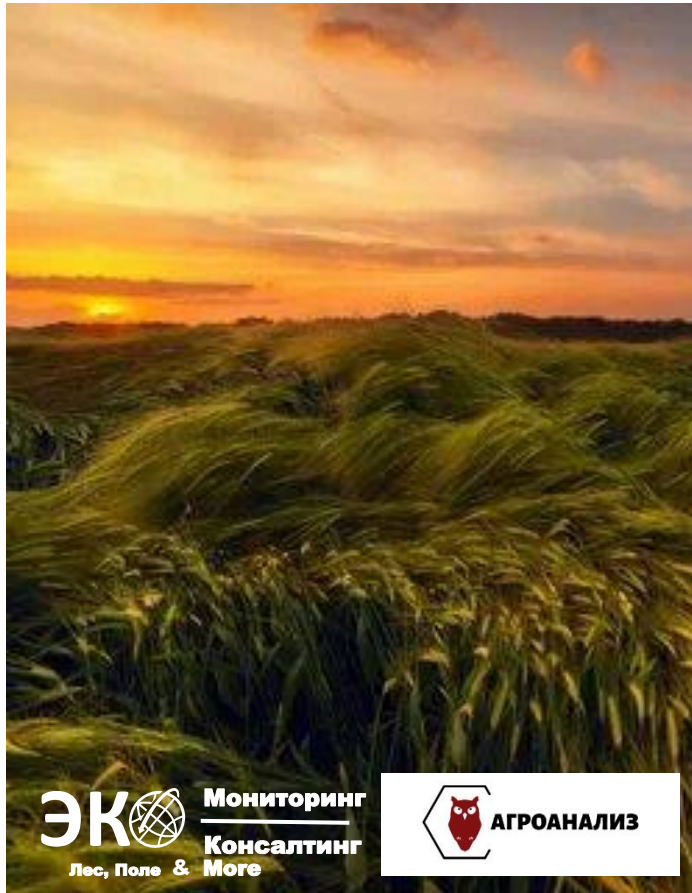




Использование данных ДЗЗ и  
искусственного интеллекта для  
решения задач агропроектирования и  
интенсификации агропроизводства

Докладчик: Столярова Ксения  
руководитель проектов по агропроектированию

## Препятствие для перехода к интенсивной системе земледелия – незнание основного ресурса

### Проблемы

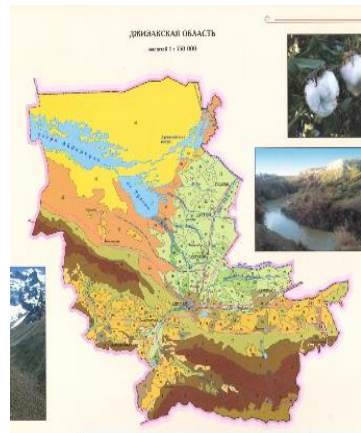


- Отсутствие данных о агропродуктивности и качестве с/х земель;
- Почвенные карты устарели (более 40 лет) либо отсутствуют;

### Ограничения



- Трудоемкость и устаревание традиционных методов агрооценки;
- Масштаб территорий;
- Низкая информативность для с/х обычных методов дешифровки ДЗЗ



## Незнание ресурса – неверный выбор производственных технологий

### Последствия



- Снижение урожайности вплоть до полной потери урожая
- Избыточные затраты на удобрение и обработку почвы
- Деградация пахотных земель

### Урожайность пшеницы, ц/га (по данным ФАО)

|                 |    |
|-----------------|----|
| Россия          | 26 |
| США             | 36 |
| Китай           | 54 |
| Украина         | 42 |
| Средняя по миру | 35 |

**Недополучение урожая на  
\$3,5 млрд. (пшеница)**

## Построение цифровых моделей на основе данных ДЗЗ для комплексной оценки земельных ресурсов

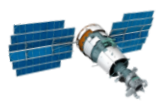
Исходные  
данные

Агроэкологические  
и почвенные карты

Производственные  
карты

Результаты

Достигнутые цели



ДЗЗ



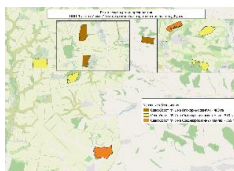
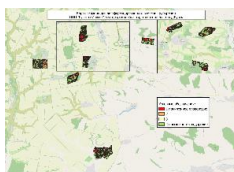
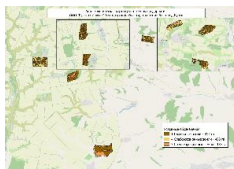
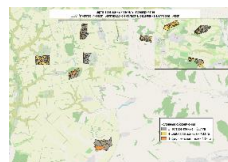
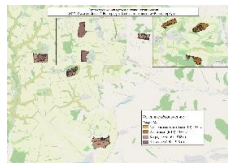
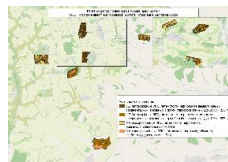
ЦМР



