



Акционерное общество «ЭР-Телеком Холдинг»  
(АО «ЭР-Телеком Холдинг»)  
Шоссе Космонавтов, д 111, корп. 43, г. Пермь, 614066  
тел. (342) 246 22 33, факс (342) 219 50 24  
E-mail: info@domru.ru, domru.ru  
ОКПО 93969892, ОГРН 1065902028620,  
ИНН 5902202276, КПП 590501001

## **Платформа ERNet Enterprise**

# **ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

На 25 листах

Москва 2021

## Код и класс ПО

Класс 02.07<sup>1</sup> - Серверное и связующее программное обеспечение

Код ОКПД<sup>2</sup> - 58.29.12.000 Обеспечение программное сетевое на электронном носителе

---

<sup>1</sup> Классы ПО утверждены Минкомсвязью России приказом от 01.04.2016 № 134 (зарегистрирован в Минюсте России 24 мая 2016 г. под номером 42246)

<sup>2</sup> Согласно общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014 (КПЕС 2008)

## **Авторские права**

Правообладателем исключительного права на программное обеспечение ERNet Enterprise является АО «ЭР-ТЕЛЕКОМ ХОЛДИНГ» (ОГРН: 1065902028620).

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2022662918.

## Оглавление

<b>Лист зарегистрированных изменений</b> .....	<b>6</b>
<b>Принятые сокращения</b> .....	<b>7</b>
<b>Введение</b> .....	<b>10</b>
<b>Обзор сети LoRaWAN</b> .....	<b>11</b>
Абонентские устройства .....	11
Базовая станция .....	12
Сетевой сервер .....	12
Сервер приложений .....	13
<b>Характеристики продукта</b> .....	<b>14</b>
<b>Системные требования</b> .....	<b>15</b>
<b>Архитектура решения</b> .....	<b>16</b>
Открытость .....	16
Модифицируемость .....	16
Масштабируемость .....	16
Модульность .....	16
Надежность .....	16
Резервирование .....	16
Диагностируемость .....	16
Безопасность .....	16
<b>Основной функционал</b> .....	<b>17</b>
Базовые станции (шлюзы) .....	17
Управление базовыми станциями .....	17
Карточка базовой станции .....	17
Администрирование .....	18
Профили шлюзов .....	18
Абонентские устройства .....	19
Администрирование устройств .....	19
Отображение устройств .....	19
Карточка устройства .....	19
Адаптивная скорость передачи данных (ADR) .....	20
Режим Multicast .....	20

<b>Подключение серверов приложений .....</b>	<b>21</b>
<b>API платформы .....</b>	<b>23</b>
<b>Дополнительные технологические модули платформы.....</b>	<b>24</b>
Gateways.....	24
Applications.....	24
LoRaWAN Logger.....	24
Сводная информация.....	24
Инструмент логирования событий .....	25
Users.....	25
BS Checker.....	25
Export .....	25
Multicast-groups .....	25

**Лист зарегистрированных изменений**

Версия	Изменение	Причина	Дата
01		Базовая версия	16.03.2021

## Принятые сокращения

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод
ABP	Activation By Personalization	Активация методом персонализации
ADR	Adaptive Data Rate	Адаптивная скорость передачи данных
API	Application programming interface	Программный интерфейс приложения
AppKey	Application Key	Постоянный корневой ключ
AppSKey	Application Session Key	Сессионный ключ приложения
AS	Application Server	Сервер приложений
CP	Connectivity Plan	План подключения
CPU	Central Processing Unit	Центральный процессор
CSV	Comma-Separated Values	Формат таблицы с разделением запятыми
DC	Duty Cycle	Процент времени занятия эфира устройством
DevAddr	Device Address	Адрес устройства
DevEUI	Device Extended Unique Identifier	Уникальный идентификатор датчика
DL	Downlink	Сообщение от сети к устройству
ESP	Estimated Signal Power	Оценочная мощность сигнала
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Европейский институт телеком-стандартизации
FPGA	Field-Programmable Gate Array	Программируемая пользователем вентильная матрица (ПЛИС)
GNSS	Global Navigation Satellite System	Глобальная спутниковая система навигации (GPS и ГЛОНАСС)
GUI	Graphic User Interface	Графический интерфейс пользователя

