

Модель плодородия

**Симбиоз опыта, естественного
и искусственного интеллекта**



О компании

- ✓ Год основания - 2019
- ✓ Основная задача - коммерциализация многолетних исследований применения технологий ИИ в агрономии, почвоведении и экологии
- ✓ Используются научные наработки институтов РАН:
 - Институт географии Российской академии наук
 - ИПЭЭ им. А.Н. Северцова Российской академии наук
 - ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В. В. Докучаева

Выполненные проекты

Агрооценка и проектирование агротехнологий:

2021 год - 12 000 га;

2022 год - 20 000 га;

2023 год - 60 000 га

Инвестиционная оценка с/х земель

25 000 га

Агрооценка с/х земель

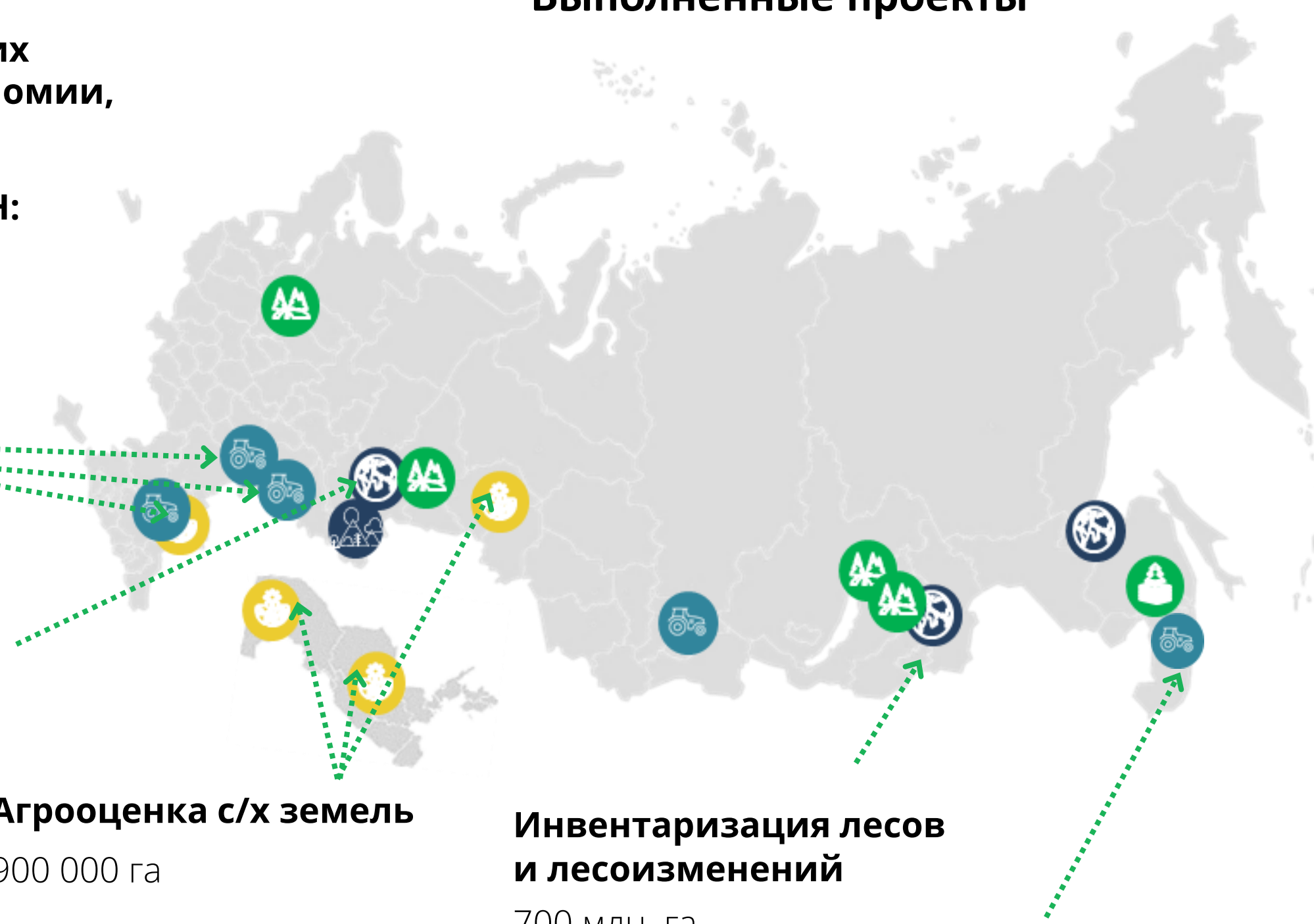
900 000 га

Инвентаризация лесов и лесоизменений

700 млн. га

Подбор участка под производство, планирование ресурса

10 млн. га



Наши партнеры



ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
имени В.В. Докучаева



Научная деятельность

- ✓ В проектной команде 5 кандидатов наук (в области географии, биологии, сельскохозяйственных наук)
- ✓ Многочисленные публикации в русскоязычной и международной научной прессе
- ✓ Участник Фонда Сколково и партнер SkolTech области научных разработок по влиянию изменений климата на развитие сельского хозяйства
- ✓ Разработки поддержаны Фондом содействия инновациям

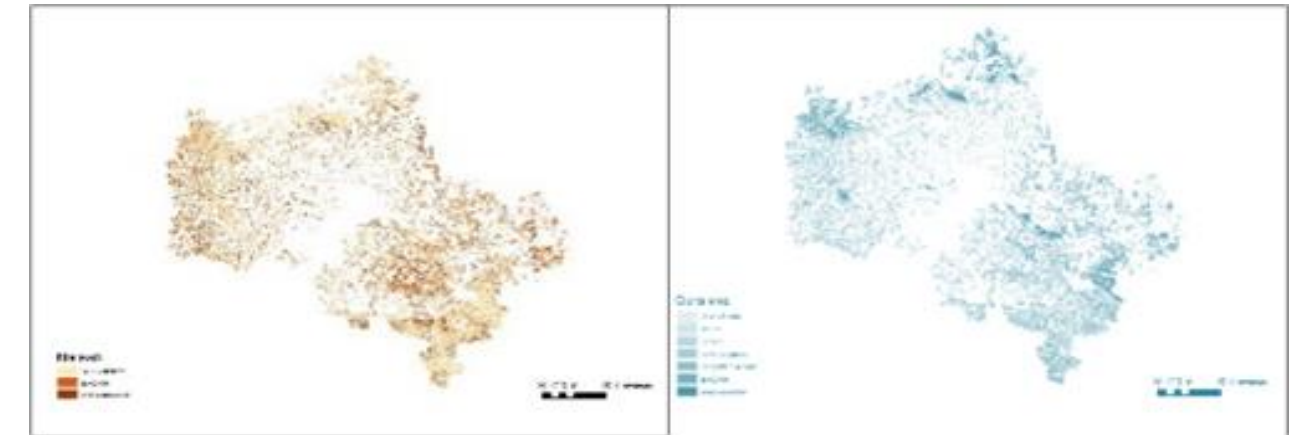


Наши технологии на практике

1,5-2

Месяца

Формирование почвенных и агрохимических карт области/региона

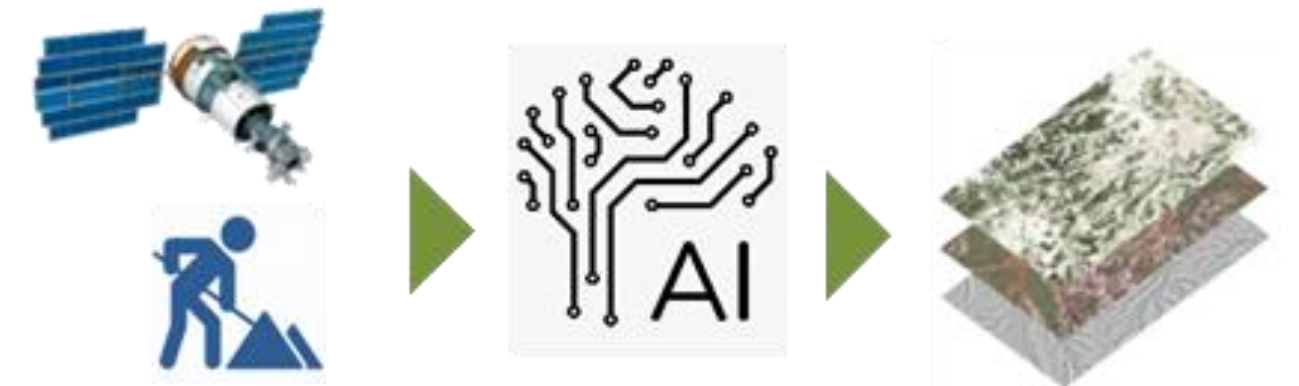


Положительное заключение МСХ РФ)

