



Наименование проекта

«Создание комплексной системы непрерывного информационного обеспечения производителей сельскохозяйственной продукции, предназначенной для дистанционного контроля и управления факторами определяющими эффективность производства».

Цель проекта

- 1.Повышение урожайности растениеводческой продукции, с одновременным повышением ее качества, за счет устранения почвенных деградационных проявлений, осуществляемых на основе мониторинга полей и своевременного предоставления потребителю соответствующей информации.
- 2.Снижение техногенного воздействия на окружающую среду и биосферу земли за счет адресного подхода к внесению точно отмерянных доз удобрений, определяемых на основе оперативно измеряемых индикаторов точного земледелия в пространстве и во времени.
- 3.Снижение затрат и повышение окупаемости затрат производителей сельскохозяйственной продукции за счет использования отечественных информационных систем и импортозамещающих решений.
4. Повышение устойчивости земледелия к плохим погодным условиям.

Направление дорожной карты: Повышение производительности, качества и экономической эффективности производства сельхозпродукции предприятиями различных форм собственности

- ***Достигается за счет :***
- ***- агроаналитического обеспечения производственных процессов;***
- ***- автоматизированного оптимального планирования агротехнологических мероприятий с учетом особенностей каждого горизонта планирования;***
- ***- формирования управленческих решений и их декомпозиции до уровня плановых заданий, доводимых до исполнителей на каждый рабочий день;***
- ***- оперативного получения объективной информации на основе данных аэрокосмического мониторинга о текущих результатах и их соответствии примененным мероприятиям;***
- ***- оперативного управления ресурсами предприятия, включая кадровые, финансовые, материальные запасы на складах и др.;***
- ***- оптимального распределения по видам работ сельхозтехники и транспорта, мониторинг и контроль их использования.***

Перечень услуг и информационных продуктов, предоставляемых потребителю на основе документирования информации о состоянии поля и посева, дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений, картирование урожайности на основе спутниковых снимков и аэрофотосъемки в различных спектрах, с привязкой к фазам развития растений и проводимым агротехническим мероприятиям.

- 1. Электронный паспорт полей** с привязкой результатов агрохимического обследования (объективные данные о рабочих границах полей и их площади, матрицы высот рельефа, сведения о предыстории возделываемых культур, состав почв, степень эродированности почв, данные по продольным и поперечным уклонам, и др).
- 2. Специальные карты**, содержащие результаты документирования факторов предпосевного периода (динамики развития паводковых вод и подтоплений, топологии маршрутов схода снега на полях и дождевых потоков, степень отвода воды подземным дренажом, дифференцированное распределение внесенных удобрений в предпосевной период, распределение радиационной температуры поверхности и др.).
- 3. Растровые изображения** первоначального развития растений после посева и построение карт распределения плотности и степени однородности всходов с привязкой к координатной основе поля.
- 4. Библиотеки спектральных характеристик радиации**, отраженной от поверхности листьев растений различных видов, в целях идентификации биологических индикаторов по цветовым характеристикам растений.
- 5. Электронные карты распределения урожайности и влажности** с отображением контуров однородных зон.
- 6. Электронная карта агрохимического исследования**, с нанесенной на контур поля сеткой для отбора почвенных проб.
- 7. Электронная карта азотных подкормок** на основе оптических параметров посевов, получаемых с помощью обработки данных дистанционного зондирования (с космических аппаратов и беспилотников)

Перечень идентифицируемых факторов, используемых при разработке информационной продукции.

Предварительный перечень индикаторов:

- **индикаторы топографии поля** (уклон, форма склона, соотношение основных и боковых направлений стока, экспозиция склона, шероховатость, микрорельеф поля и динамика его изменения),

- **индикаторы агрохимических свойств** (содержание общего углерода, подвижных форм азота, фосфора, калия, микроэлементов, рН, нитратного азота и др.).

- **биологические индикаторы** (NDVI - индекс зелёности, или GAI — green area index - хлорофильный индекс, содержание органического углерода).

Основное требование к индикаторам — способность пространственно оценить те свойства поля, используя которые можно дифференцировать технологии его обработки, удобрения и применения средств химической защиты от болезней и вредителей.

