполнением корпуса спутника. Основная экономия имеет три составные части: недорогие комплектующие, дешёвые студенческие рабочие руки и зачастую поддерживаемый госу-

непосредственное участие в практической работе, содержащей все основные этапы реальных проектов. Второе направление, так называемое "промышленное", инициируется космическими фирмами и агентствами с целью создания серьёзных проектов, имеющих прикладное целевое назначение [4].

Различные университетские разработки МКА ("Аист", "Бауманец", "Часки", "Танюша", "Ярило" и др.) направлены на приобщение школьников и студентов к космическим исследованиям и популяризации космических исследований [4, 5]. В них, как правило, полезная нагрузка представляется единственным функциональным блоком — любительским приёмопередатчиком для передачи или приёма информационных сообщений с наземных радиостанций. Проведение телеметрических измерений МКА, измерений характеристик вакуума, а также передача полученных данных по командам с Земли представляет ещё одно направление разработки модулей полезной нагрузки с привлечением к работам школьников и студентов. Подобные проекты служат источником совершенствования конструкции МКА в части геометрической, энергетической оптимизации бортовых систем, что позволяет в дальнейшем создавать МКА с расширенными структурно-функциональными возможностями [5].

Проектно-конструкторской деятельностью в части создания МКА формата CubeSat 3U с начала XXI века занимается Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Томский национальный исследовательский государственный университет, Юго-Западный государственный университет, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Дальневосточный федеральный университет, ООО "Спутник" (г. Москва), Лаборатория "Астрономикон" (г. Москва), Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королёва, ООО "Синергия" (г. Санкт-Петербург) и др. [2]. В результате многочисленных проектов сложилась типовая структура аппаратов формата CubeSat 3U, содержащая подсистемы энергообеспечения, стабилизации и ориентации, управления, связи и модули полезной нагрузки (рис. 1).

Дальнейшее развитие МКА связывается с вопросами расширения возможностей подсистем (увеличение ёмкости и числа циклов зарядки аккумуляторных батарей, повышение прецизионности системы стабилизации, введение адаптивного режима расхода электроэнергии, внедрение помехозащищённых устройств на передачу данных, обеспечение манёвренности и др.), построения модульной конструкции аппаратов и оптимизации размещения подсистем, увеличение функциональных возможностей модулей полезной нагрузки. В этом вопросе ведущие университеты-разработчики в основном работают самостоятельно, предлагая зачастую оригинальные технические решения, достойные интереса разработчиков космических аппаратов более тяжёлых классов.

Юго-Западный государственный университет (далее — ЮЗГУ) с 2011 г.



Рис. 9

Как известно, выделяются два основных направления, по которым развиваются МКА [4]. Первое направление считается "университетским". Оно базируется на идее "лучше, быстрее, дешевле", провозглашённой в американской программе NASA X2000. Космические аппараты, разработанные по такой идеологии, представляют люби-

дарством вывод на орбиту. Такие МКА, конечно, не предназначены для решения сложных научных или прикладных задач. Полезная нагрузка имеет своей целью проверку её работоспособности в условиях космоса перед использованием в дорогостоящих проектах. Главным результатом такого подхода является обучение специалистов через

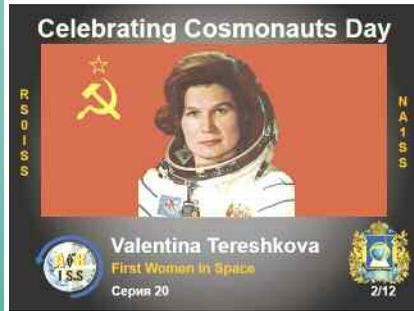


Рис. 10

ведёт исследования и разработки МКА, создав собственную технологию проектирования, конструирования и изготовления таких аппаратов. За этот период было создано и запущено свыше 20 аппаратов с различной полезной нагрузкой в интересах отечественных и зарубежных заказчиков. В июле 2022 г. была выведена на орбиту группировка МКА, состоящая из восьми аппаратов, полностью изготовленных в ЮЗГУ, и двух аппаратов, изготовленных в кооперации с Рязанским государственным радиотехническим университетом им. В. Ф. Уткина (рис. 2 на 2-й с. обложки) [3]. В циклограмму работы МКА заложена передача голосовых сообщений, поэтивно-

го и изображений SSTV, а также телеметрии.

В 2022—2023 гг. планируются к запуску ещё два аппарата ЮЗГУ для проведения научно-исследовательских экспериментов.

