

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕНЕВЫХ ЗОН ОЧС DVB-T2 ЗОНЫ «НАХОДКА»

**ЧЕРЕМУХИН Дмитрий Андреевич**

магистрант

**ТИХОНОВ Даниил Евгеньевич**

магистрант

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

г. Владивосток, Россия

*В данной работе были определены теневые зоны одночастотной сети цифрового телевидения DVB-T2 Находка. Основными задачами были дополнение существующей системы несколькими гап-филлерами, что позволило бы обеспечить заданный процент покрытия территории, требуемым уровнем сигнала и устранить теневые зоны в местах расположения НП, а также выбор оптимального местоположения ретрансляторов с целью уменьшения их числа и эффективного распределения мощности, расчет необходимых мощностей ретрансляторов для покрытия заданной территории.*

**Ключевые слова:** DVB-T2, зона обслуживания, телевидение, покрытие территории, частота, мультиплекс.

Обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (РЭС) и эффективное использование ими ограниченного радиочастотного спектра была и остается одной из актуальных проблем во многих странах мира на протяжении нескольких десятилетий. Проблема осложняется влиянием многих факторов на условия распространения радиоволн, что может повлечь значительное изменение уровня радиосигнала.

При расчете зоны обслуживания наземного цифрового телевизионного передатчика обязательно надо учесть ослабление сигнала. Ослабление сигнала рассчитывают путем моделирования, который основан на готовых результатах экспериментальных исследований, полученных при изучении распространения сигналов вдоль земной поверхности.

**Объект исследования.** Основной задачей проекта являлось обеспечение покрытия 35 частотной зоны, основными населенными

пунктами (далее – НП) которой являются Находка и Партизанск [1]. При подготовке отчета использовался «Системный проект: Сеть цифрового наземного вещания на территории Приморского края».

Основой расчета напряженности поля являются медианные значения напряженности электрического поля  $E$  (50,50), которые означают, что в 50% мест и для 50% времени измеряемая напряженность будет превышать указанную величину. Эти значения зависят от высот передающей и приемной антенн, несущей частоты и протяженности трассы и получены в результате усреднения экспериментальных результатов в различных регионах при различных условиях. Все передатчики синхронизированы и расстояние между ними не должно превышать защитный интервал, равный 67,2 км.

Условия отнесения точки к зоне обслуживания (формула минимального сигнала):

$$E_{\text{мин}} = 10 \cdot \log_{10} \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{E_i}{10}} \right)$$

При определении минимального медианного значения напряженности поля вычисляется минимальная напряженность поля и

учитываются корректирующие факторы.

**Модель расчета распространения радиоволн.** Важной особенностью создавае-

мой в Находке сети цифрового телевидения является сложный рельеф поверхности.

Определение зоны покрытия для телевизионных сетей представляет собой сложную и нетривиальную задачу, требующую учета большого количества факторов, включающих в себя параметры передающей и приемной станции, свойства и рельеф поверхности, плотность городской застройки, климатические особенности обслуживаемой местности. В городских районах здания и другие искусственные препятствия оказывают суще-

ственное влияние на распространение радиоволн. В сельских районах сезонные изменения растительности могут привести к серьезным изменениям при прохождении сигналам, особенно на высоких частотах.

Среди статистических моделей для условий Находки больше всего подходит модель Лонгли-Райса, наилучшим образом учитывающая неоднородности рельефа. Программная среда Radio Mobile в своей работе использует именно ее. Диапазон системных параметров в модели Лонгли-Райса, указан в таблице 1.

Таблица 1

### ДИАПАЗОН СИСТЕМНЫХ ПАРАМЕТРОВ В МОДЕЛИ ЛОНГЛИ-РАЙСА

Системный параметр	Диапазон значений
Частота передачи (МГц):	20-20 000
Расстояния (км)	1-2000
Высоты антенны (м)	0,5-3000
Поляризация	Вертикальная, Горизонтальная
Рельеф местности	Сложный
Электропроводность почвы ( $\text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$ )	0,005-0,01
Диэлектрическая проницаемость почвы	3-6

**Описание существующей одночастотной сети города Находка.** Для исследования сети цифрового телевидения на территории города Находка за основу была взята существующая сеть DVB-T2 (второй мультиплекс). Зона обслуживания на данной территории формируется четырьмя передатчиками: на горе Хребтовая (Находка), в городе Партизанск, в селе Лазо и в поселке Преображение.

