

Принятие решений на основе данных агроэкологического мониторинга

Васенев Иван Иванович
доктор биологических наук,
профессор, заведующий
кафедрой экологии РГАУ-
МСХА имени К.А. Тимирязева



Агроэкологический мониторинг для принятия технологических решений:



Система специально организованных во времени и пространстве **наблюдений** за основными компонентами агроэкосистем с **целью выработки рекомендаций** по агроэкологической **оптимизации** их использования, сохранения и/или **восстановления** – с **минимизацией экологических рисков** сельскохозяйственного производства и **устойчивым рентабельным получением продукции** агроэкологически обоснованного количества и **требуемого качества**, при **сохранении основных экологических функций** и сервисов базовых компонентов агроландшафта.





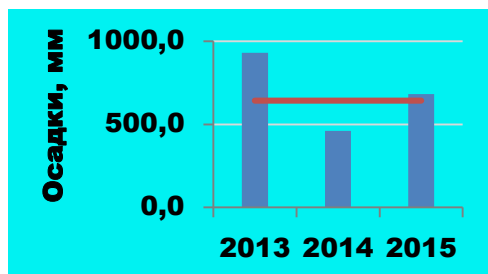
Целевая функция агроэкологического мониторинга:



- Анализ проблемной агроэкологической ситуации и уточнение задач агроэкологического мониторинга земель.
- Системный анализ основных экологических рисков с выделением лимитирующих агроэкологических факторов.
- Выбор минимально необходимого и достаточного набора основных диагностических параметров мониторинга.
- Пространственно-временная структура организации ПЭКиМ.
- Выбор рациональных методов и инструментального обеспечения агроэкологического мониторинга.
- Планирование разработки информационно-справочных и геоинформационных систем мониторинга.
- **Использование результатов мониторинга в современных системах поддержки принятия решений (СППР/DSS): управленческих, планировочных и технологических.**



Целевые задачи принятия наилучших доступных технологических решений (НДТР) по результатам агроэкологического мониторинга:



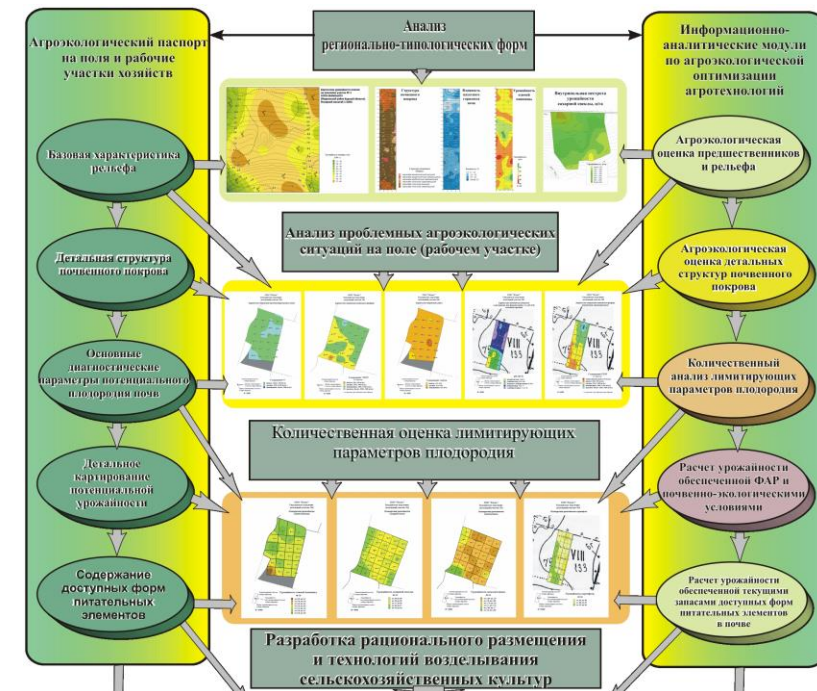
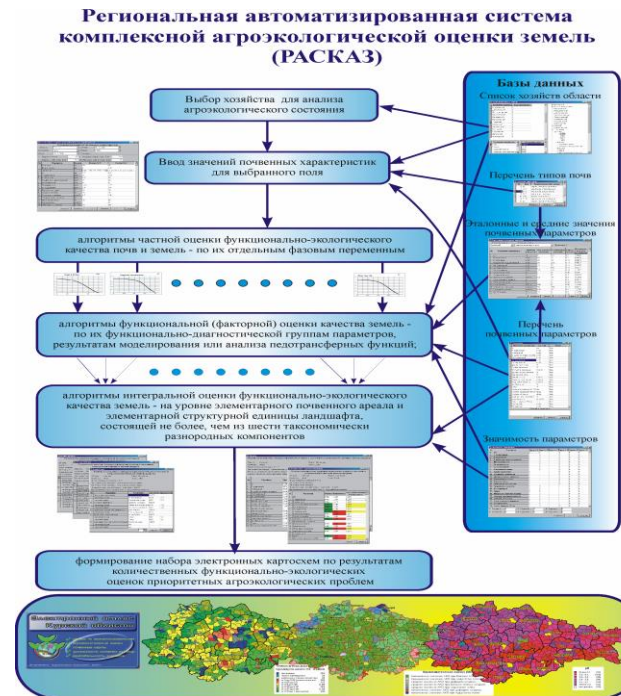
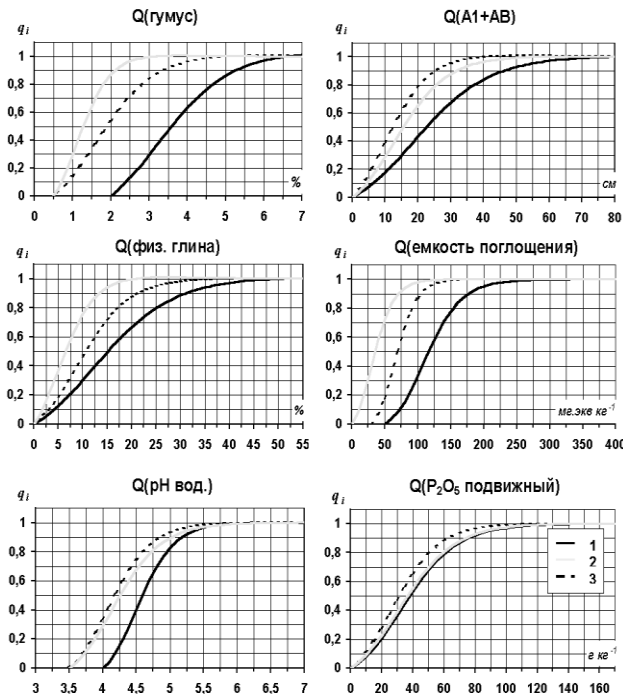
- Устойчивое развитие производства,
- Повышение рентабельности производства,
- Увеличение средней урожайности,
- Снижение удельных затрат,
- Улучшение качества продукции,
- Адаптация к условиям агроландшафта,
- Адаптация к изменениям климата,
- Развитие и трансфер НД Агротехнологий,
- Сертификация производства и продукции.