Климатическая  
модель



Полевые  
изыскания



- Корректный выбор культур в севообороте
- Агротехнологии, соответствующие местным агроэкологическим условиям
- Почвозащита и неистощающее землепользование

- ✓ Повышение урожайности **30-100%\***
- ✓ Снижение прямых затрат **10-30%**
- ✓ Устойчивое агро-производство

\*

- «Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий» (методическое руководство под ред. ак. В. И. Кирюшина и ак. А. Л. Иванова, 2005 г)
- «Экологическое земледелие с основами агрохимии и почвоведения» (Матюк Н.С., 2014г)

## Задачи и продукты

### Типовые задачи



Агроэкологическая оценка с/х земель и почвенное картирование;



Определение пригодности под культуры и потенциала урожайности;



Внедрение интенсивного земледелия;

### Тематические продукты

#### Базовые тематические карты:

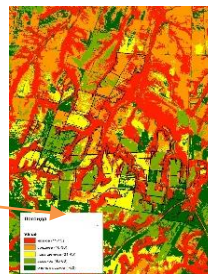
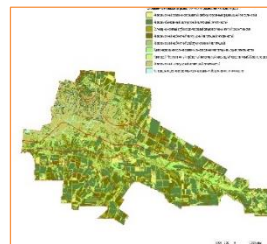
- Карта классов агропродуктивности с/х земель;
- Карта типов почв;
- Карты содержания питательных элементов;
- Картограммы эрозионных земель и тд;

#### Карты агроэкологической оценки:

- Карта агроэкологических групп и типов земель;
- Карта пригодности земель под с/х культуры;
- Оценка потенциала урожайности по культурам

#### Специализированные карты

- Карта залесенных с/х земель;
- Карты поражения сорной растительностью;



## Потребители

### 1. Агропроизводители

- Коррекция посевных площадей;
- Оптимальный выбор севооборотов и агротехнологий;
- Снижение прямых затрат;
- Повышение урожайности и качества продукции

Оценка и агропроектирование  
10 млн. руб.\*

Повышение урожайности  
30-100 %

Снижение прямых затрат  
на 30-35% (30 млн. руб.\*)

\* - На площадь 10 тыс. га

2. Региональная и федеральная администрация;
3. Инвесторы в с/х отрасль;
4. Банки и агростраховые компании (независимая оценка рисков).

**Состав работ:** Проведена агроэкологическая оценка земель; по итогам оценки – изменена структура полей и севообороты (введены более маржинальные культуры), разработаны системы подкормки и защиты растений, методы обработки почвы

## Урожайность

| Культура                    | Площ, га | Урож-ть, ц/га | Прибыль, руб./га |
|-----------------------------|----------|---------------|------------------|
| Пшеница озимая 4-5 кл       | 2 000    | 28            | 8 290            |
| Пшеница яровая, мягк. сорта | 2 000    | 17            | 2 290            |
| Подсолнечник, масл 40%      | 2 000    | 13            | 10 790           |
| Кукуруза                    | 500      | 35            | 16 690           |
| Просо                       | 500      | 24            | 3 090            |
| Ячмень                      | 2 000    | 25            | 6 190            |



| Культура                 | Площ, га | Урож-ть, ц/га | Прибыль, руб./га |
|--------------------------|----------|---------------|------------------|
| Пшеница озимая 3 кл      | 1 600    | 45            | 34 920           |
| Пшеница яровая тв. сорта | 4 000    | 33            | 31 770           |
| Подсолнечник, масл 58%   | 2 000    | 26            | 44 170           |
| Кукуруза                 | 1 000    | 60            | 40 170           |
| Горчица бел              | 1 000    | 14            | 25 770           |
| ЗАЛУЖЕНИЕ                | 400      | --            |                  |