Среди реализованных функциональных возможностей МКА, созданных Юго-Западным государственным университетом, в ряде проектов можно выделить [2]:

- передача приветственных сообщений на 15 языках, телеметрия, фотографирование Земли;
- мониторинг земной поверхности в оптическом и ИК-диапазонах,
- научно-образовательные эксперименты в интересах России и Перу по

исследованию характеристик вакуума; — передача в наземный центр сообщений о состоянии систем МКА и результатов измерений физического состояния околоземной среды; — космический эксперимент по материаловедению, тестированию средств связи.

Выполнение проектов осуществлено в рамках научно-образовательного космического эксперимента "Радиоскаф", начатого в 2006 г. и продолжающегося в 2022—2023 гг. совместно с Ракетно-космической корпорацией "Энергия" им. С. П. Королева [6]. Этот научно-образовательный космический эксперимент является основой для отработки технологий изготовления и эксплуатации образцов космической техники в интересах проверки работоспособности приёмопередающей, измерительной и иной аппаратуры, а также вовлечения талантливой молодёжи в проектно-исследовательскую деятельность [2].

В рамках популяризации средств космической техники, образовательных программ космической направленности ЮЗГУ регулярно проводит сеансы космической связи школьников и студентов с космонавтами, находящимися на борту Международной космической станции (МКС). Такой сеанс состоялся в мае 2022 г., в котором приняли участие свыше 30 курских школьников и студентов. Дети задавали свои вопросы лётчику-космонавту, герою России, почётному профессору ЮЗГУ Олегу Германовичу Артемьеву в рамках экспедиции МКС-67 и получили ответы с борта МКС (рис. 3 на 2-й с. обложки).

Дальнейшие работы по совершенствованию конструкции МКА направлены на исследования, позволяющие:

- увеличить ёмкость и сократить время зарядки аккумуляторных батарей;
- повысить длительность приёма-передачи за счёт внедрения системы активной ориентации, создаваемой на основе четырёхосевого гироскопа и векторного процессора;



Рис. 11



Рис. 12

- изменять режим работы аппарата в зависимости от объёма накопленной энергии (адаптивная модель управления по остатку энергообеспечения МКА);
- передавать телеметрию и голосовые сообщения в параллельном режиме за счёт модификации блока частотной модуляции;
- изменять полётное задание в реальном режиме времени за счёт расширения системы команд бортового вычислительного модуля;
- обеспечить работоспособность технических решений по прецизионной стабилизации МКА;
- повысить эффективность решения прикладных задач созданием группировки взаимодействующих МКА (mesh-сети) и др.

Также успешно продолжается радиолюбительская деятельность на МКС по космическому эксперименту "О Гагарине из Космоса". Лётчик-космонавт О. Г. Артемьев во время экспедиции МКС-67 провёл замену радиостанции KENWOOD D710 на более совершенную этого же типа, при этом качество связи заметно улучшилось.

В 2022 г. с борта МКС были успешно проведены сеансы космической связи со следующими населёнными пунктами: г. Курск (ЮЗГУ), г. Липецк, детский центр Нижегородской области, г. Благовещенск (АмГУ), г. Владивосток (на паруснике "Надежда"), г. Москва (МГТУ им. Н. Э. Баумана и Институт космических исследований РАН), г. Казань, г. Уфа (Уфимский государственный авиационный технический университет и школа одарённых детей), г. Азнакаево (Татарстан), г. Саранск (Мордовия) и др.

11 августа 2022 г. члены экспедиции МКС-67 О. Артемьев, С. Корсаков, Д. Матвеев провели сеанс связи в честь 60-летия полёта А. Г. Николаева с его родной с. Шоршелы Чувашской республики, а затем радиостанция была переведена в автоматический пакетный режим APRS. Теперь радиолюбители между проведением голосовых сеансов связи и передачей SSTV-изображений могут посылать и принимать сообщения

из почтового ящика радиостанции МКС.

С целью дальнейшей популяризации и развития интереса к космическому эксперименту "Радиоскоф" ЮЗГУ запустил новый проект — "дипломную поисково-отчётную программу" для радиолюбителей по всему миру. Суть её заключается в том, что радиолюбители проводят сеансы связи со спутниками ЮЗГУ, а полученные декодированные данные присылают в университет в виде оформленного отчёта. В случае успешного приёма одного голосового сообщения, одного изображения и телеметрии от одного спутника радиолюбитель получает QSL-карточку участника. На рис. 4 на 2-й с. обложки приведены

русскоязычная и англоязычная версии этой карточки.

Если радиолюбитель принимает по десять сообщений каждого типа, тогда кроме QSL-карточки, он получает ещё диплом (рис. 5 на 1-й с.), показывающий наличие начальных профессиональных навыков и умений работы с радиостанцией.