Условия успешного выбора и корректировки наилучшей доступной технологии:



- Агроэкологическое районирование, оценка и типизация земель по требованиям культур-сортов
- Агроэкологическая оптимизация структуры землепользования и размещения культур и сортов,
- Развитие агроэкологических моделей продукционного процесса и сортоиспытаний,
- Агроэкологическая адаптация-оптимизация и трансфер наилучших доступных агротехнологий,
- Развитие «управляющих-корректирующих» систем (СППР).



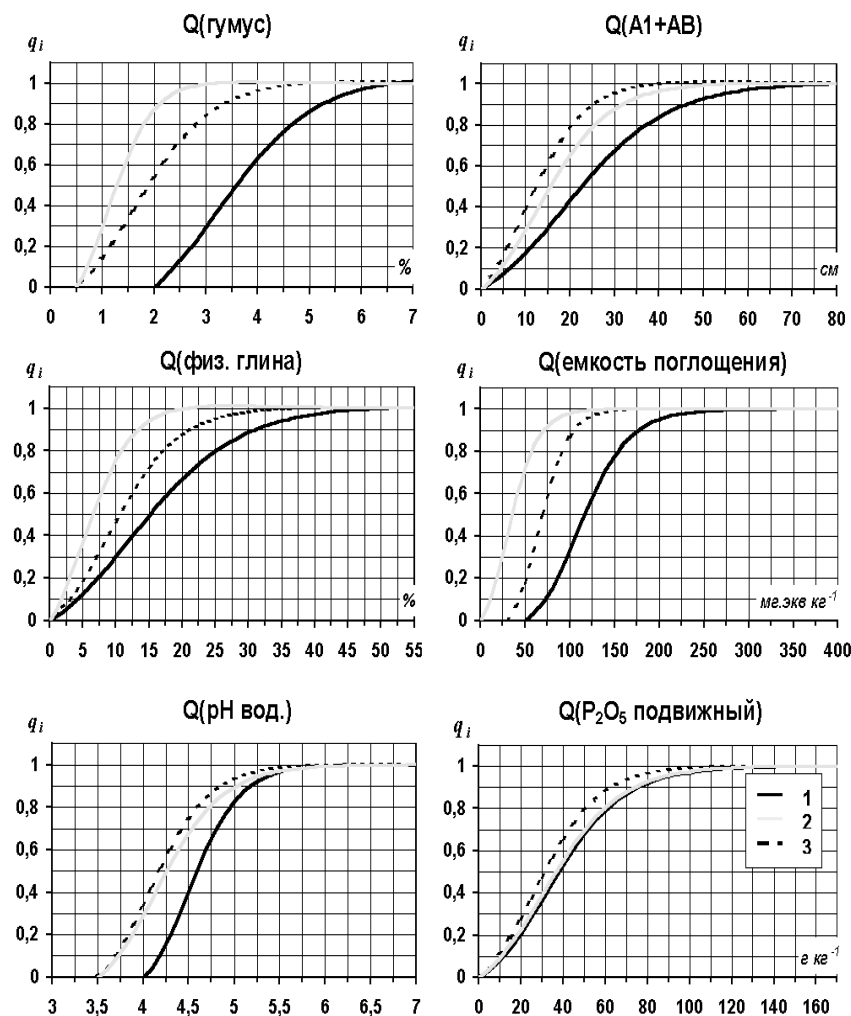
Приоритетные проблемы деградации земель с использованием, побочной продукции животноводства: исследуемые, прогнозируемые и контролируемые в рамках агроэкологического мониторинга:



- Агрогенная трансформация и миграция органического вещества (скорости и пределы вертикальной миграции).
- Латеральный перенос органического вещества с боковым поверхностным, внутрипочвенным стоком и в результате эрозии.
- Агрогенная активизация локального вторичного гидроморфизма (в результате развития «плужной подошвы») и полегание посевов.
- Локальная агрогенная деградация ППК (подкисление/подщелачивание).
- Агрогенное усложнение внутрипольного варьирования агроэкологического качества почв и неоднородности посевов.
- Ухудшение фитосанитарного состояния земель.
- Локальное антропогенное загрязнение и повышение подвижности тяжелых металлов.



Агроэкологические функции земель ($=f(\text{ОДП})$), анализируемые в рамках агроэкологического мониторинга и СППР



- **Агроклиматическая функция** обеспечения продукционного процесса сельскохозяйственных культур светом (ФАР), теплом и влагой;
- **Гидрофизическая функция** обеспечения продукционного процесса сельскохозяйственных культур доступной влагой (в зоне ризосферы!);
- **Агрофизическая функция** поддержания благоприятных условий для развития растений (в зоне ризосферы!) и работы сельхозмашин;
- **Агрохимическая функция** эффективного обеспечения культур доступными формами элементов питания (по всему сезону вегетации!);
- **Санитарно-экологическая функция** обеспечения благоприятного санитарного состояния земель;
- **Геохимическая функция** обеспечения устойчивости почв и земель к загрязнению;
- **Фитосанитарно-экологическая функция** обеспечения благоприятного фитосанитарного состояния земель;
- **Экологические функции** почв и земель.

Интерпретационная шкала оценки функционального качества и экологического состояния антропогенно измененных почв



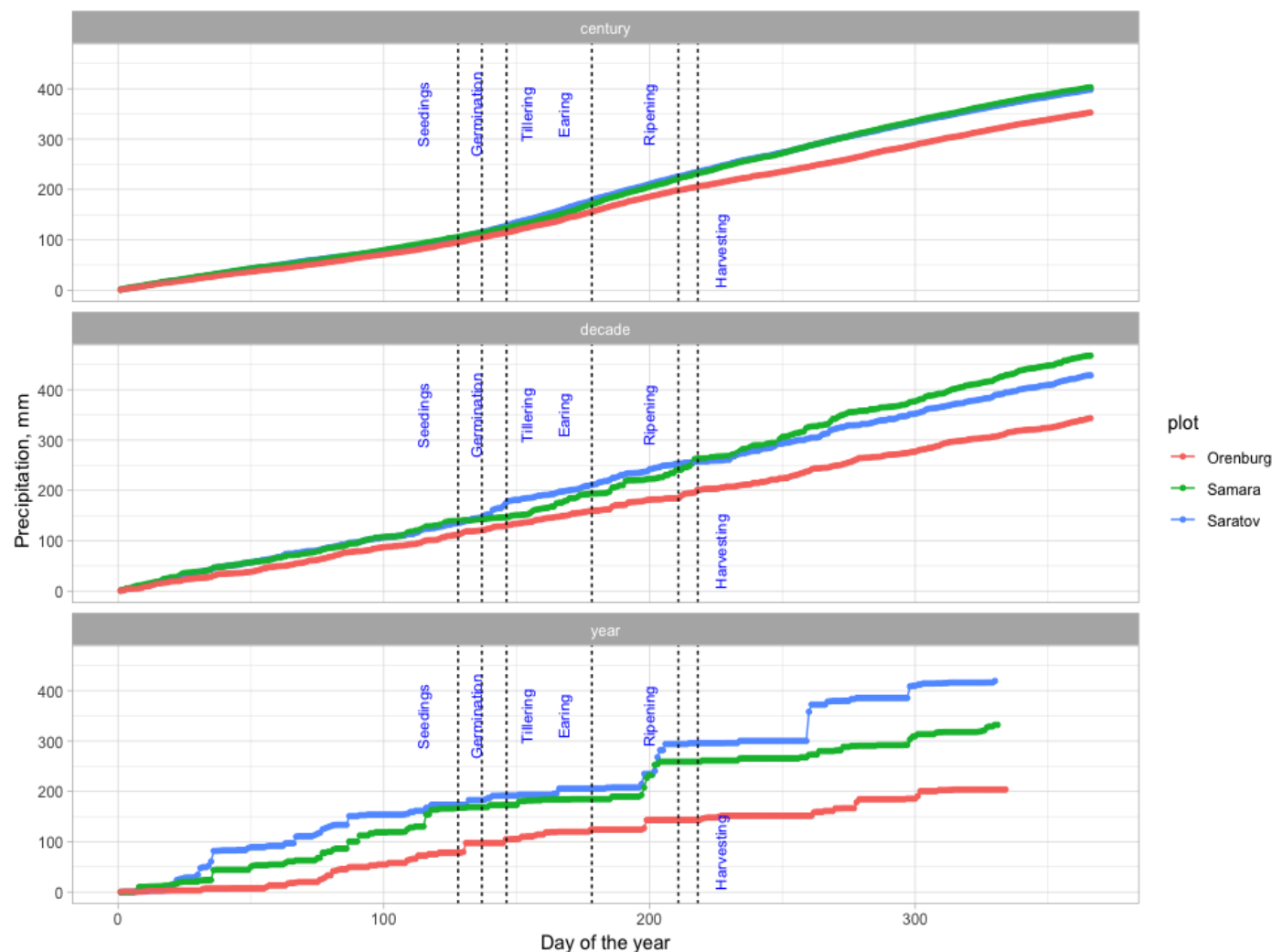
Факторы оценки	Функционально-экологические градации факторов по значениям оценки					
	1-0.96	0.95-0.76	0.75-0.51	0.50-0.26	0.25-0.01	0.0
	Почвы (земли)					
А. Санитарно-экологический		условно-	не-	мало-	условно-	не-
	благополучного санитарно-экологического состояния			пригодные для активного использования		
В. Геохимический	высокой	повышенной	средней	низкой	очень низкой	лишенные
	устойчивости к загрязнению					
С. Структурно-геоэкологический	однородные	слабо-	средне-	сильно-	непригодные для использования	
		не о д н о р о д н ы е			под пашню	в хозяйстве
D. Проблемно-мелиоративный	не требующие	требующие незначительного	требующие значительного	требующие очень значительного	требующие капитальной мелиорации	
	мелиоративного улучшения					
Е. Агро-(Био-)химический	высокой	повышенной	средней	низкой	очень низкой	непродуктивные
	продуктивности					
F. Физико-механический (агрофизический)	с очень хорошими	с хорошими	со сравнительно хорошими	с плохими	с очень плохими	с крайне плохими
	условиями обработки					
G. Био-климатический	с очень		с довольно		с очень	с крайне
	благоприятными			неблагоприятными		
	биоклиматическими условиями					
H. Гидро-физический	с очень хорошим	с хорошим	с довольно хорошим	с плохим	с очень плохим	с крайне плохим
	режимом продуктивного запаса влаги					
Интегральная оценка (Q _Σ)	оптимального	хорошего	удовлетвори-тельного	неудовлетворите-льного	очень плохого	критического
	функционально-экологического состояния					