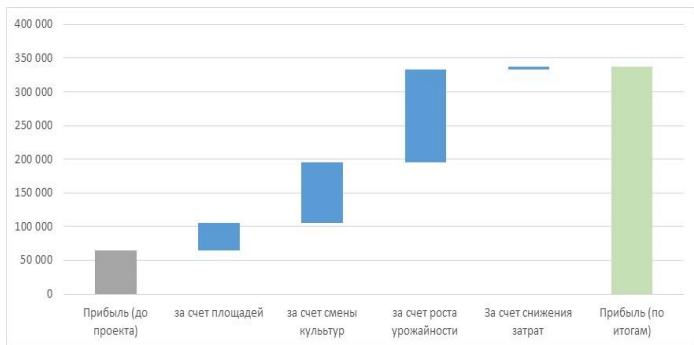
## Прямые затраты

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Прямые затраты до проекта, руб/га | 11 310 |
|-----------------------------------|--------|



|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Прямые затраты в рамках проекта, руб/га | 7 830 |
|-----------------------------------------|-------|

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ



### Срок окупаемости проекта - менее одного года

Достигнут кратный рост прибыльности предприятия за счет:

- Введения в севооборот более маржинальных культур (твердые сорта пшеницы и горчица);
- Роста урожайности и качества продукции;
- Снижения прямых затрат.

# Оценка эффекта проекта по корректировке схемы внесения



АГРОАНАЛИЗ



Мониторинг  
Консалтинг

6

**Состав работ:** Разработка схемы дифференцированного внесения удобрений на основе проведенной агроэкологической оценки

Корректировка схемы внесения удобрений (аммофос + калий хлор) - осень 2020г

| Культура       | Ст-ть удобрений, руб/га | Урожайность, ц/га |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| Пшеница озимая | 7 199                   | 48,47             |
| Кукуруза       | 6 900                   | 78,2              |



| Культура       | Ст-ть удобрений, руб/га | Урожайность, ц/га |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| Пшеница озимая | 4700                    | 49,58             |
| Кукуруза       | 5 800                   | 104,2             |

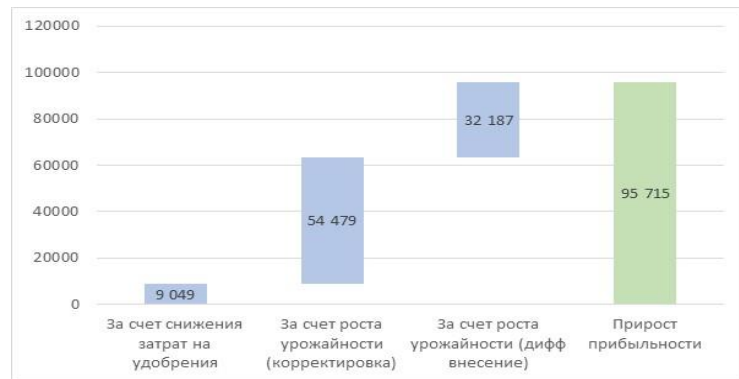
Дифференцированное внесение азотных удобрений - весна 2021

| Культура       | Ст-ть удобрений, руб/га | Урожайность, ц/га |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| Пшеница озимая | 6 000                   | 44,6              |



| Культура       | Ст-ть удобрений, руб/га | Урожайность, ц/га |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| Пшеница озимая | 6 000                   | 63,4              |

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ



**Срок окупаемости проекта – менее года (при учете только сокращения прямых затрат на удобрения)**

Прирост прибыльности по итогам проекта обусловлен:

- применением более эффективной схемы внесения удобрений;
- общим сокращением объемов внесения при сохранении или росте урожайности

**Площадь** –38 тыс. га (Курская обл.), **Период** 2020-21 гг.



## ООО «ЭКОмониторинг Агро»

Тел.: +7 (925) 412-70-05

E-mail: [info@eco-monitoring.org](mailto:info@eco-monitoring.org)

[www.eco-monitoring.org](http://www.eco-monitoring.org)



## ООО «Агроанализ»

Тел.: +7 (968) 761– 66-05

E-mail: [AgroAnalysis@yandex.ru](mailto:AgroAnalysis@yandex.ru)

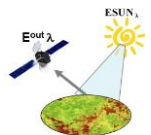


Приложения

Особенность разработанной методики - идентификация агроэкологических групп земель с использованием мультиспектральной космической съемки среднего разрешения (1 пиксел = 30x30 м) за период менее продолжительности цикла севооборота для картируемой территории.

