

Информация об авторах

Анар Хабай – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Электроники, телекоммуникации и космических технологий», Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: a.khabay@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0409-1531>.

Еркебулан Амандыкович Тулешов* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Робототехники и технических средств автоматизации», Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: y.tuleshov@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-7137>.

Нурлыбек Турдыбекулы Турар – магистрант 1-го курса кафедры «Электроники, телекоммуникации и космических технологий», Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: nurlybek.turar.01@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3383-7040>.

Жанибек Назарбекулы Исабеков – PhD, ассоциированный профессор кафедры «Робототехники и технических средств автоматизации», Satbayev University, г. Алматы, Казахстан, e-mail: z.issabekov@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2900-8025>.

Айжан Есболовна Назырова – PhD, старший преподаватель кафедры «Технологий искусственного интеллекта», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г. Астана, Казахстан, e-mail: nazyrova_aye_1@enu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9162-6791>.

Information about the authors

Anar Khabai – PhD, Associate Professor of the Department of Electronics, Telecommunications and Space Technologies, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.khabay@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0409-1531>.

Yerkebulan Tuleshov* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Robotics and Engineering Tools of Automation, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: y.tuleshov@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-7137>.

Nurlybek Turar – Master's student at the Department of Electronics, Telecommunications and Space Technologies, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurlybek.turar.01@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3383-7040>.

Zhanibek Issabekov – PhD, Associate Professor of the Department of Robotics and Engineering Tools of Automation, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: z.issabekov@satbayev.university, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2900-8025>.

Aizhan Nazyrova – PhD, Senior Lecturer at the Department of Artificial Intelligence Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: nazyrova_aye_1@enu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9162-6791>.

Редакцияға енуі 19.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 18.12.2025

Жариялауға қабылданды 19.12.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1\(21\)-2](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2026-1(21)-2)

МРНТИ: 49.45.01



**А.Е. Кулакаева¹, А.З. Айтмагамбетов¹, Е.А. Дайнеко^{1,2}, Г.Т. Джаканова¹,
Б.А. Кожакметова^{1,3*}**

¹Международный университет информационных технологий,
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, улица Манаса, 34/1

²Satbayev University,

Республика Казахстан, г. Алматы, ул. К. Сатпаева, 22А

³Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

*e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. В данной статье рассматривается необходимость перехода Республики Казахстан к цифровому звуковому вещанию стандарта DRM для модернизации устаревшей аналоговой радиосети и обеспечения равного доступа к информационным ресурсам даже в

отдаленных районах. Цель заключается в обосновании технических, экономических и организационных преимуществ внедрения DRM в условиях сложного рельефа и низкой плотности населения. Для достижения поставленной цели проведен детальный анализ существующего аналогового звукового вещания, выявлены его недостатки по охвату территории и энергоэффективности. Выполнено моделирование зоны обслуживания с использованием программного обеспечения ICS Telesoft для цифрового звукового вещания. При расчетах учитывались модели распространения радиосигнала ITU-R, в том числе ITU-R P.1546, и метод Deudout для оценки дифракционных потерь, что позволило получить примерную зону уверенного приема цифрового сигнала для частотного присвоения Алма-Ата-549 кГц при мощности передатчика 100 кВт, обеспечивающую радиус действия порядка 250 км. Результаты исследования свидетельствуют о том, что внедрение DRM позволяет значительно расширить охват территории (до 95% территории страны), снизить энергопотребление передатчиков как минимум на 50% по сравнению с аналоговыми системами, а также улучшить качество звука и обеспечить возможность интеграции дополнительных сервисов, таких как системы экстренного оповещения. Практическая значимость работы заключается в разработке поэтапного плана модернизации радиовещательной инфраструктуры за счет переоборудования законсервированных радиостанций и эффективного использования национальных частотных присвоений, что позволяет существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты. Полученные результаты демонстрируют, что переход на цифровое звуковое вещание стандарта DRM является стратегическим шагом к цифровизации медиаиндустрии Республики Казахстан.

Ключевые слова: DRM, цифровое звуковое вещание, радиопокрытие, управление радиочастотным спектром, оповещение населения.

Введение

С развитием информационных технологий, качество и доступность медиасервисов становятся важными факторами в интеграции и развитии национальной экономики. Республика Казахстан, обладая одной из крупнейших по площади территорий в мире (2724,9 тыс. км², занимая 9 место), в настоящее время сталкивается с серьезными вызовами в области звукового вещания, особенно в отношении покрытия удаленных и малонаселенных регионов, а также обеспечения непрерывного звукового вещания вдоль междугородних и международных автодорог.

В настоящее время аналоговая звуковая вещательная система Республики Казахстан больше не соответствует современным требованиям по качеству звука и эффективности распределения радиочастотного ресурса. Аналоговое звуковое вещание не только требует значительных затрат на содержание из-за своей низкой энергоэффективности, но также не способно обеспечить полное покрытие территории страны.

