

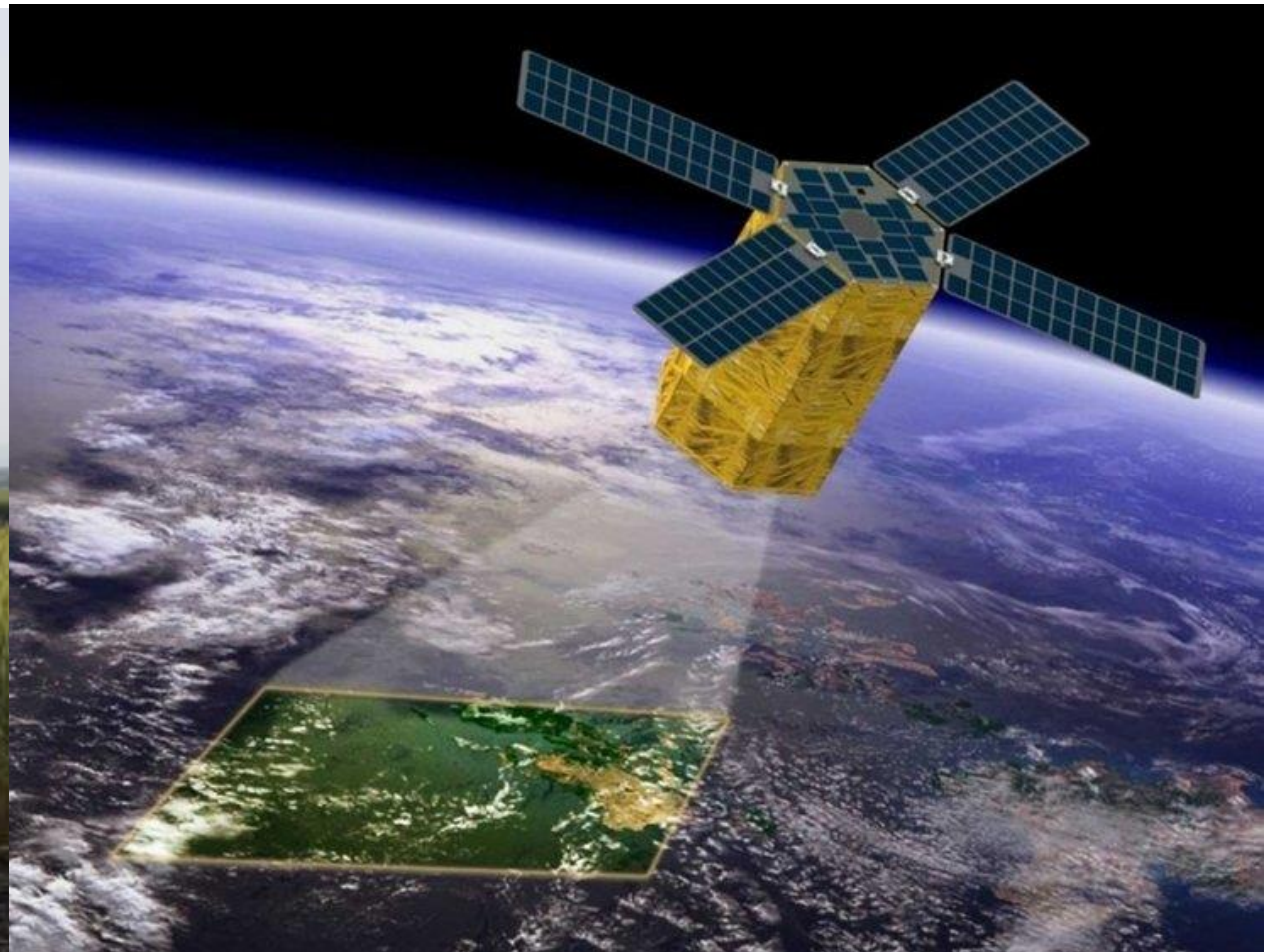
**Разработка автономной самоорганизующейся датчиковой сети
для наземного мониторинга сельскохозяйственной засухи
(на примере Алтайского края)**