*Технологии построения моделей экосистем на основе дистанционной информации разработаны научной группой ак.Ю.Г. Пузаченко (институт экологии и проблем эволюции им. Северцева).*

## Входные данные



Данные  
спутниковой  
съемки



Климатические  
данные

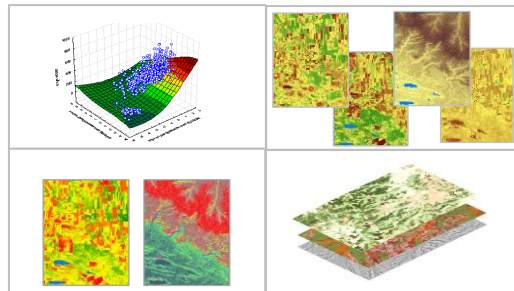


Цифровая модель  
рельефа



Данные полевых  
обследований

## Расчётный блок



### Н о у - х а у

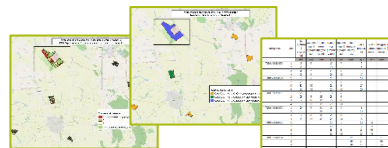
- Анализ многолетних данных
- Совместная обработка дистанционной и полевой информации
- Средний масштаб
- Анализ обширных площадей
- Высокая точность экстраполяции

## Выходные данные

### Карты агрооценки



### Производственные карты и задания



1 Этап

Построение расчетных карт на основе дистанционных данных

2 Этап

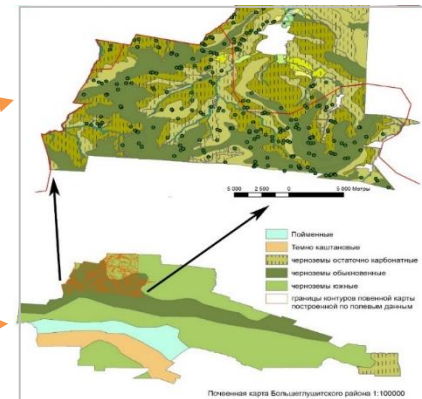
Создание обучающих выборок (исторические данные / полевые изыскания по части территории)

3 Этап

Семантическая интерпретация и экстраполяция зависимостей на всю территорию

4 Этап

Проверка (полевые изыскания) на территориях не входящих в обучающую выборку



# Приложение 2. Альтернативные технологии агрооценки



| Параметр                                         | Применяемая технология              | Традиционная методика землеустройства | Традиционные методы интерпретации ДЗЗ | Применение БПЛА                         | Нейронные сети          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
| Исходные данные                                  | Среднемасштабная спутниковая съемка | Полевые изыскания                     | Высокодетальная спутниковая съемка    | Камера высокого разрешения              | Ошибочное распознавание |
| Построение почвенных карт                        | ДА                                  | ДА                                    | Частично                              | Частично                                |                         |
| Анализ и оценка обширных территорий              | ДА                                  | НЕТ                                   | ДА                                    | НЕТ                                     |                         |
| Пригодность под с/х культуры                     | ДА                                  | ДА                                    | НЕТ                                   | НЕТ                                     |                         |
| Применение для внедрения интенсивного земледелия | ДА                                  | ДА                                    | НЕТ                                   | Доп. инструмент интенсивного земледелия |                         |
| Стоимость, руб./га                               | 300-500                             | 2000-5000                             | 300-1000                              | 1000-3000                               | Ошибочное распознавание |
| Сроки проведения                                 | 100 тыс. га – 1,5 - 2 мес.          | 5-10 тыс. га – 6 месяцев              | 100 тыс. га – 1,5-2 мес.              | 5-30 тыс. га – 2-3 мес.                 |                         |



## Задача



Агро-экологическая оценка  
сельскохозяйственных  
земель



## Результаты

- Базовые почвенные карты;
- Оценка пригодности земель;
- Оценка потенциала урожайности для культур
- Рекомендации по оптимальным севооборотам, агротехнологиям, системам защиты и подкормки растений, расчет карт дифференциации



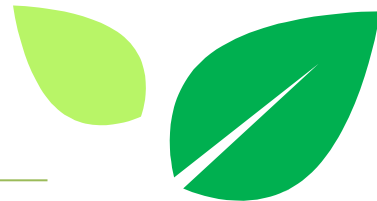
Внедрение адаптивно-  
ландшафтной системы  
земледелия либо ее  
компонентов

- Рост урожайности по всем культурам (65-100%);
- Снижение прямых затрат на обработку почвы (15-35%);
- Снижение себестоимости производимой продукции;
- Оптимизация структуры полей и севооборотов;
- Интенсификация агротехнологий, оптимизация систем подкормки и защиты растений;



**Цель работ:** Проведение агрооценки с/х земель, построение почвенных карт по данным АХС, определение пригодности земель под возделываемые культуры; разработка схемы интенсификации производства: составление севооборотов, систем обработки почвы, расчет заданий для дифференцированного внесения удобрений.