Передатчики и их диаграммы направленности выбирались из таблицы 4.1 «Состав и характеристики цифровых эфирных станций сети цифрового наземного вещания на территории Приморского края (первый

этап строительства сети)», а также из таблицы «Дополнительно строящихся» (системный проект). Также указано, что азимут главного лепестка диаграммы направленности передатчика в Партизанске равен 90 градусов, а для передатчика на горе Хребтовой отсутствует.

Параметры эфирного сигнала сети цифрового наземного вещания второго частотного мультиплекса определены техническим заданием, прописанным в системном проекте «Сеть цифрового наземного вещания на территории Приморского края (второй частотный мультиплекс) и приведены в таблице 2.

## ПАРАМЕТРЫ ЭФИРНОГО СИГНАЛА СЕТИ

Стандарт эфирного телевизионного вещания	DVB – T2
Режим вещания	MPLP
Вид модуляции	64 QAM
Алгоритм коррекции ошибок	LDPC + BCH
Скорость кодирования	4/5
Размерность ДПФ	32k extended
Защитный интервал	1/16 (224 мкс)
Ширина спектра, МГц	7,77
Шаблон пилот сигналов	PP4
Информационная скорость цифрового потока, Мбит/с	33,29

**Определение медианной напряженности поля, допустимого для фиксированного приема.** Граница зоны обслуживания цифровых РТПС определяется в результате расчетов как совокупность точек, в которых расчетное значение напряженности поля равно минимальному медианному значению напряженности поля.

В проекте используется фиксированный тип приема с каналом Гаусса. Данный канал применим в случае нахождения приемной и передающей антенны в зоне прямой видимости и любые препятствия на пути трассы являются недопустимыми.

Значение медианной напряженности поля определяется из формулы:

$$E_{\text{мин}} \left( \frac{\text{дБмкВ}}{\text{м}} \right) = U_{\text{вх.мин}} (\text{дБмкВ}) - G_a (\text{дБ}) + a_c (\text{дБ}) - 20 \lg \left( \frac{300}{2\pi f} \right) = 46,72$$

где  $U_{\text{вх.мин}} (\text{дБмкВ}) = 33,52$  – минимальное напряжение сигнала на входе приемника с волновым сопротивлением 75 Ом,  $G_a (\text{дБ}) = 12$  – усиление приемной антенны,  $a_c (\text{дБ}) = 5$  – потери в фидере на приемной стороне.

Параметр  $U_{\text{вх.мин}} (\text{дБмкВ})$  зависит от шумовой мощности, развиваемой на входе приемника в полосе канала 7,77 МГц (эффективная спектральная полоса канала для DVB-T2) при нормальной температуре 290К.

Учитывая поправочный коэффициент  $C_{95\%} = 9 \text{ дБ}$ ,  $E_{\text{минмед}} = 55,7 \frac{\text{дБмкВ}}{\text{м}}$

Для проверки вычислений значение медианной напряженности поля можно определить из таблицы, приведенной в приложении В5 в Приложении №2 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. №15-35-04. Фрагмент этой таблицы представлен в таблице 3 для исследуемого телевизионного канала.

Таблица 3

## ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ МЕДИАННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ ДЛЯ РЕЖИМА 64QAM 4/5 PP4 32k ext GI = 1/16 (блок LDPC длиной 64 800 бит)

№ ТВ – диапазона	№ ТВ канала	Центральная частота, МГц	Гаусс
V	59	778	55,1

В рамках выполнения проекта необходимо обеспечить заданный уровень покрытия во всех НП, указанных на рисунке 1.