Анализ и прогнозное моделирование функционально-экологического качества почв с различными вариантами техногенного воздействия



Фактор функционально-экологического состояния почв	Оценка фактора	Лимитирующий параметр ЛП) / (фактор – ЛФ)			Прогнозная оценка ЛФ при улучшении ЛП	
		название	значение	оценка	1 ЛП	2 ЛП
Рекреационно- и хемотренно-деградированный чернозем выщелоченный						
Санитарно-экологический	0,46	Pb _{кис.-р.} , мг кг ⁻¹	56	0,22	0,81	0,91
Устойчивость к загрязнению	0,73	pH _{KCl}	4.9	0,41	0,95	0,99
Проблемно-мелиоратив.	0,71	pH _{KCl}	4.9	0,41	0,96	0,99
Агро-(био-)химический	0,71	pH _{KCl}	4.9	0,41	0,96	0,99
Физико-механический	0,99	нет			1,0	1,0
Интегральная оценка	0,70	Устойчивость к загрязнению			0,93	0,98
Абрагенно- и стратогенно-деградированный урбочернозем						
Санитарно-экологический	0,90	Pb _{кис.-р.} , мг кг ⁻¹	38	0,76	0,90	0,92
Устойчивость к загрязнению	0,33	Плотность, г см ⁻³	1,55	0,14	0,56	0,82
Проблемно-мелиоратив.	0,38	Плотность, г см ⁻³	1,55	0,14	0,51	0,93
Агро-(био-)химический	0,56	Гумус, %	3,06	0,24	0,56	0,93
Физико-механический	0,41	Плотность, г см ⁻³	1,55	0,14	0,79	0,98
Интегральная оценка	0,55	Физик.-механ. фактор условий обработки			0,65	0,93
Сильно эродированный чернозем типичный						
Санитарно-экологический	0,94	Pb _{кис.-р.} , мг кг ⁻¹	33	0,88	0,96	0,98
Устойчивость к загрязнению	0,41	Гумус, %	2,64	0,12	0,72	0,85
Проблемно-мелиоратив.	0,35	Эродированность	↓↓↓	0,14	0,73	0,89
Агро-(био-)химический	0,35	Гумус, %	2,64	0,12	0,91	0,91
Физико-механический	0,63	Эродированность	↓↓↓	0,14	0,70	0,92
Интегральная оценка	0,50	Требования к мелиорации			0,79	0,94