Состав информационно - управляющей системы сельхозпроизводства

- Агроаналитический комплекс
- Система управления климатически –
• оптимизированным земледелием в реальном времени
- Функционально входящие системы и средства
- Комплекс навигационного обеспечения, связи и передачи данных
- Комплекс информационного обеспечения и аэрокосмического мониторинга

Средства и методы **получения данных**

Трехуровневая система мониторинга состояния полей

Уровень 1: Оптико - электронные сенсоры отечественных космических аппаратов, обеспечивающие получение информации дистанционного зондирования (ДЗЗ) в заданных спектральных диапазонах с требуемой периодичностью и разрешением на местности

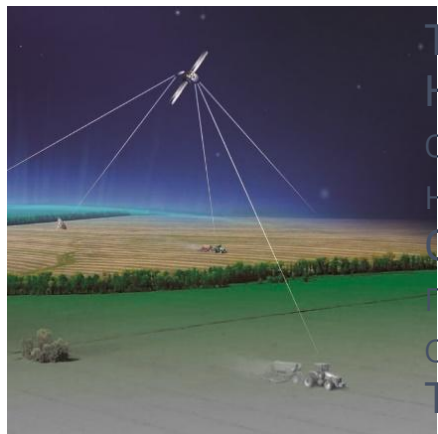
Уровень 2: Оптико - электронные сенсоры отечественных беспилотных летательных аппаратов, функционирующие на высотах до 4км, отличающиеся сверхвысоким разрешением в различных спектральных диапазонах (до 4 см) и точностью привязки снимков к местности до 5 см

Уровень 3:

- эталонные полевые бесконтактные измерения осуществляемые прецизионной гиперспектральной аппаратурой,
- стационарные и мобильные датчики (устанавливаемых на рабочие органы почвообрабатывающих машин и агрегатов),
- данные получаемые от привлекаемых информационных систем различного назначения (навигационных, метеорологических, информационных систем прикладного назначения).



Уровень 1: оптико-электронные сенсоры комических аппаратов.



Типы применяемых аппаратов: Ресурс-П (АО «РКЦ «Прогресс»), «Аист – 2Д», «Канопус».

Назначение: глобальное покрытие снимками в заданных спектральных диапазонах всей площади с/х полей, построение необходимых индексов, на базе индексов выявление локальных неоднородностей для более детального анализа средствами второго и третьего уровня

Особенности: охват большой территории, низкая стоимость снимков из расчета на один гектар поля, средняя разрешающая способность (до 1 метра на пиксель), получение данных с заранее определенной периодичностью, зависимость от метеоусловий (облачности).

Тип получаемых данных: снимки, предназначенные для последующей тематической обработки с целью определения состояния основных индикаторов, характеризующих развитие растений.

Расчёт вегетационного индекса по гиперспектральному снимку с КА «Ресурс-



0 – 0,4	угнетенная растительность
0,4 – 0,6	умеренно вегетирующая растительность
0,6 – 0,9	активно вегетирующая растительность
	нерастительные участки

Космические средства мониторинга

Основные характеристики целевой аппаратуры КА «Ресурс-П»

Гиперспектральная аппаратура

Полоса захвата, км	30
Спектральный диапазон, мкм	0,4 – 0,96
Число спектральных интервалов	192
Разрешение в надире, м	30

Высокодетальная аппаратура

Полоса захвата, км	
(с высоты 475 км)	38
Спектральные диапазоны, мкм	
- панхроматический канал	0,58 – 0,8
- узкие спектральные каналы	0,45 – 0,52
	0,52 – 0,6
	0,62 – 0,69
	0,72 – 0,9
	0,59 – 0,64
	0,7 – 0,73
	0,7 – 0,8

Разрешение на местности в надире, м
(с высоты 475 км)