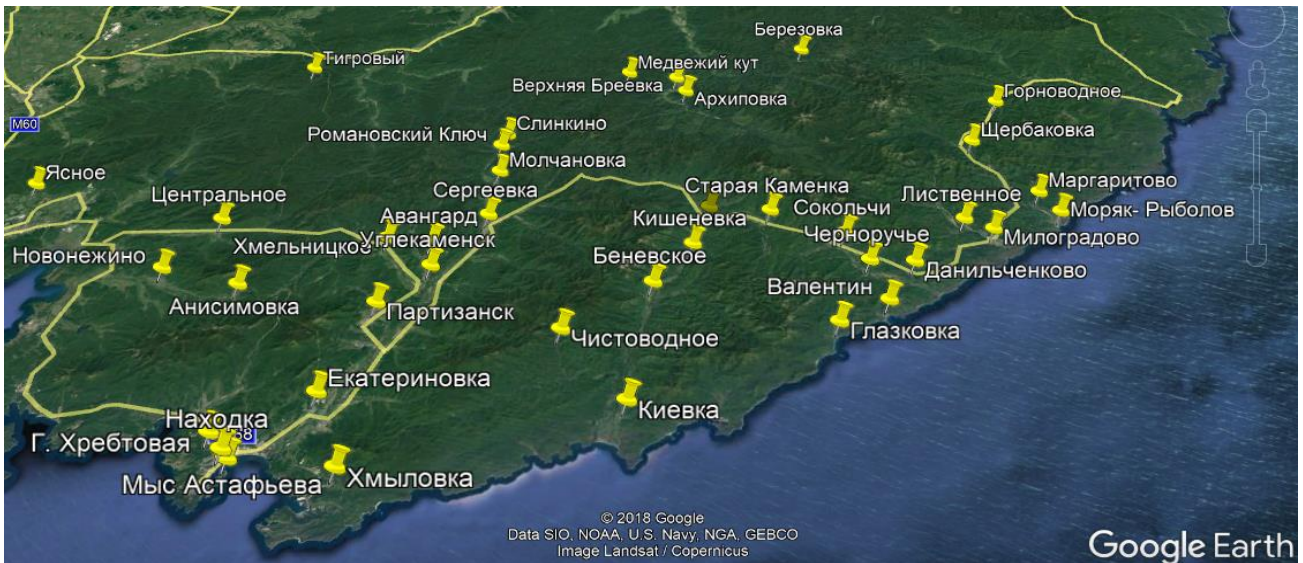


Рисунок 1. Зона обслуживания ОЧС Зоны «Находка»

Основной задачей является уменьшение числа передатчиков или замена на ретрансляторы для экономии средств.

**Практическая работа.** Настройка сети. Здесь мы указываем частотный диапазон (мультиплекс) антенны (774-782 МГц), поляризацию и режим вещания, а также поверхностную рефракцию, удельную электропроводность почвы, относительную диэлектрическую проницаемость почвы и тип климата. В работе выбирается режим «Вещание», который используется для моделирования работы стационарных станций. Следующим шагом является добавление информации о системе.

После добавления передатчиков в Radio

Mobile мы рассчитываем зону охвата. На вкладке «Параметры отображения сигнала» значение напряженности устанавливаем от 55,7 до 150 дБмкВ/м, так как показатель 55,7 является минимально допустимым для качественного вещания.

**Определение теневых зон.** Следующей задачей было определить все НП, попадающие в теневые зоны, уровень сигнала в которых ниже значения 55,7 дБмкВ/м.

В теневые зоны попал достаточно большой ряд НП, часть из которых показана на рисунке 2. На нем изображено 3 теневые зоны, соответствующие селам Хмельницкое (1), северной части Авангард (2) и Углекаменск (3).