↓ 10

Раз

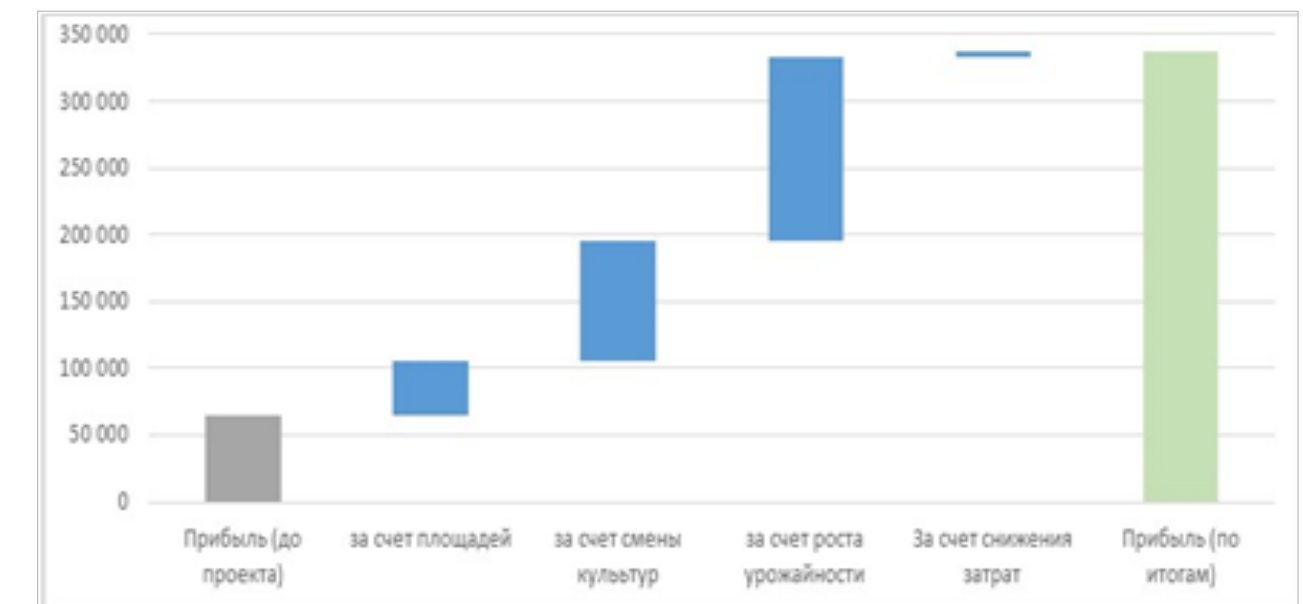
Сокращение времени и трудоёмкости почвенных обследований



< 1

Года

Срок окупаемости проектов агропроектирования



По результатам анализа итогов проектов 2021-2023гг

Система управления плодородием

- Цели**
- ✓ Интенсификация агропроизводства
 - ✓ Производство продукции с целевой урожайностью для оптимизации затрат
 - ✓ Устойчивость производства, сохранение плодородия
 - ✓ Контроль факторов, определяющих результаты текущего года

Инструменты

1 этап

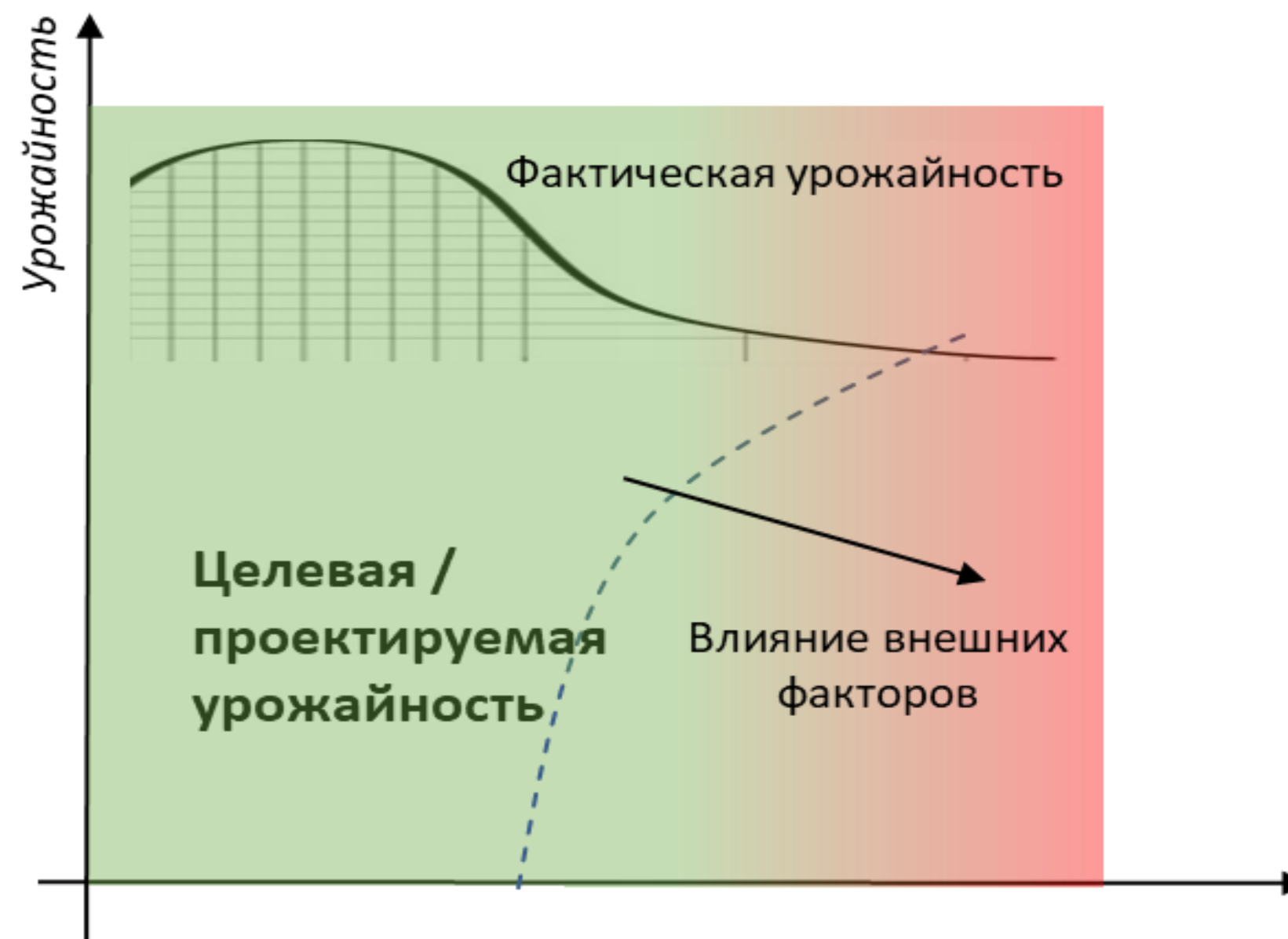
Агроэкологическая оценка земель

Определение потенциала плодородия земель и основные ограничения для увеличения урожайности

Агропроектирование

2 этап

Определение технологии достижения целевой урожайности и оптимизации затрат



Агропроектирование – оптимальные решения для плановых условий

МАРЖИНАЛЬНОСТЬ

$$\text{Max}(\mathit{GrossProfit}) = \sum_{k=1}^{n \text{ (севооборот)}} (\text{Выручка}_k - \text{Прямые затраты}_k)$$

УСТОЙЧИВОСТЬ

$$(\text{Выручка}_k - \text{Прямые затраты}_k) = (\text{Выручка}_{k+1} - \text{Прямые затраты}_{k+1})$$

Исходные данные

Природные

- Почвенные условия
- Климат
- Ландшафт
- Требования культур



Рыночные

- Целевые культуры
- Прогноз цен:
 - Продукция
 - Семена
 - Удобрения
- Стоимость мероприятий



