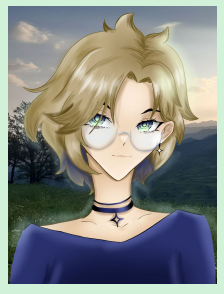


# Зелёные кровли в Екатеринбурге: исследование влияния состава субстрата на рост разных видов растений



**Автор:** Сморкалова Ольга Ивановна, обучающаяся 10 класса, МАОУ гимназия №104 «Классическая гимназия»  
**Научный руководитель:** Сморкалов Иван Александрович: к.б.н., с.н.с. ИЭРиЖ УрО РАН

2

Зелёные кровли — это перспективная и эффективная технология для устойчивого развития городов, особенно в условиях дефицита свободных территорий. Они позволяют регулировать углеродный баланс, снижать ливневые стоки и улучшать микроклимат, не занимая дополнительного пространства. Однако успешное функционирование таких систем во многом зависит от внешних факторов разного масштаба. Представленная работа является частью комплексного проекта по изучению функционирования зелёных крыш в климатическом градиенте, но посвящена изучению менее масштабного фактора, а именно влиянию состава субстрата в пределах одного города Екатеринбурга и проводится для него впервые.

## Цель:

Проанализировать влияние состава субстрата на рост разных видов растений на зелёной кровле в Екатеринбурге

## Задачи:

1. Провести мониторинг линейных размеров растений в течении вегетационного периода;
2. Выявить зависимость динамики роста растений от типа субстрата.

3

## Методика

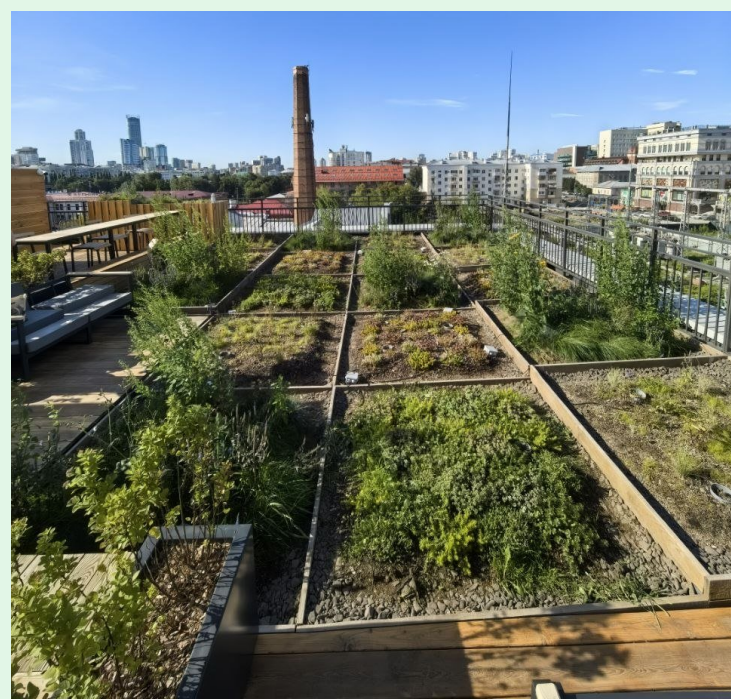


Рис 1. Схема устройства зелёной кровли для исследования

Исследуемые делянки

### Уход

- Полив — только в первую неделю.
- Подкормка — не проводилась.
- Прополка — только на делянках с очитками.



Экспериментальная экстенсивная зелёная кровля ул. Горького, д. 45 (пять этажей) 18 делянок (использовали 12) S=2м\*2м

1. универсальный субстрат + мат из растений рода Sedum
2. универсальный субстрат + региональное сообщество
3. региональный субстрат + мат из растений рода Sedum
4. региональный субстрат + региональное сообщество

Результаты измерений на делянках 5-го и 6-го типов для нашего исследования не использовали.