**Территория проекта:** Белгородская область, Приморский край, Тамбовская область, Орловская область.



## Итоги работ:

Для территорий 4-х агрохозяйств проведен анализ климатических и агроландшафтных условий;

Построены актуальные тематические карты:

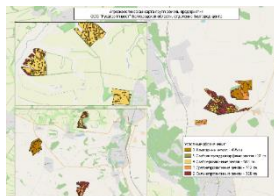
- Карты структур почвенного покрова;
- Карты агроэкологических групп и видов земель;
- Карты содержания калия, фосфора, серы, азота, гумуса, уровня  $hP$ , степени выпашанности и проч.;
- Карты пригодности под возделываемые культуры;

На основе данных карт были разработаны:

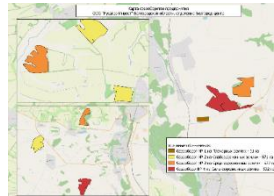
- Карты севооборотов возделываемых культур;
- Карты заданий для дифференциального внесения;
- Электронные паспорта полей;
- Разработаны рекомендации по обработке почвы и меры по повышению плодородия;

## Белгородская область

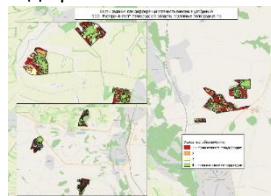
Агроэкологические группы и виды земель



Карта севооборотов

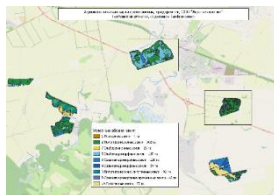


Карта заданий для диф.внесения

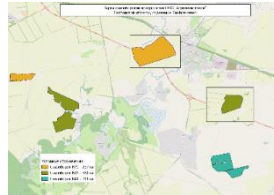


## Тамбовская область

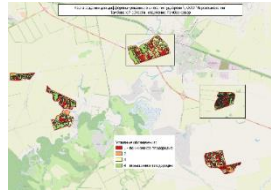
Агроэкологические группы и виды земель



Карта севооборотов



Карта заданий для диф.внесения



# Пример 1. Продолжение - задания на внесение удобрений (выдержки)



АГРОАНАЛИЗ



Мониторинг  
Консалтинг

14

Севооборот на  
плодородных землях

| Культуры севооборота | Площадь зон плодородия, га | Средняя урожайность, ц/га | Планируемая урожайность, ц/га | Нормы удобрений, кг д.в./га: |             |             |             |           |             |           |          |             |        |     | Обработка почвы   |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|-------------|--------|-----|-------------------|
|                      |                            |                           |                               | Азотные                      |             |             |             | Фосфорные |             |           | Калийные |             | Серные | Бор |                   |
|                      |                            |                           |                               | предпосевное                 | Припосевное | Подкормка 1 | Подкормка 2 | Основное  | Припосевное | Подкормка | Основное | Припосевное |        |     |                   |
| Озимая пшеница       | 34                         | 50                        | 50                            |                              | 10          | 48          | 14          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |     | прямой посев      |
|                      | 16                         |                           | 55                            |                              | 10          | 53          | 16          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |     |                   |
|                      | 43                         |                           | 60                            |                              | 10          | 57          | 17          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |     |                   |
|                      | 34                         |                           | 65                            |                              | 10          | 62          | 19          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |     |                   |
| Сахарная свекла      | 34                         | 550                       | 600                           | 130                          | 32          |             |             | 164       | 32          |           | 187      | 32          |        | 2,5 | вспашка           |
|                      | 16                         |                           | 600                           | 130                          | 32          |             |             | 164       | 32          |           | 187      | 32          |        | 2,5 |                   |
|                      | 43                         |                           | 600                           | 130                          | 32          |             |             | 164       | 32          |           | 187      | 32          |        | 2,5 |                   |
|                      | 34                         |                           | 600                           | 130                          | 32          |             |             | 164       | 32          |           | 187      | 32          |        | 2,5 |                   |
| Яровая пшеница       | 34                         | 38                        | 36                            | 39                           | 5           | 15          |             |           | 13          |           |          | 13          | 4      |     | культивация+навоз |
|                      | 16                         |                           | 42                            | 46                           | 5           | 18          |             |           | 13          |           |          | 13          | 4      |     |                   |
|                      | 43                         |                           | 47                            | 51                           | 5           | 20          |             |           | 13          |           |          | 13          | 4      |     |                   |
|                      | 34                         |                           | 52                            | 56                           | 5           | 22          |             |           | 13          |           |          | 13          | 4      |     |                   |
| Соя                  | 34                         | 24                        | 22                            | 27                           | 5           |             |             | 34        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5 | прямой посев      |
|                      | 16                         |                           | 25                            | 31                           | 5           |             |             | 39        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5 |                   |
|                      | 43                         |                           | 28                            | 35                           | 5           |             |             | 43        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5 |                   |
|                      | 34                         |                           | 32                            | 40                           | 5           |             |             | 50        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5 |                   |

