

Антропогенное влияние на водные и почвенные ресурсы. Опыт первого аграрного карбонового полигона "Агро Инженерия"

к.э.н. ОРЛОВА Л.В.

к.х.н. ПЛАТОНОВ В.И.

Оренбург, 2025

Оператор карбонового полигона:



Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С.П. Королева

Проект поддержали:



Губернатор
и Правительство
СО



НОЦ мирового уровня
«инженерия
будущего»

Индустриальные партнеры:



АО «ОХК
«Уралхим»



АО «ЩЁЛКОВО
АГРОХИМ»



ООО «Орловка-
АИЦ», ООО
«Орловка-Агро»

Технологические партнеры:



НП
«Национальное
движение
сберегающего
земледелия»



Агрофизический
научно-
исследовательский
институт



Институт проблем
экологии и эволюции
имени А.Н.
Северцова
Российской академии
наук (ИПЭЭ РАН)



Самарский
государственны
й медицинский
университет



Самарский
государственный
аграрный
университет



ООО «Орловка-
АИЦ», ООО
«Орловка-Агро»

• **ЦУР 2 «Ликвидация голода»:** Повышение урожайности и рентабельности укрепляет продовольственную безопасность.

• **ЦУР 13 «Борьба с изменением климата»:** Сокращение выбросов и депонирование углерода в почве.

• **ЦУР 15 «Сохранение экосистем»:** Предотвращение деградации земель и восстановление биоразнообразия почв.



ESG-факторы:

- **Экологический (E):** Снижение расхода ГСМ на 50%, отказ от эрозионно-опасной вспашки.
- **Социальный (S):** Производство экологически чистой продукции, снижение заболеваемости населения.
- **Управленческий (G):** Соответствие ГОСТ Р ИСО 14064-2 и методологии ПНСТ 901-2023.



Республика Калмыкия

Поскольку **95%** мирового производства продовольствия приходится на наземные производственные системы, деградация почв и ландшафтов в сельском хозяйстве способствует глобальному потеплению, снижению продуктивности почв и урожайности сельскохозяйственных культур, а значит, несет риск для продовольственной безопасности.

около 50%
земель
используется в
сельском
хозяйстве

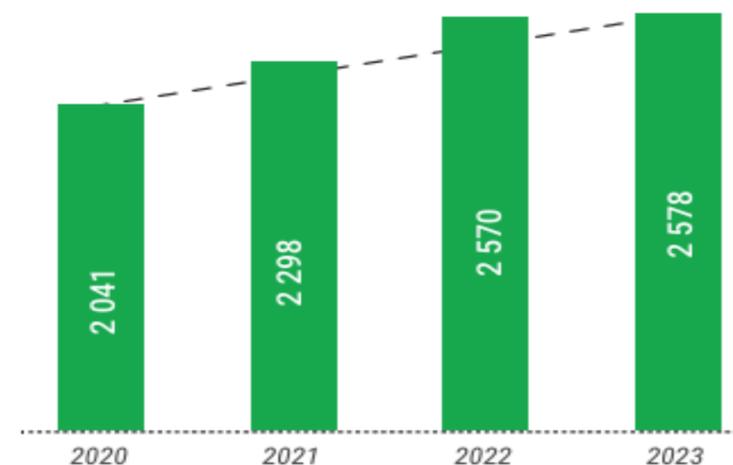
25%
сельхозземель в мире
подвержены водной и
ветровой эрозии,
деградации

25-30%
парниковых газов
выбрасывается в
процессе
сельскохозяйственности

Около 300 млн га
деградировано.

Динамика рынка фармацевтической промышленности

Источник DSM GROUP (маркетинговое агентство)



Вспашка ведет не только к разрушению почв, потере их плодородия и изменению климата, но и к потере полезных веществ из продуктов питания и росту заболеваемости населения.



Южная Африка

Особенности агроэкосистемы:

- ✦ 400 га под орошением.
Почвы - преимущественно чернозем.
- ✦ В течение 7 лет внедряются технологии ПРЗ (углеродного земледелия).
- ✦ Среднегодовое количество осадков: 365 мм.
- ✦ Почвы – черноземы, аллювиальные дерновые насыщенные;
- ✦ Подтипы – выщелоченные, типичные, карбонатно-перерытые, остаточо-карбонатные.



Местоположение:

Участок 1 : Похвистневский район

Площадь:

4785,8 га

Местоположение:

Участок 2: Кинельский район

Площадь:

1824 га



Пшеница



Лен

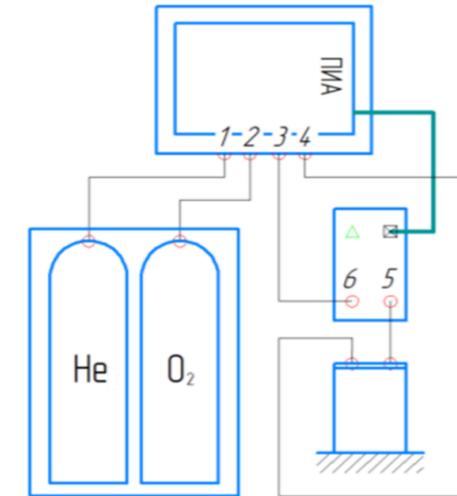
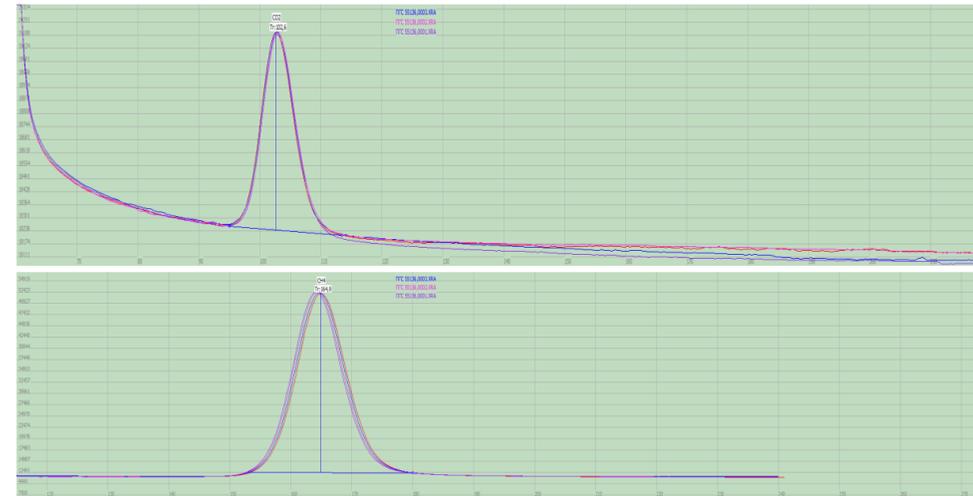
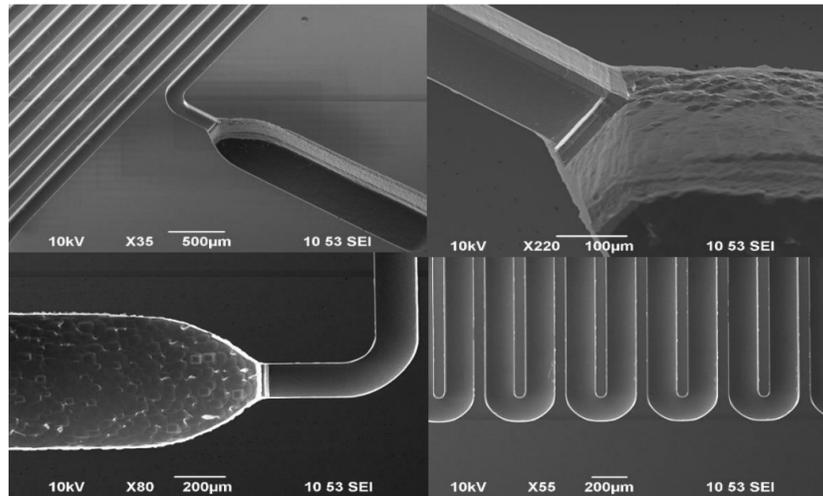