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод
ID	Identifier	Идентификатор
IMEI	International Mobile Equipment Identity	Международный идентификатор оборудования мобильной связи
IMSI	International Mobile Subscriber Identity	Международный идентификатор абонента мобильной связи
IoT	Internet of Things	Интернет вещей
IP	Internet Protocol	Интернет Протокол
JoinEUI	JoinServer Extended Unique Identifier	Уникальный идентификатор Join-сервера
JSON	JavaScript Object Notation	Формат обмена данными, основанный на JavaScript
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network	Сеть дальнего действия
LPWAN	Low Power Wide Area Network	Сеть малой мощности
MAC	Media Access Control	Контроль доступа к медиа-уровню
NetID	Network Identifier	идентификатор сети
NS	Network Server	Сетевой сервер
NTP	Network Time Protocol	Сетевой протокол синхронизации внутренних часов
NW	Network	Сеть
NwkSKey	Network Session Key	Сетевой сессионный ключ
OTAA	Over The Air Activation	Активация по радио (беспроводная)
PER	Packet Error Rate	Процент ошибочных пакетов
RAM	Random Access Memory	Оперативная память
RF	Radio Frequency	Частота радиосигнала
RSSI	Received Signal Strength Indicator	Индикатор уровня принятого сигнала
SF	Spreading Factor	Коэффициент расширения

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод
SMP	System Management Platform	Платформа управления системой
SNMP	Simple Network Management Protocol	Простой протокол управления сетью
SNR	Signal to Noise Ratio	Отношений сигнал/шум
SSH	Secure SHell	Прикладной протокол управления
UDR	Usage Detail Record	Запись деталей использования
UL	Uplink	Сообщение от устройства к сети
URL	Universal Resource Locator	Адрес ресурса в сети Internet
VM	Virtual Machine	Виртуальная машина
VPN	Virtual Private Network	Виртуальная частная сеть
WiFi	Wireless Fidelity	Стандарт беспроводной связи
WS	Web Service	Интернет сервис
XML	eXtensible Markup Language	Расширяемый язык разметки
БС		Базовая станция
ПО		Программное обеспечение

## Введение

В данном документе приведено описание программного обеспечения (ПО) серверной платформы (сервера управления) сетью LPWAN стандарта LoRaWAN, разработанного АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Продукт ERNet Enterprise создан для построения "локальных" сетей LoRaWAN на уровне одного предприятия/организации/населенного пункта. Для построения сети большего масштаба следует использовать расширенную версию продукта компании АО «ЭР-Телеком Холдинг».

Документ предназначен для пользователей серверной платформы и разработчиков смежных устройств и приложений.

Задачи, решение которых обеспечивает сервер управления:

1. Выполняет управление абонентскими устройствами и базовыми станциями на сетевом уровне LoRaWAN;
2. Обеспечивает пользователю доступ к инструментам управления абонентскими устройствами, маршрутизацией данных от абонентского устройства к серверам приложений и просмотр сообщений к/от абонентских устройств в реальном времени;
3. Обеспечивает пользователю доступ к инструментам управление базовыми станциями и их мониторинга;

## Обзор сети LoRaWAN

Сеть LoRaWAN состоит из следующих элементов: абонентские устройства, базовые станции (шлюзы), сетевой сервер и серверы приложений (Рис.1):