Романов Д.А.
crinitusfeles@gmail.com

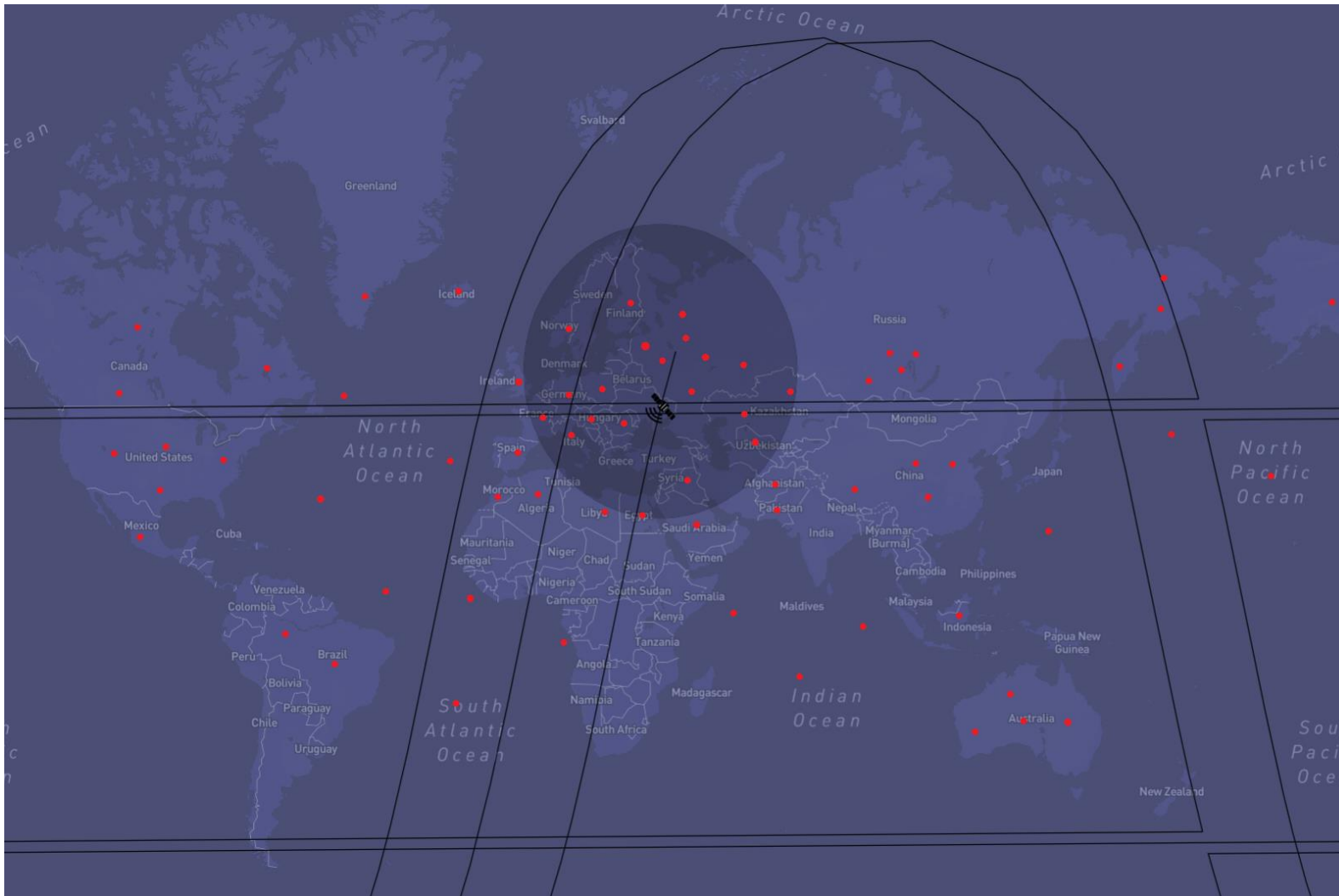
Опасность засухи



Дистанционное зондирование



Постановка задачи



SatNOGS DB

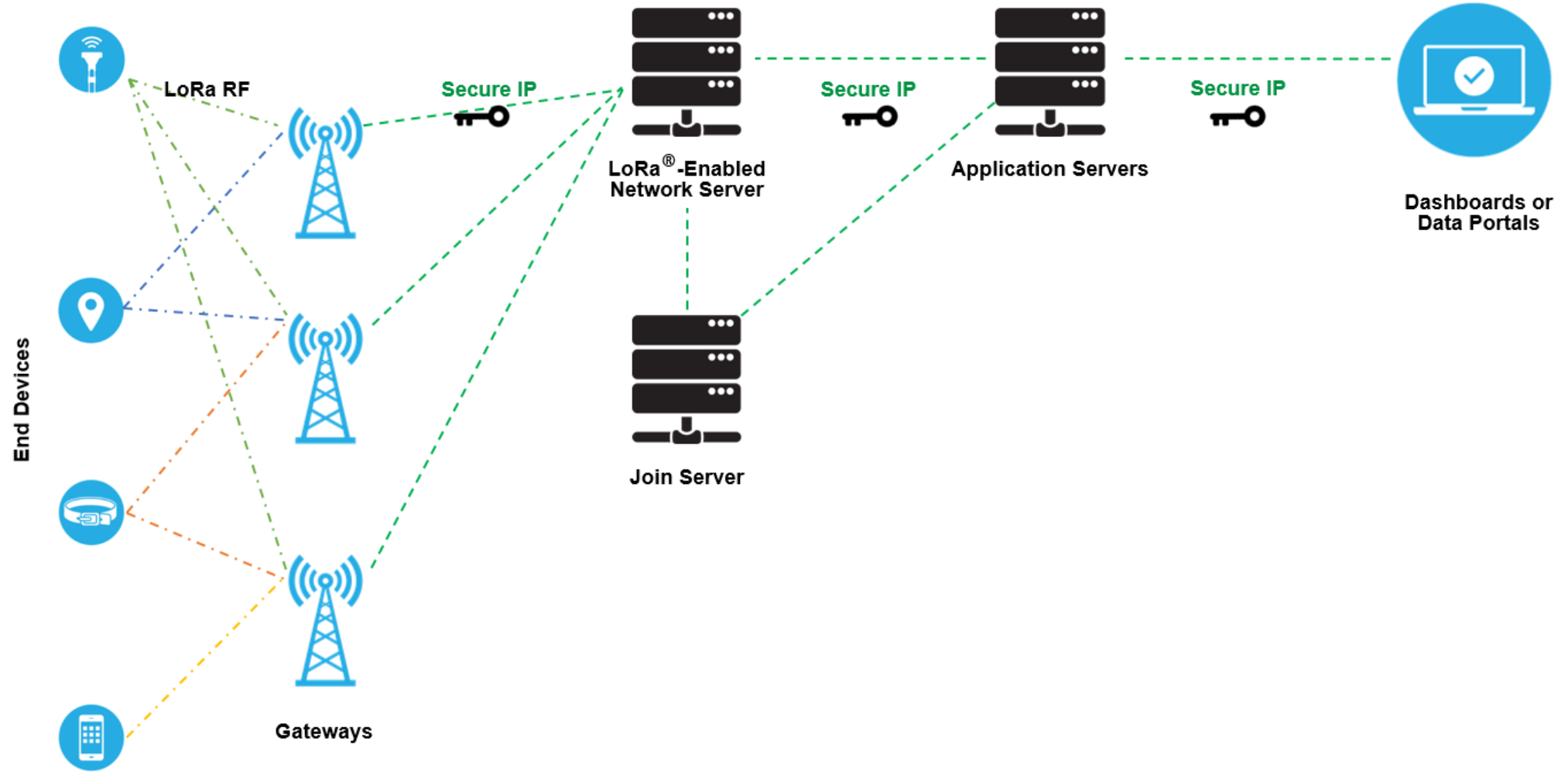
<https://db.satnogs.org>

**“NORBI”
NORAD ID: 46494**

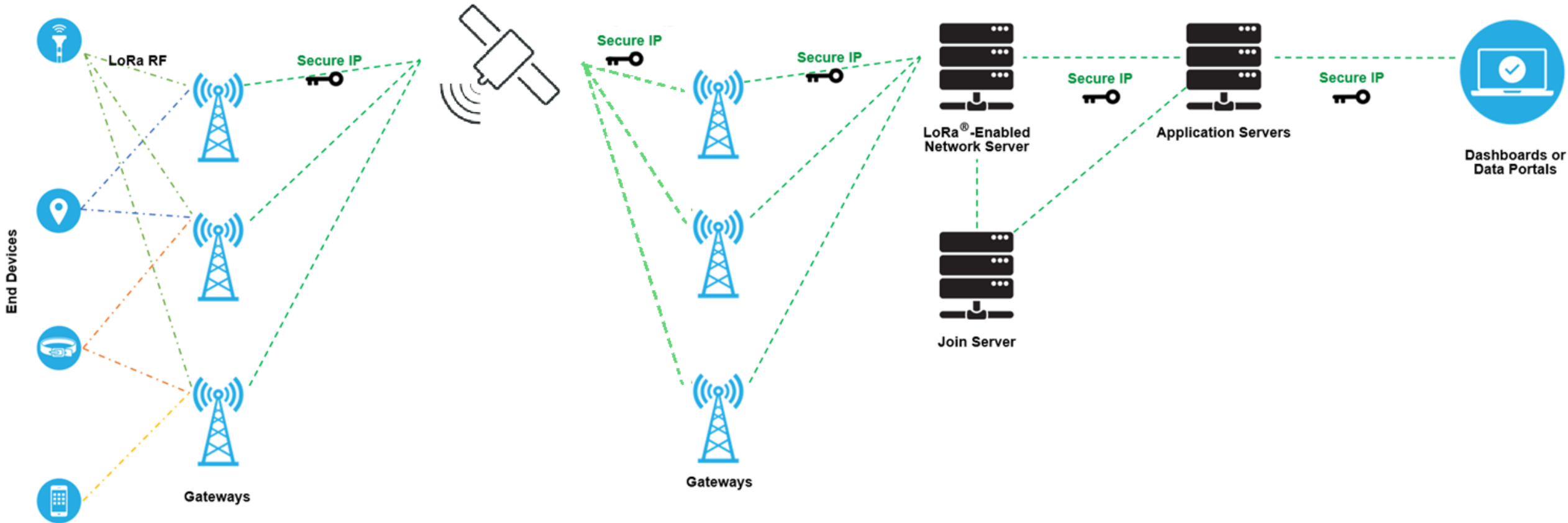
Технологии интернета вещей (IoT – Internet of Things)