АО «Казтелерадио», занимая особое место в системе телерадиовещания Республики Казахстан, обеспечивает население страны доступом к радио- и телепрограммам. Компания функционирует как национальный оператор, управляя распространением контента в FM диапазоне и обслуживая обширную сеть из 631 радиопередатчика по всей территории страны. В соответствии с [1] в 2022 году компанией было заключено 30 договоров на предоставление аналогового звукового вещания. Однако все аналоговые передатчики компании на сегодняшний день морально и технически устарели, что делает их замену и модернизацию срочной необходимостью для повышения эффективности, надежности радиовещательной инфраструктуры, сокращения эксплуатационных расходов и минимизации воздействия на окружающую среду. Данные шаги становятся необходимыми условиями для улучшения качества звуковых вещательных услуг и обеспечения равного доступа к информации для всех жителей страны. Также в условиях растущих требований к качеству медийных услуг важную роль играет внедрение передовых технологий цифрового звукового вещания стандарта DRM (Digital Radio Mondiale). Также исследования [2-3] демонстрируют как современные методы обработки сигналов, могут улучшить надежность и качество приема радиосигналов.

Например, в работе [4] авторами исследуется переход от аналогового звукового вещания к цифровому в Индонезии. Результаты исследования авторов показали, что для успешного внедрения цифрового вещания в стране требуется обучение кадров, разработка единой платформы и социальная работа с населением. В свою очередь, внедрение цифрового звукового вещания обеспечит улучшенное качество звука, повышение энергоэффективности и устойчивость радиовещания в цифровую эпоху [5].

В работах [6-7] представлен практический опыт, результаты измерений и решения по внедрению цифрового звукового вещания стандарта DAB+ в Чешской Республике и Хорватии [7]. В исследовании [6] обсуждаются вопросы выделения полосы частот III Национальным регулирующим органом, емкости мультимплексов DAB+ (Digital Audio Broadcasting Plus), а также настройки головной станции и кодеков для мультимедийных сервисов. Результаты испытаний и измерений легли в основу создания общенациональной сети DAB+ и подтвердили эффективность внедрения стандарта, обусловленную оптимальным покрытием сети, высоким качеством звука и достаточным количеством транслируемых услуг.

Также технические основы проектирования сетей цифрового звукового вещания для Республики Венесуэлы с учетом ее климатических особенностей, электропроводности почвы в различных частях страны и распределения максимальных уровней атмосферных радиопомех рассмотрены в работе [8]. Исследование показало, что действующая аналоговая система в Венесуэле имеет низкое качество сигнала из-за высокого уровня атмосферного шума, особенно в экваториальной зоне. В работе рассмотрены сценарии построения крупномасштабной сети синхронного одночастотного цифрового вещания стандарта DRM, которая включает три крупных кластера передатчиков, обеспечивающих покрытие всей территории страны. Это позволило минимизировать мощность передатчиков и оптимизировать затраты. Исследование определило преимущества внедрения стандарта DRM для территории Венесуэлы, которое позволяет обеспечивать качественное покрытие на больших территориях, особенно в условиях низкой проводимости почвы.

Норвегия стала первой в стране в мире полностью отключившей в 2017 году аналоговое звуковое вещание [9], что стало важным шагом к цифровизации медиаиндустрии. В работе [10] рассмотрены основные этапы трансформации норвежского звукового вещания, а также определено, что цифровизация радиовещания в Норвегии способствовала увеличению количества радиопрограмм, улучшению качества звука и расширению аудитории, особенно для местных и специализированных радиостанций.

Цифровое звуковое вещание обладает рядом преимуществ, таких как улучшенное качество звука [11], меньшее энергопотребление и возможность интеграции с другими цифровыми платформами, включая интернет и мобильные приложения [12]. Использование стандарта DRM для сети цифрового звукового вещания позволяет повысить эффективность работы сетей радиовещания, сэкономить радиочастотный ресурс, а также обеспечивает улучшенное качество вещания с высокой достоверностью [13].

Таким образом, переход к цифровому звуковому вещанию является важным шагом для Республики Казахстан, стремящейся модернизировать и оптимизировать свою радиовещательную инфраструктуру. Учитывая текущие ограничения аналоговой системы, которая не только требует значительных затрат на содержание из-за своей низкой энергоэффективности, но и не способна обеспечить полное покрытие территории страны, цифровая трансформация является важной необходимостью.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является система звукового вещания Республики Казахстан, включающая как действующую аналоговую инфраструктуру (радиостанции и передатчики), так и потенциальную цифровую систему на базе стандарта DRM. Предмет исследования охватывает технические аспекты перехода, в частности анализ мощности передатчика для частного присвоения Алма-Ата-549 кГц, зон покрытия, моделей распространения радиосигнала и эффективности использования национальных частотных присвоений.

В исследовании использовалось программное обеспечение ICS Telecom для моделирования распространения радиосигнала на основе детализированных геоинформационных карт с альтиметрией (разрешение 1 м) и морфологическими характеристиками местности (6 классов). Методологическая база опирается на модель ITU-R P.1546 для расчета свободного затухания сигнала, метод Deygout (1994) для оценки дифракционных потерь, методику Fine integration для расчета ослабления сигнала в зоне Френеля, а также на рекомендации ITU-R BS.703 и BS.1615 для определения минимальной напряженности электромагнитного поля.

Исследование проводилось следующим образом, сначала были собраны и проанализированы исходные данные о состоянии аналогового вещания (статистика передатчиков, данные международных частотных присвоений, технические характеристики). Затем с помощью ICS Telecom была проведена компьютерное моделирование для частотного

присвоения Алма-Ата – 549 кГц с моделированием различных сценариев мощности (с учетом нормативного снижения на 7 дБ, что позволяет получить зону покрытия до 250 км при мощности 100 кВт). Данные для моделирования были получены из базы данных ITU, международных реестров и нормативных документов. Эксперимент представлял собой серию симуляций, учитывающих влияние рельефа местности и различных параметров передатчика.