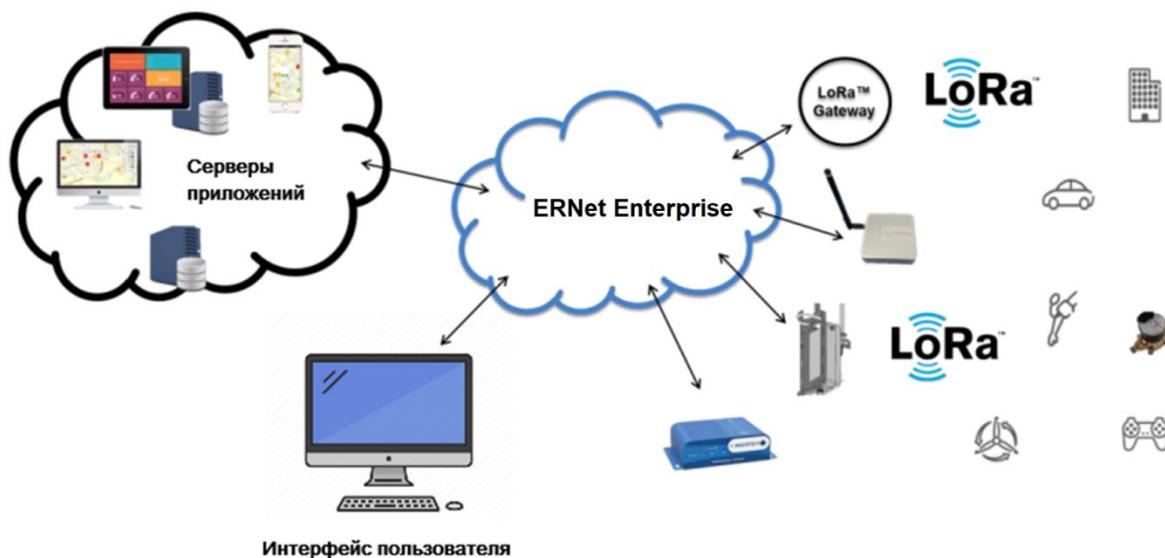


Рис.1 Архитектура сети LoRaWAN

### Абонентские устройства

Обобщающее наименование для сенсоров, датчиков, счетчиков, актуаторов и радиомодулей IoT, устанавливаемых на стороне пользователя. Альтернативные наименования: датчик, терминал, абонентский терминал, оконечное устройство. Стандарт LoRaWAN определяет три класса терминалов (табл. 1).

Таблица 1. Классы терминалов LoRaWAN

Класс устройства	Режим работы
А	Сеанс связи инициирует терминал. Основная задача – передавать данные от устройства к сети, прием данных возможен только сразу после передачи (терминал открывает два «окна» приема). Терминалы класса А применяются в приложениях, где передача данных от сети возможна только как ответная реакция на получение данных от конечного устройства и требуется максимальное время работы от автономного источника питания

Класс устройства	Режим работы
В	В дополнение к возможностям класса А появляется возможность по расписанию принимать данные от сети, т.е. сеанс связи может быть инициирован как устройством, так и сетью. Терминалы класса В используются в случаях, когда прием данных от сети требуется, но не моментально, а по назначенному заранее расписанию (например, раз в 32 с), чем достигается баланс между скоростью реакции устройства на внешнюю команду и его энергопотреблением
С	Устройства класса С постоянно готовы принимать данные от сети, прием прекращается только во время передачи данных самим устройством. Таким образом, сеанс связи, как и для устройств класса В, может быть инициирован и устройством, и сетью. Терминалы класса С применяются в приложениях, где быстрота реакции на команду, полученную от сети, важнее экономии электропитания, а также в тех случаях, когда устройству необходимо получать через IoT-сеть большие объемы данных

### Базовая станция

Выполняет функции сопряжения и взаимодействия радиосети с абонентским устройством и концентрации нагрузки с группы устройств. Совокупность базовых станций оператора обеспечивает территорию радиопокрытия сети и прозрачную двустороннюю передачу данных между конечными устройствами и сетевым сервером. Альтернативное наименование – шлюз.

### Сетевой сервер

Программно-аппаратный комплекс, управляющий радиосетью, контролирующей радиосеть и выполняющий маршрутизацию пакетов данных от абонентских терминалов до соответствующих серверов приложений.

**Управление радиосетью.** Сетевой сервер сети LoRaWAN выбирает БС для передачи сообщений в направлении «вниз» (downlink), принимает решения о необходимости изменения скорости передачи данных для каждого терминала, мощности передатчика, контролирует заряд батарей конечных устройств, шифрует данные и т.п.;

**Контроль радиосети** включает функции мониторинга, сбора статистики и аварийного информирования;

**Маршрутизация.** Каждый пакет данных, отправляемый абонентским терминалом, имеет в своем составе уникальный идентификатор DevAddr, а на сетевом сервере хранится запись о соответствии DevAddr и URL сервера приложений, которому предназначена информация от терминала (датчика). На основании этого соответствия сетевой сервер выполняет маршрутизацию пакета до сервера приложений, где происходит его дальнейшая обработка приложением клиента;

### Сервер приложений

Платформа, производящая обработку данных, получаемых от и направляемых к устройствам. Помимо работы с данными, сервер приложения может управлять терминалами с уровня приложения (например, переводить их в режим работы другого класса, управлять опцией адаптивной передачи данных, мультикаста и т.п.). Сервер приложений может находиться на территории оператора, на территории клиента или в одном из «облачных» сервисов.