Результаты

Проект землепользования

- Севообороты и целевая урожайность
- Схемы внесения удобрений
- Производственные задания
- Преодоление ограничений
- Почвозащитные мероприятия

Агроэкологическая оценка

Определение потенциала урожайности конкретных полей, полное почвенное картирование и определение факторов, лимитирующих сельское хозяйство

Дистанционные данные

Почвенные изыскания

Почвенные карты

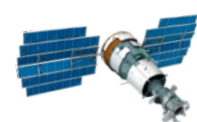
Агроэкологические группы и лимитирующие факторы

Анализ многолетних данных ДЗЗ, цифровой модели рельефа, климатических данных

Проведение агрономического и агрохимического обследования для «определяющих» точек

Построение карт содержания элементов питания и иных почвенных показателей

Определение агроэкологических групп, класса пригодности под с/х культуры и лимитирующих факторов



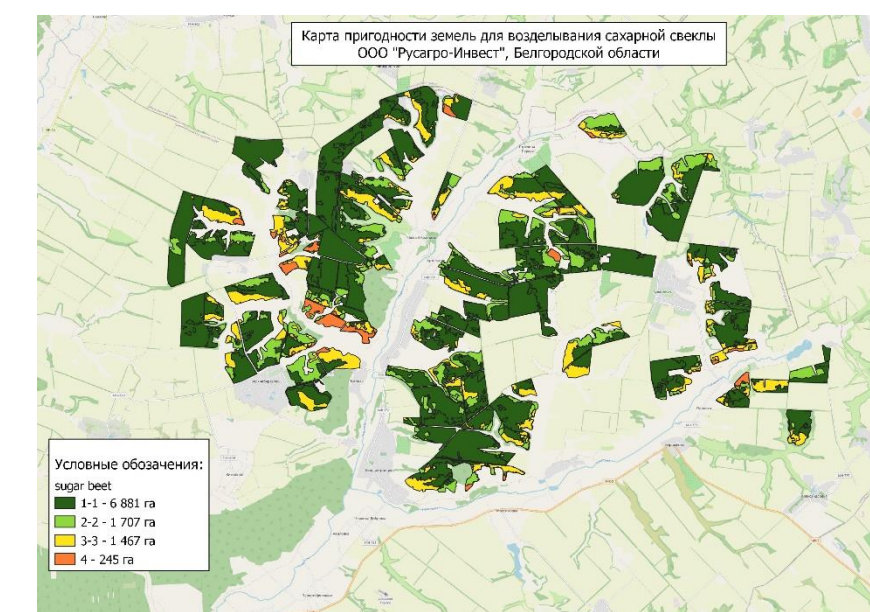
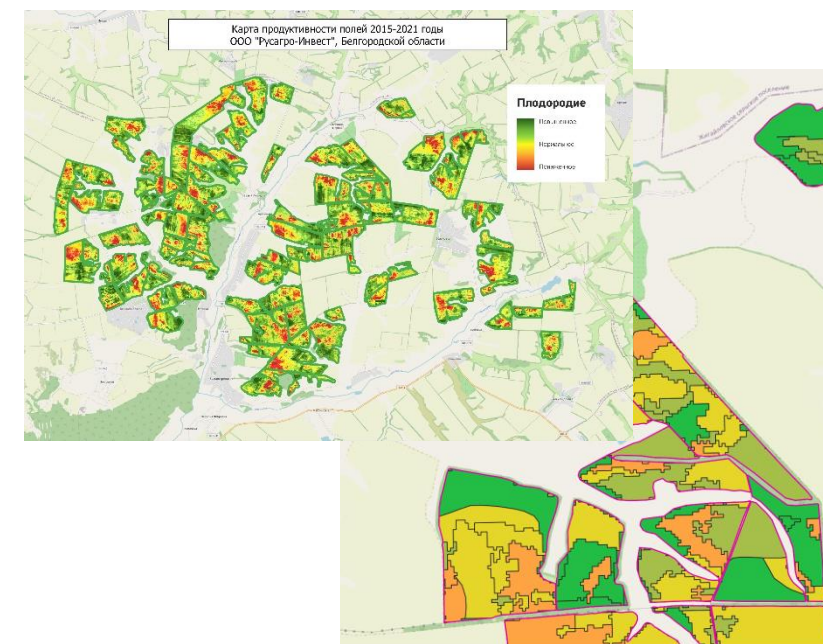
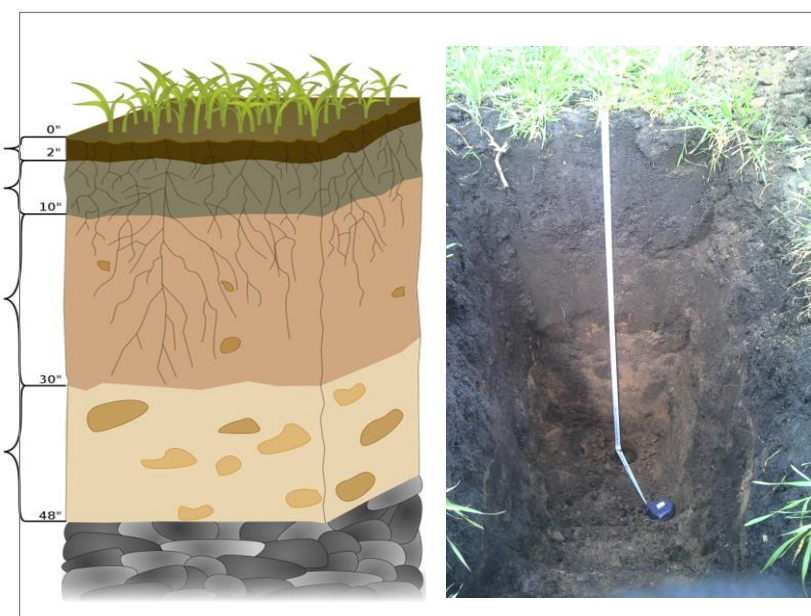
Данные ДЗЗ



Климат



Рельеф

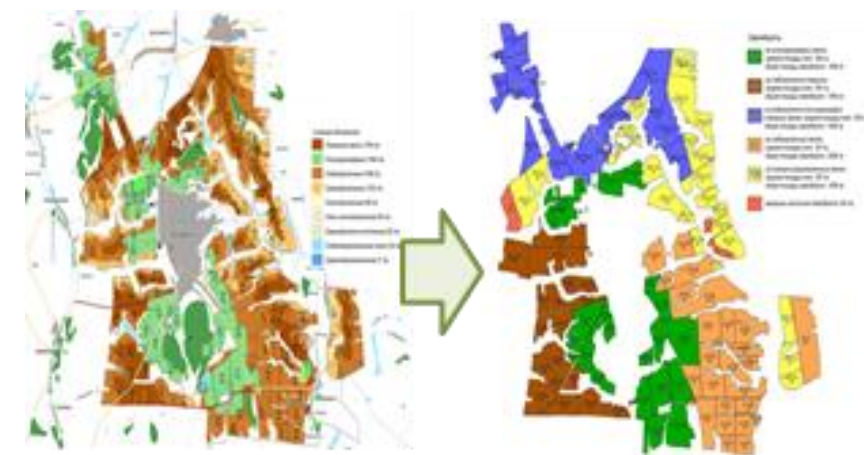


Агропроектирование

Выбор решений для достижения целевой урожайности и заданного качества продукции при наиболее эффективном использовании имеющихся ресурсов

Структура полей

Ревизия структуры посевных площадей, исключение «неэффективных» земель



Севообороты

Соответствие возделываемых культур конкретным почвенным и агроландшафтным условиям поля



Дифференцированное внесение

Расчет по норм внесения для каждой зоны плодородия поля с учетом требований культур и почвенных условий