Региональная дифференциация обеспеченности осадками на фоне глобальных изменений климата:

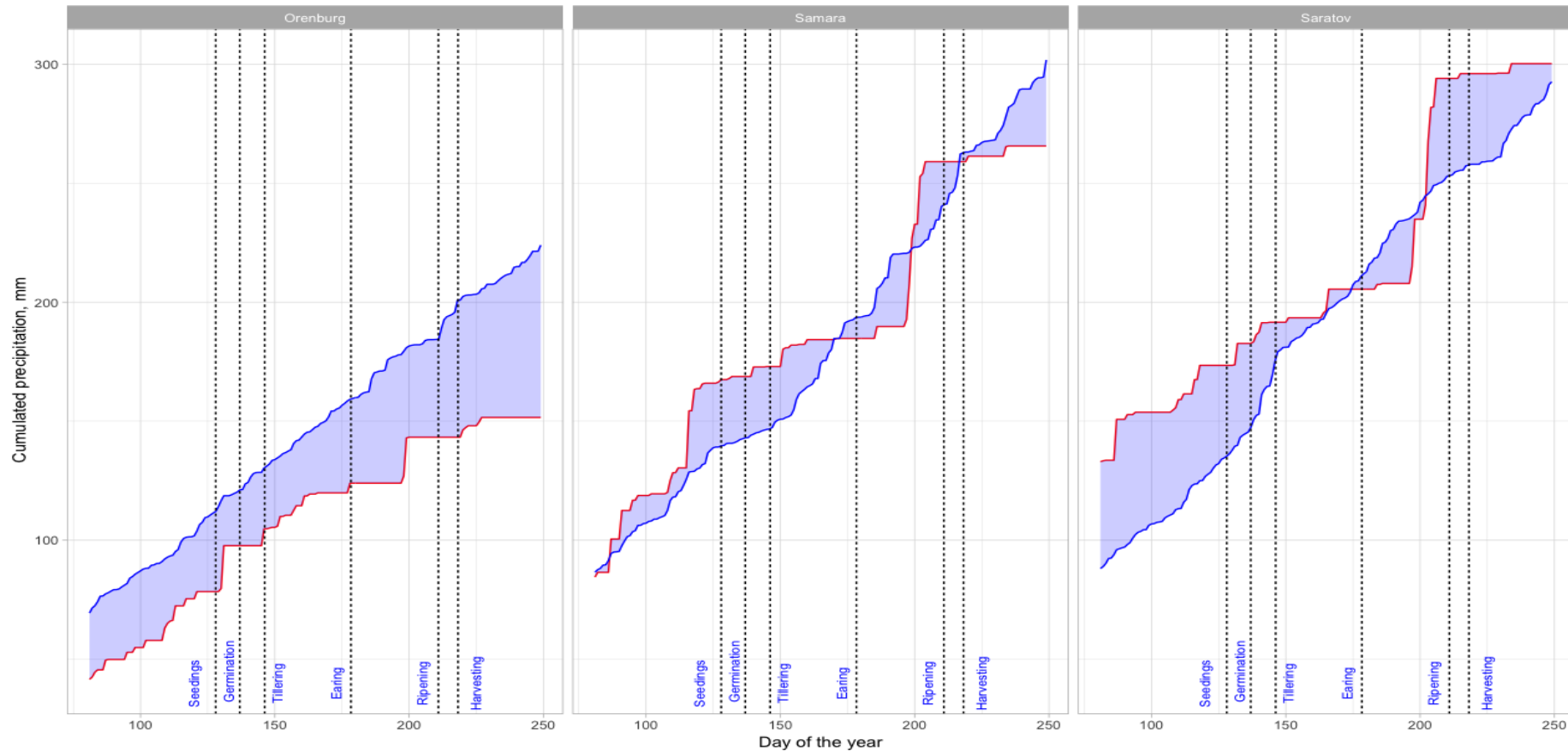


Частая периодичность и повышенная интенсивность неблагоприятных погодных условий приводят к заметному увеличению экологических и экономических рисков интенсивного сельскохозяйственного производства (Иванов и др., 2017; Di Paola et al., 2018; FAO, 2021).

Региональная и сезонная дифференциация обеспеченности осадками на фоне глобальных изменений климата (влияние на глубину развития корней):