- в панхроматическом канале	1
- в узких спектральных каналах	3 – 4

Широкозахватная аппаратура

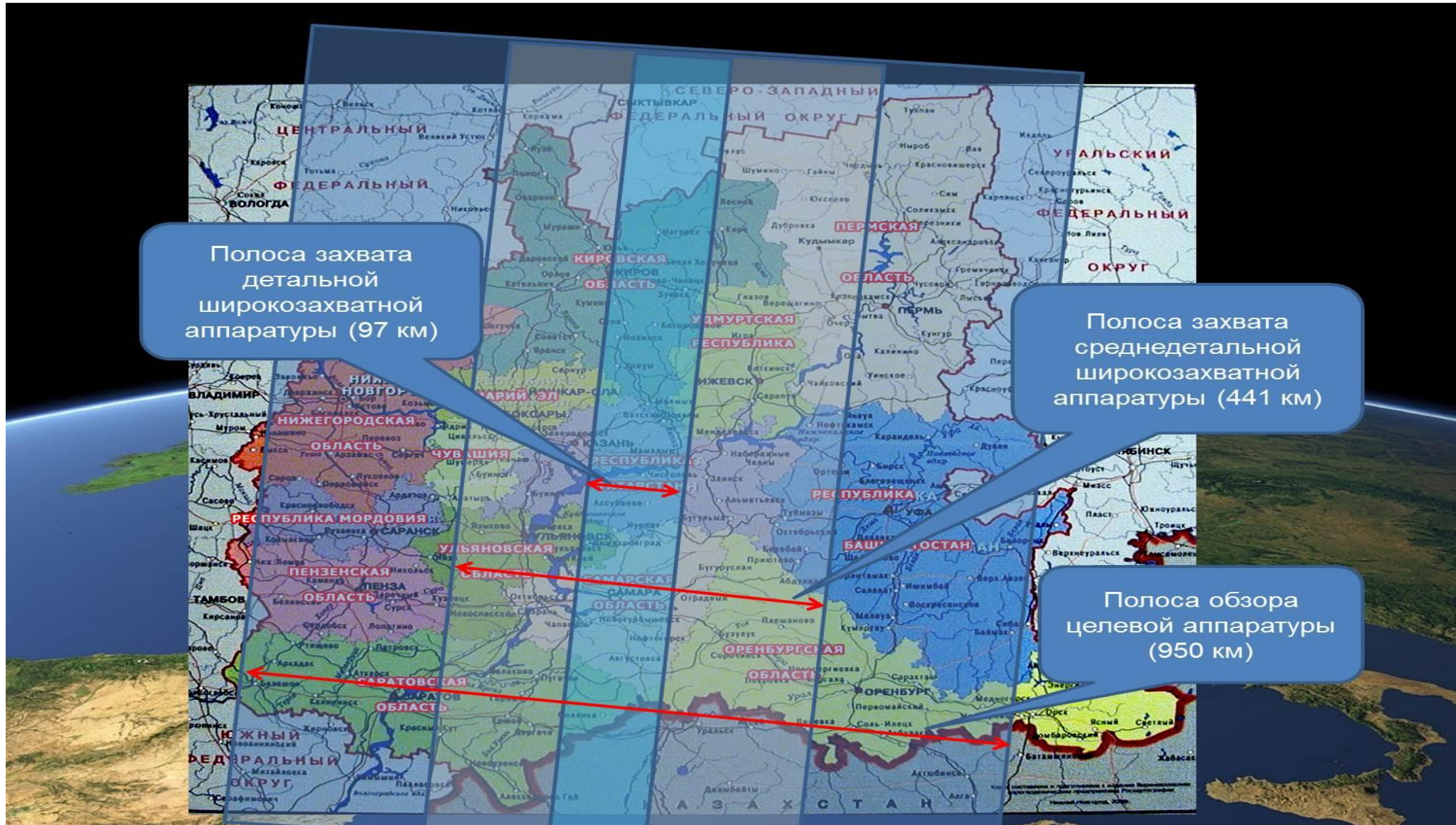
Полоса захвата, км	97/441
Спектральные диапазоны, мкм	
- панхроматический канал	0,43 – 0,7
- узкие спектральные каналы	0,43 – 0,51
	0,51 – 0,58
	0,60 – 0,70
	0,70 – 0,90
	0,80 – 0,90

Разрешение в надире, м

- в панхроматическом канале	12/60
- в узких спектральных каналах	24/120



Мониторинг территории Приволжского ФО целевой аппаратурой КА «Ресурс-П»