Культура	Урожайность, ц/га	Среднее содержание питательных веществ в урожае, %	Содержание питательных веществ в почве, %				Среднее содержание питательных веществ в почве, %	Среднее содержание питательных веществ в почве, %	Среднее содержание питательных веществ в почве, %	Среднее содержание питательных веществ в почве, %	Среднее содержание питательных веществ в почве, %	Среднее содержание питательных веществ в почве, %
			Азот	Фосфор	Калий	Магний						
Пшеница	30	0,5	0,1	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Кукуруза	40	0,6	0,15	0,07	0,07	0,15	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Ячмень	25	0,4	0,08	0,04	0,04	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Рожь	20	0,3	0,06	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Овес	15	0,2	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Льн	10	0,1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Соя	18	0,3	0,05	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Горох	12	0,2	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Вика	10	0,1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Клевер	8	0,1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Трава	5	0,05	0,01	0,005	0,005	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

$$N_y = (Y * H) * KN$$

$$D_{PK} = (Y * H_p * K_{PK}) * K_H$$

Агротехнологии

Выбор агротехнологии с учетом текущей культуры севооборота, почвенных и агроландшафтных условий конкретного поля





Информационный блок – массив данных, используется для расчетов хозяйственных показателей и принятия решения по выбору технологии выращивания с/х культур

Для сельхозтоваропроизводителей от крупных агрохолдингов до малых предприятий

Агропроектирование и интенсификация агропроизводства

- Оценка потенциала продуктивности земель
- Почвенное картирование
- Выявление основных лимитирующих факторов
- Определение пригодности земель для возделывания целевых культур хозяйства и определение потенциала урожайности по ним
- Коррекция посевных площадей и севооборотов
- Создание электронных паспортов полей
- Разработка методов интенсификации производства:
 - расчет карт дифференциального внесения удобрений
 - расчет системы защиты растений и планов химической мелиорации
 - рекомендации по методам обработки почв

Плановая схема внесения



Фактическая схема внесения



Узнать больше или задать вопрос

Балова Наталья

Тел.: +7 (925) 412-70-05

E-mail: info@eco-monitoring.org

www.eco-monitoring.org



ПРИЛОЖЕНИЕ

РЕШЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

- **Примеры проектов**
- **Технологии**

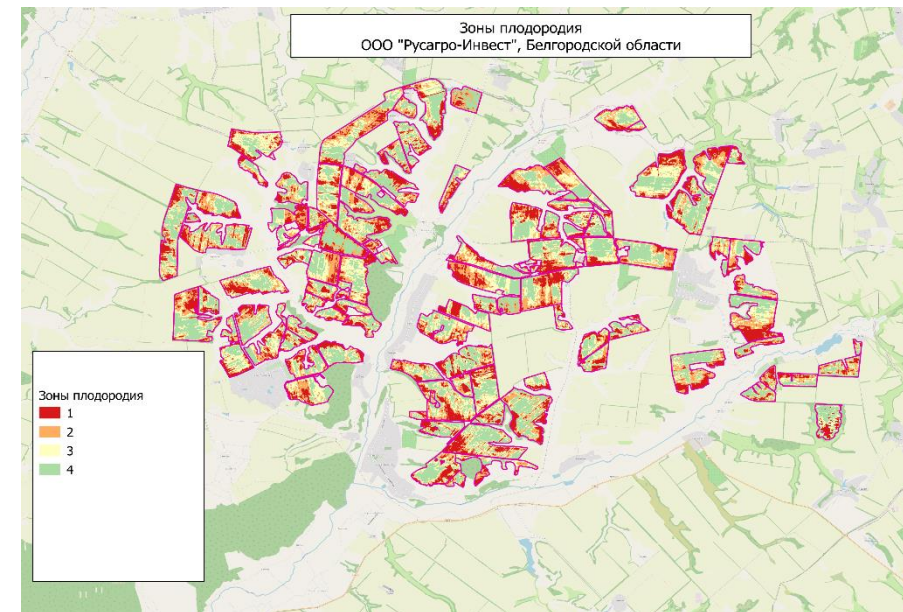
Примеры проектов

Комплексная оценка с/х земель и разработка проектов интенсификации (крупный агрохолдинг)

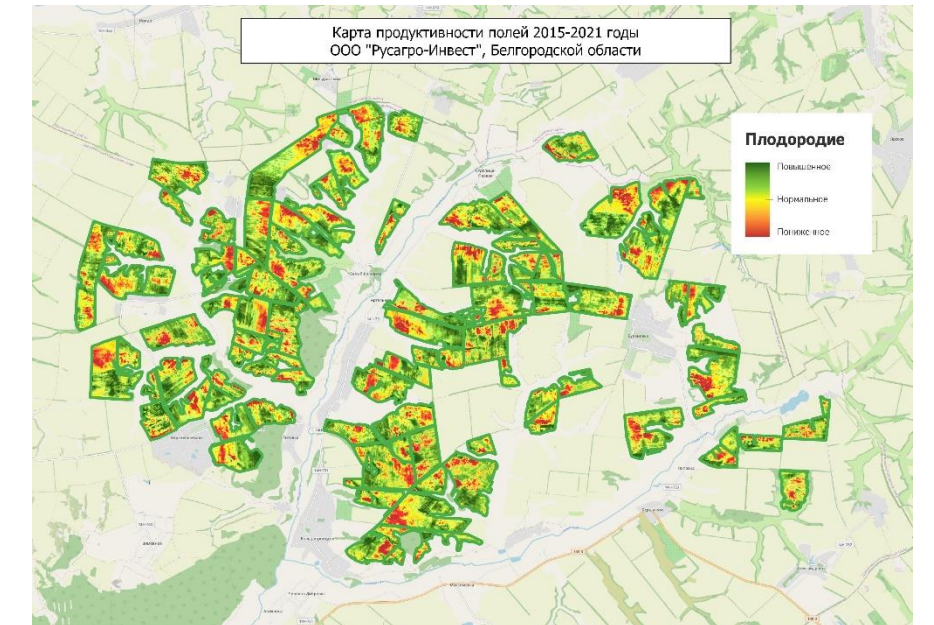
Белгородская, Тамбовская, Орловская области, Приморский край

- Проведена агроэкологическая оценка земель и потенциала их продуктивности
- Построены почвенные карты:
 - типы почв
 - элементы питания
 - гумус
 - уровень кислотности
 - эрозия
 - гидроморфизм
- Определена пригодность под целевые культуры
- Разработаны оптимальные севообороты
- Определен потенциал урожайности
- Разработаны схемы дифференциального внесения удобрений и производственные задания
- Созданы электронные паспорта полей
- Разработаны рекомендации по почвозащите