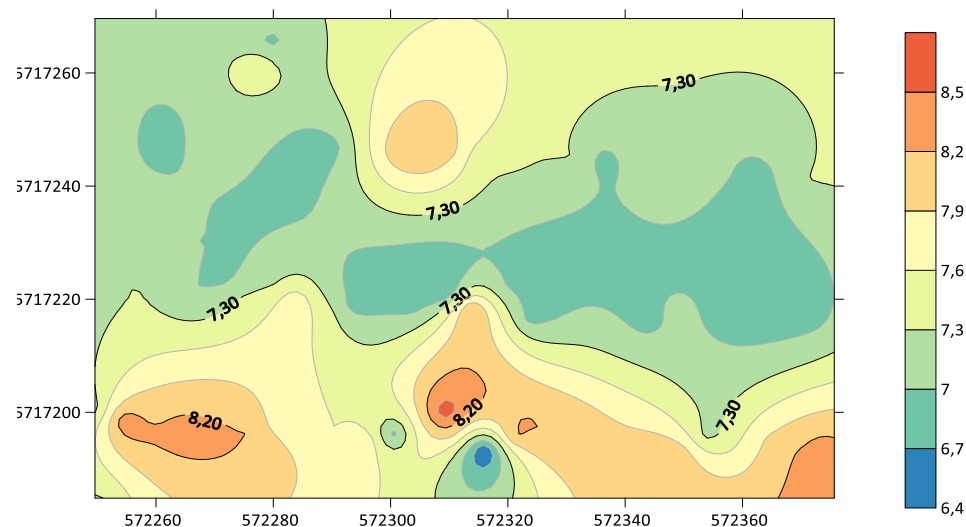


Сезонные кумуляты осадков в 2018 году по сравнению со средним показателем за десятилетие (в сезоне твердой пшеницы): Южный Урал и Поволжье

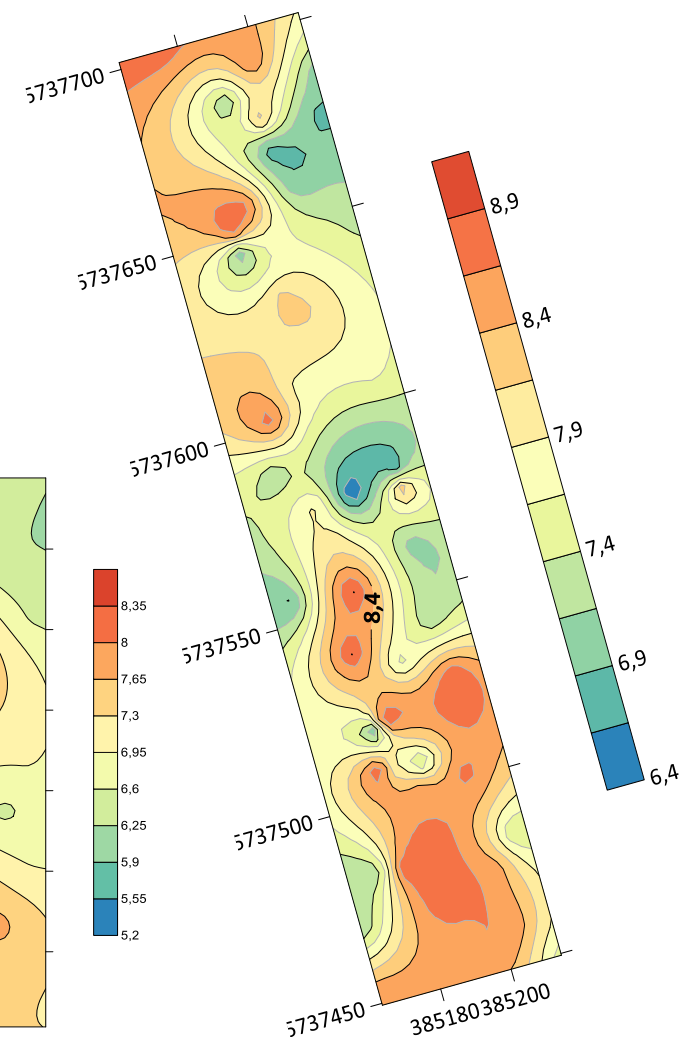
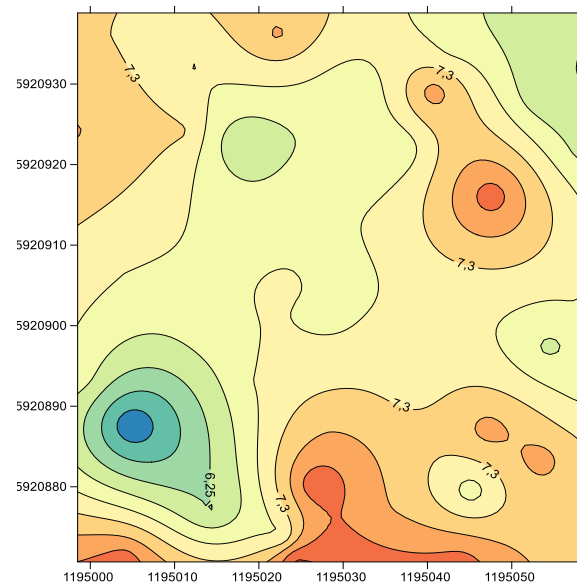


Красная линия – в засушливом 2018 году, Синяя линия – среднее значение за десятилетие