Соя

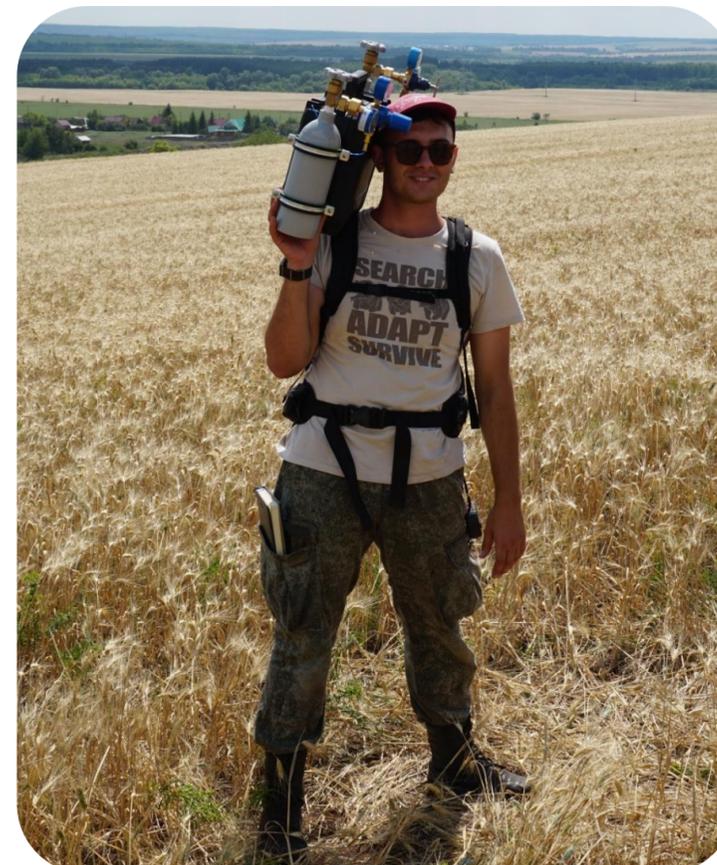
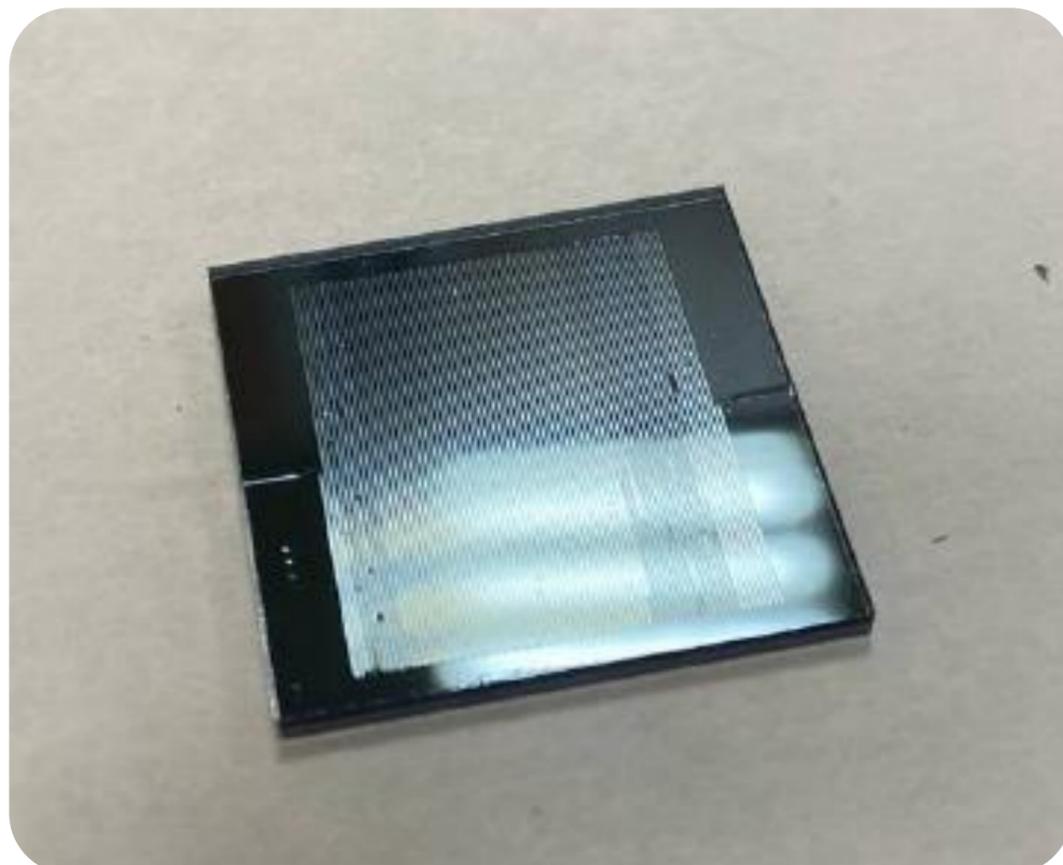


Подсолнечник

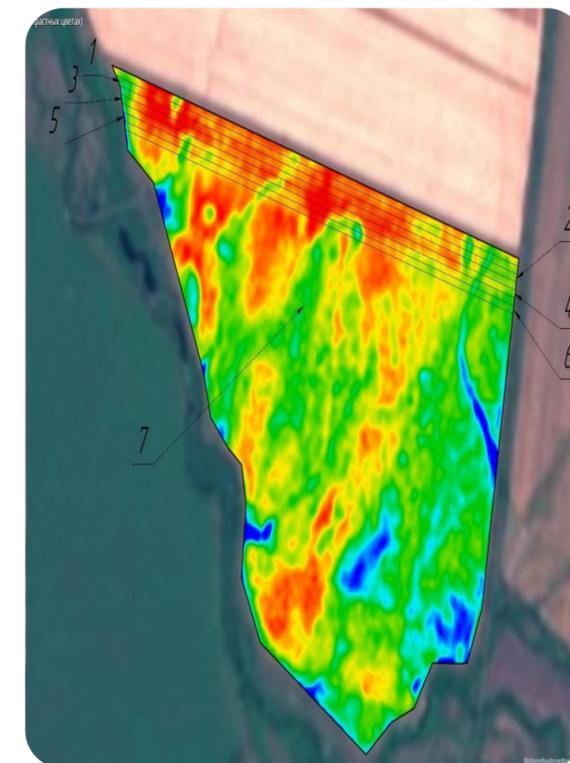
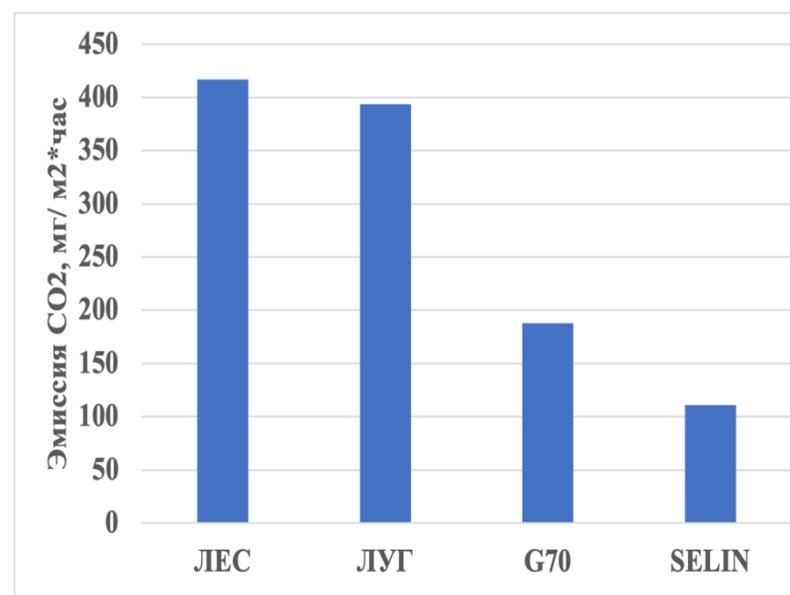
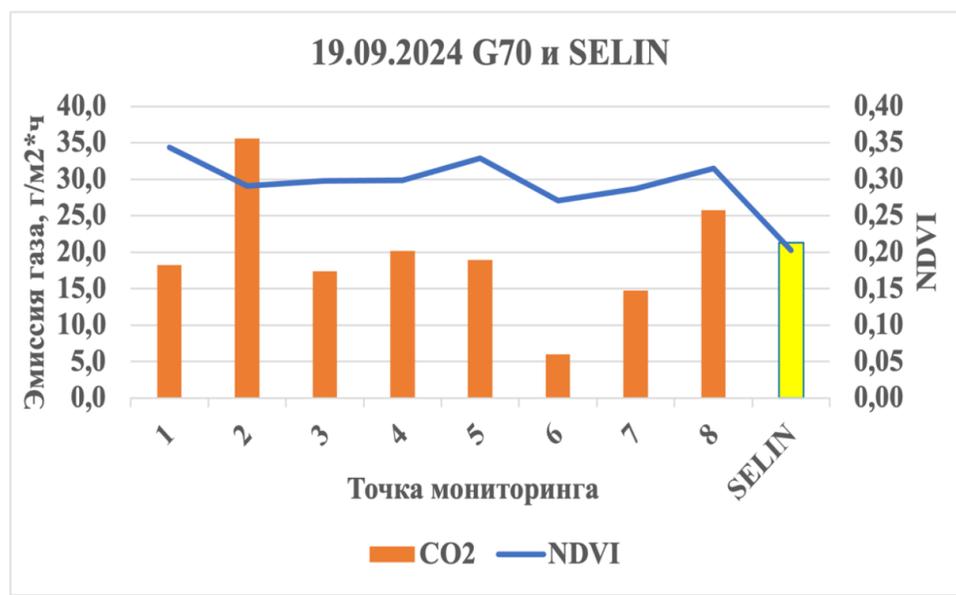
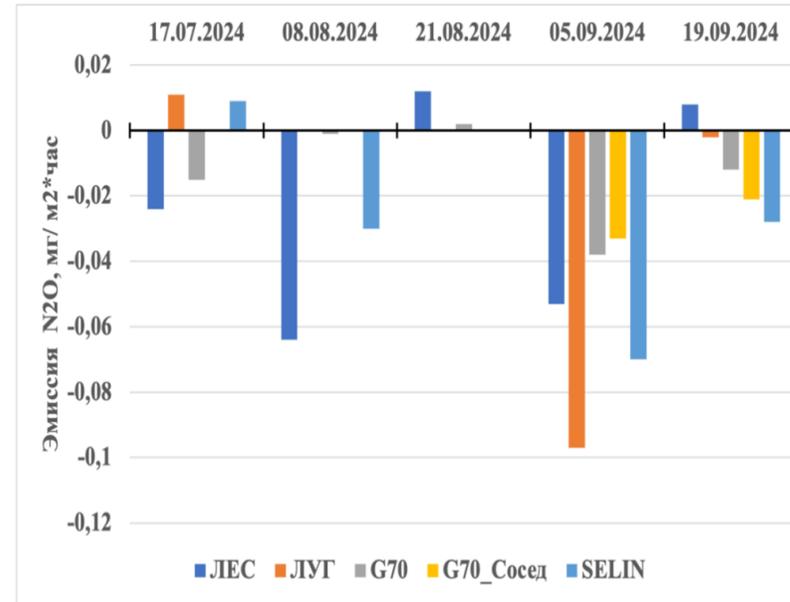
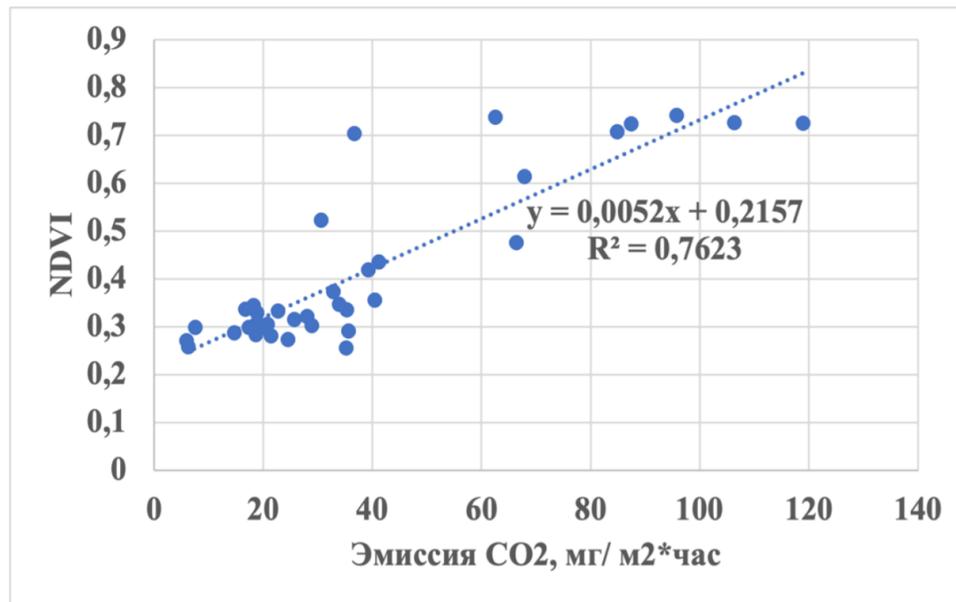
Разработка и применение газохроматографического оборудования:



№	CH ₄ (Метан)			
	Площадь хроматографического пика, мВ*сек	Концентрация, ррт	СКО (Площадь), %	СКО (Концентрация), ррт
1	422,51	5,1	1,8	0,09
2	414,73			
3	418,95			
4	429,94			
5	409,93			
Среднее значение	419,21			
№	CO ₂ (Углекислый газ)			
	Площадь хроматографического пика, мВ*сек	Концентрация, ррт	СКО (Площадь), %	СКО (Концентрация), ррт
1	6253,71	541	0,2	1,34
2	6266,60			
3	6230,67			
4	6269,30			
5	6249,81			
Среднее значение	6254,02			

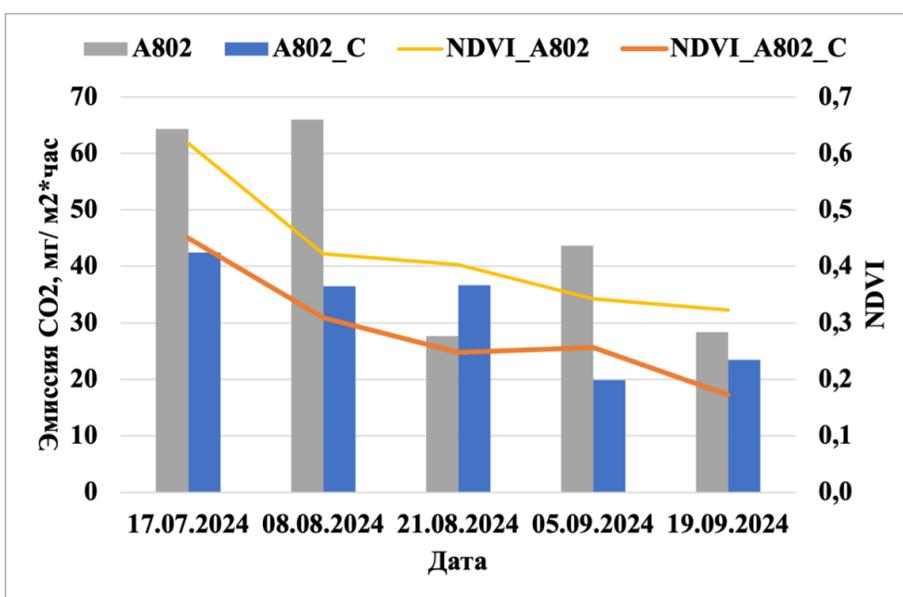
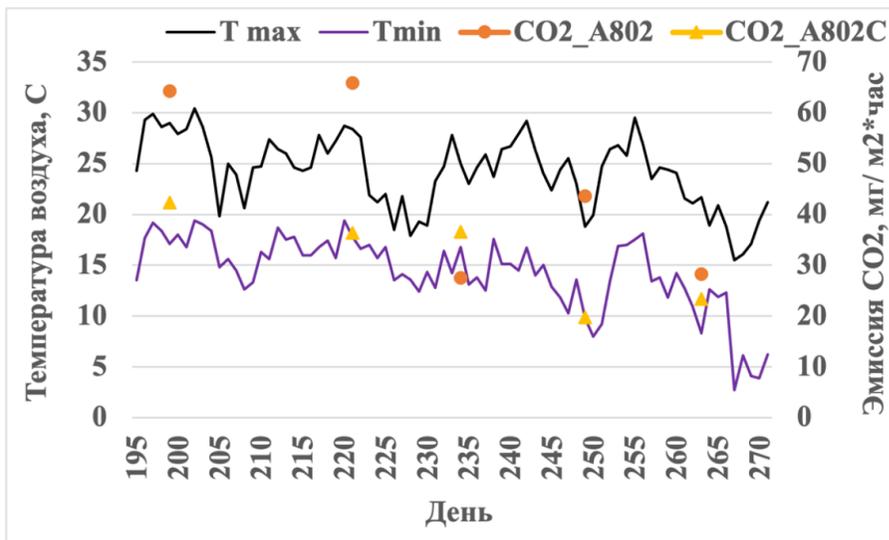


Определена сравнительная эмиссия парниковых газов на полях с традиционной обработкой и с применением технологии no-till, с применением портативных газовых хроматографов (Внесены в ГосРеестр СИ), разработанных в Самарском Университете им. академика С.П. Королёва.



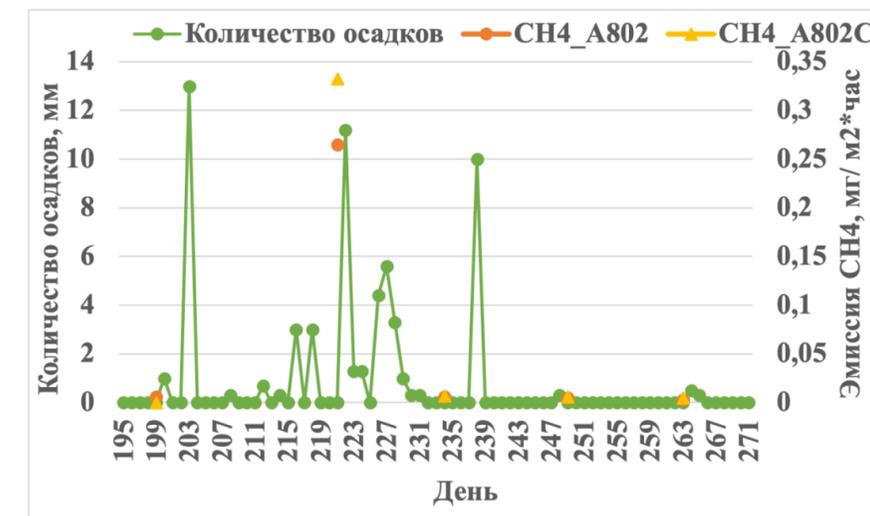


Координаты : 53°81' с.ш. 51° 90' в.д.
 А 802 – no-till
 А802_Сосед – традиционная обработка почвы

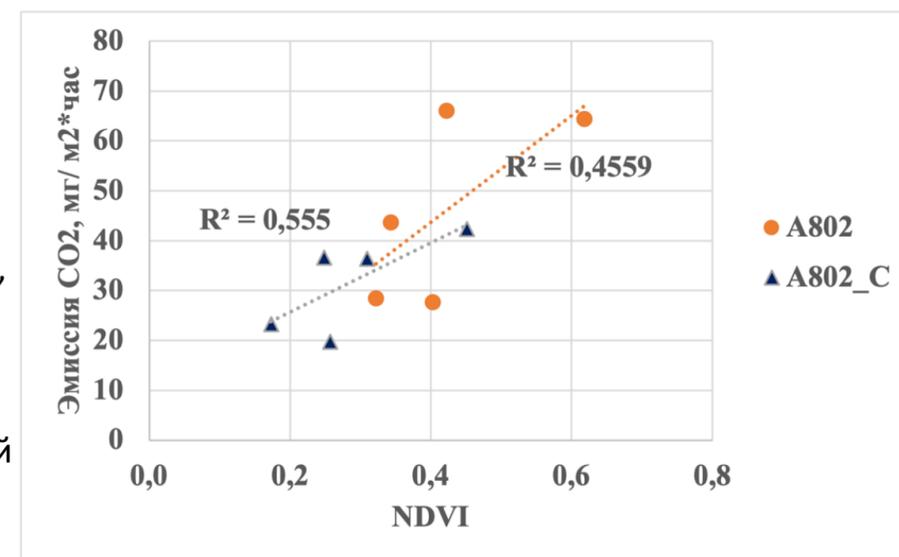


Эмиссия ПГ и климатические факторы

Регрессионный анализ с климатическими факторами показывает высокую корреляцию эмиссии ПГ с **температурой и влажностью почвы** (для поля А802 (no-till) и А802_Сосед (традиционная обработка) коэффициент корреляции R^2 составляет 0.77 и 0.95, соответственно)



Для поля с применением **no-till** технологии индексы **NDVI выше**. При этом поле с **традиционной вспашкой** характеризуется значением **ниже среднего** (0,450) для середины сезона, что показывает отставание в развитии возделываемой культуры на данном участке по сравнению с агроландшафтом с нулевой обработкой почвы.