## Характеристики продукта

ERNet Enterprise совместим со стандартами LoRaWAN® 1.0.x и 1.1 и поддерживает следующие сетевые опции:

- Устройства класса А
- Устройства класса В
- Устройства класса С
- Активация путем персонализации (ABP)
- Активация «по воздуху» (OTAA)
- Адаптивное изменение скорости передачи (ADR)
- Пассивный роуминг

ERNet Enterprise обеспечивает:

- обслуживание до 100 базовых станций \*;
- до 10 000 датчиков (оконечных устройств) \*;
- гарантированную обработку LoRaWAN-сообщений при интенсивности до 50 000 сообщений в сутки \*;
- возможность разворачивания и функционирования в ДМЗ Клиента.

\* - ограничены серверными ресурсами, возможно увеличение по запросу

## Системные требования

Ниже перечислены минимальные системные требования для соответствия заявленным характеристикам:

- Virtual Private Server or Physical Server  
64 bit architecture
- 2 CPU or Dual Core CPU (or higher), 2700MHz
- 8 GB RAM
- 2x 256 GB SSD
- Gigabit Ethernet
- Ubuntu 20.04.1 LTS (Focal Fossa)

## **Архитектура решения**

Архитектура решения соответствует следующим принципам:

### **Открытость**

Возможность замены любого элемента системы без пересмотра системной архитектуры;

### **Модифицируемость**

Возможность изменения алгоритмов работы системы путем изменения конфигурационных данных;

### **Масштабируемость**

Возможность наращивать ресурсы системы с пропорциональным повышением производительности, таким образом, что при этом не возникает необходимости модернизации программного обеспечения системы или проведения структурных изменений системы;

### **Модульность**

Возможность разделения системной архитектуры на несколько модулей;

### **Надежность**

Возможность системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения;

### **Резервирование**

Возможность системы дублировать функционал составных частей системы и оперативного автоматического переключения с неисправных на рабочие;

### **Диагностируемость**

Возможность оперативного нахождения неисправной части системы;

### **Безопасность**

Соответствие современным требованиям корпоративной информационной безопасности; защищенность компонентов системы от злоумышленников и неквалифицированных пользователей.

## Основной функционал

### Базовые станции (шлюзы)

#### Управление базовыми станциями

Добавление шлюзов производится по ID, серийному номеру и профилю (все поля обязательны к заполнению). Добавлять и удалять шлюзы может только пользователь с правами администратора базовых станций (шлюзов).

Отображение шлюзов в интерфейсе выполняется списком (в табличном виде) и на карте. В списке отображаются следующие столбцы: имя, ID, статус подключения шлюза к платформе.

При отображении шлюзов на карте цветом выделяются шлюзы со статусом оффлайн и те, по которым есть аварии.

По каждому выбранному в таблице или на карте шлюзу есть возможность открыть карточку и меню администрирования шлюза.

#### Карточка базовой станции

При открытии основным окном будет раздел диагностики. Данные для редактирования доступны пользователям с соответствующими правами, остальным пользователям в режиме только для чтения.

#### **Поля, связанные с шлюзом (Заполняемая часть, редактируемые поля)**

- Имя (Уникальное. При создании проводится проверка на уникальность. Используется как ID на платформе);
- Адрес установки;
- Информация;
- ID (неизменяемый);
- Серийный номер (неизменяемый);
- Профиль шлюза (неизменяемый).

#### **Данные, получаемые с базовой станции**

Эти данные собираются с базовой станции и платформы. По умолчанию каждый измеряемый показатель отображается как средний за час или на текущий момент (на момент последнего опроса), если для параметра есть такая техническая возможность.

#### **Система:**

- Загрузка CPU % (С историей за неделю по часам)
- Загрузка RAM % (С историей за неделю по часам)
- Статус GNSS (с последними полученными координатами базовой станции)

- Статус временной синхронизации (либо время последней синхронизации, либо сообщение о потере синхронизации при отсутствии данных в течение периода t) и тип синхронизации (GNSS, NTP, Local)
- Uptime
- Версия ПО

#### **LoRaWAN:**

- Статус радиотракта (Started/Stopped)

#### **Backhaul:**

В этой части отображаются данные по каналу подключения базовой станции: статусы, и актуальные показатели.

- Статус и тип соединения с платформой (Ethernet или сотовый модем)
- Длительность текущей сессии
- Задержки и процент потерь в канале
- Средняя и максимальная скорость
- Количество трафика

### **Администрирование**

Эта вкладка доступна только пользователям с правами администратора шлюзов. Она содержит следующие элементы управления:

- Перезагрузка шлюза
- Включение / выключение радиотракта

### **Профили шлюзов**

Раздел общий для всей платформы и доступен только пользователю Global Admin. Здесь задаются уникальные профили оборудования, которые выбираются из имеющегося списка при добавлении шлюза в организацию. Параметры подгружаются из профиля и привязываются к конкретному шлюзу.