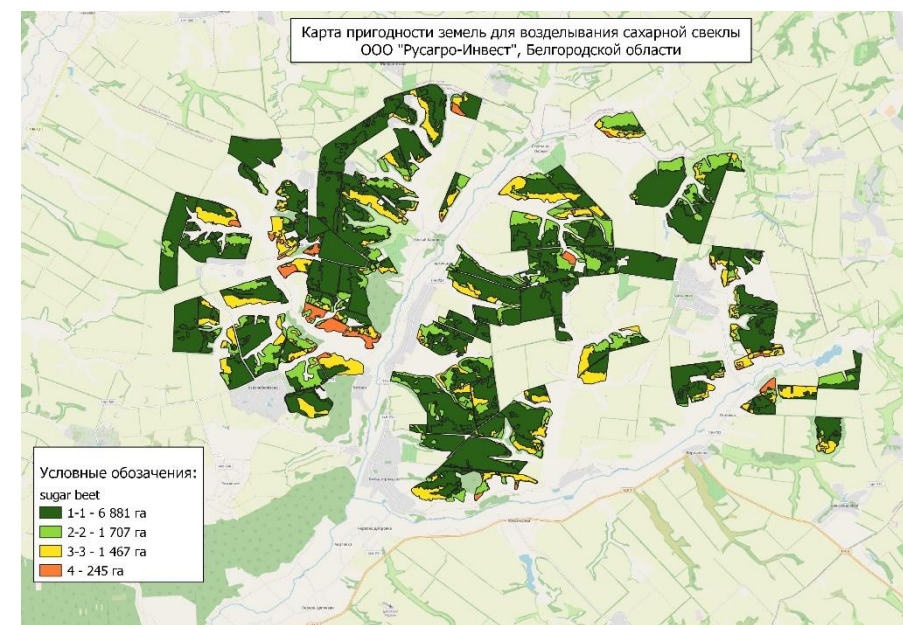
Зоны плодородия



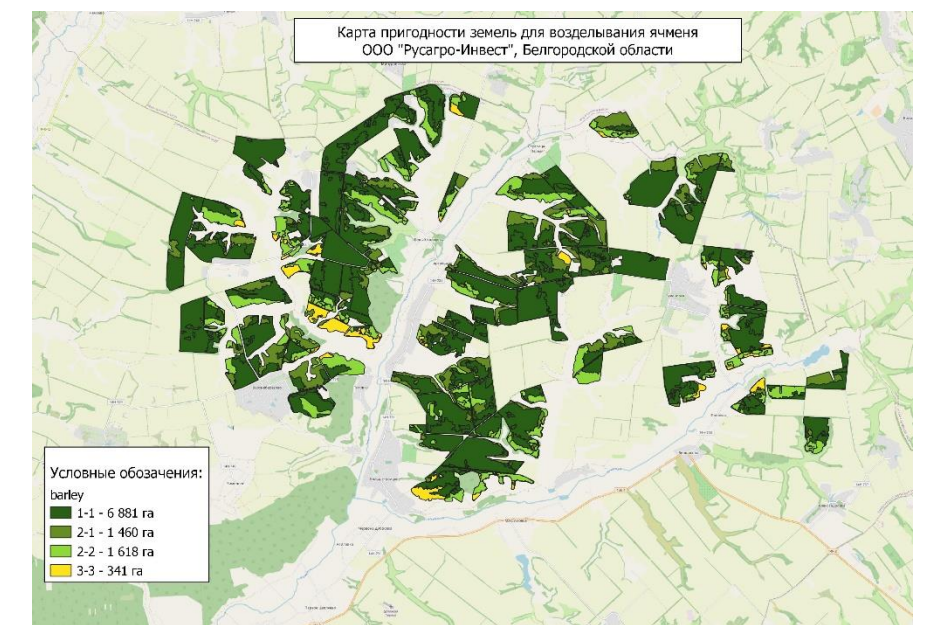
Продуктивность полей 2018-2022гг



Пригодность для сахарной свеклы



Пригодность для ячменя



Примеры проектов

Комплексная оценка с/х земель и разработка проектов интенсификации

Общие экономические показатели по проекту

+ к урожайности

Культура	Сред. ур-ть 2018-2020 гг, ц/га	Урожайность 2022 г, ц/га
Сахарная свекла	397	432,2
Пшеница озимая	47,7	50,04
Пшеница яровая	38,1	40,66
Соя	17,1	18,7
Кукуруза на зерно	53,4	62,68
Рапс яровой	17,5	19,2

- на затратах

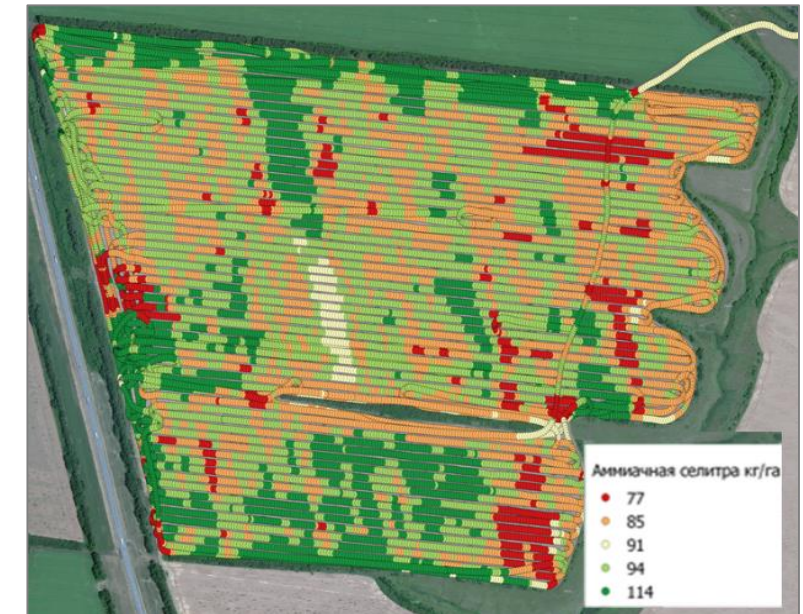
Затраты на удобрения Хозяйственная схема		Затраты на удобрение Дифференцированное внесение	
Руб./га	Руб./ТМ	Руб./га	Руб./ТМ
4 050	22 957 243	3 036	16 759 491

Экономический эффект в первый год реализации

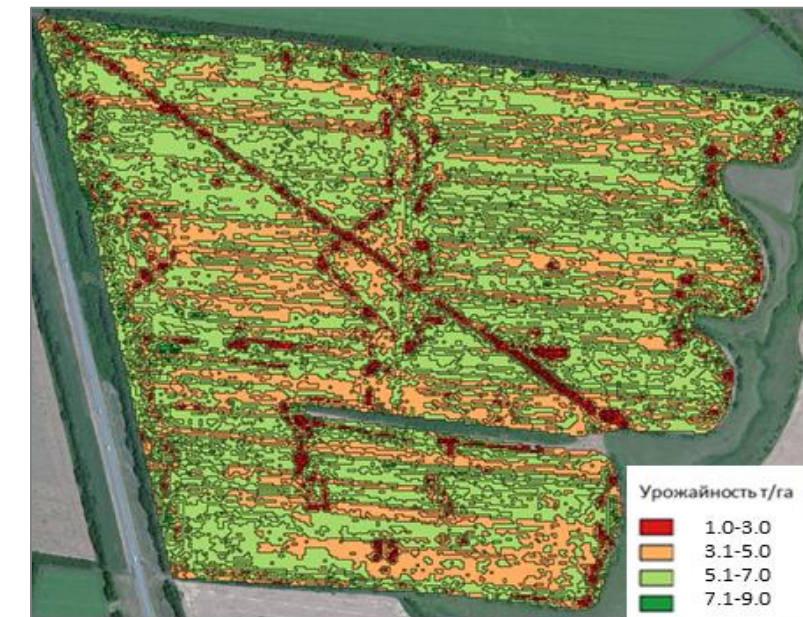
+ 1 014 руб. / га

+ 6 197 751 руб. по проекту

Карта внесения удобрений



Карта урожайности



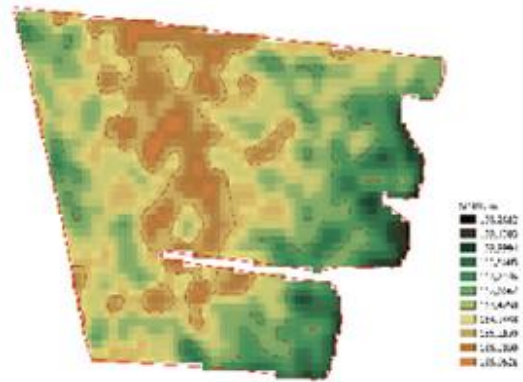
Культура на поле – озимая пшеница

- Прибавка урожайности - 3 ц/га (4%)
- Снижение прямых затрат - 1,1 тыс. руб./га,
- Экономический эффект - 3,6 тыс. руб./га