В рамках исследования было проведено сопоставление технологий цифрового звукового радиовещания DRM и DAB+ с точки зрения их практического применения в условиях Республики Казахстан. Сравнение осуществлялось по ряду базовых критериев, которые напрямую влияют на возможность внедрения цифрового радиовещания в стране. территориальный охват, необходимая плотность сети передатчиков, использование существующей радиовещательной инфраструктуры, особенности частотно-территориального планирования (ЧТП), а также пригодность технологий для государственного и экстренного оповещения. Результаты данного сопоставления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение технологий цифрового звукового радиовещания DRM и DAB+

Критерий оценки	DRM	DAB+
Территориальный охват	Очень большой (сотни км)	Ограниченный
Плотность сети передатчиков	Низкая	Высокая
Использование существующей инфраструктуры	Да, для систем DRM в диапазонах длинных и средних волн ЧТП возможно с использованием положений соглашения Женева-75	Нет
Необходимость нового диапазона	Нет	Да, 174-230 МГц (ЧТП цифрового радиовещания по стандарту DAB+ выполняется в соответствии с Региональным соглашением Женева-06 (GE06) в диапазоне 174-230 МГц)
Экстренное оповещение	Встроенная поддержка	Реализуемо, но сложнее
Государственное вещание	Очень эффективно	Ограниченно
Автомобильное покрытие трасс	Высокое	Ограниченное

При анализе учитывалось, что система DAB+ ориентирована на мультимплексную модель вещания и работает в диапазоне очень высоких частот (ОВЧ) 174-230 МГц, где частотно-территориальное планирование осуществляется в соответствии с Региональным соглашением Женева-06 (GE06). Такой подход хорошо подходит для города, но требует развертывания новой сети передатчиков и не использует уже существующие частотные присвоения в диапазонах ДВ и СВ. В то же время технология DRM допускает работу в диапазонах ДВ и СВ, для которых планирование частот возможно на основе положений соглашения Женева-75. Это позволяет опираться на уже имеющиеся международные частотные присвоения Республики Казахстан, что особенно важно с учетом протяженной территории страны и неравномерного распределения населения. Эти особенности были учтены при выборе технологии цифрового звукового вещания для последующего моделирования и анализа зон покрытия.

Результаты исследований

Учитывая то, что ранее отмечалось, в Республике Казахстан в настоящее время функционирует всего 631 радиопередатчик аналогового звукового вещания [1], данного количества явно недостаточно для полноценного охвата такой обширной территории, как Республика Казахстан. Территория Республики Казахстан характеризуется сложным рельефом, включающим горные массивы, степи и пустынные территории, что дополнительно влияет на распространение радиосигнала. Существующая сеть аналогового звукового вещания не способна эффективно справляться с такими вызовами, что приводит к появлению значительных «мертвых зон», где прием сигнала либо нестабилен, либо вовсе отсутствует. В условиях растущего спроса на надежное звуковое вещание и своевременное информационное оповещение населения, особенно в экстренных ситуациях, такая система требует модернизации.

Введение цифрового радиовещания стандарта DRM позволит решить данную проблему, обеспечив расширенное покрытие при меньшем количестве передатчиков за счет более эффективного использования радиочастотного ресурса. Благодаря высокой дальности распространения цифрового сигнала можно достичь равномерного охвата всей территории страны, включая автодороги, железнодорожные дороги и малонаселенные районы, что станет важным шагом в развитии национальной инфраструктуры радиовещания.

Стоит отметить, что в 1970-1980-е годы на территории Республики Казахстан функционировали 14 радиоцентров, обеспечивавших трансляцию программ «Маяк», «Союз», «Qazaq Radiosy». Звуковое вещание велось в диапазонах длинных (ДВ) и средних (СВ) волн на различных мощностях. Однако с течением времени данные объекты были выведены из эксплуатации и переведены в режим консервации.

На сегодняшний день большинство таких радиостанций остаются бездействующими, а их инфраструктура, включая технические здания, антенно-мачтовые сооружения и энергоснабжение, постепенно приходит в негодность. Затраты на содержание данных объектов продолжают расти из-за увеличения цен на энергоносители, заработной платы охранного персонала, налогов и других расходов. Дополнительным фактором, усложняющим дальнейшую эксплуатацию, является приватизация земельных участков вблизи данных объектов и активное строительство в их окрестностях, что в будущем может негативно повлиять на возможность их использования.

При этом в международном реестре частотных присвоений Международного союза электросвязи (МСЭ) остаются закрепленные за администрацией связи Республики Казахстан частотные присвоения, использовавшиеся для работы таких радиоцентров. Данные частотные присвоения обладают международным статусом, что обеспечивает возможность их использования для новых задач. Для наглядности характеристики для частотного присвоения Алма-ата-549 кГц, зарегистрированной за администрацией связи Республики Казахстан в международном реестре частотных присвоений представлены на рисунке 1.