Для поля с нулевой обработкой по сравнению с традиционной вспашкой

- NDVI выше на 30-37 %
- Влажность почвы выше на 15-30 %
- Количество микроорганизмов в почве выше на 20-25 %
- Культуромный анализ показывает преобладание аэробных микроорганизмов в почве
- Культуромный анализ показывает преобладание аэробных микроорганизмов в почве и условия в почве, близкие к природным экосистемам

Для поля с нулевой обработкой по сравнению с традиционной вспашкой

- Снижается эрозия почвы
- Общая эмиссия CH₄ ниже на 24 %
- Поглощение N₂O увеличивается на 21 %

ЭВТРОФНЫЕ ВОДОЁМЫ

НЕЗАМЕТНЫЙ ГИГАНТ КЛИМАТА

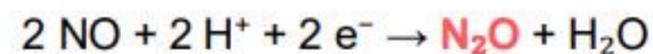


ПОСЛЕДСТВИЯ ЭВТРОФИКАЦИИ

- **Бурный рост водорослей** (цветение воды) – особенно цианобактерий (повышение токсичности воды).
- **Гипоксия / аноксия** – снижение содержания кислорода в воде.



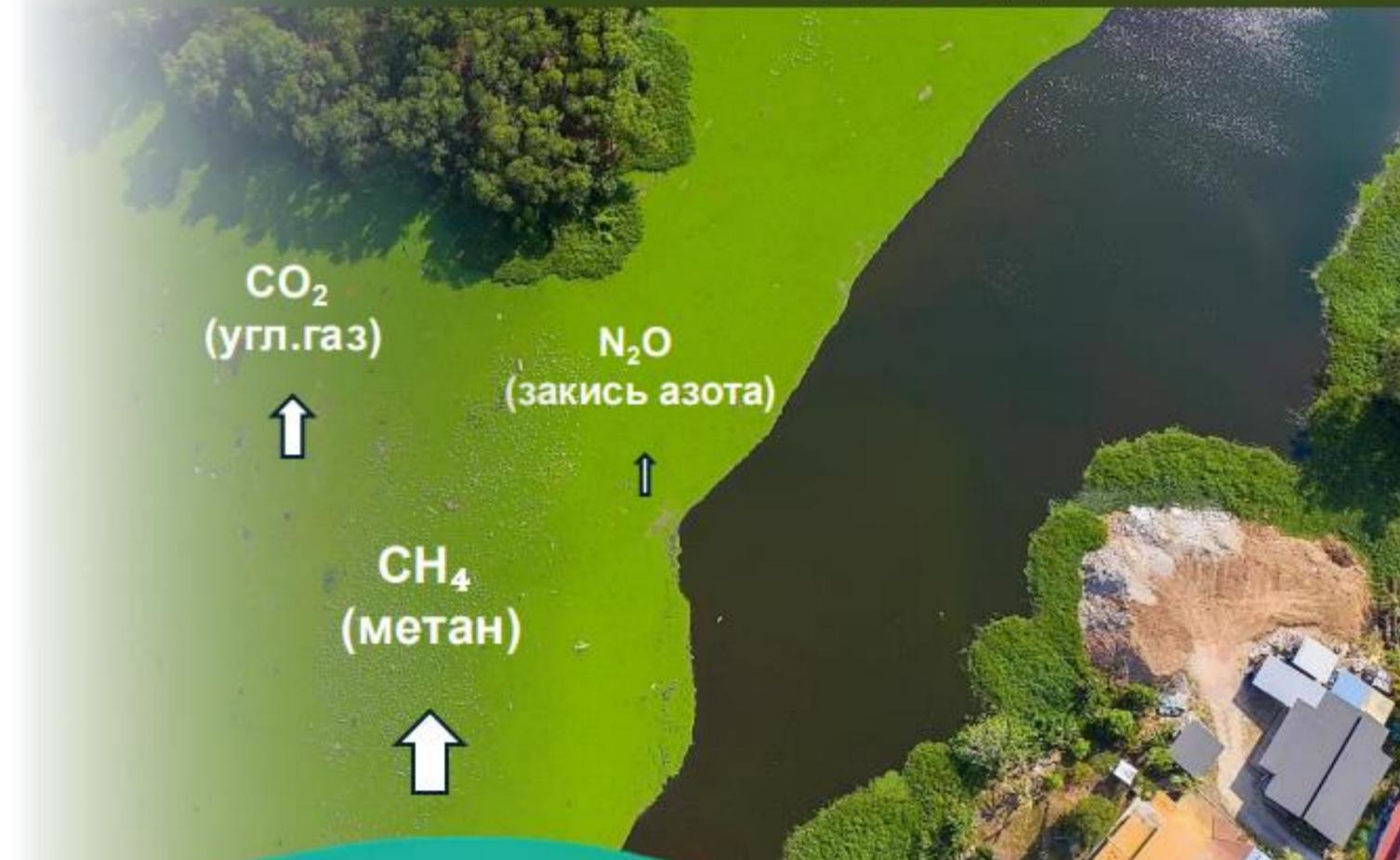
1. Замор рыбы и др.
2. Активация анаэробных процессов (образование метана и других парниковых газов) → **климатическая угроза!**



Выбросы ПГ озерами и водохранилищами:

➤ до 2.3 Гт CO₂-экв/год

DeIsondro, T. et al., (2018). Greenhouse gas emissions from lakes and impoundments: Upscaling in the face of global change. *Limnology and Oceanography Letters*, 3(3), 64–75.



Антропогенный фактор:

- Бесконтрольный забор воды
- Разрушение русла ручьев при технических работах
- Смыв удобрений с сельскохозяйственных полей
- Уничтожение малых рек и ручьев



Результаты:

- Снижение уровня воды на 1,5 метра за год
- Массовый замор рыбы
- Снижение биоразнообразия

Стратегия ЕС 2025 по устойчивости

водных ресурсов

Опубликовано: 3 июня 2025

Борьба с загрязнением питательными веществами

«Ограничение загрязнения водных экосистем питательными веществами должно быть поставлено в центр восстановления качества воды».

waternewseurope.com

Предотвращение
эвтрофикации

Восстановление водных экосистем

Важным элементом стратегии является внедрение природных решений и зелёной инфраструктуры для улучшения удержания воды на суше, предотвращения загрязнения воды и борьбы с загрязнителями в питьевой воде, включая пер- и полифторалкильные вещества (PFAS).

commission.europa.eu

Ремедиация
водоёмов

The image shows the cover of the 'European Water Resilience Strategy' document. At the top left is the European Commission logo. The text 'EUROPEAN COMMISSION' is to its right. Below this, the date and reference 'Brussels, 4.6.2025 COM(2025) 280 final' are listed. The main title is 'COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS' followed by 'European Water Resilience Strategy'. At the bottom, there are two large blue boxes: the left one contains '15 млрд €' and the right one contains '1,46 трлн ₽'. Below these boxes, there is a green box with text: 'Европейский инвестиционный банк (EIB) обязался инвестировать 15 миллиардов евро в проекты, связанные с водными ресурсами, в период с 2025 по 2027 год. Ожидается, что эти средства привлекут дополнительные 25 миллиардов евро от коммерческих инвесторов.'



- Восстановление водных объектов, ранее рассматриваемое как **пассивная мера адаптации** к изменению климата, требует переосмысления своей роли.
- Водные экосистемы могут и должны стать **активной частью климатических решений России** — как природные углеродные буферы, как центры биоразнообразия и как ресурс устойчивого развития **сельского хозяйства и плодородия почв**.
- Восстановление эвтрофных водоемов важно рассматривать не только с позиции сохранения экосистем, но и как одного из ключевых **природно-климатических решений углеродной экономики**.

1. МОНИТОРИНГ



- 1) Разработка **критериев классификации** водоёмов по степени деградации и климато-регулирующему потенциалу.
- 2) Сбор и **цифровизация данных** по деградации водных экосистем.
- 3) Создание цифровой платформы управления восстановлением водоёмов (единый реестр, **паспорта водоёмов** с климатическим потенциалом).



Методы определения трофического статуса водоема (от макро к микро):

Дистанционное картирование **с воздуха** (БАС + мультиспектральные камеры + ПИА газ хроматограф)