Полоса захвата
детальной
широкозахватной
аппаратуры (97 км)

Полоса захвата
среднедетальной
широкозахватной
аппаратуры (441 км)

Полоса обзора
целевой аппаратуры
(950 км)

Уровень 2: сенсоры беспилотных летательных аппаратов

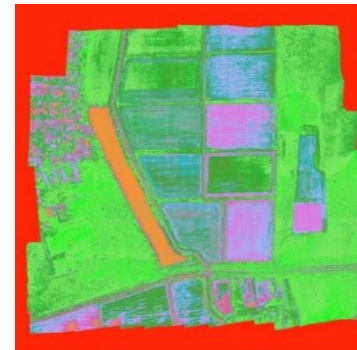
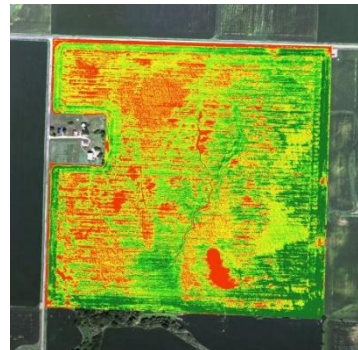
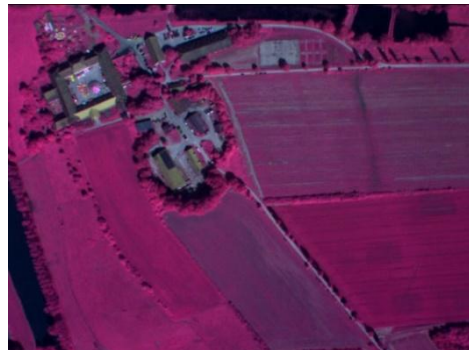


Типы применяемых аппаратов: функционирующие на высотах до 1 км, малые БЛА на программируемых полетных контроллерах, позволяющие работать как под управлением операторов, так и в полностью автономном режиме

Назначение и особенности: в составе системы служат для оперативного получения данных (требуют значительно меньше времени на подготовку техники к работам и доведения полученных результатов до пользователей).

Могут предоставлять мультиспектральные снимки сверхвысокого разрешения с географической привязкой к местности.

Тип получаемых данных: мультиспектральные снимки сверхвысокого разрешения, предназначенные для последующей обработки с целью получения биологических индексов



Уровень 3: данные от стационарных и мобильных датчиков

Типы применяемого оборудования: датчики на сельхоз агрегатах, полевые бесконтактные датчики

Назначение: получение фактических данных о характеристиках полей для проведения калибровки гиперспектральных снимков. Синхронизация с сервером для проведения измерений в моменты съёмки со спутников/бпла

Особенности: получение фактических данных только о локальных участках поля

Тип получаемых данных: фактических данных о характеристиках поля и окружающей среды



Влажность почвы

Анемометр

Окись углерода (CO)

Аммиак (NH₃)

Температура почвы

Флюгер

Двуокись углерода (CO₂)

Сероводород (H₂S)

Сырость

Дождемер

Кислород (O₂)

Двуокись азота (NO₂)

Солнечная радиация

Температура окружающей среды

Метан (CH₄)

Озон (O₃)