Севооборот на  
слабоэрозийных землях

| Культуры севооборота | Площадь зон плодородия, га | Средняя урожайность, ц/га | Планируемая урожайность, ц/га | Нормы удобрений, кг д.в./га: |             |             |             |           |             |           |          |             |        |      | Обработка почвы          |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|----------|-------------|--------|------|--------------------------|
|                      |                            |                           |                               | Азотные                      |             |             |             | Фосфорные |             |           | Калийные |             | Серные | Бор  |                          |
|                      |                            |                           |                               | предпосевное                 | Припосевное | Подкормка 1 | Подкормка 2 | Основное  | Припосевное | Подкормка | Основное | Припосевное |        |      |                          |
| Ячмень               | 10                         | 35                        | 30                            | 20                           | 10          | 8           |             |           | 26          |           |          | 26          | 4      |      | прямой посев             |
|                      | 18                         |                           | 35                            | 24                           | 10          | 9           |             |           | 26          |           |          | 26          | 4      |      |                          |
|                      | 10                         |                           | 40                            | 27                           | 10          | 11          |             |           | 26          |           |          | 26          | 4      |      |                          |
|                      | 15                         |                           | 45                            | 31                           | 10          | 12          |             |           | 26          |           |          | 26          | 4      |      |                          |
| Соя                  | 10                         | 15                        | 12                            | 15                           | 5           |             |             | 20        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5  | глубокое рыхление +навоз |
|                      | 18                         |                           | 16                            | 20                           | 5           |             |             | 27        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5  |                          |
|                      | 10                         |                           | 18                            | 22                           | 5           |             |             | 31        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5  |                          |
|                      | 15                         |                           | 22                            | 27                           | 5           |             |             | 38        | 13          |           |          | 13          | 6      | 0,5  |                          |
| Озимая пшеница       | 10                         | 45                        | 40                            |                              | 10          | 38          | 11          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |      | прямой посев             |
|                      | 18                         |                           | 45                            |                              | 10          | 43          | 13          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |      |                          |
|                      | 10                         |                           | 50                            |                              | 10          | 48          | 14          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |      |                          |
|                      | 15                         |                           | 55                            |                              | 10          | 53          | 16          |           | 26          |           |          | 26          | 5      |      |                          |
| Рапс яровой          | 10                         | 15                        | 12                            | 21                           |             | 15          |             | 22        |             |           | 16       |             | 12     | 0,25 | глубокое рыхление        |
|                      | 18                         |                           | 15                            | 26                           |             | 18          |             | 28        |             |           | 20       |             | 12     | 0,25 |                          |
|                      | 10                         |                           | 18                            | 31                           |             | 22          |             | 33        |             |           | 23       |             | 12     | 0,25 |                          |
|                      | 15                         |                           | 22                            | 38                           |             | 27          |             | 41        |             |           | 29       |             | 12     | 0,25 |                          |

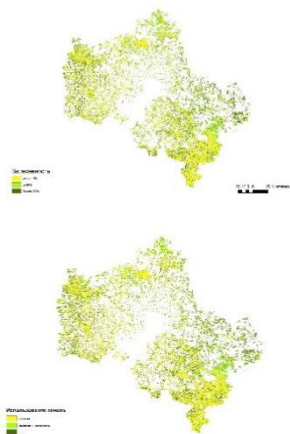
## Пример 2. Расчет карт содержания питательных элементов для нужд региональной ГИС (Московская область)



**Цель работ:** Построение актуальных почвенных на основе данных агрохимической службы в масштабах области в поддержку решений вопросов территориального планирования и для использования конечными агропроизводителями.