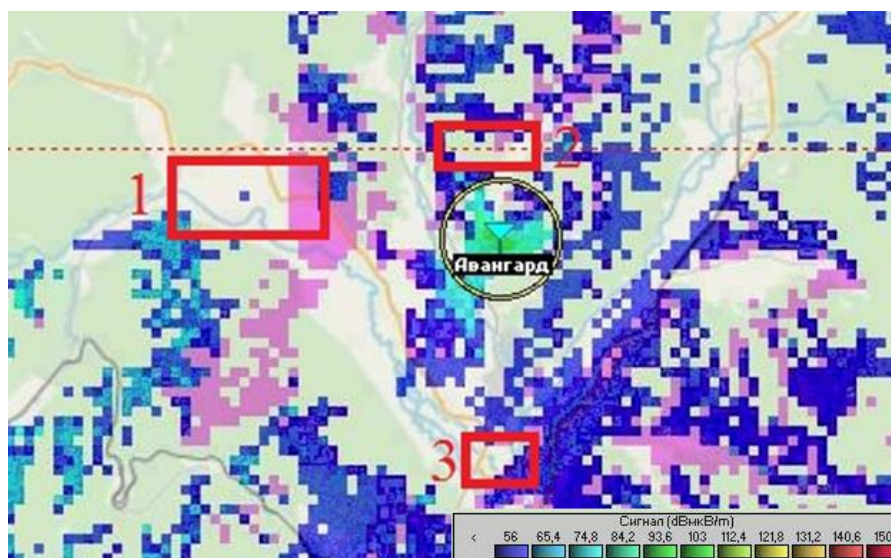


Рисунок 2. Выявленные теневые зоны



**Определение параметров ретрансляторов и их местоположения.** Согласно теории, при расстановке ретрансляторов используется следующий принцип: ретранслятор устанавливается в наивысшую точку теневой зоны для ее устранения.

На практике же районы теневых зон были достаточно обширные, и охватить их одним ретранслятором с наивысшей точки невозможно. Исходя из этого, было принято решение ставить ретрансляторы так, чтобы:

1. По возможности охватить несколько НП.
2. Выбрать такую точку, чтобы на пути от одного передатчика до данного ретранслято-

ра не было препятствий.

3. Если такой точки нет, то выставить ретранслятор (возможно, и не один) для связи передатчика и ретранслятора.

Первоначально мы сформировали список ретрансляторов для обеспечения зоны покрытия всех НП. Далее перечислены данные ретрансляторы с указанием НП, которые они должны покрывать. Также выделены промежуточные ретрансляторы для соединения передатчика и местных ретрансляторов.

Основным параметром ретранслятора является его ЭИИМ:

$$P = \frac{1}{D} \left[ \frac{E * \lambda * r^2}{2,18 * h_1 h_2} \right]^2 = \frac{1}{D} \left[ \frac{E * c * r^2}{2,18 * f * h_1 h_2} \right]^2$$

Типовые мощности ретрансляторов указаны в статье: «Маломощные передатчики и ретрансляторы в сетях наземного цифрового и мобильного телевидения». Ряд приводимых мощностей следующий: 0,3 Вт, 1 Вт, 5 Вт, 10 Вт, 20 Вт, 50 Вт, коэффициент усиления антенны 10 dbi. Что касается диаграмм направ-

ленности, то преимущественно использовался вид «панель». Такая ДН позволяет использовать мощность максимально эффективно.

К примеру, мощность ретранслятора, который принимает сигнал в Авангарде и передает в Сергеевку должна быть равна 10 Вт (расчет по формуле).

Таблица 4

#### КООРДИНАТЫ РЕТРАНСЛЯТОРОВ

№	Ближайший НП	Широта	Долгота	Вид ДН (азимут)
1	Новонежино	43N11'40.0"	132E41'53.0"	Панель (290)
2	Центральное	43N17'26.6"	132E39'41.0"	Панель (45)
3	Авангард	43N16'18.9"	133E13'52.9"	Панель (180)
4	Углекаменск	43N17'03.8"	133E12'39.4"	Панель (270)
5	Хмельницкое	43N17'14.9"	133E09'12.4"	Панель (270)
6	Молчановка	43N30'47.0"	133E27'43.7"	Панель (270)
7	Архиповка	43N41'59.7"	133E37'45.3"	Панель (45)
8	Березовка	43N52'21.6"	134E09'46.8"	Панель (45)
9	Чистоводное	43N03'43.6"	133E43'34.1"	Панель (270)
10	Валентин	43N14'11.0"	132E46'24.3"	Панель (135)
11	Черноручье	43N18'00.2"	134E20'41.1"	Панель (225)
12	Лиственное	43N20'22.2"	134E31'56.9"	Панель (140)
13	Милоградово	43N18'31.8"	134E35'56.31"	Панель (135)
14	Щербакровка	43N37'26.4"	134E40'24.6"	Панель (225)
15	Сергеевка	43N24'18.6"	133E16'28.7"	Панель (135)

