

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Примей статей — e-mail: mail@radio.ru

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.09.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последст-
вия использования опубликованных материалов, но принимает меры по ис-
ключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в из-
вестность автора. При этом редакция получает исключительное право на
распространение принятого произведения, включая его публикации в жур-
нале "Радио", на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух
месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним
справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет
право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом мес-
те без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-
вращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала "Радио",
их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично,
допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 02565-25 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции
журнала «Радио» находится под
защитой Dr.Web — антивирусных
продуктов российского разработ-
чика средств информационной
безопасности — компании
«Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

РИНЕТ

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571

E-mail:
info@rinet.ru

Сайт:
www.rinet.ru

Улучшая 5G

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"Кто идёт медленно и не спеша,
тому не длинна никакая дорога; кто
терпеливо готовится в путь, тот
непрерывно приходит к цели".*

Жан де Лабрюйер

Казалось бы, 2019 г. был совсем недавно и
запомнился он развёртыванием совершенно
новых на тот момент сетей мобильной связи пято-
го поколения (5G), о начале развития которых уже
шла речь на страницах журнала. Однако вот уже
готов и его улучшенный вариант 5G-Advanced
(5G-A), который улучшает многое из того, чем
обладал предшественник, работающий с радио-
интерфейсом 5G NR (New Radio).

Как известно, развитием стандартизации
сетей мобильной связи во всём мире руководит
консорциум, разрабатывающий соответствую-
щие спецификации 3GPP или 3rd Generation
Partnership Project и навеки запечатлевший в
своём названии именно третье поколение, с кото-
рого, собственно, началось активное развитие
мобильной передачи данных. И с тех пор каждый
опубликованный релиз 3GPP привносит новое
качество в указанные сети и предоставляет новые
услуги их пользователям.

В 2025 г. появились публикации про развёрты-
вание сетей 5G-Advanced, потому что в Китае за-
пустили сеть 5.5G, что, кстати, означает то же самое,
что и 5G-Advanced. Первым мобильным оператором
в Китае, который предоставил своим абонен-
там доступ к сетям 5G-Advanced, стал China Tele-
com, крупнейший на китайском рынке мобильной
связи. Запуск сетей состоялся 17 мая 2025 г.
Непосредственно коммерческому запуску сетей
5G-A в Китае предшествовала длительная подго-
товка. Она включала в себя тестирование на тер-
ритории почти всей страны. Как пишет MyDrivers,
проверка связи проходила во всех провинциях
Китая, и на момент запуска доступ к китайским
сетям 5G-A должен появиться у 50 млн человек.

Как сообщил портал MyDrivers, максимальная
скорость передачи данных в таких сетях в десять
раз выше на фоне обычных сетей 5G — 10 Гбит/с
против 1 Гбит/с. При этом 10 Гбит/с означает
1,25 ГБ/с, поэтому сети 5G-A позволяют скачи-
вать стандартный 1,45-гигабайтный фильм чуть
более, чем за секунду. Однако же отнюдь не толь-
ко этими скоростями, разницу в которых обычный
пользователь вряд ли заметит, интересен 5G-A.
Прежде всего, он впервые добавляет функции,
ориентированные на корпоративные сценарии
использования. Но обо всём по порядку.

К настоящему моменту сети 5G дошли до пока-
зателей, при которых чистая скорость передачи
данных уже перестаёт играть решающую роль.
Теперь на первый план выходит время отклика —
столь важное, к примеру, для любителей сетевых
игр. Основное предназначение 5G — перевод
отраслей, которые сейчас используют проводную
инфраструктуру, на беспроводный аналог. Умный
город, транспортная сфера, сельское хозяйство,

промышленность — всё это с переходом на сети 5G станет развёртывать проще и быстрее.

Как известно, 5G имеет две стадии развития. Прежде всего, это 5G NSA (Non Stand Alone) или гибридный неавтономный стандарт с использованием ядра сети 4G и базовых станций с поддержкой 4G и 5G, который использовался при появлении нового поколения. Полностью автономные сети 5G SA (Stand Alone) — это уже полноценные сети 5G с новым ядром и базовыми станциями.

Соответственно, задержка в сетях 5G NSA аналогична сетям 4G (25...30 мс). Но для "настоящих" сетей 5G впервые был реализован подход гарантированного времени отклика сети URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) около 1...2 мс. На практике скорости передачи данных в коммерческих сетях 5G

достигают около 1,5 Гбит/с в направлении к абоненту и 100...200 Мбит/с — от абонента. Однако на практике разницу между сетями SA и NSA обычный пользователь с 5G-смартфоном едва ли заметит. Однако при использовании 5G в медицине или беспилотном транспорте, где время отклика имеет решающее значение, величины задержек являются критичными.