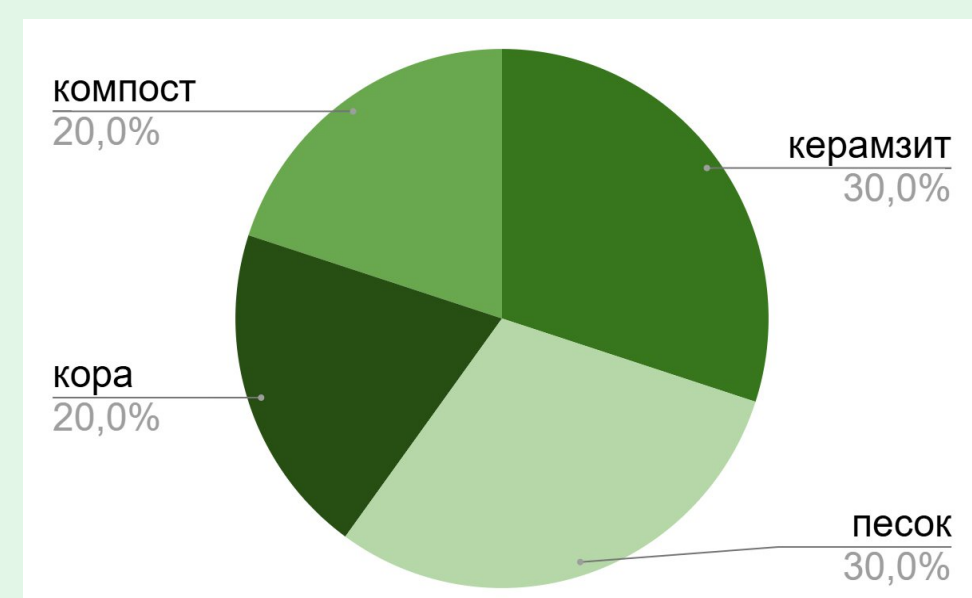


Рис 2. Состав универсального субстрата

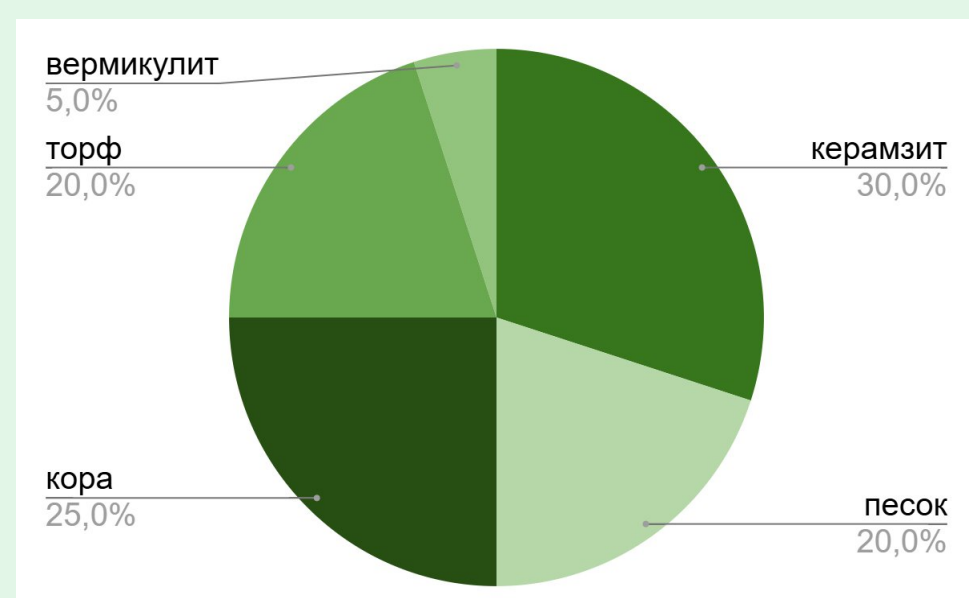


Рис 3. Состав регионального субстрата

## Методика измерений:

- **Что измеряли:** Высоту (H) и диаметр/ширину проекции (D) растений.
- **Инструмент:** Рулетка с точностью до 1 мм.
- **Периодичность:** 6 туров измерений с интервалом в 2 недели.
- **Даты измерений:** с 6 июня по 19 августа 2025 года.
- **Общий объём данных:** 2292 растения.

## Статистическая обработка



perplexity

ИИ-ассистент Perplexity для расчётов

## Двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA).

Попарные сравнения по методу Тьюки

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 24-17-00134.