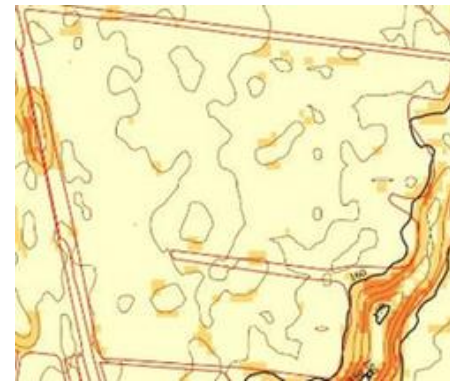
Факторы влияния на плодородие

Анализ агроландшафта

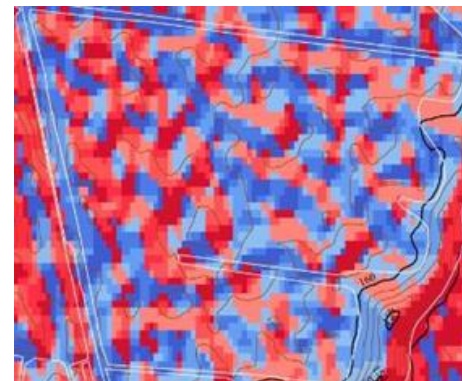
Цифровая модель рельефа



Крутизна склонов



Экспозиция склонов

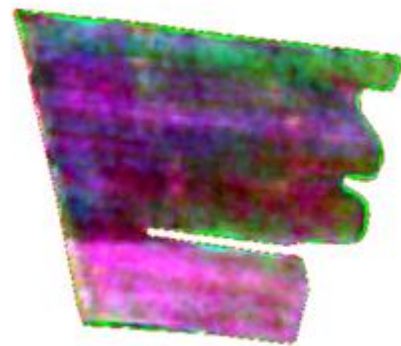


Анализ климатических данных

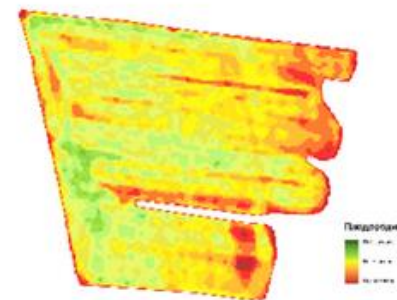
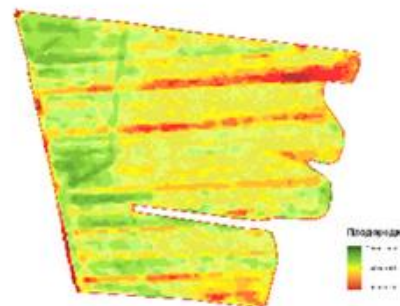
- Сумма температур выше 5, 10, 15 градусов
- Осадки, мм
- Гидротермический коэффициент
- Водный экв. снега, мм
- Количество солнечной радиации (вт/м2)
- Индекс засухи Палмера
- Количество приходящей ФАР

Анализ мультиспектральной спутниковой съемки

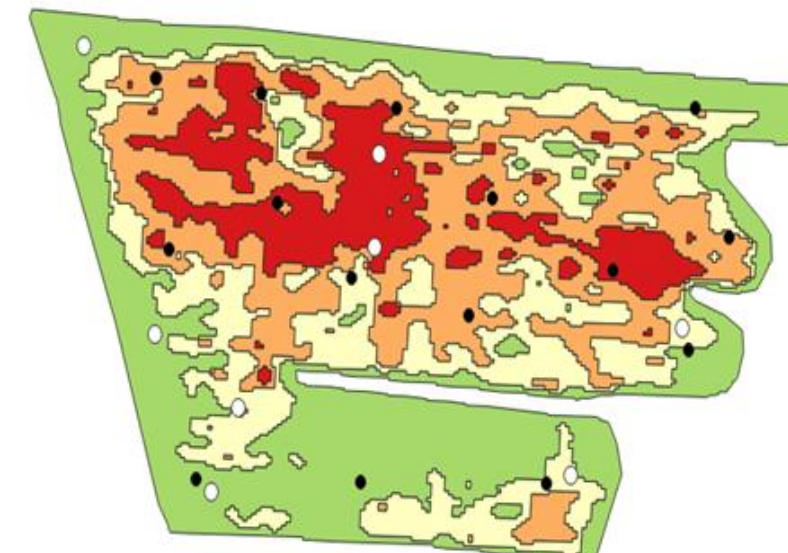
Композитные спутниковые снимки



Индексы вегетации за 2 периода севооборота
2015-2017 гг 2018-2021 гг



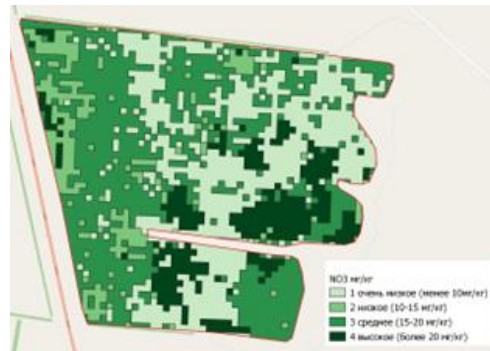
Первичная оценка зон плодородия



На основе первичной агрооценки формируется маршрут полевых изысканий. Полевые описания и АХ анализы используются для обучения цифровых моделей и их семантической интерпретации (технологии ИИ).