5G-A имеет в арсенале усовершенствованную технологию множественного ввода и множественного вывода (Massive MIMO — Multiple Input—Multiple Output) и обновления безопасности для новых возможностей искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML — Machine Learning).

Благодаря появлению новых функций 5G-A предлагает такие приложения, как простирающаяся вплоть до голографии расширенная реальность (XR — Extended Reality), промышленный Интернет вещей (IIoT — Industrial Internet of Things) и интеллектуальное сельское хозяйство (за рубежом и у нас термин пока не прижился). Также 5G-A уже помогает 3GPP формулировать зарождающиеся технические спецификации следующей ступени развития мобильной связи — 6G.

На рисунке (по материалам Dell'Oro Group) показана существующая и перспективная хронология развития 5G. Впервые описанный в 3GPP Release 18 5G-Advanced (5.5G) значительно повышает эффективность сети и пропускную способность, уменьшает задержку и улучшает покрытие. 5G-A представляет собой существенные улучшения в Massive MIMO, увеличивая пропускную способность как восходящего, так и нисходящего канала. Это позволяет абонентскому оборудованию более эффективно использовать одни и те же временные и частотные ресурсы, увеличивая ёмкость сети. По некоторым оценкам усовершенствования MIMO, улучшенное управление лучом и полнодуплексные технологии в сочетании с другими достижениями, включая многодиапазонную обслуживающую соту (MB-SC — Multi-Band — Serving Cell) и чрезвычайно большую



достигают около 1,5 Гбит/с в направлении к абоненту и 100...200 Мбит/с — от абонента.

Однако на практике разницу между сетями SA и NSA обычный пользователь с 5G-смартфоном едва ли заметит. Однако при использовании 5G в медицине или беспилотном транспорте, где время отклика имеет решающее значение, величины задержек являются критичными.

5G-A имеет в арсенале усовершенствованную технологию множественного ввода и множественного вывода (Massive MIMO — Multiple Input—Multiple Output) и обновления безопасности для новых возможностей искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML — Machine Learning).

Благодаря появлению новых функций 5G-A предлагает такие приложения, как простирающаяся вплоть до голографии расширенная реальность (XR — Extended Reality), промышленный Интернет вещей (IIoT — Industrial Internet of Things) и интеллектуальное сельское хозяйство (за рубежом и у нас термин пока не прижился). Также 5G-A уже помогает 3GPP формулировать зарождающиеся технические спецификации следующей ступени развития мобильной связи — 6G.

На рисунке (по материалам Dell'Oro Group) показана существующая и перспективная хронология развития 5G.

Joint Transmission) в неидеальных сценариях синхронизации и транзитных сетях, таких как несовпадение времени, переменная задержка и потеря пакетов;

- расширения возможностей миллиметровых волн (mmWave) с акцентом на повышение мобильности и проникающих характеристик как внутри помещений, так и вне помещений;

- поддержки полосы пропускания 5 МГц для устройств 5G NR-Light с ограниченной ёмкостью (RedCap) в диапазоне частот FR1 (радиочастотный диапазон 5G: FR1 — 450...6000 МГц, FR2 — 24250...52600 МГц);

- улучшения обратной связи по информации о состоянии канала (CSI), что имеет решающее значение для улучшения формирования луча и общей производительности сети;

- оптимизации динамического совместного использования спектра (DSS — Dynamic Spectrum Sharing);

- объединения (долгожданного) наземной и спутниковой связи в единый стандарт.

В сетях 5G возможны четыре вида дуплекса:

- частотное разделение каналов (FDD — Frequency Division Duplex);

- временное разделение каналов (TDD — Time Division Duplex);

- дополнительный канал линии "вверх" (SUL — Supplementary Uplink);

- дополнительный канал линии "вниз" (SDL — Supplementary Downlink).

Технология 5G RedCap, известная также как 5G NR-Light, предназначена для таких приложений, как носимые устройства, датчики IIoT и видеонаблюдение, не требующих от сети каких-либо жёстких технических характеристик. 5G RedCap предлагает сочетание возможностей по умеренной пропускной способности, меньшей сложности и увеличенному времени автономной работы и плотности устройств, необходимых для экономического обеспечения различных вариантов использования, которым не всегда требуются высокопроизводительные возможности обычной технологии 5G.