		Дальность	Пропускная способность	Автономность	Стоимость	Устойчивость к эффекту Доплера
Сотовые стандарты	Narrow-Band IoT (Cat-M2)	-	-	+	высокая	-
	LTE-M (Cat-M1)	+	+	-	средняя	-
Несотовые стандарты	Локальные сети (WiFi)	-	+	-	средняя	-
	Bluetooth	-	+	+	низкая	-
	Sigfox	+	+	+	высокая	-
	LoRa	+	-	+	низкая	+
	LR-FHSS	+	+	+	низкая	-

Структура сети LoRaWAN



Структура сети с использованием LEO спутников





Цель

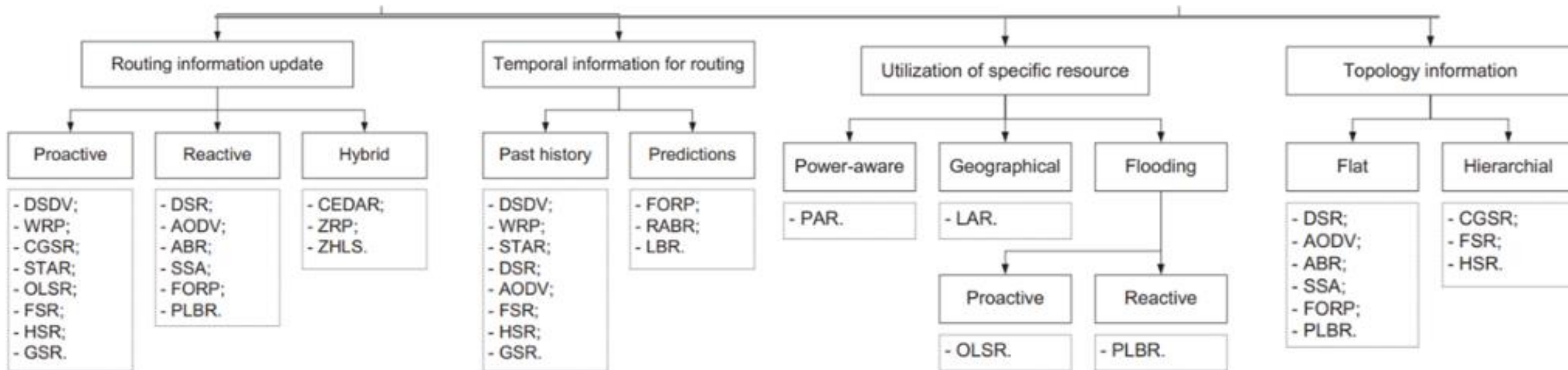
- Разработка автономной самоорганизующейся датчиковой сети.



Задачи


1. Разработать энергоэффективный протокол маршрутизации сети для оптимизации загрузки радиоканала спутника.
2. Спроектировать базовые станции для отладки протокола.