## Результаты Высота растений

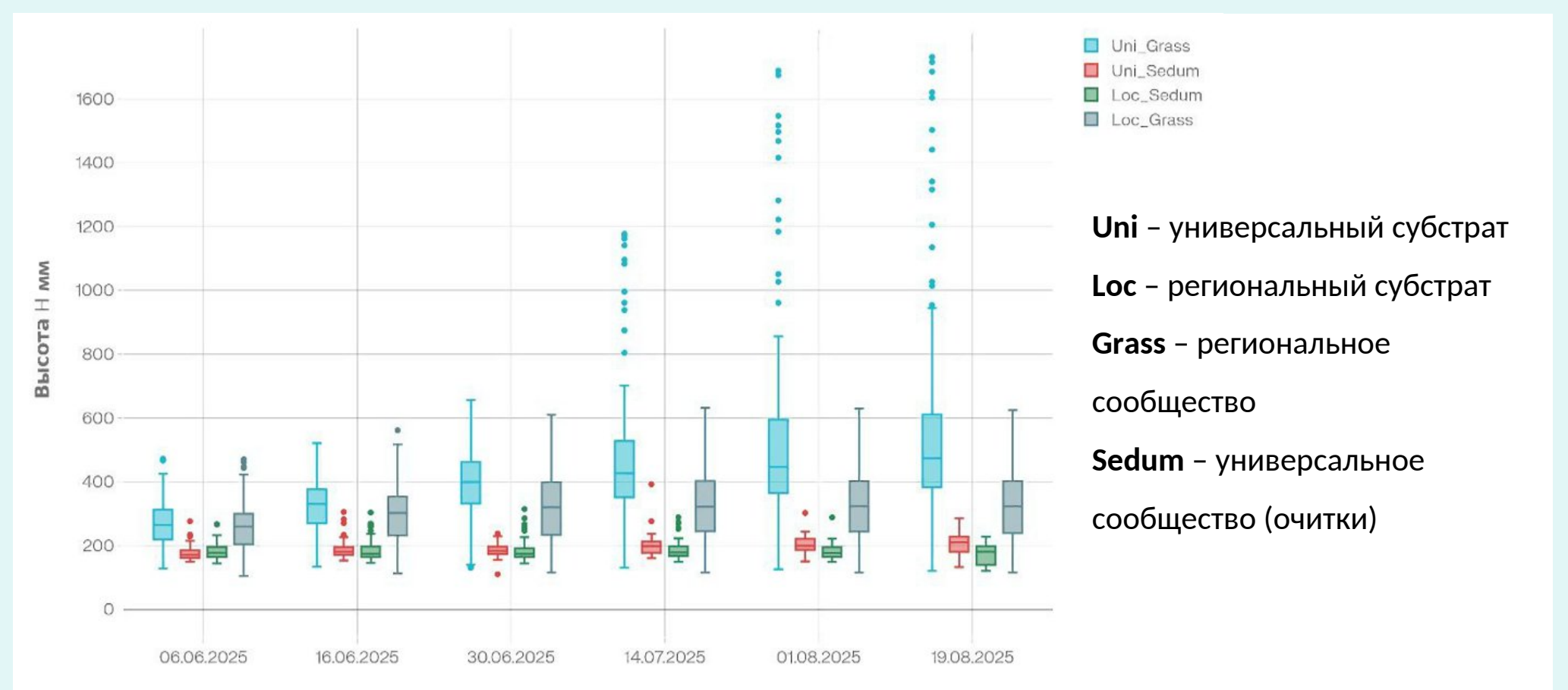


Рис 4. График изменений высоты растений в разных вариантах эксперимента

Таблица 1. Результаты 2-факторного ANOVA различий высоты растений между типами субстратов и растительных сообществ

| Фактор           | Степень свободы | F      | p (уровень значимости) |
|------------------|-----------------|--------|------------------------|
| Subst            | 1               | 216.28 | <0.001                 |
| PlantCom         | 1               | 929.65 | <0.001                 |
| Subst × PlantCom | 1               | 80.64  | <0.001                 |

Таблица 2. Результаты множественных сравнений высоты растений между разными комбинациями типов субстратов и растительных сообществ

| Пара комбинаций       | Разность средних H | p      | 95% ДИ             |
|-----------------------|--------------------|--------|--------------------|
| Loc:Grass – Loc:Sedum | -120.53            | <0.001 | [-141.05; -100.01] |
| Loc:Grass – Uni:Grass | 112.26             | <0.001 | [95.47; 129.04]    |
| Loc:Grass – Uni:Sedum | -109.24            | <0.001 | [-129.72; -88.76]  |
| Loc:Sedum – Uni:Grass | 232.78             | <0.001 | [212.39; 253.18]   |
| Uni:Grass – Uni:Sedum | -221.50            | <0.001 | [-241.85; -201.14] |