Новые возможности, появляющиеся благодаря ИИ и ML, призваны ещё больше повысить спектральную эффективность и производительность сетей 5G-Advanced (и 6G). Релизы 15—17 уже включают некоторые функции ИИ/ML. 5G-Advanced предлагает усовершенствования ИИ и машинного обучения в радиоподсистеме RAN (Radio Access Network или наземная инфраструктура такой сети), включая радиоинтерфейс. Кроме того, интеллектуальная RAN и аналитика на ос-



нове ИИ помогут операторам повысить производительность и одновременно решать проблемы с сетью до того, как они станут проблемой. В частности, это касается управления диаграммой направленности, адаптации к динамическим условиям окружающей среды и оптимизации передаваемой информации. ИИ и ML помогают также оптимизировать сегментацию сети за счёт прогнозирования и смягчения помех в режиме реального времени, а также улучшения работы обратной связи, модуляции и схем кодирования в зависимости от состояния канала связи (CSI — Channel State Information).

Ожидается, что ИИ и ML повысят точность прогнозирования сетевого трафика, оптимизируют балансировку нагрузки между микро- и макросетями, а также позволят получать более точное позиционирование внутри помещений при недоступности глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS — Global Navigation Satellite System). Наконец, ожидается, что внедрение ИИ и ML в структуру сети позволит вести предупреждающее обслуживание во имя поддержки качества передачи информации.

В 5G-A обсуждаются и реализуются важнейшие улучшения для повышения информационной безопасности, в том числе:

- обновление протоколов аутентификации для пограничных взаимодействий клиента и сервера;

- расширение протокола N32 Interconnect Security (PRINS) для размещения роуминговых концентраторов и посредников;

- обновление сервисноориентированной архитектуры (SBA — Service-Based Architecture) с помощью нового автоматизированного управления сертификатами в облачных средах — включение профиля для протокола управления сертификатами (CMP — Certificate Management Protocol), разработанный IETF (Internet Engineering Task Force — открытое международное сообщество проектировщиков, учёных, сетевых операторов и провайдеров, которое занимается развитием протоколов и архитектуры сети Интернет);

- внедрение 256-разрядных алгоритмов шифрования и защиты целостности радиоинтерфейса, в том числе 256-разрядной версии алгоритма аутентификации MILENAGE (используемого со времён 2G/GSM);

- обновление CAPIF (Common API Framework — общая платформа пользовательских приложений) для получения разрешения от владельца ресурса перед доступом к данным;

- повышение безопасности для автоматизации сети, ИИ и

ML, таких как процедуры хранения и совместного использования моделей машинного обучения и совместного использования аналитики данных в сценариях роуминга;

- добавление мер информационной безопасности для процедур UE-to-UE (связь непосредственно между пользовательскими устройствами) и экстренных служб UE-to-network.

5G-A стремится к дальнейшему улучшению поддержки детерминированных сетей DetNet (с определёнными каналами передачи данных для приложений реального времени в лице потоковой передачи аудио и видео, промышленной автоматизации и управления транспортными средствами с чрезвычайно низкими показателями потери данных и вариациями задержки пакетов (джиттером), а также лимитированной задержкой). Это обеспечивается за счёт использования возможностей чувствительных ко времени сетей (TSN — Time-Sensitive Networking), описанных в 3GPP Release 17.

5G-A более эффективно поддерживает критически важные приложения в рамках URLLC, от IIoT и подключённых автомобилей до медицинских процедур с дополненной реальностью.

5G-A также расширяет поддержку приложений машинного типа связи (mMTC — Massive Machine Type Communication), таких как интеллектуальный учёт, мониторинг окружающей среды и умное сельское хозяйство. 5G-Advanced повышает точность обнаружения и позиционирования (потенциально до точности 10 см) для внутренних и наружных устройств, значительно повышая точность систем навигации, логистики, мониторинга и отслеживания.

5G-A направлен на расширение ключевых возможностей, представленных в релизе 17, уделяя особое внимание дальнейшему снижению сложности устройств (числа антенн) и энергопотребления. Основные функции релиза 18 охватывают полосу пропускания 20 МГц или 5 МГц (в FR1), дублирование сигналов в полнодуплексном/полудуплексном режиме и с временным разделением, 64-уровневый QAM (256 опционально) и максимальную скорость передачи данных 10 Мбит/с (DL и UL). В 5G-A также рассматриваются новые сценарии использования RedCap, включая видеонаблюдение для промышленного контроля качества, и обсуждаются улучшенные возможности восходящего канала связи для критически важных по времени коммуникаций.