GETS: GETS/075000416			
Administrative			
Administration	KAZ	Intent	RECORDED
Administration Unique Identifier		Call Sign	
BR Identifier	075000416	Station Identification	
Notice Type	1A2	Date of recognition	22 nov 1975
Date of Receipt			
Technical Characteristics			
Region	1	Assigned Frequency (kHz)	549
Geographic Area	KAZ	Ground Conductivity (mS/m)	3
Transmitting Antenna Site Name	ALMA ATA	Synchronization Network	30
Longitude	77° E 2' 0"	Noise Zone	A
Latitude	43° N 15' 0"		
Day Time Operation			
Carrier Power (kW)	1000	Azimuth of Maximum Radiation(°)	340
Bandwidth (kHz)	16	Maximum Radiation (dB)	34
Antenna Type	B	Height of Antenna Above Ground Level (m)	
Class of Emission	A3E--	Hours of operation	0-2400
Transmission System	ANALOG		
Adjacent Protection Ratio (dB)	9		
Gain			
Night Time Operation			
Carrier Power (kW)	1000	Azimuth of Maximum Radiation(°)	340
Bandwidth (kHz)	16	Maximum Radiation (dB)	34
Antenna Type	B	Height of Antenna Above Ground Level (m)	
Class of Emission	A3E--	Hours of operation	0-2400
Transmission System	ANALOG		
Adjacent Protection Ratio (dB)	9		
Gain			

Рисунок 1 – Частотное присвоение Алма-Ата – 549 кГц

Как представлено на рисунке 1, частотное присвоение Алма-Ата – 549 кГц было нотифицировано с мощностью 1000 кВт. Однако такая мощность предназначена для аналогового звукового вещания. Если данное частотное присвоение планируется использовать для организации цифрового звукового вещания, то в соответствии с Резолюцией 543 Всемирной административной конференции радиосвязи 2007 года, мощность передатчика должна быть снижена на 7 дБ.

Пересчет снижения мощности осуществляется по следующей формуле:

$$P_{digital} = P_{analog} * 10^{-\frac{7}{10}},$$

Подставляя значение:

$$P_{digital} = 1000 * 10^{-\frac{7}{10}} \approx 200 \text{ кВт.}$$

Минимальная напряженность электромагнитного поля для аналоговых систем в диапазонах ДВ и СВ установлена Рекомендацией МСЭ-R BS.703 и составляет 66 дБ для ДВ и 60 дБ для СВ, измеряемых относительно 1 мкВ/м. Для цифровых систем, рекомендация МСЭ-R BS.1615 предусматривает напряженность поля 40-50 дБ для стабильного сигнала. Проводимость почвы, важный параметр для расчетов, может колебаться от 1 до 60 мС/м, в зависимости от региона, что влияет на изменения напряженности поля. В плане «Женева-75» большинству передатчиков СССР присвоена проводимость 3 мС/м, что является усредненным значением и приемлемым для практических расчетов.

Таким образом, для цифрового радиовещания на данной частоте потребуется снизить мощность передатчика с 1000 кВт до примерно 200 кВт. Однако в расчетах для данной статьи была выбрана еще более низкая мощность в 100 кВт, что позволяет дополнительно снизить вероятность возникновения помех и уменьшить энергопотребление, сохраняя при этом адекватное покрытие территории.

С учетом современных требований к радиовещанию, данные частотные присвоения представляют собой стратегический ресурс для организации цифрового звукового вещания в стандарте DRM. Переход на цифровое звуковое вещание позволит не только восстановить активное использование таких частот, но и обеспечить значительное улучшение качества звука, расширение зоны покрытия, экономию энергии и оптимизацию использования радиочастотного ресурса. Это особенно важно в условиях географических особенностей Республики Казахстан и необходимости равного доступа к информационным ресурсам для всего населения.

В этой связи перед Республикой Казахстан стоит необходимость принятия стратегического решения по дальнейшему использованию законсервированных радиостанций. Один из наиболее рациональных вариантов – это их модернизация и интеграция в цифровую сеть радиовещания DRM.

Использование уже существующей инфраструктуры позволит существенно сократить капитальные вложения в развертывание цифрового радиовещания. Стандарт DRM обладает рядом преимуществ перед аналоговыми системами, включая:

- высокое качество звука (по сравнению с AM);
- эффективное использование частотного спектра;
- возможность охвата больших территорий при минимальных затратах;
- энергосбережение – передатчики DRM потребляют значительно меньше энергии, чем аналоговые передатчики аналогичной мощности.

Для расчета напряженности поля в свободном пространстве применяется формула:

$$E = \sqrt{\frac{30 * P * G}{d}},$$

где P – мощность передатчика в Вт, G – коэффициент усиления антенны, d – расстояние от передатчика в метрах.

Для перевода величины поля в дБ(μV/m) используется преобразование:

$$E(\text{дБ}(\mu\text{V/m})) = 20 * \log_{10}(E(\mu\text{V/m})),$$

где напряженность электромагнитного поля $E(\mu\text{V/m}) = 10^6 * E(\text{V/m})$.

В конечном виде можно записать:

$$E(\text{дБ}(\mu\text{V/m})) = 10 * \log_{10}(30 * P * G) - 20 * \log_{10}(d) + 120.$$

Для расчета свободного пространственного затухания используется стандартная формула:

$$L_{fs}(\text{дБ}) = 32.45 + 20 * \log_{10}(f) + 20 * \log_{10}(d),$$

где f – частота вещания в МГц, d – расстояние в км [14].

На рисунке 2 показано примерное покрытие цифровым звуковым вещанием в стандарте DRM, с мощностью 100 кВт, работающего на частоте 549 кГц. Радиус покрытия достигает 250 км, что обеспечивает устойчивый сигнал на значительной территории вокруг передатчика.