Таблица 5

**РЕТРАНСЛЯТОРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УРОВНЯ СИГНАЛА В НП**

№	Наименование ретранслятора	Список покрываемых НП	Промежуточный (передатчик)
1	СМРС	Сергеевка, Молчановка, Романовский Ключ, Слинкино	Нет
2	АВМ	Архиповка, Верхняя Бреевка, Медвежий Кут	Нет
3	Б	Березовка	Нет
4	КЧБ	Киевка, Беневское	Нет
5	ВГ	Валентин, Глазковка	Нет
6	ДСЧ	Данильченково, Сокольчи, Черноручье	Нет
7	ГЩ	Горноводное, Щербаковка	Нет
8	Сергеевка	Сергеевка	Нет

При установке ретрансляторов необходимо убедиться в отсутствии препятствий между ними. Если такие препятствия присутствуют, то необходимо поставить промежуточные ретрансляторы. Если трасса построена верно, то ее профиль в программе выделен зеленым цветом.

Используются следующие промежуточные ретрансляторы:

Участок Преображение – Чистоводное:

Промежуточные ретрансляторы 1 и 2 соединяют передатчик в Преображении и ретранслятор КЧБ. Результат: обеспечение покрытия в Чистоводном и улучшение качества сигнала в Киевке и Беневском.

Участок Партизанск – Сергеевка:

Промежуточный ретранслятор 3 соединяет передатчик в Партизанске и ретранслятор в Сергеевке. Результат: обеспечение покрытия в Сергеевке.

Таблица 6

**РАСЧЕТНЫЕ МОЩНОСТИ РЕТРАНСЛЯТОРОВ**

Трасса	Расстояние, км	h1, м	h2, м	Ky, dbi	ЭИИМ, Вт
Новонежино – Центральное	11,1	10	10	10	14 → 20
Авангард – Углекаменск	2,15	10	10	12,15	3,6 → 5
Авангард – Хмельницкое	4,66	10	10	12,15	7,8 → 10
Лиственное – Милоградово	6,36	10	10	10	9,2 → 10