Кроме того, 5G-A представляет новые возможности для пассивных устройств IoT, которые

получают энергию от радиочастотных волн, света или движения. Пассивный IoT, иногда называемый Ambient IoT, позволяет устройствам/объектам подключаться без источника питания. Ожидается, что Ambient IoT будет поддерживать широкий спектр сценариев использования, от промышленных беспроводных сенсорных сетей и интеллектуальной логистики (склады и хранилища) до отслеживания цепочки поставок.

Коммуникационные возможности 5G-A с ограниченной поддержкой позволяют усовершенствовать широкий спектр новых приложений, включая облачные игры (CG) и XR, которые относятся ко всему — от виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) до смешанной реальности (MR). В AR цифровые элементы добавляются к просмотру в реальном времени, обычно с помощью камеры на смартфоне или очках дополненной реальности. С помощью VR человек "покидает" физический мир и испытывает полное виртуальное погружение. Смешанная реальность включает в себя взаимодействие как реальных, так и цифровых объектов. В облачных играх с помощью портативных и носимых устройств осуществляется взаимодействие как между человеком и машиной, так и между людьми.

Существует множество новых применений в средствах массовой информации, дистанционном управлении и промышленной автоматизации, которые выиграют от критически важных по времени возможностей сетей 5G-A. Поставщики услуг мобильной связи могут внедрять потребителям, предприятиям и государственным учреждениям для определения новых практик в таких областях, как развлечения, обучение, просвещение, социальные взаимодействия и коммуникации.

Охватывая AR, VR и MR, XR обеспечивает захватывающие и интерактивные возможности для игр, тренировок и даже сложных медицинских процедур. 5G-A расширяет поддержку приложений XR, улучшая планирование восходящих и нисходящих каналов связи и более эффективно распределяя пропускную способность и мощность. Ключевые функции XR, предусмотренные в 5G-A, включают в себя:

- согласование прерывистого приёма пользовательского оборудования UE (DRX — Discontinuous Reception) с периодичностью трафика XR для экономии энергии;

- использование коммутации группы набора пространства поиска (SSSG — Search Space Set Group) и пропуска физического

канала управления нисходящей линией (PDCCH — Physical Downlink Control Channel) для оптимизации пропускной способности;

- реализацию настроенных периодов предоставления с несколькими интервалами между физическими общими каналами связи (PUSCH — Physical Uplink Shared Channel), что позволяет пользователю оборудованию указывать неиспользованные случаи для перераспределения узлом следующего поколения B (gNB — generation Node B или просто базовая станция 5G);

- использование технологии межуровневой совместной работы для определения приоритетов передачи определённых кадров в видеопотоках XR;

- поддержку синхронной передачи нескольких потоков данных (аудио-, видеосигналов управления и сигналов сбора информации), необходимых для услуг XR, сводит к минимуму разницу во времени между различными потоками услуг.

Сценарии использования XR и облачных игр требуют высоких скоростей передачи данных. Обычно ожидается, что устройства будут мобильными и портативными, что накладывает ограничения на их электропитание. Более того, получение низкой и сквозной задержки, а также потерь данных является ещё одной проблемой, когда речь идёт о применении подобных приложений.

В релизе 18 3GPP производительность сервисов XR повышается за счёт поддержки 5GC (5G Core — ядро сети 5G) для адаптации скорости приложений с использованием системы с малой задержкой и низкими потерями для функции масштабируемой пропускной способности (L4S — Low Latency Low Loss System).

Информация приложения XR, касающаяся периодичности пакетов, джиттера, размера и требований к задержке, будет передаваться от 5GC в RAN, чтобы она "знала" о XR и позволяла обрабатывать трафик, специфичный для неё, для повышения энергоэффективности, задержки и ёмкости. Релиз 18 также обеспечивает улучшенное управление буфером, информируя RAN о наборе пакетов, составляющих мультимедийный блок, позволяя активному управлению очередями (AQM — Active Queue Management) отбрасывать весь мультимедийный блок вместо отдельных пакетов, если требуется удаление пакета.

В релизе 19 ожидается дальнейшая работа по уменьшению задержки и пропускной способности XR. Важно рассмотреть возможность расширения системы осведомлённости XR для поддержки сервисов, не рассмотренных в релизе 18.