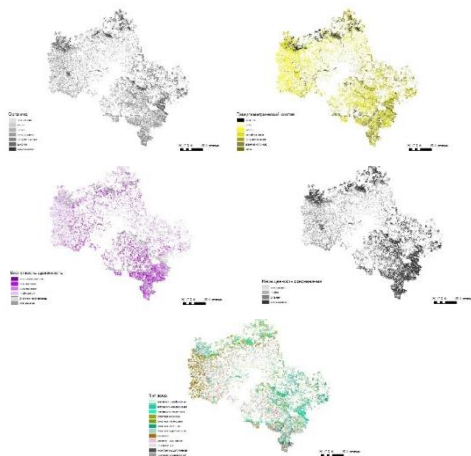


### Характеристики землепользования



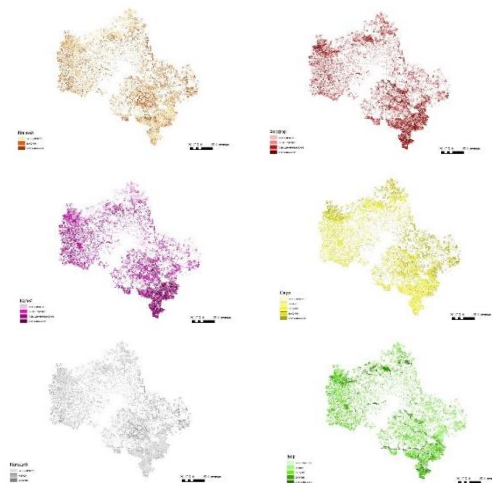
Фактическое использование, карты залесенности и окультуривания позволяют локализовать неиспользуемые с/х земли

### Основные характеристик почв



Типы почв, содержание гумуса, гран. состав, кислотность и др. характеристики являются основой для выбора возделываемых культур

### Содержание в почве питательных элементов



Карты насыщенности элементами (калий, магний, фосфор, сера и т.д.) позволяют расчет точных доз внесения удобрений

**Место:** Республика Узбекистан, Джизакская область

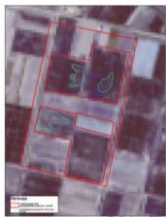
**Площадь:** 693 тыс. га с/х земель

**Срок выполнения:** 3 месяца

## Цели и задачи проекта

- Агроэкологическая оценка с/х земель области на основе данных ДЗЗ, климатических данных и архивной информации;
- Ретроспективный анализ динамики агроэкологических и климатических условий региона для определения и определение основных тенденций;
- Тематическое картирование включая актуализацию почвенных карт области. Выделение основных классов агропродуктивности земель;
- Создание информационной базы для планирования развития с/х отрасли области включая проекты интенсификации агротехнологий и инвестиционную программу.

**Многолетние  
данные ДЗЗ**



Архивные карты  
(>40-летней  
давности);

Без выполнения  
полевых работ;

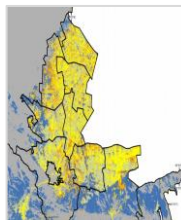
Местная  
экспертная оценка.



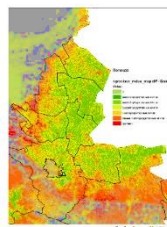
## Результаты проекта

- Цифровая модель рельефа;
- Актуализированные почвенные карты;
- Ретроспективный анализ и динамика изменений агроэкологических условий и землепользования за период 1990-2019гг;
- Климатическая карта и динамика климатических процессов;
- Карты эрозии (дефляция, смыв);
- Карта засоления;
- Карты бонитетов (классов плодородия) с/х земель;
- Карты интенсивности роста (вегетации) с/х культур;
- Карта агроэкологических групп и видов земель;
- Карта агроэкологической устойчивости с/х земель

**Почвенные и  
климатические карты**



**Классы  
агропродуктивности  
земель**



**Динамика**

**Рекомендации**

**Простой  
мониторинг**