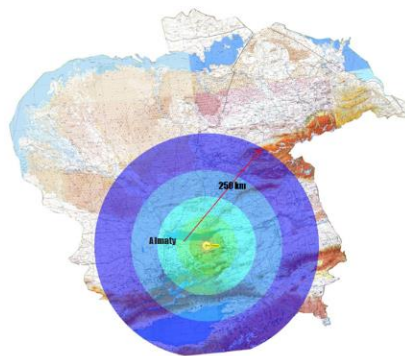


Рисунок 2 – Примерное покрытие цифрового звукового вещания DRM

С использованием ICS Telecom были рассчитаны карты покрытия при условии, что на входе приемника требуется не менее 45 дБ (мкВ/м) для надежного DRM-приема. Зона уверенного приема достигла радиуса примерно 250 км, что покрывает значительную часть Южного Казахстана (рис. 2).

Суммарное энергопотребление передающего центра определялось на основе баланса мощности:

$$P_{\Sigma} = \frac{P_{\text{ВЧ}}}{\eta} + P_{\text{ВС}},$$

где $P_{\text{ВЧ}}$ – выходная ВЧ-мощность передатчика, η – коэффициент полезного действия передатчика, $P_{\text{ВС}}$ – мощность вспомогательных систем (охлаждение, вентиляция, системы управления).

Для аналогового режима звукового вещания при $P_{\text{ВЧ,АМ}} = 1000$ кВт и $\eta_{\text{АМ}} = 0,35$ суммарное энергопотребление составляет:

$$P_{\Sigma \text{АМ}} = \frac{1000}{0,35} + P_{\text{ВС}}$$

Для цифрового звукового вещания в стандарте DRM, с учетом нормативного снижения мощности, при $P_{\text{ВЧ,DRM}} = 100$ кВт и $\eta_{\text{DRM}} = 0,45$.

$$P_{\Sigma \text{DRM}} = \frac{P_{\text{ВЧ,DRM}}}{0,45} + P_{\text{ВС}}$$

Относительное снижение общего энергопотребления можно определить с помощью следующего выражения:

$$\Delta = 1 - \frac{P_{\Sigma \text{DRM}}}{P_{\Sigma \text{АМ}}}$$

При переходе от аналогового режима мощностью 1000 кВт к цифровому вещанию DRM суммарное энергопотребление передающего центра снижается. Таким образом, 1 передатчик в DRM с мощностью 100 кВт потенциально заменяет прежний аналоговый 1000 кВт и при этом экономит как минимум 50% электроэнергии.

Таким образом, целями развития республиканской сети звукового вещания являются:

1. Обеспечение качественного цифрового звукового вещания для 100% населения и территории Республики Казахстан. Создание новой инфраструктуры сети цифрового звукового вещания позволит охватить практически все населенные пункты и территорию страны, обеспечив доступ к радиопрограммам с высоким качеством звука.

2. Создание единой системы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях. Внедрение цифрового звукового вещания DRM обеспечит эффективное и оперативное информирование населения в случае чрезвычайных ситуаций, охватывая всю территорию страны, включая удаленные и труднодоступные регионы.

Цифровое звуковое вещание стандарта DRM обеспечит стабильный прием всех радиопрограмм на мобильные приемные устройства вдоль автомобильных и железнодорожных трасс республиканского и областного значения, а также на всей

территории страны. Это создаст условия для повышения информационной доступности и оперативности передачи данных в любое время и в любом месте.

Данные цели направлены на модернизацию радиовещательной инфраструктуры, улучшение качества и доступности информационных услуг, а также на повышение уровня безопасности и информированности населения. Реализация данного проекта станет важным шагом в цифровизации Республики Казахстан и обеспечит соответствие современным мировым стандартам радиовещания

Обсуждение результатов

Сопоставление полученных результатов с исследованиями, проведенными в Индонезии, Норвегии, Чешской Республике и Венесуэле [4, 6-8], показывает, что основные тенденции перехода к цифровому вещанию сохраняются. К ним относятся повышение качества звука, снижение энергозатрат, рациональное использование радиочастотного спектра и др. Незначительные различия в численных оценках, таких как радиус действия сигнала и коэффициенты снижения мощности, можно объяснить специфическими географическими и климатическими условиями, а также различиями в методах моделирования. Это не умаляет общей тенденции повышения эффективности цифровых систем. Практическая значимость работы заключается в возможности использования ее результатов для разработки поэтапного плана модернизации существующей радиовещательной инфраструктуры. Это позволит переоборудовать устаревшие аналоговые системы в цифровые, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, расширить охват сигналом, даже в отдаленных районах, обеспечить оперативное оповещение населения в экстренных ситуациях, а также интегрировать цифровые сервисы с другими современными коммуникационными платформами.

Несмотря на очевидные технические и энергетические преимущества цифрового звукового вещания в стандарте DRM, его практическое внедрение в Республике Казахстан сталкивается с рядом нерешенных вопросов, которые требуют отдельного и более детального изучения. В первую очередь, это касается доступности приемного оборудования, поддерживающего DRM. На практике именно этот фактор, особенно в автомобильном и портативном сегментах, может существенно влиять на темпы и эффективность внедрения цифрового вещания.

Кроме того, расчетные результаты компьютерного моделирования также требуют экспериментальной проверки в реальных условиях эксплуатации, с учетом сезонных изменений проводимости почвы, особенностей рельефа и текущей помеховой обстановки, которые могут существенно воздействовать на устойчивость приема сигнала DRM.