## Диаметр (ширина) растений

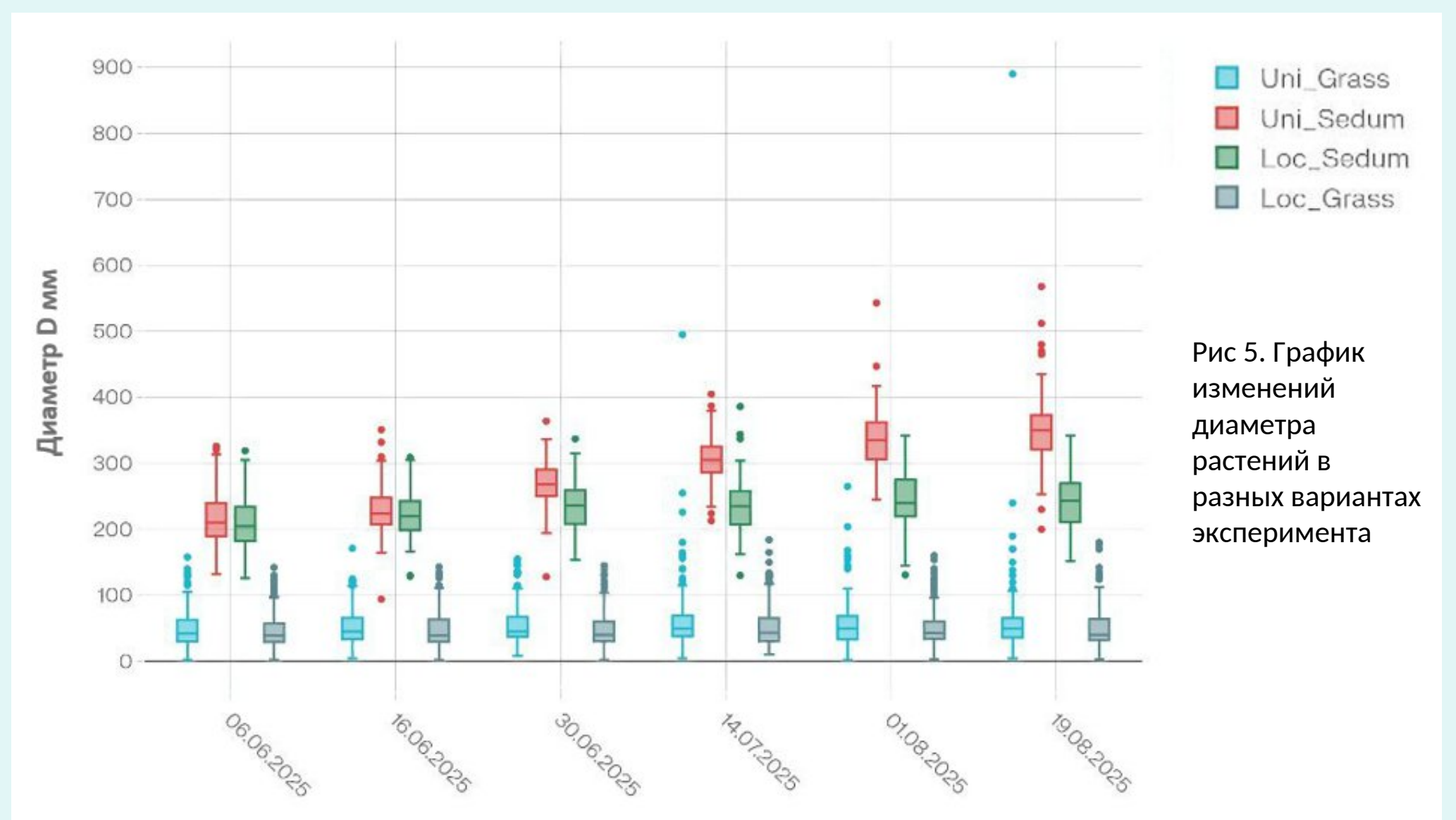


Рис 5. График изменений диаметра растений в разных вариантах эксперимента

Таблица 3. Результаты 2-факторного ANOVA различий диаметра растений между типами субстратов и растительных сообществ

| Фактор           | Степень свободы | F        | p (уровень значимости) |
|------------------|-----------------|----------|------------------------|
| Subst            | 1               | 175.74   | <0.001                 |
| PlantCom         | 1               | 13950.06 | <0.001                 |
| Subst × PlantCom | 1               | 202.79   | <0.001                 |

Таблица 4. Результаты множественных сравнений диаметра растений между разными комбинациями типов субстратов и растительных сообществ

| Пара комбинаций       | Разность средних D | p      | 95% ДИ             |
|-----------------------|--------------------|--------|--------------------|
| Loc:Grass – Loc:Sedum | 179.72             | <0.001 | [173.42; 186.02]   |
| Loc:Grass – Uni:Sedum | 233.71             | <0.001 | [227.43; 240.00]   |
| Loc:Sedum – Uni:Grass | -175.02            | <0.001 | [-181.32; -168.72] |
| Loc:Sedum – Uni:Sedum | 53.99              | <0.001 | [46.81; 61.18]     |
| Uni:Grass – Uni:Sedum | 229.01             | <0.001 | [222.73; 235.30]   |

## Выводы

1. По результатам 2292 измерений, травы показали максимальный рост в высоту на универсальном субстрате (в 2,63 раза), а очитки — в диаметре (в 1,63 раза). Высота очитков и диаметр трав на разных субстратах значительно не различались.
2. Универсальный субстрат обеспечивает более стабильный рост, особенно для трав. Региональный субстрат показал колебания результатов, а очитки хорошо росли на обоих типах.