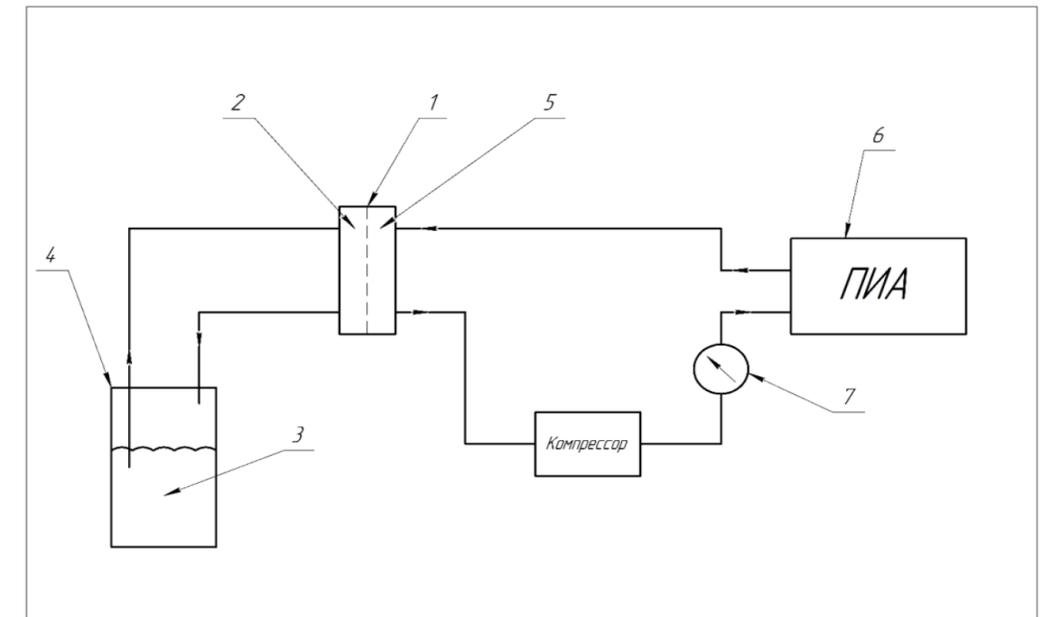
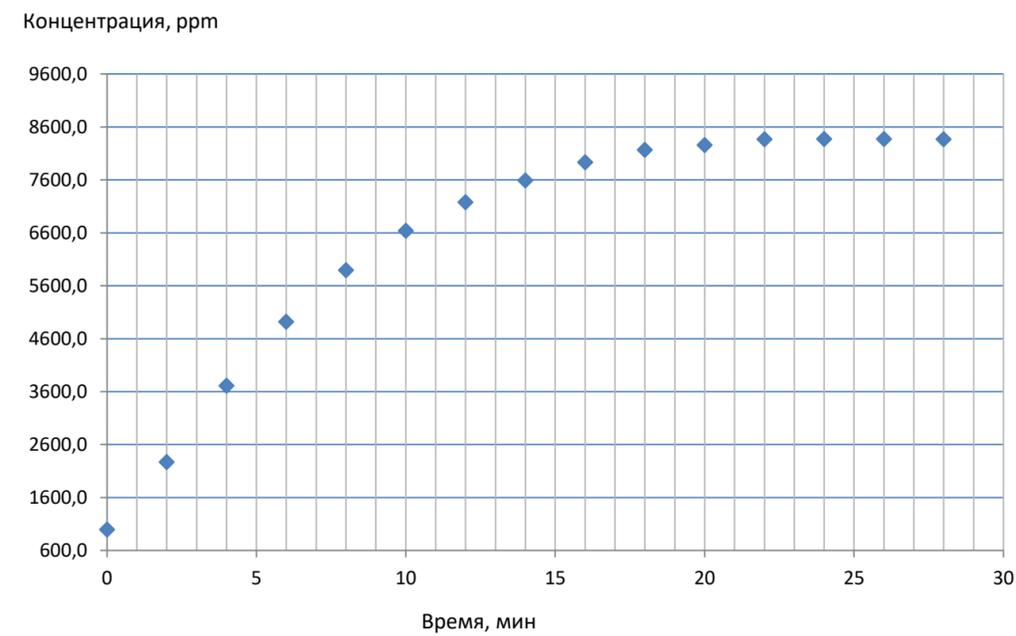
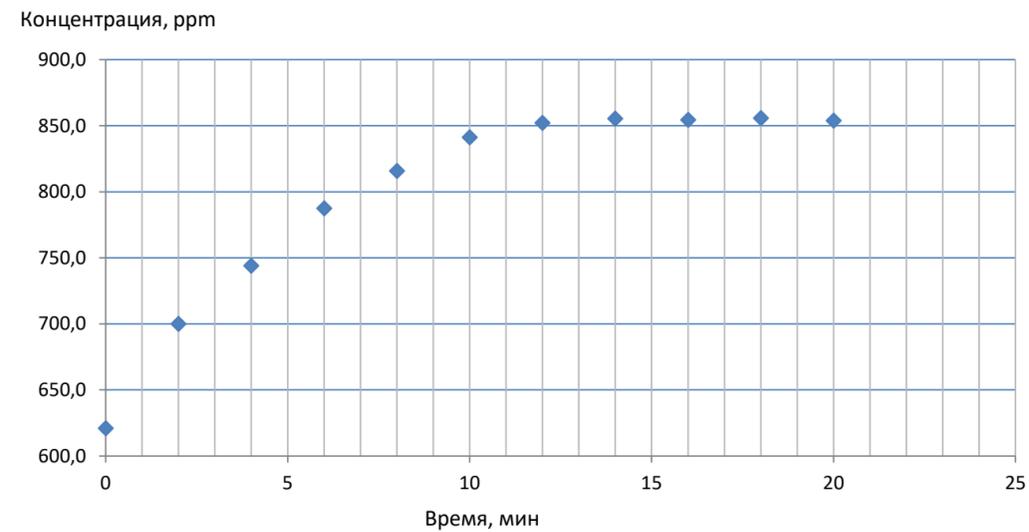
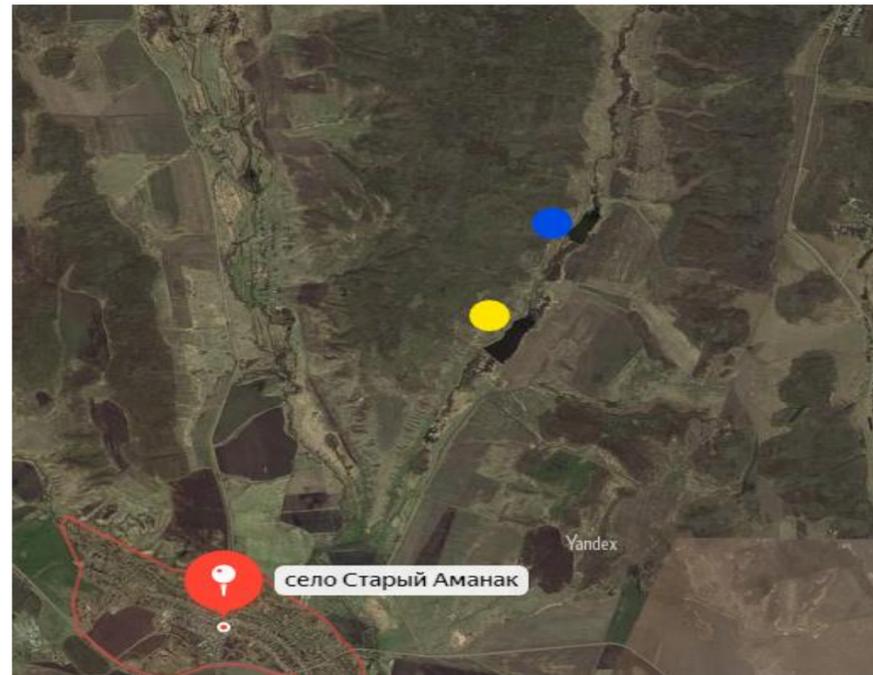


Анализ ПГ **с поверхности воды и донных отложений** (портативный газовый хроматограф ПИА)



Анализ биогеохимических параметров **на поверхности воды и донных отложений** (мульти-зонд in situ, онлайн: Хлорофилл-а, органика, кислород, рН/Еh, флавины)

Разработаны мембранные системы для проведения анализа парниковых газов в воде



Проведены первые эксперименты по калибровке и определению содержания углерода в почве с использованием гиперспектральной камеры, разработанной в Самарском Университете.

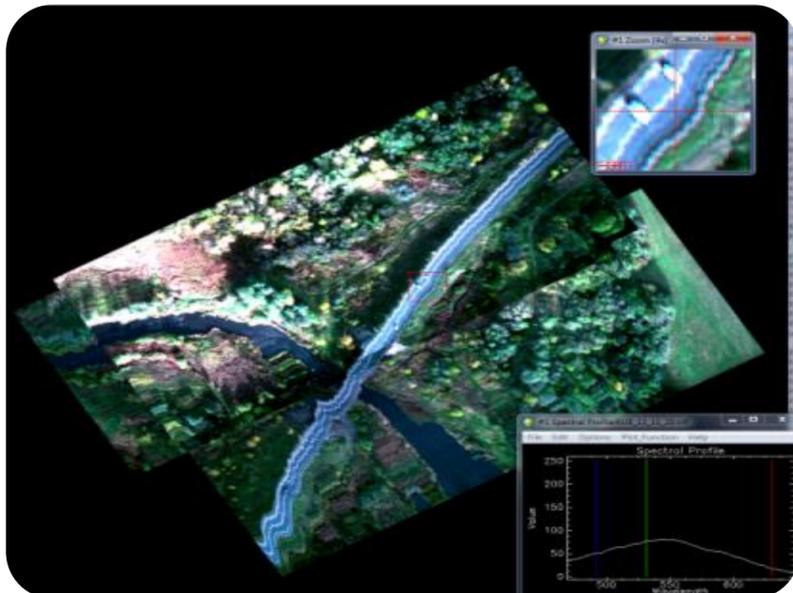


Разработана гиперспектральная камера:

- Количество спектральных каналов: 150.
- Спектральный диапазон: 400-1000 нм.
- Габариты: 146 × 94 × 94 мм.
- Вес: не более 0,8 кг.



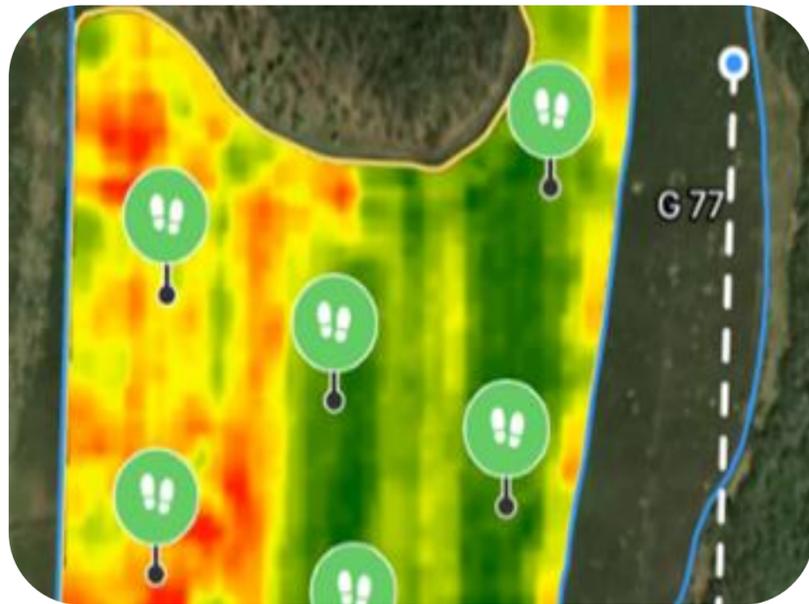
Созданы беспилотные комплексы с гиперспектральной камерой на борту и программное обеспечение, обеспечивающее возможность обработки гиперкубов



Разработанные гиперспектральные камеры устанавливаются на спутники. Запуск планируется в 2024 году



Гиперспектральная камера, разработанная в Самарском Университете им С.П. Королева.