Определение почвенных характеристик и факторов, лимитирующих плодородие

Содержание Азота



Содержание Фосфора



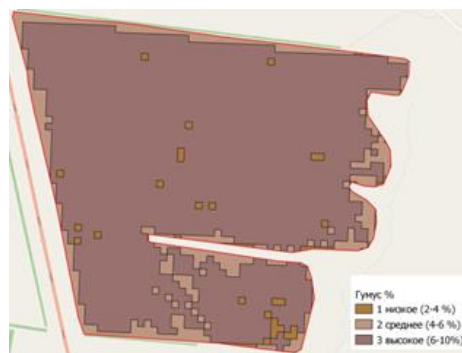
Содержание Калия



Содержание Серы



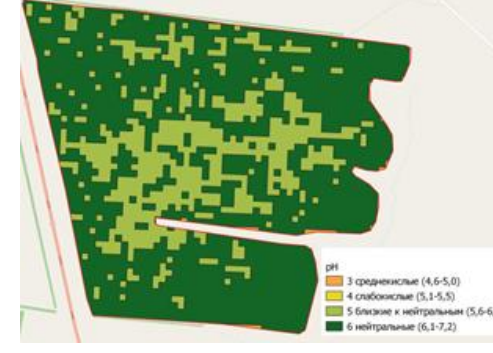
Содержание Гумуса



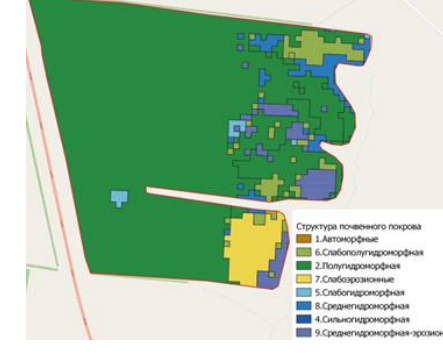
Степень Выпаханности



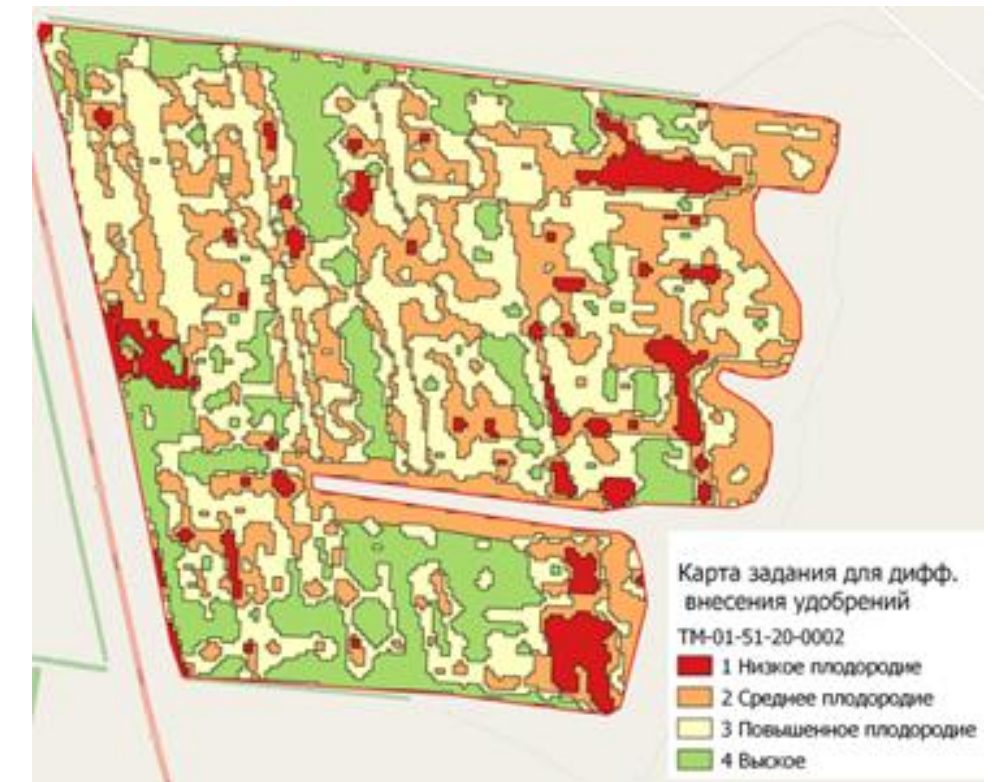
Уровень pH реакции



Структуры почвенного покрова



Карта зон плодородия



Пригодность для подсолнечника



Пригодность для сои



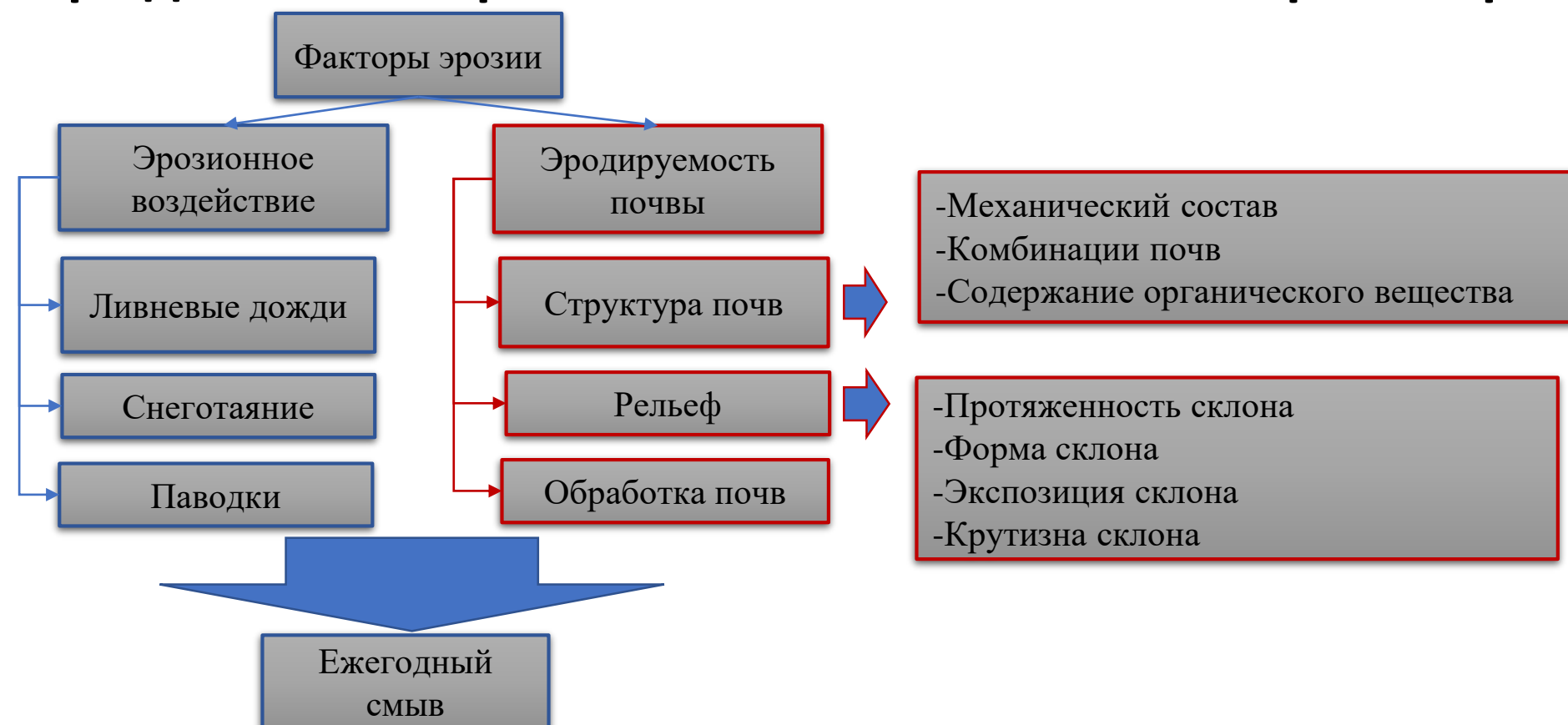
Севообороты



Для определения оптимальных севооборотов и агротехнологий определяются характеристики почвенного покрова, выявляются полевые неоднородности, факторы влияющие на урожайность.

С учетом требований культур определяется класс пригодности для целевых культур.

Определение эрозионной опасности и факт эрозии



Остаток 25 см плодородного слоя
Эталон от 70 см в ЦФО

Меры предотвращения эрозии:

- Размещение пропашных культур на полях с минимальными рисками эрозии
- Залужение склонов балок, оврагов и очагов эрозии
- Переход на комбинированную обработку почвы (глубокая обработка 1 раз за ротацию севооборота)

Темпы водной эрозии на примере Белгород-Центр (обследуемые поля в сезоне 2022 г.)

Темпы эрозии т/га год	Площадь, га
10,1-15,0 и >	218,0
7,1-10,0	466,0
5,0-7,0	1366
<5	8834,0

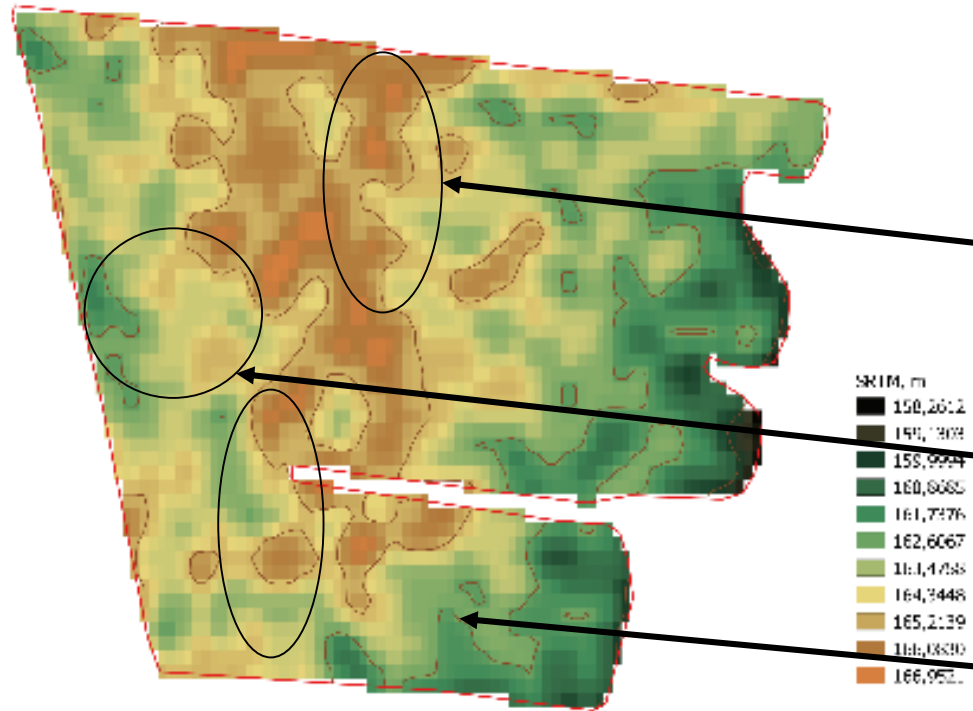
Эрозионные потери почвы, тонн в год 10,8 тыс.га	Эрозионные потери гумуса, тонн/год с 10,8 тыс.га	Эрозионные потери углерода, тонн/год с 10,8 тыс.га
-33158	-1879	-1090

Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от степени эродированности почв в % к урожайности на не смытой почве

Культура	Степень эродированности почвы		
	слабая	средняя	сильная
Озимая пшеница	85-90	50-60	30-35
Яровая пшеница	70-80	40-50	15-20
Ячмень	80-85	45-55	30-40
Кукуруза	80-85	60-70	15-25
Соя	85-95	60-70	50-60
Сахарная свекла	80-90	30-40	10-15
Подсолнечник	70-80	40-50	20-30

Определение зон лимитирующих факторов

Цифровая модель рельефа



Красные зоны обусловлены микрорельефом, с периодическим переувлажнением, ввиду этих факторов есть риск кратковременного вымокания культуры на данных участках