## Устранение теневых зон и обеспечение покрытия ОЧС зоны «Находка».

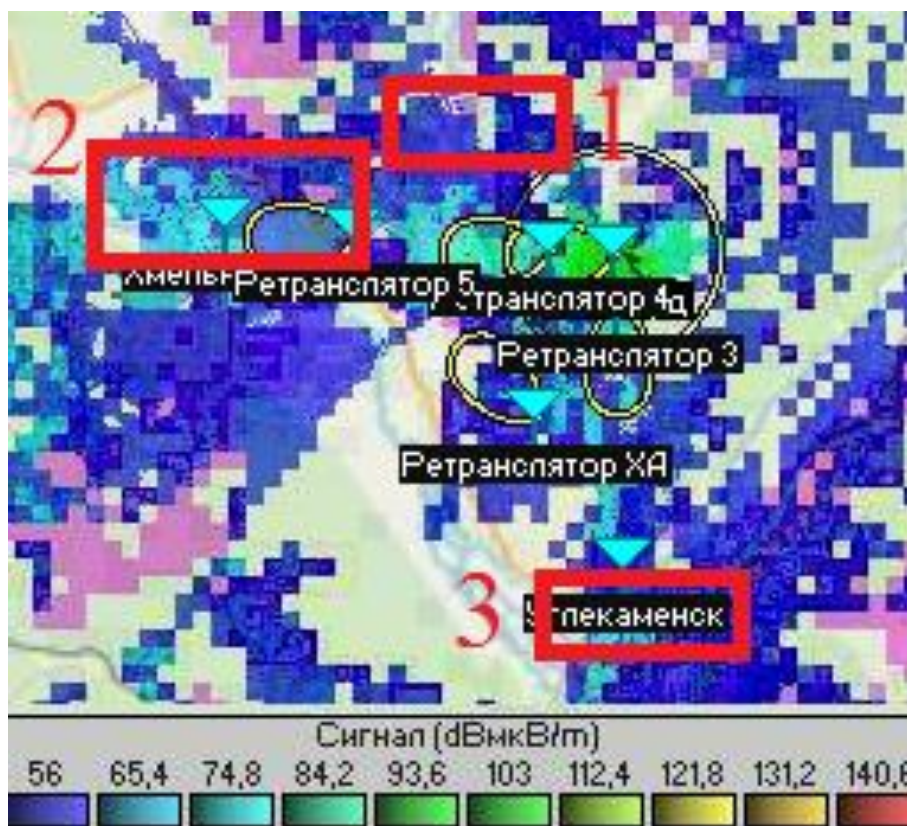


Рисунок 3. Модернизированная зона обслуживания ОЧС г. Находка.

Таблица 7

## УРОВНИ СИГНАЛОВ В НП ЗОНЫ АВАНГАРД

Населенный пункт	Уровень сигнала (дБмкв/м)
Авангард	93,6
Углекаменск	74,8
Хмельницкое	74,8

По полученной модернизированной зоне обслуживания ОЧС видно:

1. Выделенные зоны тени устранены.
2. Жилые районы города Находка покрыты полностью.
3. Уровень принимаемого сигнала, равный 55,7 дБмкВ/м, в данной сети соответствует фиксированному приему.

Ретрансляторы требуют питания переменным напряжением 100-240 В. Для этого подходит питание от сети домов и производственных помещений. Можно организовать питание от ЛЭП 0,4 кВ или же от опоры освещения. Но для этого необходимо согласовать это с энергетической компанией города Находка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 54715-2011. Телевидение вещательное цифровое. Планирование наземных сетей цифрового телевизионного вещания. Технические основы.
2. ГОСТ РФ Р 56452-2015. Телевидение вещательное цифровое. Одночастотные сети системы цифрового телевизионного вещания второго поколения (DVB-T2). Основные параметры.

3. Ломакин А.Ф., Стеценко Г.А., Стаценко Л.Г. Основы организации цифрового эфирного телевидения: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ-2018.

4. Системный проект: Сеть цифрового наземного вещания на территории Приморского края (первый частотный мультиплекс) // ООО «Телеком проект 5». – М., 2010. – 172 с. – URL: <http://www.tp5.ru/> (дата обращения: 07.09.2016).

5. Системный проект: Сеть цифрового наземного вещания на территории Приморского края (второй частотный мультиплекс) // ООО «Телеком проект 5». – М., 2010. – 172 с. – URL: <http://www.tp5.ru/> (дата обращения: 07.09.2016).

## RESEARCH OF THE CONDITIONS FOR THE ORIGIN OF THE SHADOW ZONE OF THE PSB DVB-T2 «NAKHODKA» ZONE

**CHEREMUKHIN Dmitry Andreevich**

undergraduate

**TIKHONOV Daniil Evgenievich**

undergraduate

Far Eastern Federal University

Vladivostok, Russia

*In this work, the shadow areas of a single-frequency digital television network DVB-T2 Nakhodka were identified. The main objectives were to supplement the existing system with several hap-fillers, which would provide a given percentage of coverage of the territory, the required signal level and eliminate shadow zones in the locations of the NP, as well as choosing the optimal location of the repeaters in order to reduce their number and efficient power distribution, the calculation of the necessary repeater capacities to cover a given territory.*

**Key words:** DVB-T2, service area, television, coverage, frequency, multiplex.

### Уважаемые коллеги!

Приглашаем вас опубликовать статьи в журнале

### «НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ»

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN: ISSN 2218-7774.

Материалы журнала размещаются в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

### ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вопросы философии</li> <li>• Правовое регулирование</li> <li>• Социально-экономические основы современного общества</li> <li>• Вопросы языкознания</li> <li>• Литература</li> <li>• Педагогика</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Психология</li> <li>• История</li> <li>• Социология</li> <li>• Интеграция науки</li> <li>• Научная школа</li> <li>• К юбилею ученого</li> </ul> |
|--|--|

Адрес: 428017, г. Чебоксары, пр. Московский, д. 52 А.

Тел.: (8352) 38-16-12, 8-927-668-16-12

E-mail: [551045@mail.ru](mailto:551045@mail.ru)

Сайт: [np-journal.ru](http://np-journal.ru)