В течение месяца свои QSL-карточки и дипломы по запущенной "дипломной поисково-отчётной программе" получили радиолюбители из России, Беларуси, США, Бразилии, Польши, Германии, Греции, Франции, Люксембурга, Аргентины, Китая, Судана, Испании, Японии. Высокий интерес к запущенному проекту свидетельствует об успешности проведения космического эксперимента "Радиоскоф" и повышенном внимании к космическим исследованиям и университетским МКА формата CubeSat 3U у мирового сообщества.

Валерий Сушков — радиолюбитель и путешественник (позывной RM0L) — руководитель проекта "Россия космическая" выпустил сувенирные QSL-карточки (рис. 6 на 1-й с.) и памятный конверт (рис. 7 на 1-й с.), где отражена вся история радиолюбительства на МКС по настоящее время.

Сейчас продолжается выпуск радиолюбительских дипломов за проведение сеансов связи с экипажами МКС (рис. 8 на 1-й с.).

Продолжается эксперимент по передаче SSTV-изображений с борта МКС. На рис. 9 приведены изображения SSTV серии 19, которые передавались 27 декабря 2021 г., и серии 20, передаваемые 12 апреля 2022 г. (рис. 10).

В честь великого русского учёного, основоположника ракетно-космической техники Константина Эдуардовича



Рис. 13

Циолковского 1 сентября 2022 г. на парадной площади ЮЗГУ открыт памятник (рис. 11), который станет культурно-историческим местом г. Курска. А НИИ космического приборостроения и радиоэлектронных систем ЮЗГУ получил имя К. Э. Циолковского.

В Ракетно-космической корпорации "Энергия" продолжается подготовка экипажей МКС по системе радиолобительской связи и радиолобительским космическим экспериментам, которые планируются к выполнению полёта на МКС в 2023 г. На рис. 12 главный специалист Ракетно-космической корпорации "Энергия" Сергей Николаевич Самбуров (слева) проводит занятия по радиолобительской связи с космонавтами Николаем Чубом (справа на переднем плане) и Андреем Федяевым.

На борту МКС находится апрельский номер журнала "Радио" за этот год

(рис. 13), который с интересом читает экипаж.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Артемьев О., Самбуров С., Шиленков Е., Фролов С., Щитов А.** Результаты автономного космического полёта интеллектуальной группировки МКА в рамках космического эксперимента "РадиоСкаф". — Радио, 2020, № 4, с. 18—23.
2. **Артемьев О., Самбуров С., Емельянов С., Ларина О., Шиленков Е., Титенко Е., Фролов С., Добросердов Д., Зарубин Д., Щитов А.** Радиолобительские проекты на МКС. — Радио, 2021, № 4, с. 7—12.
3. **Емельянов С., Шиленков Е., Титенко Е., Щитов А., Добросердов Д., Зарубин Д., Титенко М., Разиньков К.** Космический эксперимент "Радиоскаф" на МКС: достижения и перспективы разработки студенческих МКА. — Радио, 2022, № 4, с. 7—11.

4. **Абламейко С. В., Саечников В. А., Спиридонов А. А.** Малые космические аппараты: пособие для студентов факультетов радиопрофики и компьютерных технологий, механико-математического и географического. — Минск: БГУ, 2012, 159 с.

5. **Салиев Е. Р., Тютюнник Н. Н., Щеголов Г. А.** О проектировании малого космического аппарата на основе открытой модульной архитектуры. — Космонавтика и ракетостроение, 2019, № 1, с. 131—142.

6. **Самбуров С. Н., Артемьев О. Г., Шиленков Е. А., Фролов С. Н., Титенко Е. А., Щитов А. Н.** Результаты проведения 5 этапа космического эксперимента "Радиоскаф"/Научное значение трудов К. Э. Циолковского: история и современность. Материалы 55-х научных чтений памяти К. Э. Циолковского. — Калуга, 2020, ч. 2, с. 192—196. — URL: [https://readings.gmik.ru/abstracts\\_2020\\_part\\_2.pdf](https://readings.gmik.ru/abstracts_2020_part_2.pdf) (05.09.22).

# НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

## РОССИЯ

**БАШКОРТОСТАН.** В Белорецке началось вещание Comedy Radio на частоте 92,7 МГц. В Янауле на частоте 90,8 МГц зазвучала радиостанция DFM.

**БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ.** Радиостанция RFM начала своё вещание в г. Короча. Станцию можно услышать на частоте 105,6 МГц. Это уже четвёртый город вещания радиоканала. Радиоканал RFM — музыкальная радиостанция с динамичной структурой. Радиоканал рассчитан на молодых людей в возрасте 18—39 лет. Формат Radio Free Music — в буквальном смысле означает "без ограничений". В эфир может попасть любая популярная в данный момент композиция. Популярность оценивается аналитическим способом по данным нескольких стрим-сервисов определённой категории.

**КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** В июле 2022 г. к сети вещания радио DFM присоединился г. Калининград. Радио DFM можно услышать на частоте 92,8 МГц. Передатчик мощностью 0,11 кВт охватывает сигналом 600 тыс. человек — более половины жителей области (источник — URL: <https://rmg.ru/news/kaliningrad-novyy-gorod-veshaniya-radio-dfm> (19.08.22)).

**КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ.** В августе 2022 г. в Абинске появились сразу две новых радиостанции. На частоте 93 МГц (стерео) запустили радио "Маруся FM", а на 98 МГц — "Радио Дача".

В г. Сочи на текущий момент УКВ-эфир представлен следующими радиостанциями:

- 87,5 МГц — "Вести FM";
- 88,3 МГц — "Радио России";
- 89,2 МГц — "Маяк";

- 100,6 МГц — "Казак FM";
- 101,1 МГц — "Автораддио";
- 101,9 МГц — "Серебряный дождь";
- 102,5 МГц — "Радио Шансон";
- 103,1 МГц — "Русское радио";
- 103,7 МГц — "Радио Дача";
- 104,4 МГц — "Европа Плюс";
- 104,8 МГц — "Новое радио";
- 105,2 МГц — "Наше радио";
- 105,7 МГц — "Первое радио";
- 106,1 МГц — NRJ;
- 106,9 МГц — "Дорожное радио";
- 107,4 МГц — "Макс FM";
- 107,9 МГц — "Ретро FM".

**КРЫМ.** 5 августа 2022 г. началось вещание Love Radio на одном из самых популярных курортов южного берега Крыма — в г. Ялта. Частота вещания — 96,8 МГц, потенциальная аудитория — 92,6 тыс. человек (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/9566.htm> (19.08.22)).

**ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ.** С 1 августа 2022 г. в Липецке на частоте 103,7 МГц вместо Радио "Комсомольская Правда" зазвучало Comedy Radio.

**МОСКОВСКАЯ ОБЛ.** В лицензию на деятельность по телерадиовещанию Л033-00114-77/00058283 (вещание принадлежащего ВГТРК радиоканала "Радио России") были добавлены ещё три частоты в городах Московской области. В Воскресенске к уже имеющейся частоте 102,8 МГц была добавлена частота 103,3 МГц (пункт установки передатчика — деревня Кузьминки в Егорьевском районе). Новая частота 97,8 МГц в Серпухове для "Радио России" будет третьей, поскольку его и по сей день можно услышать на частоте 103,5 МГц (трансляция из рабочего посёлка Заокский в Тульской области) и на частоте 104 МГц. На последней частоте вещание главного радио страны осуществляется с программами подмосковной радиостанции "Радио 1". В Ступино к уже имеющейся частоте

100,3 МГц, на которой продолжается вещание "Радио России" с программными врезками подмосковного "Радио 1", была добавлена частота 90,1 МГц (пункт установки передающего оборудования — деревня Алфимово Ступинского района). Мощность каждого из трёх новых передатчиков — 100 Вт, заявленное в лицензии время вещания во всех случаях — с 02:00 до 22:00 ежедневно.

На частотах, на которых ранее планировалось к запуску вещания радиостанции "Хорошее Радио" в Волоколамске и Шаховской Московской области, будет вещать "Радио Ваня". Кроме того, ожидается и возвращение "Радио Ваня" в УКВ-диапазон Можайска (ранее вещание было на частоте 87,7 МГц, сейчас на этой частоте можно услышать "Ретро FM"). Новые частоты вещания и мощности передатчиков (по лицензии Л033-00114-77/00060914): Волоколамск — 88,5 МГц (мощность передатчика — 100 Вт), Можайск — 91,8 МГц (мощность передатчика — 100 Вт), Шаховская (пункт установки передатчика — Княжи Горы), частота вещания — 105,2 МГц (мощность передатчика — 100 Вт) (источник — URL: <https://rkn.gov.ru/mass-communications/reestr/tele-radio/?id=%CB033-00114-77%2F00060914> (19.08.22)).

**НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ.** Роскомнадзор переформировал лицензию на радиовещание для компании "Выкса-Медиа". С 1 августа 2022 г. на частоте 102,1 МГц вместо "Серебряного дождя" зазвучал "Пионер FM", сообщает информационное агентство "Выкса.РФ". По словам гендиректора "Выксы-Медиа" Дмитрия Смирнова, решение о сотрудничестве с новой радиостанцией связано с перспективами развития компании. Работа СМИ предполагает поиск интересных форматов и постоянное обновление проектов, чтобы расширять аудиторию слушателей. История выксунского радио богата и началась ещё в 1928 г. Более 90 лет коллектив находится в творческом движении. Радиостанция "Пионер FM" является востребованной как у людей зрелого

Примечание. Время всюду — UTC.  
Время MSK = UTC + 3 ч.