Беспроводные протоколы маршрутизации



Беспроводные протоколы маршрутизации

	Задержка процесса настройки маршрута	Требования к пропускной способности	Масштабируемость	Расходы на управление	Требования к хранилищу
<i>Проактивные</i>	Низкая	Высокие	Низкая	Высокие	Высокие
<i>Реактивные</i>	Высокая	Низкие	Низкая	Низкие	Низкие
<i>Гибридные</i>	Низкая	Низкие	Низкая	Низкие	Высокие



Причины разработки собственного алгоритма динамической маршрутизации сети

1. Провести сравнительный анализ принципов работы основных протоколов динамической маршрутизации для выбора оптимального решения.
2. Иметь возможность гибкой настройки процесса маршрутизации.

Add

Clear

Save

TX id **RX id**

0

1

Start route

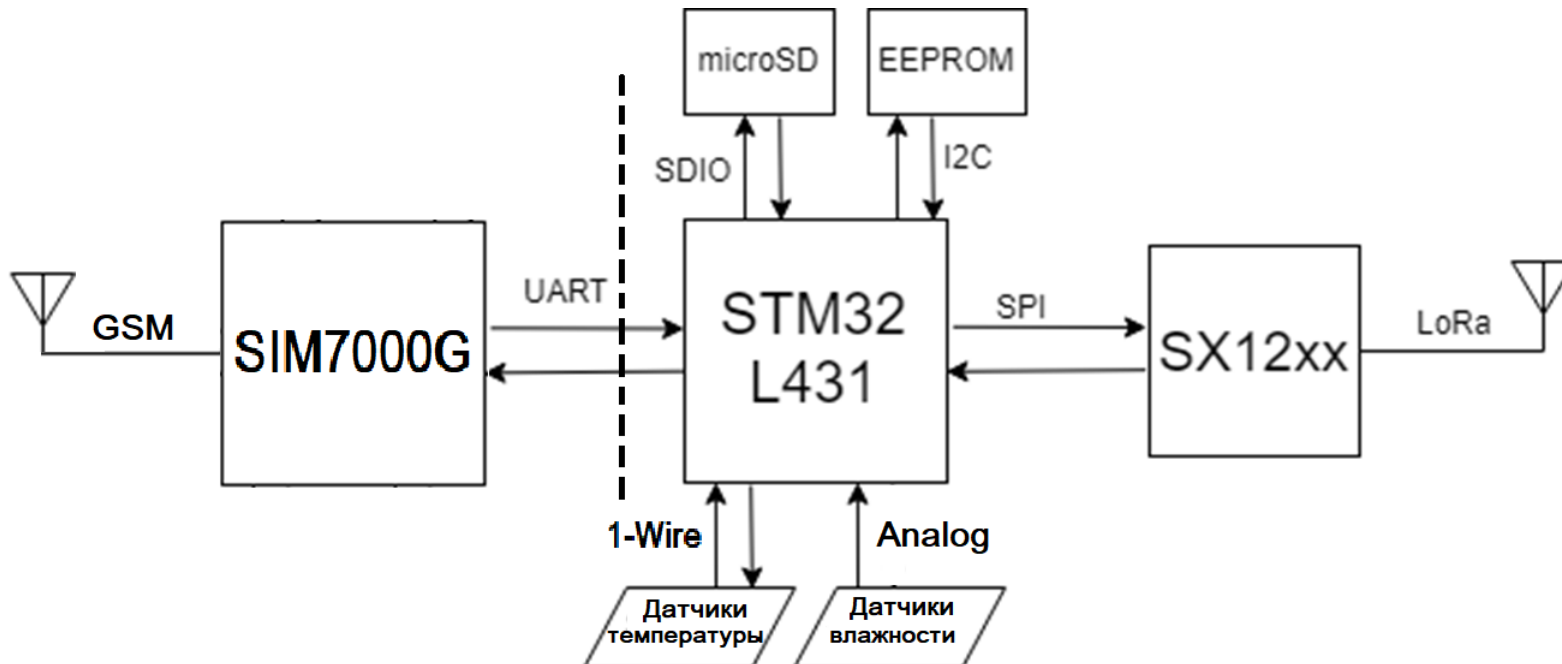
Send package

Show paths

Разработка базовой станции

Требования к базовой станции:

- Максимальная автономность.
- Опрос внешних датчиков.
- Возможность хранения всех данных за продолжительное время.