С самого начала 5G был разработан для удовлетворения растущих потребностей в трафике при одновременном ограничении энергопотребления мобильных сетей. С появлением 5G-A акцент на экономии энергии в сети становится ещё более очевидным. В релизе 18 было проведено специальное исследование по экономии сетевой энергии, определены ключевые показатели эффективности, модели энергопотребления и методологии оценки. Были изучены основные направления, потенциальные методы и функции, позволяющие экономить энергию в сети.

Ранее аналитическая работа была выполнена для экономии энергии пользовательского оборудования в релизах 16 и 17. Для экономии сетевой энергии на системном уровне были изучены балансировка нагрузки трафика и спящие режимы для gNB для городских микро- и макросценариев с массовым MIMO. Результатом исследования стала поддержка функций сетевого энергосбережения в четырёх ключевых областях: сокращение широковещательных передач gNB, прерывистая передача и приём gNB, динамическая мощность gNB и адаптация антенного порта, которая, например, полезна вместе с радиостанциями, ориентированными на массовый MIMO.

Релиз 19 должен основываться на работе, проделанной в релизе 18, и внедрять дополнительные функции энергосбережения. В частности, для вторичных ячеек (SCells — Secondary Cells) дополнительная оптимизация передачи блока сигналов синхронизации (SSB — Synchronization Signal Block), включая версию по требованию, может ещё больше снизить энергопотребление.

В дополнение к конкретному пункту, касающемуся энергосбережения в сети, в области AI/ML проводится дальнейшая работа по поддержке энергосбережения в сети, такая как определение сигналов прогнозирования энергоэффективности между узлами с использованием данных, собранных на интерфейсах RAN с помощью процедур AI/ML.

Стандарт 5G-A также поможет операторам мобильной связи и их клиентам более эффективно соблюдать соглашения об уровне обслуживания (SLA — Service Level Agreement) и соответствовать постоянно растущим показателям качества обслуживания (QoS — Quality of Service).

Ожидается также, что преодоление разрыва между стандартами 5G-A и 6G поможет отрасли подготовиться к широкому развёртыванию инфраструктуры и устройств 6G в 2030-х годах. Несмотря на то, что 6G всё ещё находится в зачаточном состоя-

нии, он будет основываться на ключевых инновациях 5G-A, которые обеспечивают эффективное управление спектром, расширенное покрытие, сверхнизкую задержку и повышенную пропускную способность.

Под руководством 3GPP разработка 5G-A продолжается параллельно с ранними исследованиями 6G. В рамках 5G-A 3GPP будет сосредоточен на дальнейшем совершенствовании моделирования каналов для интегрированной связи и зондирования (ISAC — Integrated Sensing and Communication), улучшении пропускной способности и задержки, проверке моделей каналов 3GPP в более высоких частотных диапазонах и расширения передовых технологий MIMO в верхнем среднем диапазоне (от 7 ГГц до 16 ГГц) для более эффективной поддержки глобального покрытия.

Продолжающаяся в мире цифровая трансформация поставит перед сетями мобильной связи новые задачи, с которыми не смогут справиться ни 5G, ни 5G-Advanced. Растущие ожидания ставят перед представителями промышленности и исследователями общества чёткую цель — 6G должен способствовать созданию эффективного, дружелюбного к человеку и устойчивого общества посредством постоянно присутствующей интеллектуальной связи.

Тем не менее, часть из рассмотренных выше компонентов передовой технологии 5G-Advanced можно рассматривать как предшественников некоторых строительных блоков 6G, прокладывая путь к широкому внедрению предстоящего стандарта в 2030-х годах. К примеру, XR постепенно превратится в иммерсивную коммуникацию для взаимодействия человека и машины, что может предъявить новые требования к 6G, чтобы обеспечить ещё лучший опыт.

В области машинной связи RedCap может быть дополнен устройствами с нулевым энергопотреблением — классом устройств, собирающих энергию из окружающей среды и предоставляющих входные данные для цифровых двойников. ИИ/ML также будет играть важную роль в полностью управляемой данными архитектуре 6G и интеллектуальной сетевой платформе будущего.

В общем, стандартизация 3GPP продолжается...

По материалам

<https://clck.ru/3MFUg6>,
<https://clck.ru/3MFVAB>,
<https://clck.ru/3MFVvX>,
<https://clck.ru/3MFVzy>,
<https://clck.ru/3MFW59>,
<https://moluch.ru/archive/491/107357/>