Также остается открытым вопрос разработки практической организационно-технической модели поэтапного перехода от аналогового к цифровому звуковому вещанию. Здесь важно учитывать не только частотно-территориальное планирование и техническую интеграцию DRM с существующими системами оповещения населения, но также и социально-экономические аспекты внедрения. В совокупности указанные вопросы определяют направления для дальнейших научных и прикладных исследований, необходимых для реальной и устойчивой реализации цифрового звукового вещания в условиях Республики Казахстан.

Заключение

Проведенный анализ показал, что аналоговое звуковое вещание в Республике Казахстан больше не соответствует современным требованиям. Так, в стране насчитывается 14 законсервированных радиоцентров, которые ранее обеспечивали вещание в диапазонах ДВ и СВ диапазонах. Частотные присвоения, зарегистрированные за Администрацией связи РК в ITU, могут быть использованы для цифрового звукового вещания. Внедрение цифрового стандарта DRM позволит увеличить покрытие минимум до 95% территории страны и обеспечит устойчивый сигнал вдоль междугородних и международных автодорог. Кроме того, это позволит снизить энергопотребление передатчиков как минимум на 50% по сравнению с аналоговым вещанием и повысит качество звука. Предварительный расчет показал, что использование передатчика мощностью 100 кВт на частоте 549 кГц обеспечит радиус покрытия до 250 км. Также на базе цифрового звукового вещания можно также создать единую систему оповещения о чрезвычайных ситуациях, обеспечивая при это стабильный прием сигнала на автомобильных и железнодорожных трассах республиканского и

областного значения. Планирование сети требует точного расчета мощности передатчиков, характеристик антенн и условий распространения сигнала. Рекомендации МСЭ-R предоставляют универсальные методы, которые обеспечивают стабильность сигнала и минимизацию помех. Внедрение цифрового звукового вещания DRM является стратегическим шагом для модернизации радиовещательной инфраструктуры Республики Казахстан и интеграции страны в мировую цифровую систему.

Кроме того, переход на цифровое звуковое вещание DRM не только обеспечивает существенное улучшение параметров вещания, но и способствует повышению национальной информационной безопасности и оперативности коммуникаций в экстренных ситуациях. Использование централизованных систем управления цифровыми потоками позволяет быстрее реагировать на чрезвычайные ситуации, что особенно важно для территории с большой площадью и со сложным рельефом местности.

Список литературы

1. Годовой отчет Акционерного общества «Казтелерадио» за год, закончившийся 31 декабря 2022 г. – Утверждено Председателем Правления АО «Казтелерадио».
2. Identifying the regularities of the signal detection method using the Kalman filter / B. Medetov et al // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Т. 125, № 9.
3. Improvement of signal reception reliability at satellite spectrum monitoring system / K. Aigul et al // IEEE Access. – 2022. – Т. 10. – P. 101399-101407.
4. Harliantara H., Widiarto D. S., Prasetyo I. J. Analogue to Digital Radio Transition in Broadcasting [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4998071> (дата обращения: 04.08.2025).
5. Comparative analysis of QoS management and technical requirements in 3GPP standards for cellular IoT technologies / V.O. Tikhvinskiy et al // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2018. – № 2. – P. 41-47.
6. Zyka K. The Digital Audio Broadcasting Journey from the Lab to Listeners – the Czech Republic Case Study / K. Zyka // Radioengineering. – 2019.
7. Šulentić A. The Development of Digital Audio Broadcasting in Croatia: The Case of DAB+ / A. Šulentić, M. Mučalo // Journal of Radio & Audio Media. – 2024. – P. 1-18.
8. Varlamov O.V. A Basis of Technical Design and Development a Single-Frequency DRM Digital Broadcasting Network for Venezuela / O.V. Varlamov, A.A. Bychkova // 2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – IEEE, 2021. – P. 1-7.
9. Television in Norway [Электронный ресурс] // Wikipedia. –URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Television_in_Norway (дата обращения: 04.08.2025).
10. Простякова В.А. Радиовещание в Норвегии: этапы развития / В.А. Простякова // Меди@льманах. – 2023. – № 5 (118). – С. 90-97.
11. Wamanji J.N. Analogue to Digital Broadcast Migration: Communication and Local Broadcast Audio-visual Content Ecosystem – University of Nairobi, 2022.
12. Falkowski-Gilski P. Digital Transformation of Terrestrial Radio: An Analysis of Simulcasted Broadcasts in FM and DAB+ for a Smart and Successful Switchover / P. Falkowski-Gilski // Applied Sciences. – 2021. – Т. 11, № 23. – P. 11114. <https://doi.org/10.3390/app112311114>.
13. Varlamov O.V. Organization of single frequency DRM digital radio broadcasting networks. Features and results of practical tests / O.V. Varlamov // 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – Minsk, Belarus, 2018. – P. 1-8. – <https://doi.org/10.1109/SYNCHROINFO.2018.8456925>.
14. Международный союз электросвязи. Рекомендация ITU-R P.525. Распространение радиоволн на открытой местности: свободное пространство. – Женева: ITU.

References

1. Godovoi otchet Aktsionernogo obshchestva «KazteleradiO» za god, zakonchivshiysya 31 dekabrya 2022 g. – Utverzhdeno Predsedatelem Pravleniya AO «KazteleradiO». (In Russian).
2. Identifying the regularities of the signal detection method using the Kalman filter / B. Medetov et al // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Т. 125, № 9. (In English).