Поля профиля:

- Производитель
- Модель
- Описание
- Конфигурация антенн
- Наличие GNSS
- Виды backhaul

## Абонентские устройства

### Администрирование устройств

При добавлении нового устройства на платформу ERNet Enterprise необходимо указать следующие параметры:

- Имя устройства
- Описание устройства
- Используемый профиль устройств (далее Device Profile)
- Модель устройства (дополнительное поле, используемое в дальнейшем для сортировки/фильтров)
- Тип активации устройства (ABP/OTAA)
- DevEUI
- AppEUI
- AppKey
- DevAddr\*
- AppSKey\*
- NwkSKey\*
- Используемый Service Profile

\*Для ABP-активации

Платформа поддерживает функционал добавления как единичного устройства с указанием параметров и значений, приведенных выше, так и массовое добавление устройств при помощи загружаемого на платформу csv файла импорта. Также поддерживается массовое удаление устройств через файл. Формат файлов приведен в документе по установке и эксплуатации платформы ERNet Enterprise

### Отображение устройств

Поддерживается два варианта отображения абонентских устройств:

1. С привязкой к географической карте (если у устройства задан адрес или координаты) и отображением значка местоположения устройства в соответствии с адресом/координатами;
2. Табличный вид, в котором приводятся: Имя устройства, Профиль устройства, Уровень заряда батареи.

### Карточка устройства

В карточке устройства отображены:

- Профиль устройства

- Имя устройства
- Тип активации
- DevEUI
- JoinEUI
- DevAddr
- Текущий класс устройства
- Поле с заполняемой административной информацией
- Карта с отображением местоположения устройства (если есть) и перечнем шлюзов, через которые устройство работало последний раз.

Сетевая статистическая информация содержит:

- Количество пакетов за последние 24 часа (UL/DL)
- Дата и время последнего Uplink
- Дата и время последнего Downlink
- Дата и время последней успешной регистрации

### **Адаптивная скорость передачи данных (ADR)**

Для обеспечения максимальной емкости сети на платформе ERNet Enterprise реализован алгоритм выбора SF на основе отношения сигнал-шум (уровень SNR).

### **Режим Multicast**

Устройство Multicast – группа устройств, на которых дополнительно прописан один общий DevEUI.

Платформа поддерживает отправку Multicast – сообщения на группу устройств.

## Подключение серверов приложений

Платформа позволяет направить поток данных от устройств (uplink) в Application Server по протоколу HTTP(s) либо MQTT (опционально).

### Протокол обмена при интеграции по HTTP(s):

После направления потока во внешний Application Server будут приходить методом POST JSON следующего содержания:

```
{
  "DevEUI_uplink":{
    "Time":"2018-04-03T12:22:58.0+00:00",
    "DevEUI":"343438357237630F",
    "FPort":"2",
    "FCntUp":"12",
    "ADRbit":"1",
    "MType":"2",
    "payload_hex":"054ef00201",
    "mic_hex":"4ce88152",
    "LrrRSSI":"-53.000000",
    "LrrSNR":"7.250000",
    "SpFact":"7",
    "Channel":"LC5",
    "Lrrid":"000005A5",
    "Late":"0",
    "LrrLAT":"55.744122",
    "LrrLON":"37.635124",
    "CustomerID":"1100000030",
    "BatteryLevel":"109",
    "BatteryTime":"2019-08-21T18:52:36.604+00:00",
    "DevAddr":"699A1C0D"
  }
}
```

Описание параметров принятого JSON:

<b>Time</b>	Временная метка пакета;
<b>DevEUI</b>	Уникальный DevEUI конечного устройства;
<b>FPort</b>	Порт, через который было передано сообщение (задается производителем устройства);
<b>FCntUp</b>	Счетчик количества переданных пакетов;
<b>ADRbit</b>	Флаг активации режима адаптации скорости;
<b>MType</b>	<p>Тип пакета:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 - Запрос процедуры активации по воздуху,</li> <li>• 1 - Подтв. процедуры активации по воздуху,</li> <li>• 2 - Передача данных без подтв. "вверх",</li> <li>• 3 - Передача данных без подтв. "вниз",</li> <li>• 4 - передача данных с подтв. "вверх",</li> <li>• 5 - Передача данных с подтв. "вниз",</li> <li>• 6 - RFU,</li> <li>• 7 - Для частных;</li> </ul>
<b>payload_hex</b>	Полезные данные в 16й системе исчисления;
<b>mic_hex</b>	Код контроля целостности в 16й системе исчисления в ascii формате;
<b>LrrRSSI</b>	Индикатор мощности принятого сигнала (RSSI) принятого сообщения на стороне БС;
<b>LrrSNR</b>	Отношение сигнал/шум принятого сигнала (SNR) принятого сообщения на стороне БС;
<b>SpFact</b>	Коэффициент расширения спектра - Spreading Factor;
<b>Channel</b>	LoRa логический канал, использованный для передачи сообщения;
<b>Lrrid</b>	БС с лучшим соотношением сигнал/шум;
<b>Late</b>	<p>Сообщает был ли пакет поставлен в очередь БС.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 – отправлен сразу;</li> <li>• 1 - поставлен в очередь (в случае перебоев в канале связи БС);</li> </ul>
<b>LrrLAT</b>	Широта БС;
<b>LrrLON</b>	Долгота БС;
<b>CustomerID</b>	ID заказчика ассоциированного с аккаунтом в Device Manager;
<b>BatteryLevel</b>	Уровень заряда батареи, переданный в ReportDevStatus;
<b>BatteryTime</b>	Временная метка уровня заряда батареи, переданная в ReportDevStatus;
<b>DevAddr</b>	Сетевой адрес устройства для адресации пакетов на сетевом уровне.

## API платформы

В качестве API платформы используется Swagger – фреймворк для спецификации RESTful API. Он позволяет интерактивно просматривать спецификацию методов и отправлять запросы через SwaggerUI.

## Дополнительные технологические модули платформы

### Gateways

Обеспечивает администрирование БС, подключения к БС, работу с журналами аварийных сообщений, формирует и отображает статистику по БС, позволяет выполнять мониторинг состояния БС, управляет сканированием радиоэфира, позволяет определять местоположение БС и отображать его на ГИС;

### Applications

Обеспечивает администрирование Оконечными устройствами в режимах активации OTAA и ABP, предоставляет статистику, позволяет определять местоположение и отображать его на ГИС, определяет профили маршрутизации сообщений к Серверам приложений;

### LoRaWAN Logger

Инструмент позволяет конечному пользователю платформы посредством удобного графического интерфейса мониторить фреймы устройств LoRaWAN в режиме реального времени, либо за указанный период. Также позволяет экспортировать журнал истории сообщений в файл формата csv.

Интерфейс включает в себя две области: верхняя часть - поисковая панель и основная - окно с историей UL и DL-сообщений устройств с отображением метаданных.

Метаданные - информация об уровне радиосигнала, количестве принявшие пакет базовых станций, размер пакета и пр. Детальный состав метаданных приведен в документе по установке и эксплуатации платформы ERNet Enterprise.

Минимальная длительность хранения истории сообщений - 90 дней.

### Сводная информация

В платформе реализованы два типа графических панелей (дашбордов): для оператора и для клиента. В обоих интерфейсах можно просматривать следующие данные:

- График, отображающий количество принятых сообщений в минуту;
- Таблицу и график, отображающие текущее кол-во устройств и динамику их изменения;
- Таблицу и график, отображающие текущее количество базовых станций и их динамику за последний месяц по категориям "все/подключен/отключен/никогда не был подключен";
- График с информацией о количестве сообщений в день, с возможностью выбора отображения типа сообщения (JoinAccept, ConfirmedDataUp и т.д.).

По всем таблицам и графикам существует возможность выгрузки отображаемых данных в файл формата csv.

### **Инструмент логирования событий**

Инструмент предназначен для логирования пользовательских действий на платформе. Позволяет сохранять историю изменений по следующим сущностям платформы:

- пользователи;
- базовые станции;
- оконечные устройства.

Инструмент фиксирует дату и время изменения с привязкой к идентификатору пользователя для следующих событий: добавление, удаление, модификация. Доступ возможен только для администраторов платформы.

### **Users**

Позволяет управлять пользователями платформы, назначать ролевые модели;

### **BS Checker**

Позволяет получить оперативную информации о текущем состоянии БС для неавторизованных на платформе пользователей;

### **Export**

Обеспечивает сбор сводной информации по всем БС, оконечным устройствам и пользователям в последующей выгрузкой в текстовый файл для дальнейшего анализа и обработки;

### **Multicast-groups**

Позволяет формировать и настраивать группы для рассылки Multicast-сообщений.