Почва из зеленой зоны



Почва из красной зоны с переувлажнением

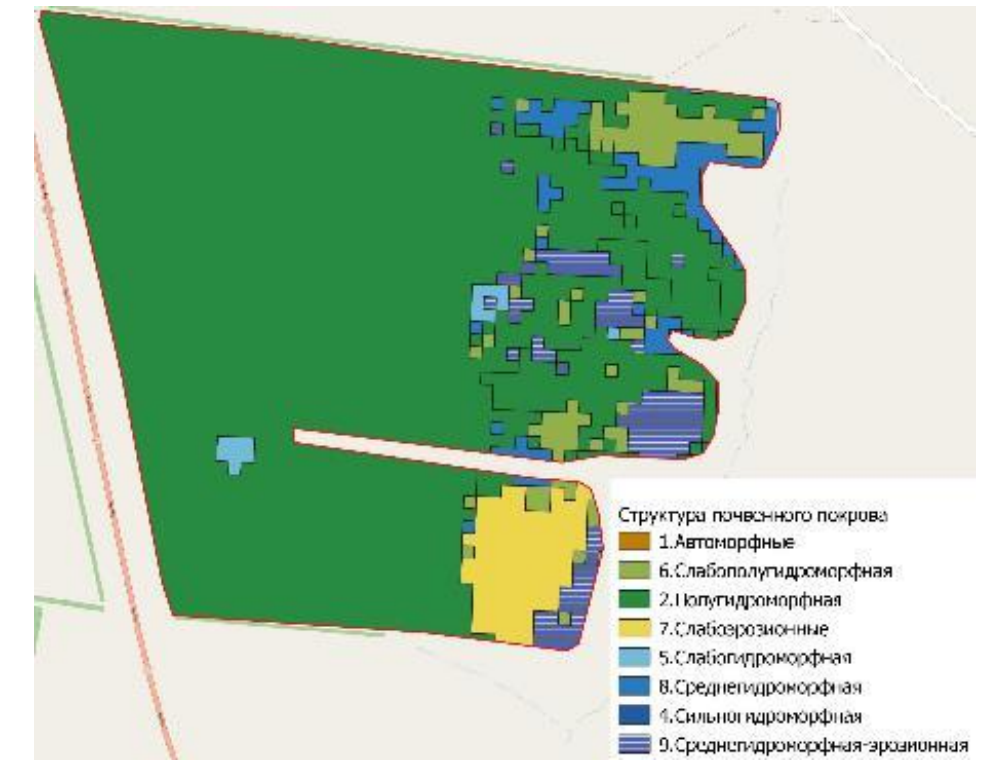


Карта зон плодородия

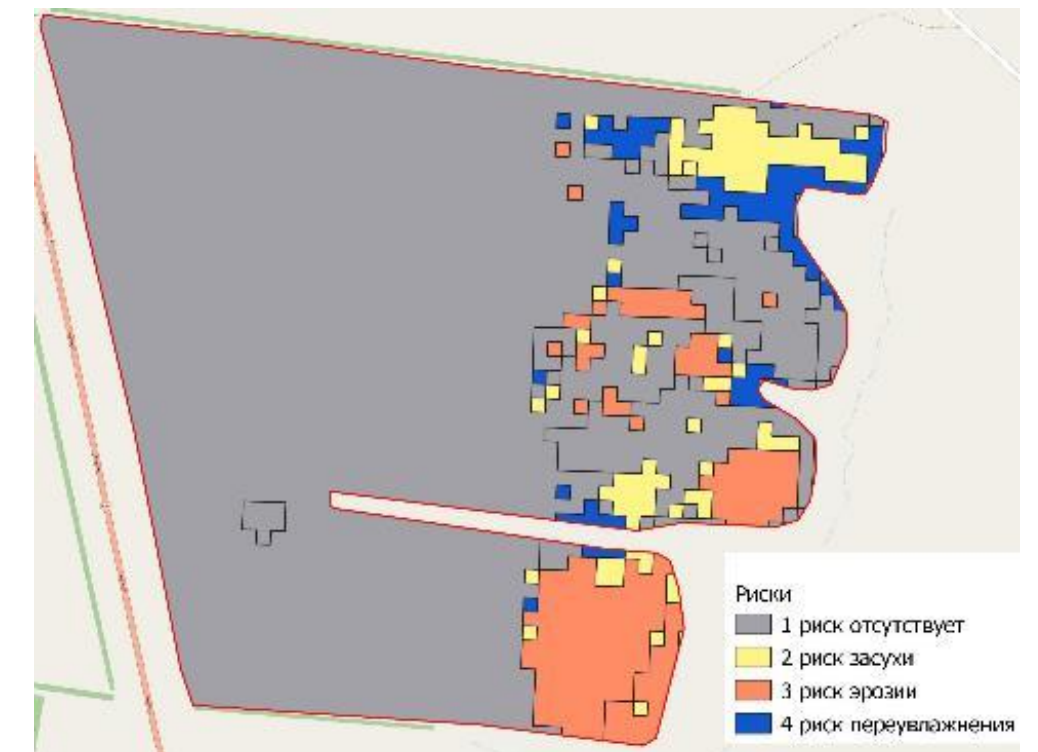


Красные зоны обусловлены эрозионными процессами, рисками засухи из-за легкого гранулометрического состава, так же присутствуют участки с локальным переувлажнением ввиду особенностей почвенного покрова.

Структура почвенного покрова



Почвенные риски



Расчет потребности в минеральных удобрениях средневзвешено по модели на примере сахарной свеклы

Регион	Планируемая урожайность ц/га	Норматив затрат NPK кг/ц продукции			Кф на гран состав			Кф на сод в почве РК		Кф на гумус N	Только для фосфора	Кф на предшественник			Потребность в минеральных удобрениях кг.д.в./га		
		N	P	K	N	P	K	P	K		Кф на рН	N	P	K	N	P	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Белгород Юг	550	0,44	0,13	0,58	0,7	1,1	0,8	0,6	0,5	1,1	1	1	1	1	186	47	128
Белгород Центр	550	0,44	0,13	0,58	0,7	1,1	0,8	0,6	0,3	1,1	1	1	1	1	186	47	77
Белгород-Курск	550	0,44	0,13	0,58	0,7	1,1	0,8	0,6	0,5	1,1	1	1	1	1	186	47	128
Орел	550	0,44	0,13	0,58	0,7	1,1	0,8	1	1	1,2	1,1	1	1	1	203	87	255
Тамбов	550	0,44	0,13	0,58	0,7	1,1	0,8	1	0,7	1	1	1	1	1	169	79	179

Средние агрохимические показатели почв в свекловичном севообороте

Регион	рН	рН - класс	Фосфор мг/кг	Фосфор- класс	Калий мг/кг	Калий-класс	Гумус%	Гумус -класс	Гранулометрический состав
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Белгород Юг	6,0	Близкие к нейтральным	121	Повышенное	173	Высокое	5,6	Среднее	Тяжелый суглинок
Белгород Центр	5,9	Близкие к нейтральным	144	Повышенное	205	Высокое	5,8	Среднее	Тяжелый суглинок
Белгород-Курск	5,7	Близкие к нейтральным	126	Повышенное	154	Высокое	4,8	Среднее	Тяжелый суглинок
Орел	4,9	слабокислый	77	Среднее	68	Среднее	3,8	Низкое	Тяжелый суглинок
Тамбов	5,4	слабокислый	100	Среднее	116	Повышенное	6,3	Повышенное	Тяжелый суглинок

Пример расчета потребности в фосфоре для региона Белгород:

P кг.д.в./га = План-я ур. ц/га * Норматив затрат, кг/ц * Кф гран.состав * Кф содержания в почве * Кф рН * Кф на предшественник = $550 * 0,13 * 1,1 * 0,6 * 1 * 1 = 47$ кг.д.в. P2O5/га, что эквивалентно **90 кг/га** Аммофоса

$$D_N = Y_{II} \cdot H \cdot K_{Гр} \cdot K_{Э} \cdot K_{гум} \cdot K_{пред}$$

$$D_P = Y_{II} \cdot H \cdot K_{Гр} \cdot C_P \cdot K_{Э} \cdot K_{рН} \cdot K_{пред}$$

$$D_K = Y_{II} \cdot H \cdot K_{Гр} \cdot C_K \cdot K_{Э} \cdot K_{пред}$$

D_{NPK} —необходимое количество элемента питания на планируемую урожайность в действующем веществе;

Y_{II} — планируемая урожайность, ц/га основной продукции;

H —норматив затрат питательных веществ, кг/ц основной продукции и соответствующее количество побочной;

$K_{Гр}$ — поправочный коэффициент на гранулометрический состав почвы;

C_{PK} — поправочный коэффициент на содержание подвижных форм фосфора и калия;

$K_{Э}$ — поправочный коэффициент на степень эродированное почвы;

$K_{гум}$ — поправочный коэффициент на азот по содержанию гумуса.

$K_{рН}$ — поправочный коэффициент на рН на фосфор;

$K_{пред}$ — поправочный коэффициент в зависимости от предшественника.