STM32L431:

0.2 мкА - в режиме сна

SX1268:

0.6 мкА - сон

4.2 мА – прием

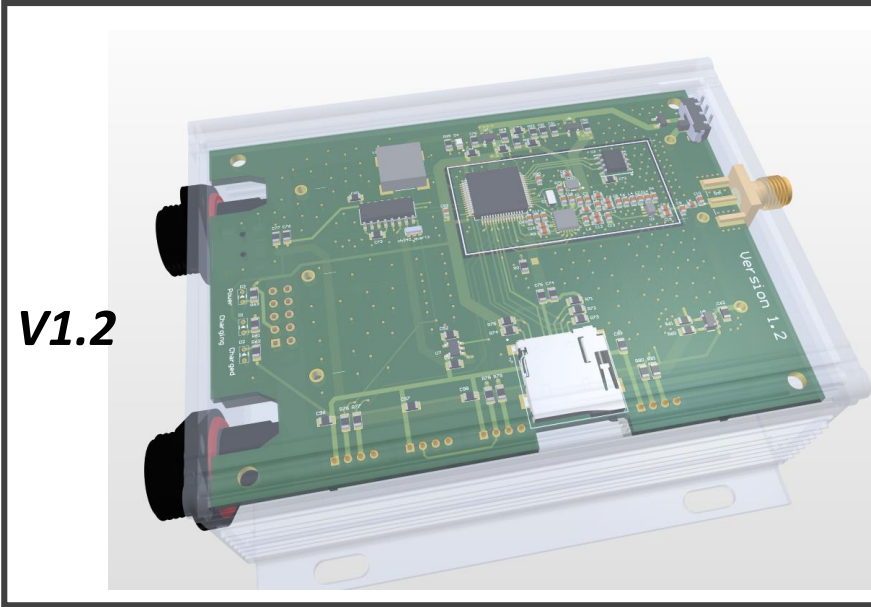
30-120 мА - передача

Разработка базовой станции

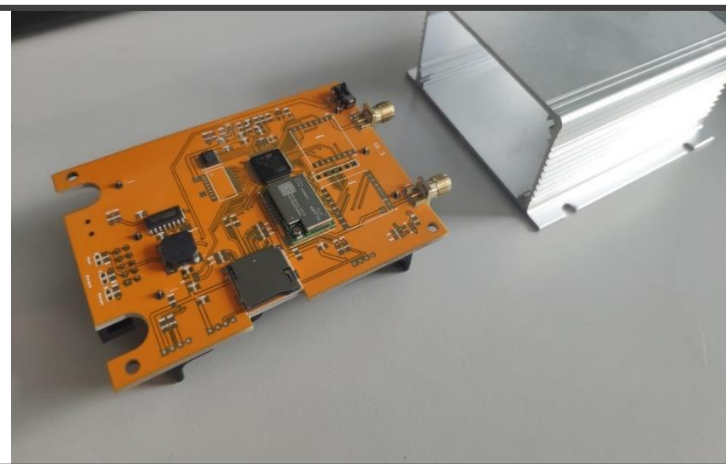
V1.1



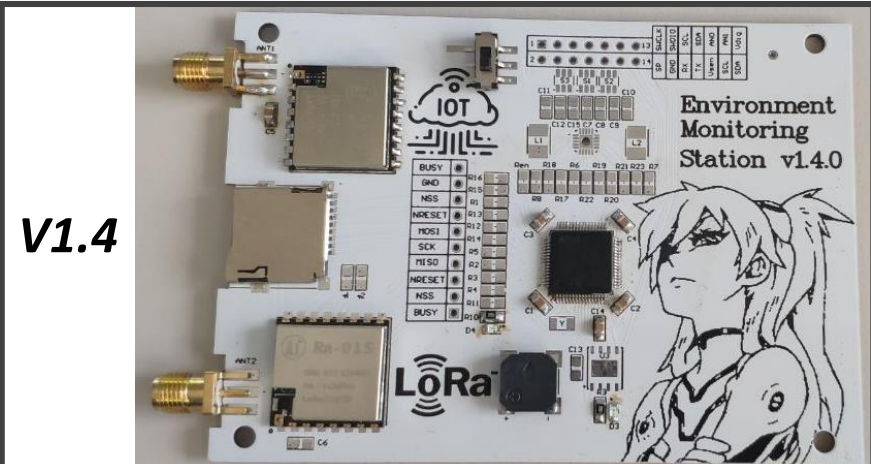
V1.2



V1.3



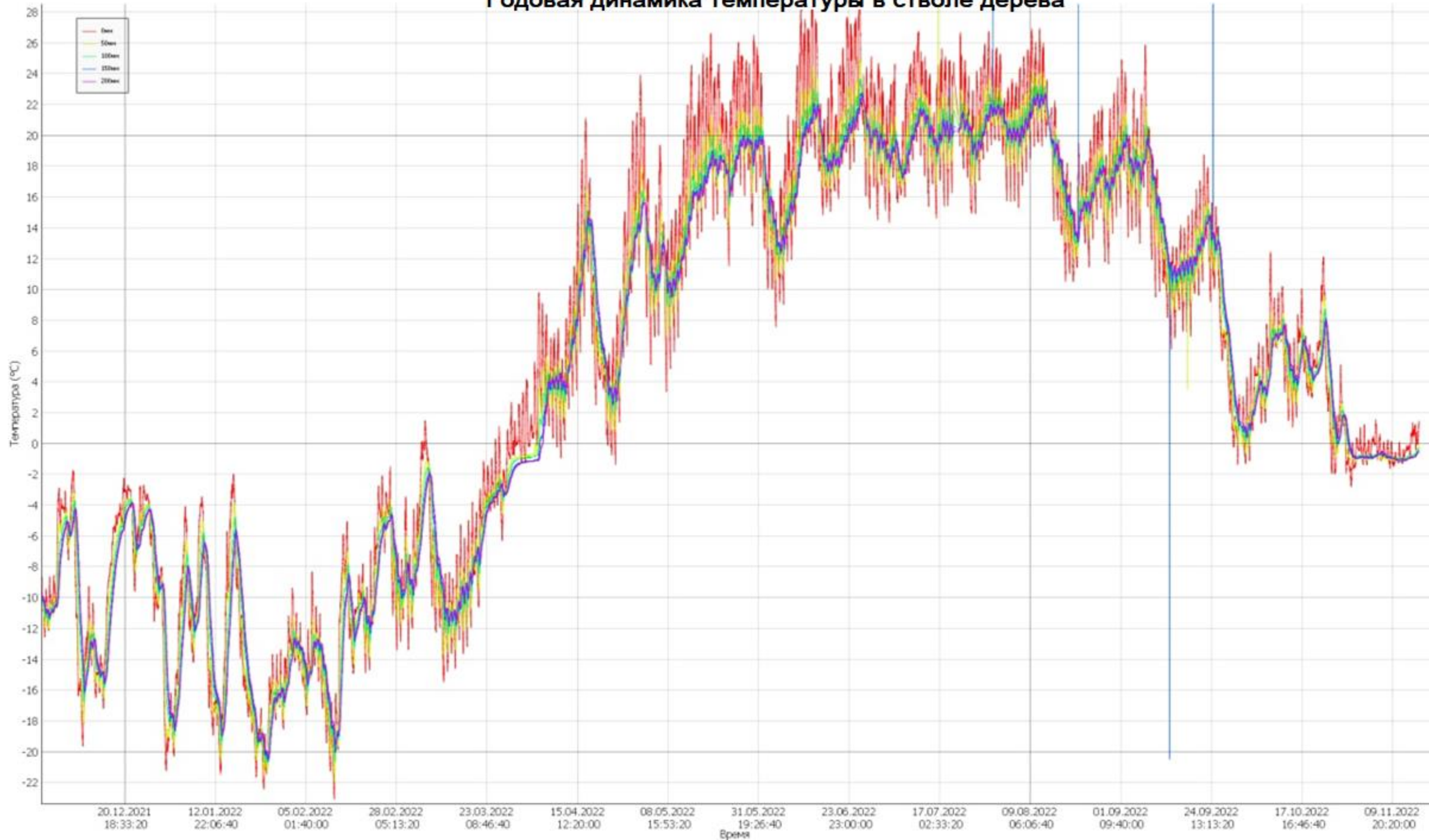
V1.4



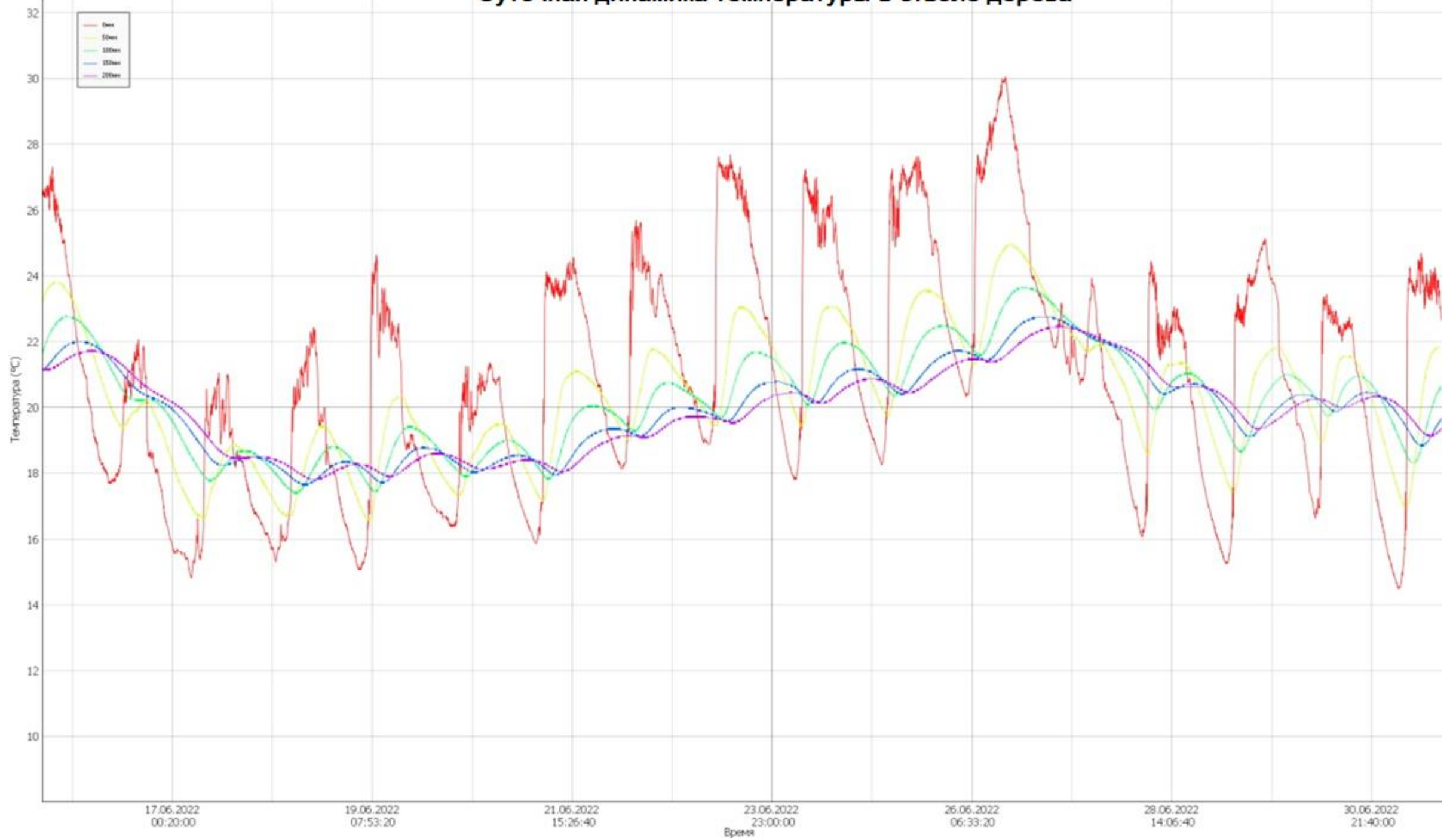
V2.0



Годовая динамика температуры в стволе дерева



Суточная динамика температуры в стволе дерева



Полевые испытания технологического образца





Заключение

- Разработан протокол маршрутизации, подходящий под поставленную цель.
- Спроектированы несколько версий базовых станций и проведены полевые испытания с некоторыми из них.



Планы

1. Оптимизация и внедрение алгоритма маршрутизации в реальные устройства.
2. Тестирование датчиковой сети на отказоустойчивость.
3. Оптимизация энергопотребления.
4. Проектирование патч-антенн для работы со спутником.



Спасибо за внимание!

**Исследование выполнено при поддержке гранта
Российского научного фонда № 22-17-20041
«Дистанционные радиофизические предвестники засух в
стратегически важных аграрных регионах России (на
примере Алтайского края)»,
<https://rscf.ru/project/22-17-20041/>.**