Атмосферное давление

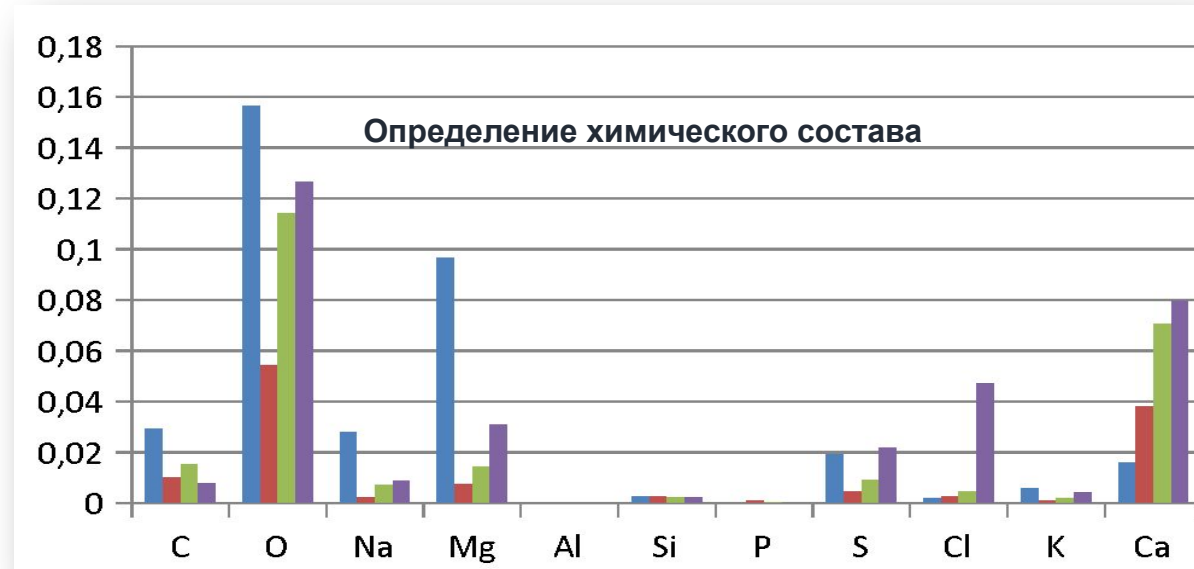
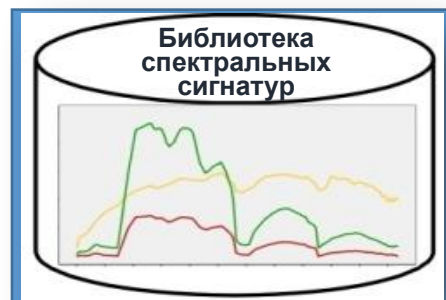
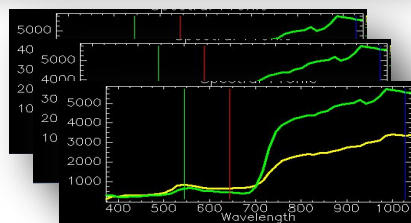
Влажность окружающей среды

Водород (H₂)

Углеводороды (ЛОС)

Наземные средства мониторинга

Мобильные физико-химические лаборатории

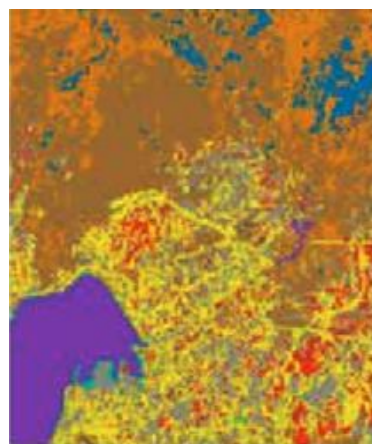


Классификация объектов

Анализируемое ГСИ



Сегментация объектов



Коррекция атмосферных искажений и определение усредненных спектральных характеристик (СХ) для выделенных объектов

БД эталонных СХ



Сопоставление

СХ

Результаты классификации



- растительность
- дорожное покрытие
- водная поверхность
- крыши домов
- почва

- Этап 1. Сегментация объектов на ГСИ
- Этап 2. Определение СХ для выделенных сегментов и атмосферная коррекция
- Этап 3. Сопоставление СХ выделенных сегментов с эталонными СХ из БД на основе определения спектрального угла
- Этап 4. Классификация объектов и формирование карты объектов

Индексы (1)