3. Improvement of signal reception reliability at satellite spectrum monitoring system / K. Aigul et al // IEEE Access. – 2022. – T. 10. – R. 101399-101407. (In English).
4. Harliantara H., Widiarto D. S., Prasetyo I. J. Analogue to Digital Radio Transition in Broadcasting [Ehlektronnyi resurs]. – 2024. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4998071> (data obrashcheniya: 04.08.2025). (In English).
5. Comparative analysis of QoS management and technical requirements in 3GPP standards for cellular IoT technologies / V.O. Tikhvinskiy et al // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2018. – № 2. – R. 41-47. (In English).
6. Zyka K. The Digital Audio Broadcasting Journey from the Lab to Listeners – the Czech Republic Case Study / K. Zyka // Radioengineering. – 2019. (In English).
7. Šulentić A. The Development of Digital Audio Broadcasting in Croatia: The Case of DAB+ / A. Šulentić, M. Mučalo // Journal of Radio & Audio Media. – 2024. – P. 1-18. (In English).
8. Varlamov O.V. A Basis of Technical Design and Development a Single-Frequency DRM Digital Broadcasting Network for Venezuela / O.V. Varlamov, A.A. Bychkova // 2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – IEEE, 2021. – P. 1-7. (In English).
9. Television in Norway [Ehlektronnyi resurs] // Wikipedia. –URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Television_in_Norway (data obrashcheniya: 04.08.2025). (In English).
10. Prostyakova V.A. Radioveshchanie v Norvegii: ehtapy razvitiya / V.A. Prostyakova // Medi@l'manakh. – 2023. – № 5 (118). – S. 90-97. (In Russian).
11. Wamanji J.N. Analogue to Digital Broadcast Migration: Communication and Local Broadcast Audio-visual Content Ecosystem – University of Nairobi, 2022. (In English).
12. Falkowski-Gilski P. Digital Transformation of Terrestrial Radio: An Analysis of Simulcasted Broadcasts in FM and DAB+ for a Smart and Successful Switchover / P. Falkowski-Gilski // Applied Sciences. – 2021. – T. 11, № 23. – R. 11114. <https://doi.org/10.3390/app112311114>. (In English).
13. Varlamov O.V. Organization of single frequency DRM digital radio broadcasting networks. Features and results of practical tests / O.V. Varlamov // 2018 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO). – Minsk, Belarus, 2018. – P. 1-8. – <https://doi.org/10.1109/SYNCHROINFO.2018.8456925>. (In English).
14. Mezhdunarodnyi soyuz ehlektrosvyazi. Rekomendatsiya ITU-R P.525. Rasprostraneniye radiovoln na otkrytoi mestnosti: svobodnoye prostranstvo. – Zheneva: ITU. (In Russian).

А.Е. Кулакаева¹, А.З. Айтмагамбетов¹, Е.А. Дайнеко^{1,2}, Г.Т. Джаканова¹, Б.А. Кожакметова^{1,3*}

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Манас 34/1 көшесі

²Satbayev University,

Алматы қ., К. Сатпаев 22А көшесі

³Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Байтұрсынов 126/1 көшесі

*e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЦИФРЛЫҚ ДЫБЫСТЫҚ ХАБАР ТАРАТУДЫ ЕНГІЗУ ҚАЖЕТТІЛІГІ ТУРАЛЫ МӘСЕЛЕ ЖӨНІНДЕ

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының ескірген аналогтық радиожелісін жаңғырту және шалғай аудандарда да ақпараттық ресурстарға тең қолжетімділікті қамтамасыз ету мақсатында DRM стандартына сәйкес цифрлық дыбыстық хабар таратуға көшу қажеттілігі қарастырылады. Мақсат – күрделі жер бедері мен халық тығыздығы төмен жағдайларда DRM технологиясын енгізудің техникалық, экономикалық және ұйымдастырушылық артықшылықтарын негіздеу. Осы мақсатқа жету үшін қазіргі аналогтық дыбыстық хабар тарату жүйесіне жан-жақты талдау жүргізіліп, оның аумақты қамту және энергия тиімділігі тұрғысынан кемшіліктері анықталды. ICS Telesoft бағдарламалық қамтамасыздандыруын пайдалану арқылы цифрлық дыбыстық хабар таратудың қызмет көрсету аймағына модельдеу жүргізілді. Есептеулерде ITU-R радиотолқын таралу модельдері, соның ішінде ITU-R P.1546 және дифракциялық шығындарды бағалауға арналған Deudout әдісі ескерілді. Бұл Алма-Ата-549 кГц жиілігіне 100 кВт таратқыш қуатымен шамамен 250 км сенімді қабылдау аймағын анықтауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері DRM технологиясын енгізу ел аумағының қамтылуын едәуір кеңейтуге (ел аумағының 95%-ына дейін), таратқыштардың энергия тұтынуын аналогтық жүйелермен салыстырғанда кем дегенде 50%-ға азайтуға, дыбыс

сапасын жақсартуға және төтенше жағдайлар туралы хабарлау жүйелері сияқты қосымша сервистерді интеграциялау мүмкіндігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретінін көрсетті. Жұмыстың практикалық маңыздылығы – консервацияланған радиобекеттерді қайта жабдықтау және ұлттық жиілік ресурстарын тиімді пайдалану арқылы радиохабар тарату инфрақұрылымын кезең-кезеңімен жаңғырту жоспарын әзірлеуде. Бұл өз кезегінде күрделі және операциялық шығындарды айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер DRM стандарты бойынша цифрлық дыбыстық хабар таратуға көшу – Қазақстан Республикасының медиаиндустриясын цифрландыруға бағытталған стратегиялық қадам екенін дәлелдейді.