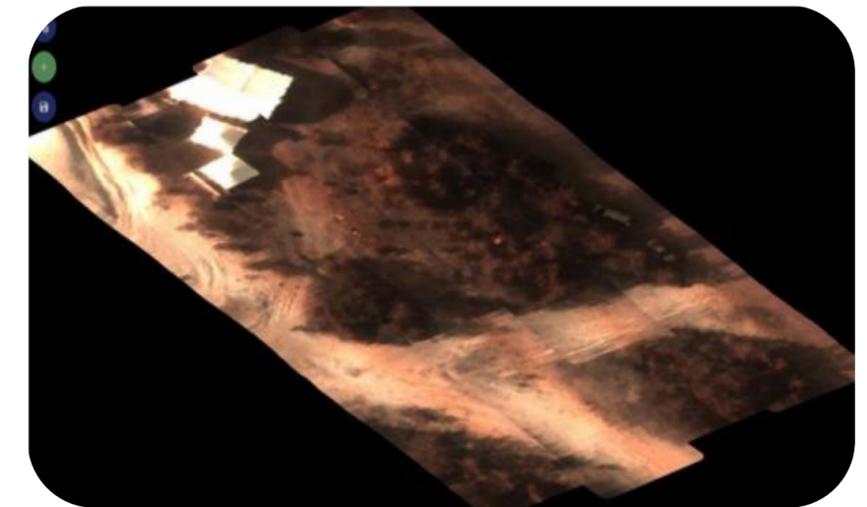


Проведены первые эксперименты по калибровке и определению содержания углерода в почве

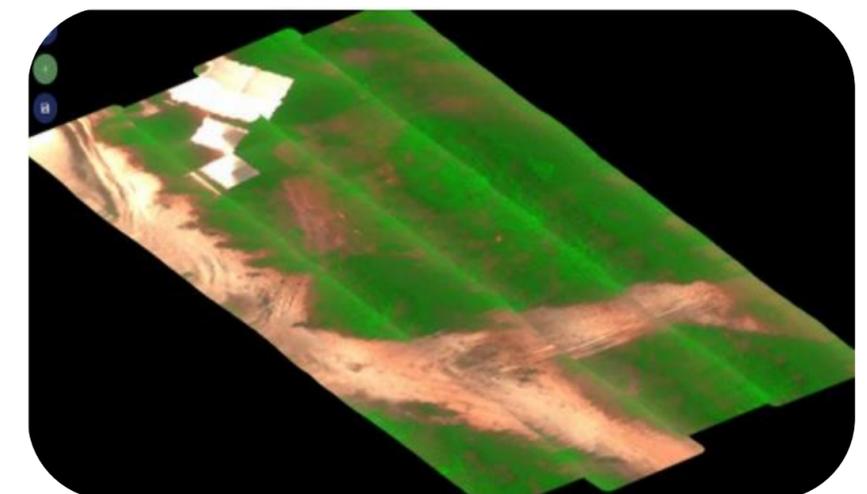
Создано программное обеспечение, способное отличать почву от растительных остатков и проводить анализ почвы на содержание в ней органического углерода при съемке с беспилотного летательного аппарата



Разрабатывается программное обеспечение для обработки гиперспектральных данных с учетом всего проводимого комплекса исследований на карбоновом полигоне: микроэлементный анализ, анализ стока парниковых газов, микробиологический анализ

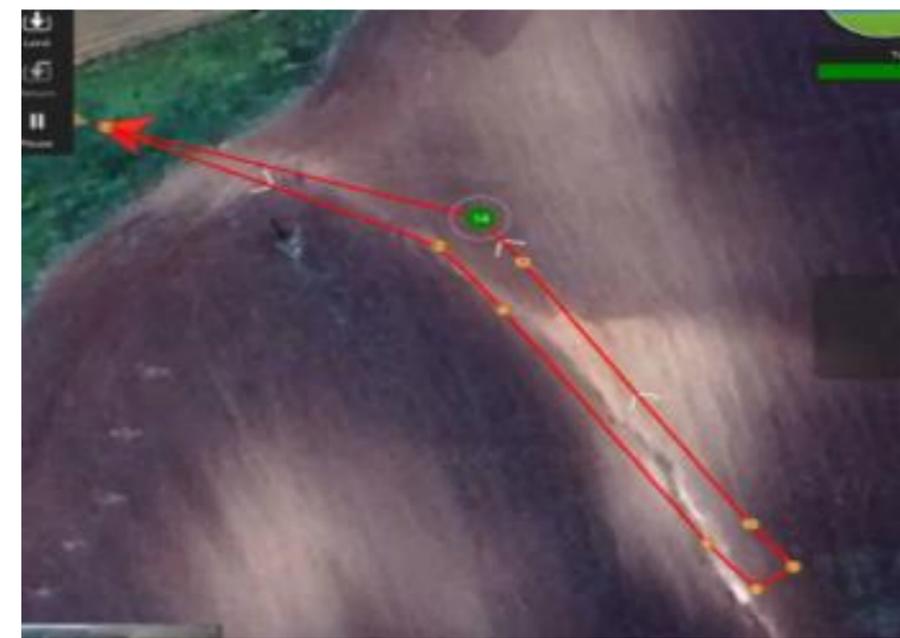
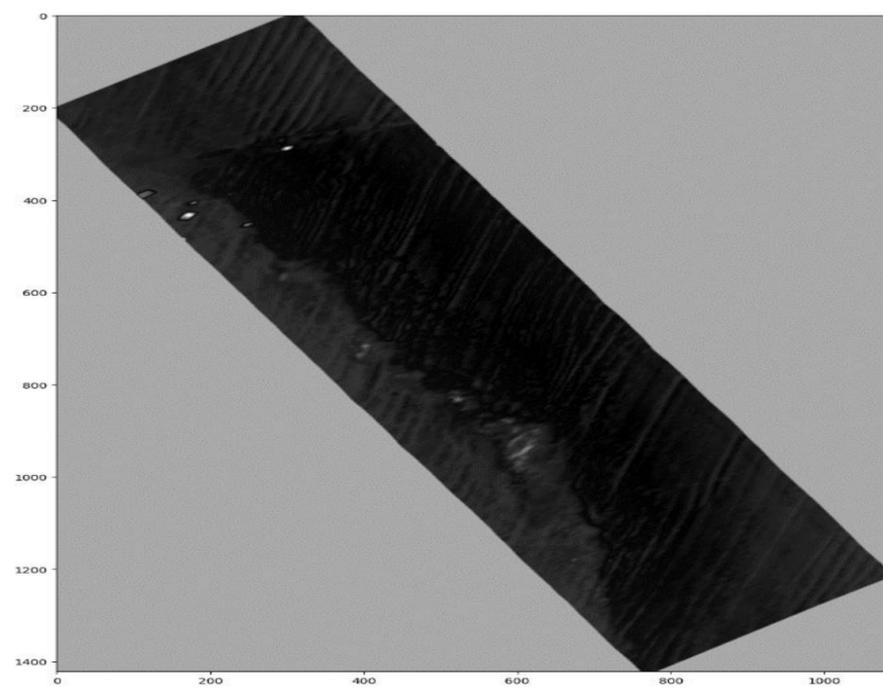