Название	Формула	Используемые участки спектра, нм				Исследуемые растения	Исследуемый параметр
		W1	W2	W3	W4		
TCARI	$3[(W2-W1)-0,2(W2-W3)(W2/W1)]$	670	700	550	-	Кукуруза, оливковое дерево, виноград, картофель	Хлорофилл Азот
OSAVI	$(1+0,16)(W2-W1)/(W2+W1+0,16)$	670	800	-	-	Кукуруза, пшеница	Хлорофилл Азот
TCARI/OSAVI		670	800	700	550	Кукуруза, оливковое дерево, виноград, ячмень, соя	Хлорофилл, стресс, созревание
MCARI	$[(W2-W1)-0,2(W2-W3)](W2\W1)$	670	700	550	-	Соя, кукуруза, пшеница, оливковое дерево, виноград	LAI Хлорофилл
MCARI/OSAVI						Кукуруза, оливковое дерево, виноград	Хлорофилл
MCARI2	$1,5[2,5(W2-W1)-1,3(W2-W3)]/WURZEL[2W2+1]^2-(6W2-5WURZELW1)-0,5]$	670	800	550	-	Соя, кукуруза, пшеница	LAI
RDVI	$(W2-W1)/WURZEL(W2+W1)$	670	800	-	-	Соя, кукуруза, пшеница	LAI
MTVI2	$1.5[1.2*(W2-W1)-2.5(W3-W1)]\WURZEL[(2W2+1)^2-(6W2-5WURZELW3)-0.5]$	550	800	670	-	Соя, кукуруза, пшеница	LAI

Индексы (2)

MSAVI	$0.5[2W2+1-WURZEL[(2W2+1)^2-8(W2-W1)]]$	670	800	-	-	Соя, кукуруза, пшеница	LAI
TVI	$0.5[120*(W2-W1)-200(W3-W1)]$	550	750	670			
NDVI	$(W1-W2)/(W1+W2)$	780	680	-	-	Всё культуры	LAI LAI
sLAIDI	$S*(W1-W2)/(W1+W2)$ (s=scaling factor equal to 5 to rescale the sLAIDI values)	1050	1250	-	-	Цитрусовые деревья	LAI
SAVI	$(1+L)(W2-W1)/(W2+W1+L)$	670 663.7	800 778.2	- -	- -	Хлопок, сахарная свекла	Хлорофилл
CAI	normalized convex hull from W1 to W2	600 600	735 735	- -	- -	Пшеница	Хлорофилл Азот
mSR	$(W2-W1)/(W3-W1)$	502	722	701	-	Пшеница	Хлорофилл
mND	$(W2-W1)/(W2+W1-2W3)$	699	722	502	-	Пшеница	Хлорофилл
REIP	$700+40[(W1+W2)/2-W3]/(W4-W3)$	670	780	700	740	Озимая пшеница	Азот
		670	780	700	740	Озимая пшеница	Азот
		670	780	700	740		Состав воды

Индексы (3)

IRI	W2/W1	730	740	-	-	Озимая пшеница	Азот
WI	W1/W2	900	970	-	-	Пшеница	Состав воды
SRWI	W1/W2	858	1240	-	-	ячмень	Состав воды
Acr 1200	Is the area of the absorption feature around 1200 nm obtained by computing the reflectance of the continuum line at wavebands of interest (pCR)	1116	1284	-	-	тополь	Состав воды
Simple Ratio	W2/W1	820	1600	-	-	Виды листьев	Состав воды
		715	405			Сорго	Стресс
		530	692			Рис	Стресс
		732	692			Рис	Стресс
		718	702			Рис	Стресс
		735	1075	-	-	Сорго	Стресс
first derivatives	[Wλ-W(λ-1)]/Δλ	730	740			Сорго	Стресс
		580	1050			Пшеница	Стресс
NDWI	(W1-W2)/(W1+W2)	860	1240	-	-	Все культуры	Состав воды
		858.5	1240	-	-	Зерновые культуры	Состав воды
		857	1241			Пшеница	Стресс
SIWSI	(W1-W2)/(W1+W2)	858.5	1640	-	-	Зерновые культуры	Состав воды

Индексы (4)