Түйін сөздер: DRM, цифрлық дыбыстық хабар тарату, радиоқамту, радиожиілік спектрін басқару, халықты хабардар ету жүйелері.

A. Kulakayeva¹, A. Aitmagambetov¹, Ye. Daineko^{1,2}, G. Dzhakanova¹, B. Kozhakhmetova^{1,3*}

¹International Information Technologies University,
050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 34/1 Manasa street

²Satbayev University,
Almaty, 22A K. Satbayev street

³Almaty University of Power Engineering and and Telecommunications named after G. Daukeev,
Almaty, 126/1 Baitursynov street

*e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz

ON THE NEED TO INTRODUCING DIGITAL AUDIO BROADCASTING IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

This article examines the necessity for the Republic of Kazakhstan to transition to Digital Radio Mondiale (DRM) standard digital audio broadcasting, in order to modernize its outdated analog radio network and ensure equal access to information resources, even in remote areas. The objective is to substantiate the technical, economic, and organizational advantages of implementing DRM under conditions of complex terrain and low population density. To achieve this goal, a detailed analysis of the existing analog audio broadcasting system was conducted, highlighting its shortcomings in terms of territorial coverage and energy efficiency. Service area modeling for digital audio broadcasting was carried out using ICS Telecom software. The calculations took into account ITU-R radio signal propagation models, including ITU-R P.1546, as well as the Deygout method for assessing diffraction losses. This allowed for an approximate determination of the reliable reception zone for the Alma-Ata-549 kHz frequency assignment with a transmitter power of 100 kW, providing a coverage radius of approximately 250 km. The research results indicate that the introduction of DRM can significantly expand territorial coverage (up to 95% of the country), reduce transmitter energy consumption by 50% compared to analog systems, improve audio quality, and enable the integration of additional services such as emergency alert systems. The practical significance of this work lies in the development of a step-by-step plan for modernizing the broadcasting infrastructure through the re-equipment of decommissioned radio centers and the efficient use of national frequency assignments, which can substantially reduce capital and operational costs. The findings demonstrate that transitioning to DRM standard digital audio broadcasting is a strategic step toward the digitalization of the media industry in the Republic of Kazakhstan.

Key words: DRM, digital audio broadcasting, radio coverage, radio frequency spectrum management, public alerting systems.

Сведения об авторах

Айгуль Ергалиевна Кулакаева – Phd, ассоциированный-профессор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Международный Университет Информационных Технологий города Алматы, Республика Казахстан; e-mail: a.kulakayeva@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0143-085X>.

Алтай Зуфарович Айтмагамбетов – кандидат технических наук, профессор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Международный Университет Информационных Технологий города Алматы, Республика Казахстан; e-mail: a.aitmagambetov@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7808-5273>.

Евгения Александровна Дайнеко – PhD, Директор Института автоматизации и информационных технологий, Satbayev University. Ассоциированный профессор кафедры «Компьютерная инженерия» в АО «Международный университет информационных технологий» города Алматы, Республика Казахстан; e-mail: y.daineko@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6581-2622>.

Гаухар Талгатовна Джаканова – магистр, сениор-лектор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Международный Университет Информационных Технологий города Алматы, Республика Казахстан; e-mail: gjakanova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>.

Багдат Абдурашидовна Кожакметова* – Phd студент 3 курса, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, ассистент-профессор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Международного Университета Информационных Технологий города Алматы, Республика Казахстан; e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9566-3629>.

Авторлар туралы мәліметтер

Айгуль Ергалиевна Кулакаева – PhD, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Алматы қаласындағы Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.kulakayeva@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0143-085X>.

Алтай Зуфарович Айтмағамбетов – техникалық ғылымдар кандидаты, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының профессоры, Алматы қаласындағы Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: a.aitmagambetov@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7808-5273>.

Евгения Александровна Дайнеко – PhD, Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институтының директоры, Satbayev University. «Компьютерлік инженерия» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті; e-mail: y.daineko@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6581-2622>.

Гаухар Талғатовна Джаканова – магистр, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының сениор-лекторы, Алматы қаласындағы Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: gjakanova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>.

Багдат Абдурашидовна Кожакметова* – PhD докторанты, Г. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінің 3 курс студенті, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының ассистент-профессоры, Алматы қаласындағы Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9566-3629>.

Information about the authors

Aigul Kulakayeva – PhD, Associate Professor of the Department of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», International Information Technologies University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kulakayeva@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0143-085X>.

Altay Aitmagambetov – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», International Information Technologies University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.aitmagambetov@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7808-5273>.

Yevgeniya Daineko – PhD, Director of the Institute of Automation and Information Technology, Satbayev University. Associate Professor, Department of Computer Engineering, International University of Information Technology, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: y.daineko@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6581-2622>.

Gaukhar Zhakanova – Master, senior-lecturer of the Department of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», International Information Technologies University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: gjakanova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7890-3573>.

Bagdat Kozhakhmetova* – 3rd-year PhD student at Gumarbek Daukeyev University of Power Engineering and Telecommunications, Assistant Professor of the Department of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications», International Information Technologies University, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: b.kozhakhmetova@iitu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9566-3629>.

Поступила в редакцию 17.09.2025

Поступила после доработки 15.12.2025

Принята к публикации 17.12.2025