Color-synthesized image from hyperspectral data

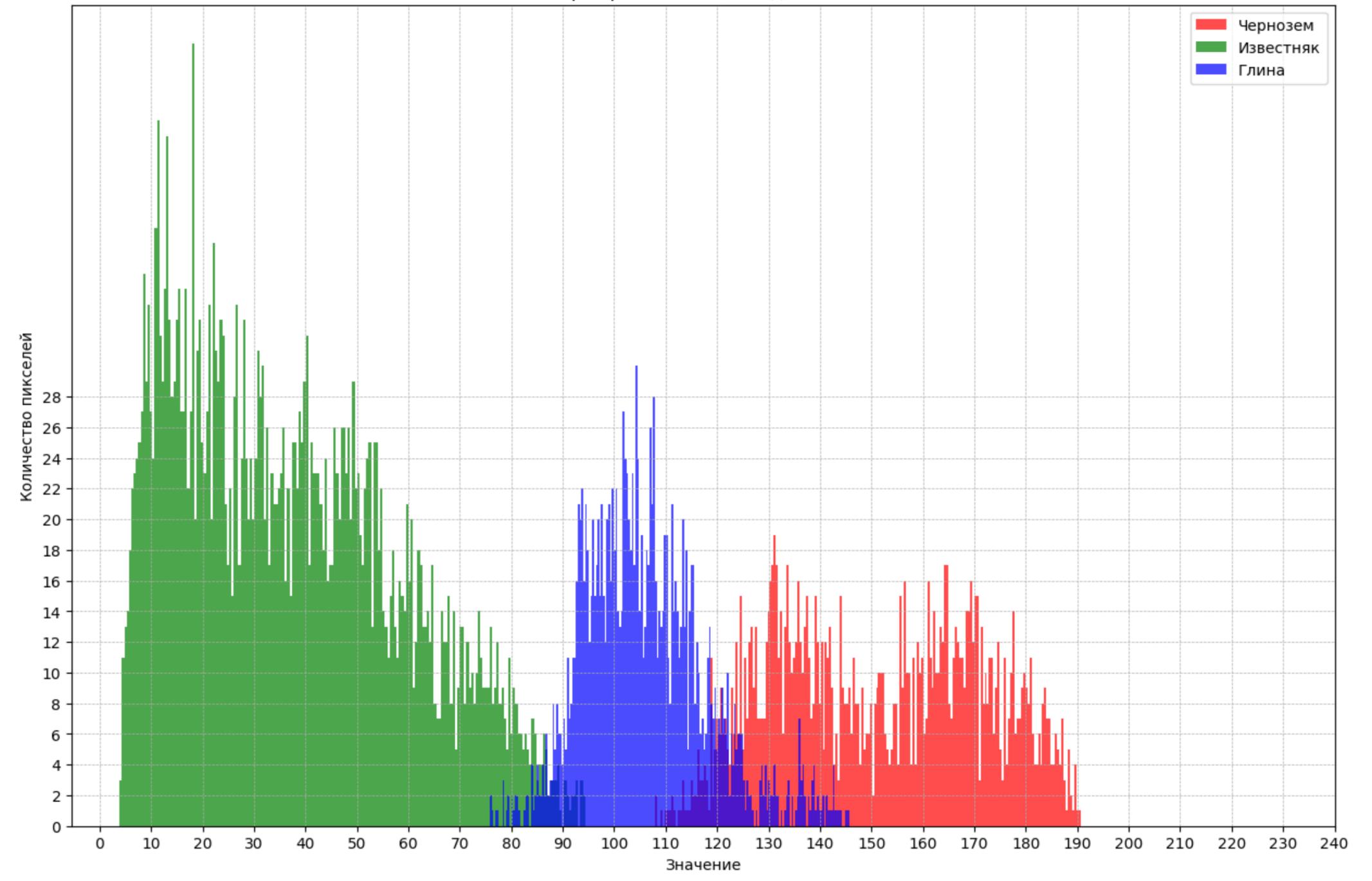


Normalized difference vegetation index (NDVI) map

Гиперспектральная камера, разработанная в Самарском Университете им С.П. Королева.

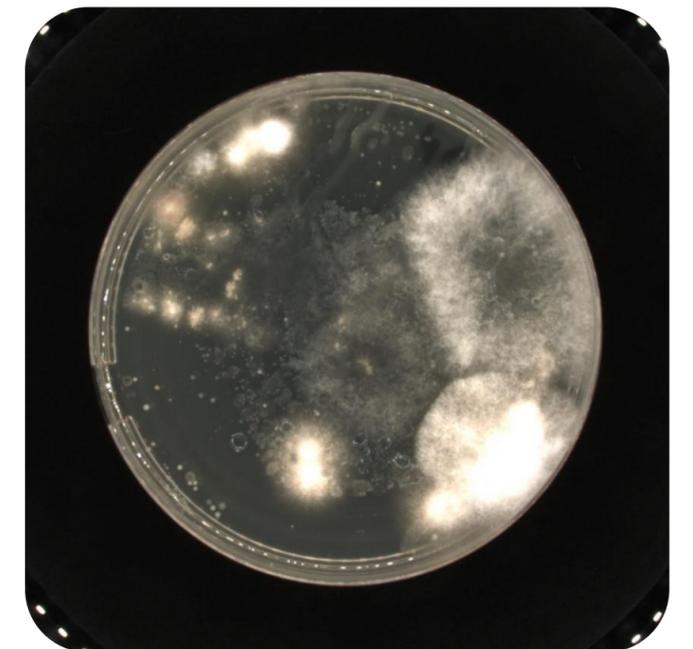
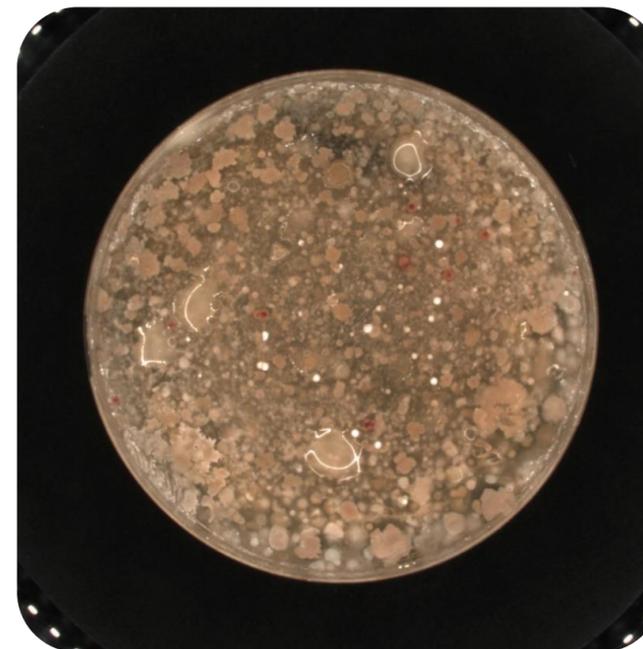
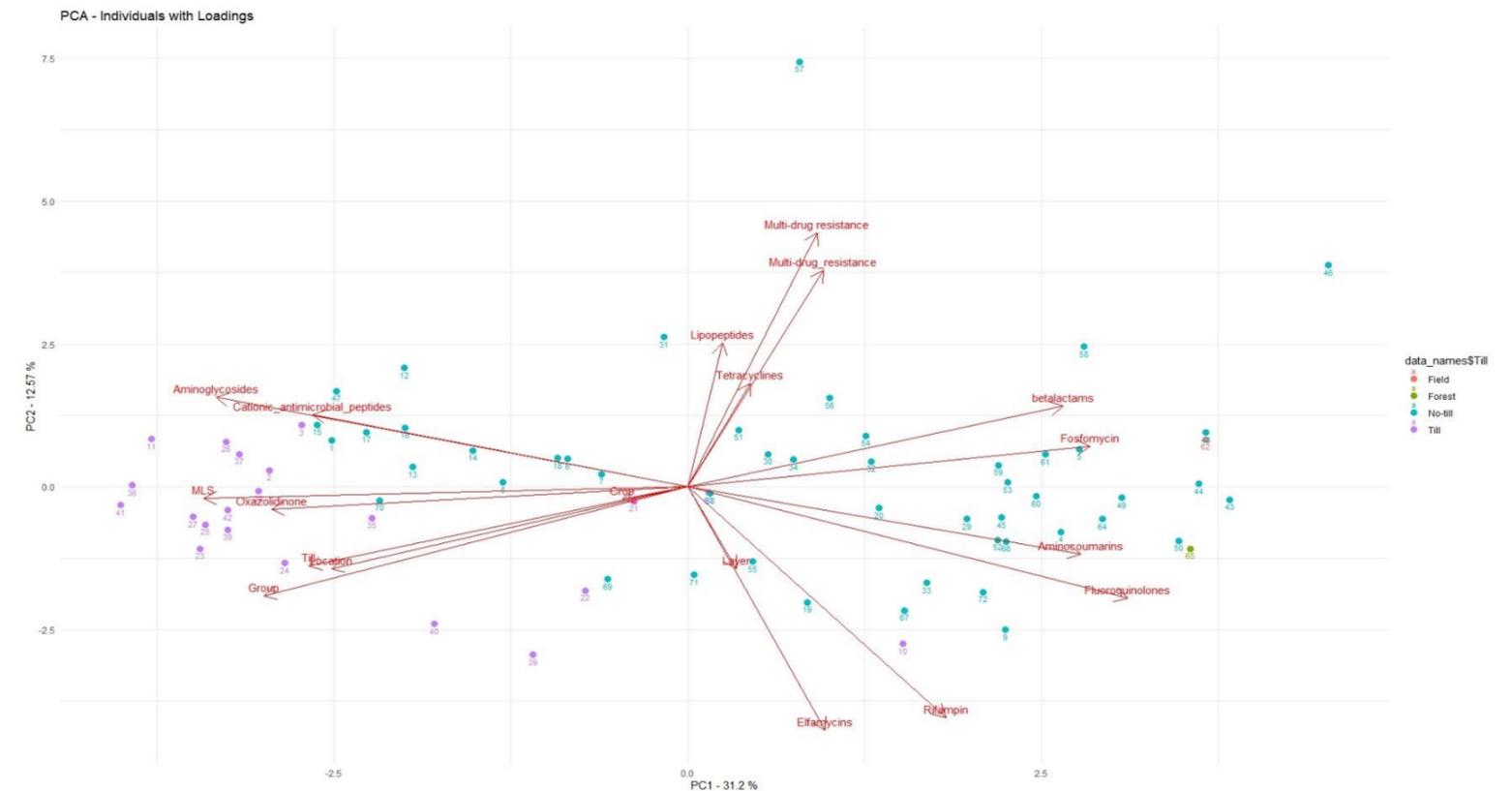


Карта расстояний, 3 вида почвы



Микробиологические исследования:

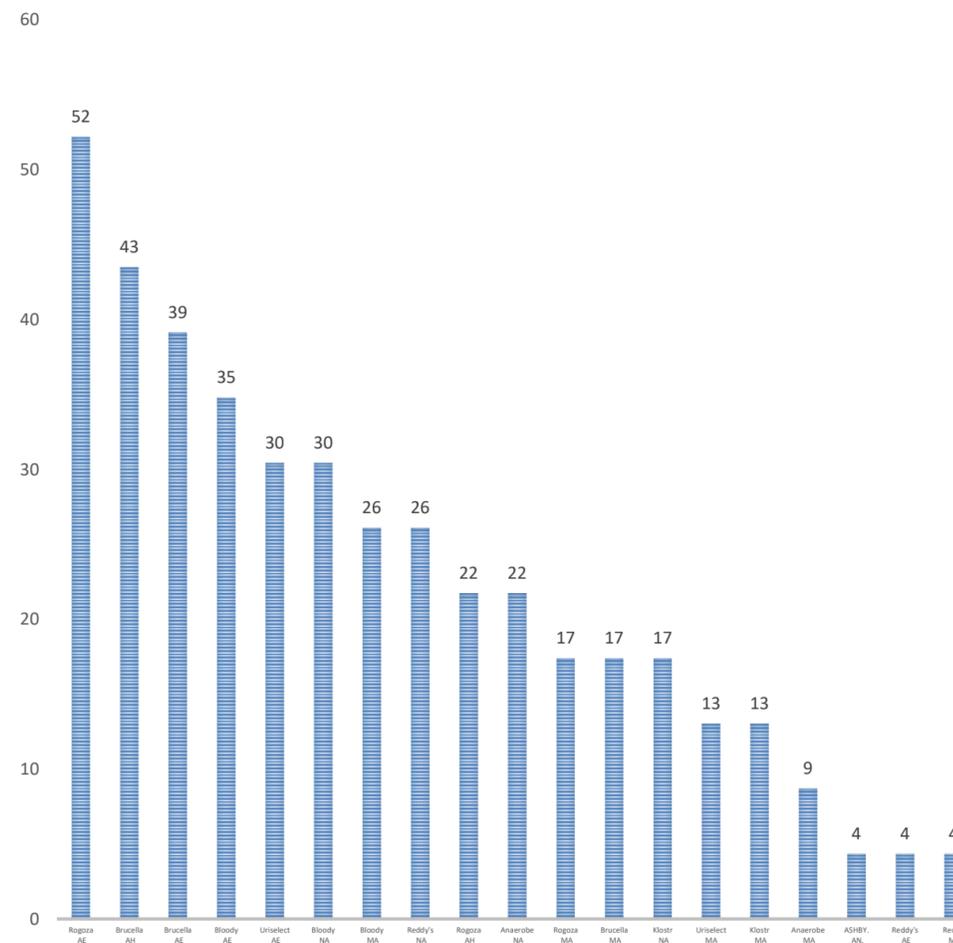
- ✦ Новая методика сбора образцов с сохранением максимального количества живых микроорганизмов запатентована и апробирована в различных почвенно-климатических условиях.
- ✦ Исследуются потенциальные метаболические индикаторы здоровья почв на основании соотношения анаэробов/анаэробов и микроаэрофилов, а также соотношения целевых групп микроорганизмов.
- ✦ Проведено первое сравнительное исследование метагеномного и культуромного анализа.



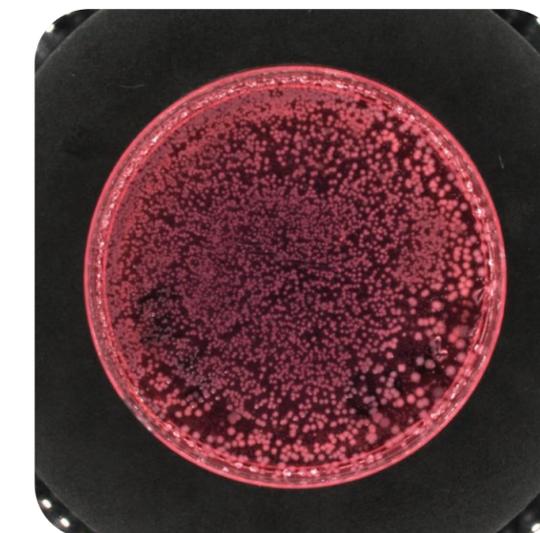
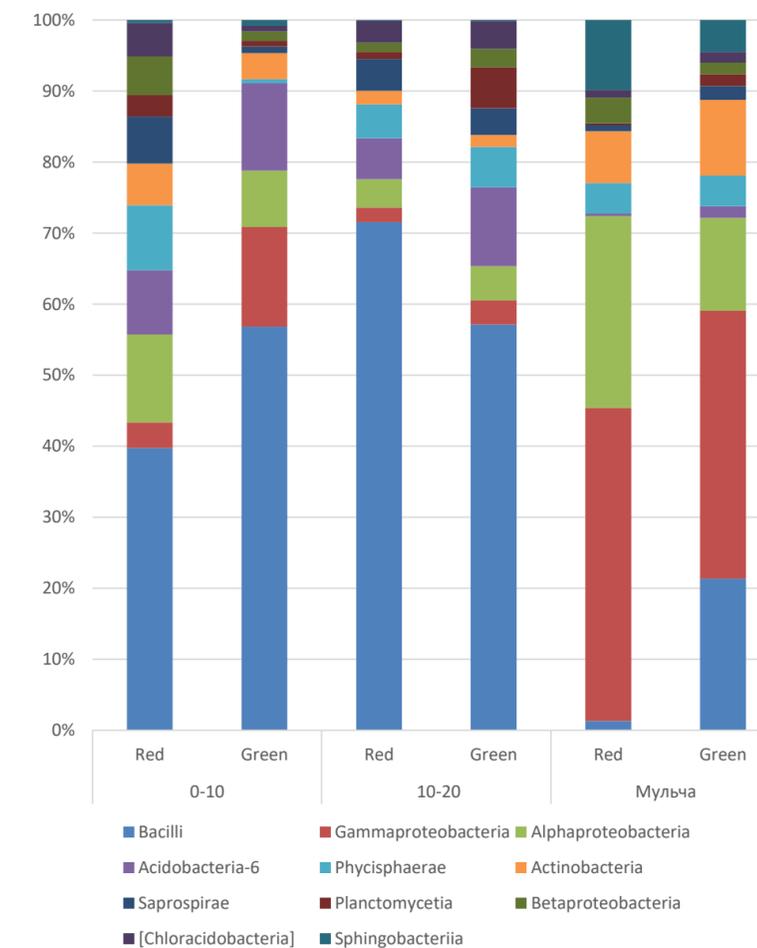
Микробиологические исследования:

- Разработан алгоритм выделения целевых микроорганизмов из почвы для создания нативных биопрепаратов.
- Выделены и проанализированы наиболее перспективны среды с точки зрения выделения **консорциумов** для решения определенных макроэкологических задач (азотфиксация, биоремедиация, защита от патогенов).
- Проведен первый в России анализ генов **антибиотикорезистентности** почв, что должно заложить основу исследованиям влияния удобрений и СЗР на развитие антибиотикорезистентности патогенов почв.

SRED SENSITIVITY (%) _BACILLUS THURINGENSIS



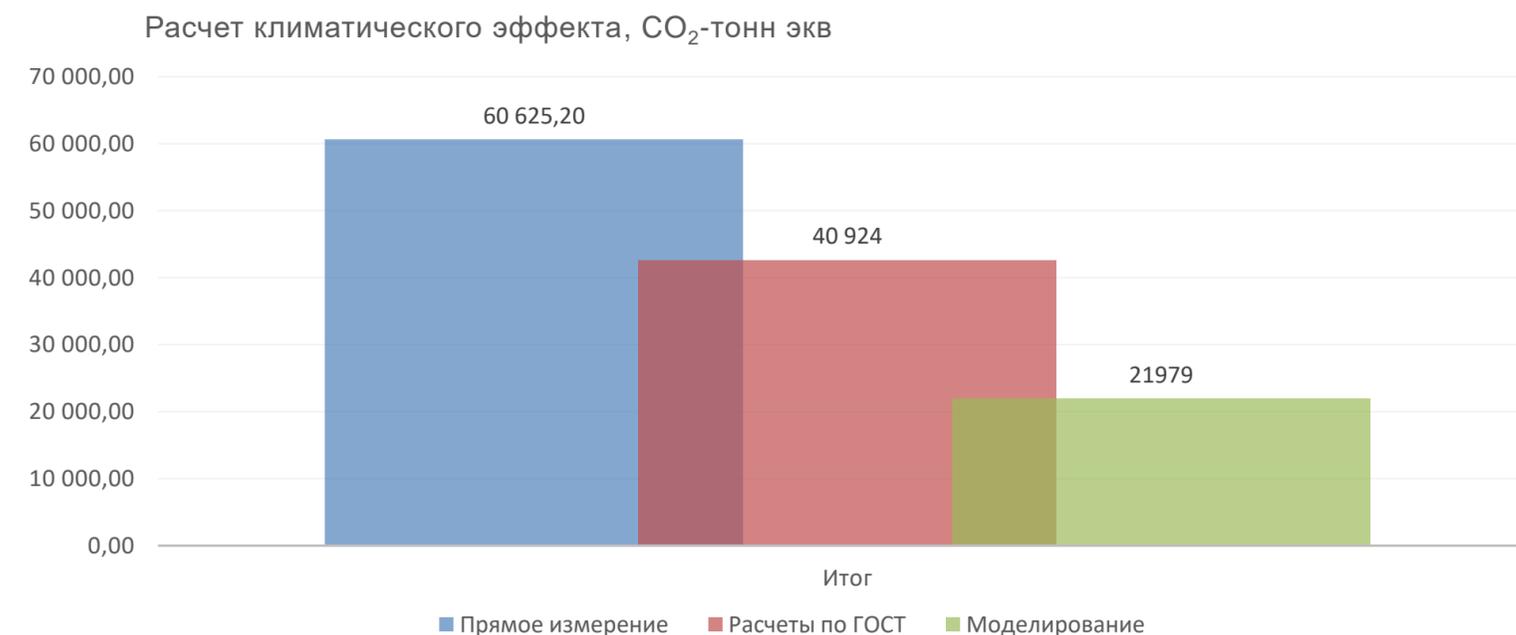
Classes_Top 10



КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ НА ПЛОЩАДКЕ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ПАРТНЕРА АКП



- ✦ Индустриальным партнером аграрного карбонового полигона – сельхозпредприятием «Орловка-АИЦ» подготовлен **климатический проект** на основании Методологии Института глобального климата и экологии им. Ю.А. Израэля.
- ✦ Подсчитан суммарный эффект с помощью трех возможных методов (прямое измерение, моделирование, расчеты по ГОСТ).
- ✦ Общий валидированный климатический эффект, рассчитанный в соответствии с Предварительным национальным стандартом «Изменение запасов органического углерода в почве на пахотных землях» (ПНСТ 901-2023), составил **40924** тонн CO₂-экв. в год, площадь **1590** га.





САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