PRI	$(W2-W1)/(W2+W1)$	531	570	-	-	Оливковое дерево	Стресс
		531	570	-	-	Кукуруза	Стресс
		531	570	-	-	Кукуруза	Созревание
		531	570	-	-	Озимая пшеница	Стресс
		531	570	-	-	Цитрусовые деревья	Созревание
RVSI	$(W1+W2)/2-W3$	714	752	733	-	Кукуруза	Стресс
CAI	$0.5*(R2.0-R2.2)-R2.1$ where R2.0,R2.1, and R2.2 are reflectance factors in bands at 2.00-2.05, 2.08-2.13, and 2.19-2.24 μm	2000	2080	2130	2240	Кукуруза, пшеница, соя	Лигнин-целлюлоза
NDLI	$[\log(1/W2) \log(1/W1)] / \log(1/W2) + \log(1/W1)$	1680	1754	-	-		Лигнин-целлюлоза
VARI green	$(P_{\text{green}} - P_{\text{red}}) / (P_{\text{green}} + P_{\text{red}} - P_{\text{blue}})$					Кукуруза	Phenology фенология
Red-Green Ratio	$\sum(W600\dots W699) / \sum(W500\dots W599)$					Пшеница	Стресс
SIPI	$(W2-W1)/(W2-W3)$	445	800	680		Картофель	Стресс
		445	800	680		Пшеница	Стресс
		445	800	680		Кукуруза	Стресс
		508.5	804.5	692.5		Пшеница	Стресс
CCCI	Calibrated index using NDRE as function of NDVI					Пшеница	Стресс

Функционал системы Агрокластер

Основное предназначение системы –
предоставление пользователю **оперативных рабочих отчетов:**

Вид отчета	Ключевые показатели	Периодичность предоставления
Карты изменения биологических индексов посевов (в разрезе отдельных полей, культур)	<i>Индексы вегетативности, хлорофильный индекс, индексы содержания отдельных веществ</i>	1 раз в 2 недели
Индикаторов топографии полей	<i>границы полей, уклон, экспозиция склонов, микрорельеф и его изменение</i>	1 раз в месяц
Карт влажности почвы и метрологической обстановки (по отдельным полям)	<i>влажность, осадки, температура</i>	1 раз в неделю
Карт содержания отдельных хим. элементов в почве	<i>общего углерода, форм азота, фосфора, калия, микро-элементов, pH</i>	1 раз в 2 недели

Система Агрокластер способна заранее запланировать расписание и обеспечить предоставление информации от разнотипных технических средств на весь производственный цикл исходя из текущих задач и особенностей ведения хозяйственной деятельности пользователем, а при необходимости получения срочных оперативных данных адаптивно скорректировать текущие рабочие планы



Эффект от внедрения

АгроКластер



- + Сокращение затрат времени на получение управленческой информации
 - в 5 раз по сравнению с наземным осмотром
- + Экономия на получении информации (для 100 га посевов):
 - На 12 тыс. рублей по сравнению с наземным осмотром
 - На 20 тыс. рублей по сравнению с авиасъемкой
 - Получение данных из нескольких источников в зависимости от срочности и стоимости работ
- + Увеличение урожайности на 20-25% с га. при внедрении методов точного земледелия (при своевременном обнаружении проблемных участков и их выборочной обработке)
- + Снижение себестоимости продукции на 30% за счет выборочной обработки (или отказа от дальнейшей обработки проблемных участков)
- + Своевременное выявление фактов нарушения технологии возделывания, неисправностей техники
- + Сокращение времени простоя техники и повышение производительности работы за счет принятия своевременных управленческих решений
- + Выход хозяйства на новый уровень использования IT технологий в производстве, принятый за стандарт среди ведущих сельхозпроизводителей

Что делать в самом начале

Применение методов точного земледелия предполагает использование в работе подробной информации о хозяйственных субъектах, в том числе ведение и накопление подробных баз данных с информацией об отдельных полях, об эталонных и фактически полученных в предыдущие годы показателях.

Для быстрого внедрения системы АгроКластер и использования в работе методов точного земледелия в первую очередь необходимо организовать эффективную систему взаимодействия пользователей с разработчиками.



Как хозяйство может помочь ускорить процесс создания системы

- Предоставить подробную карту полей (лучше кадастровую)
- Предоставить историю севооборотов культур и карты урожайности по полям (за несколько предшествующих лет)
- Подготовить историю полей с хим. анализом
- Определить потребность в наблюдении за хозяйствами-конкурентами
- Подготовить список эксплуатируемой сельскохозяйственной техники и используемых информационных систем
- Составить список навесного и вспомогательного оборудования в том числе датчиков на технике