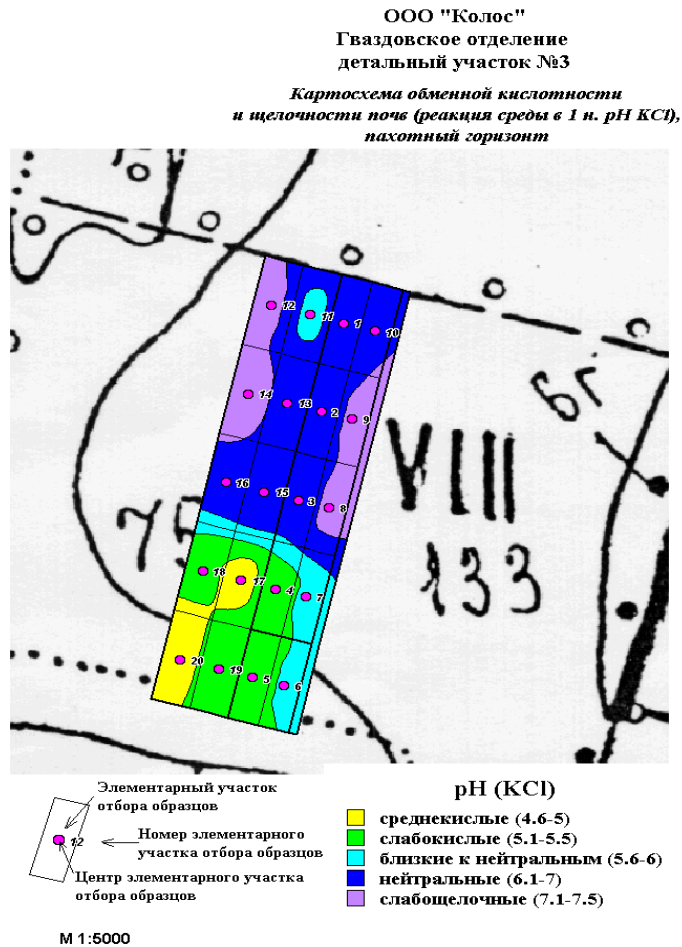
Локальная дифференциация агроэкологического качества земель на фоне глобальных изменений климата и агрогенной деградации почв:



Карты pH (H₂O) для 3 полевых участков площадью 1 га на репрезентативных участках с обыкновенными черноземами в Саратовской, Самарской и Оренбургской областях (апрель 2018 г.)



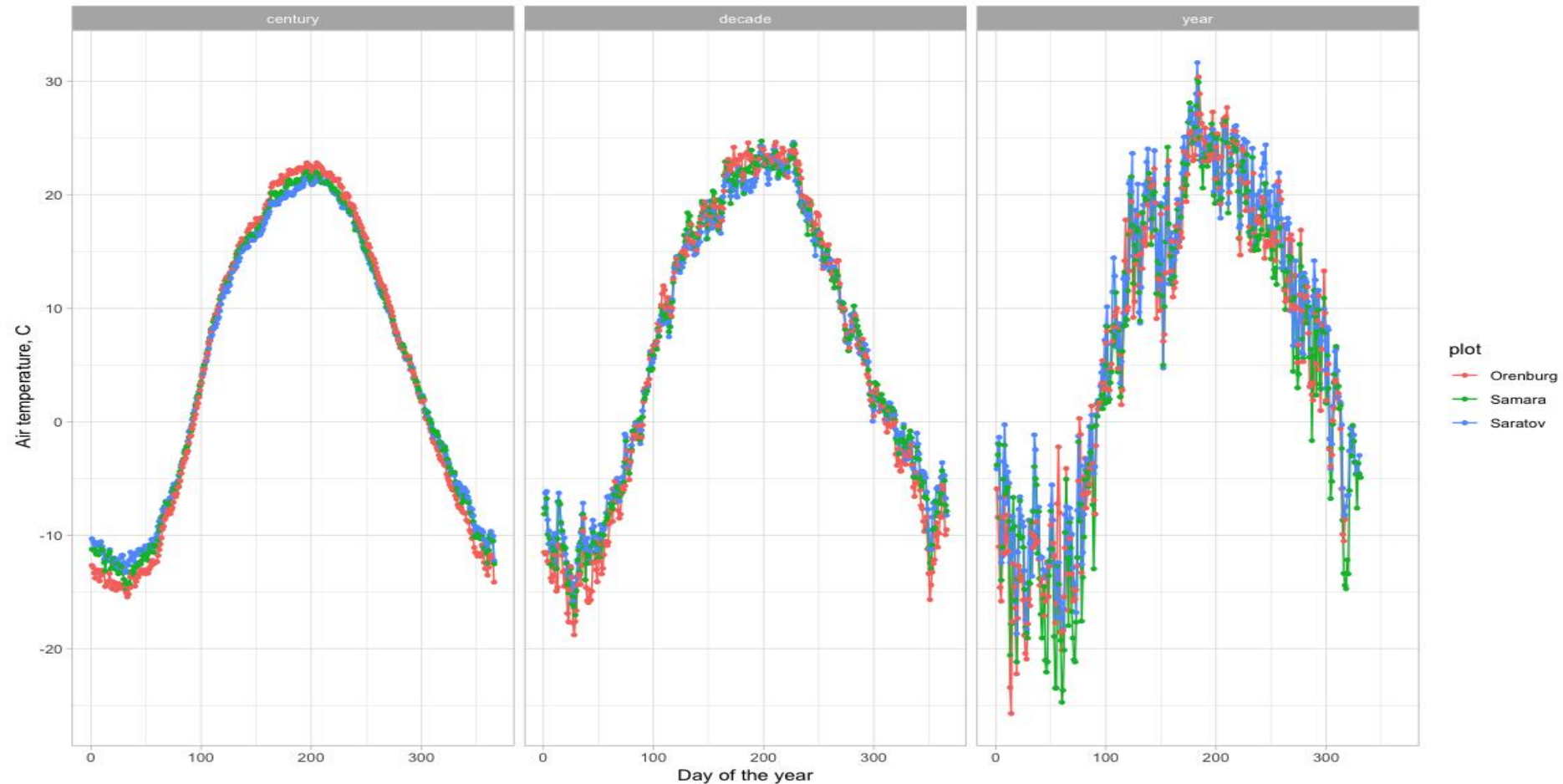
Проблемные ситуации пробоотбора почв: пестрота СПП, лимитирующих экологических факторов качества почв и продукции:



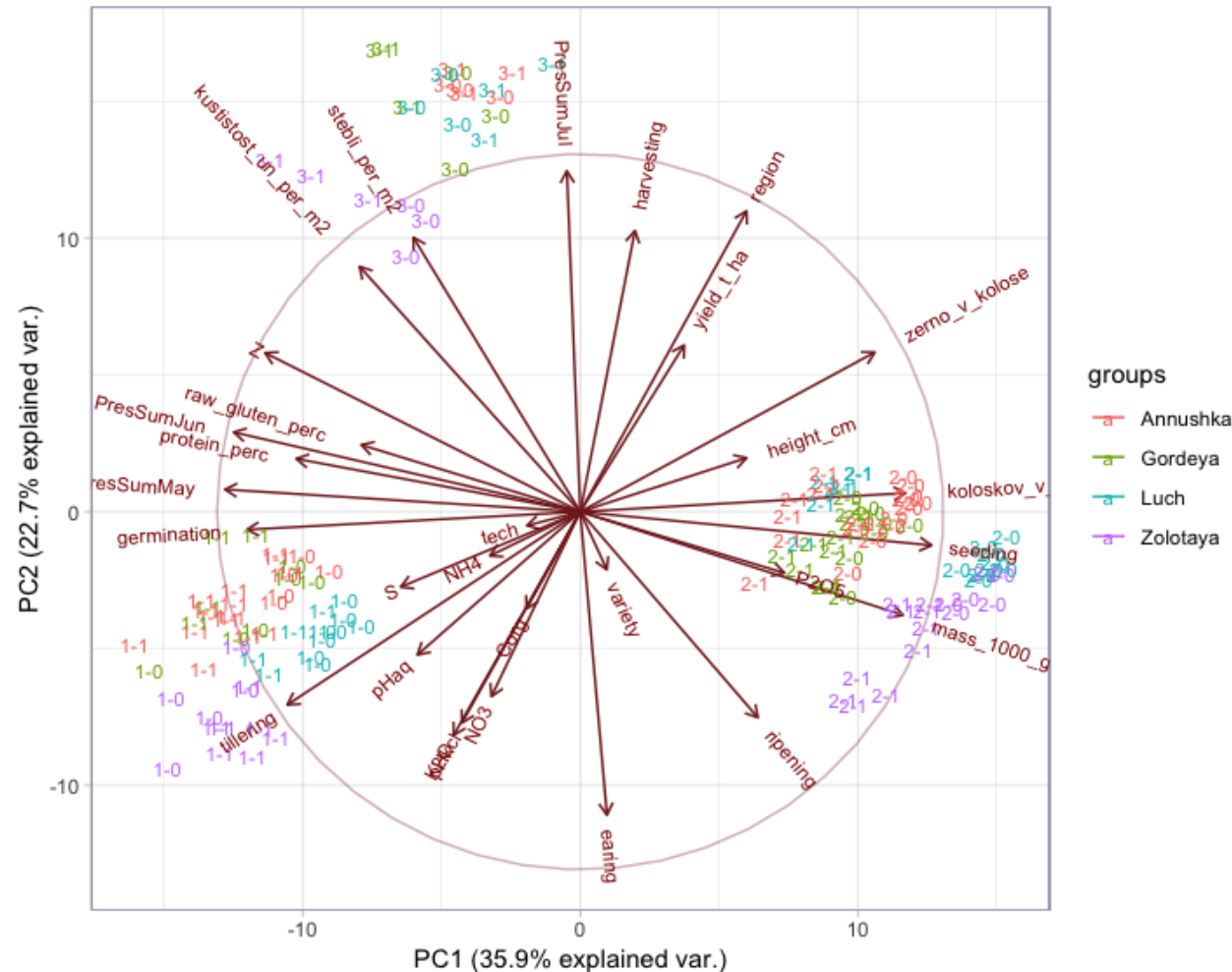
Региональная и сезонная дифференциация температуры воздуха на фоне глобальных изменений климата (влияние на физиологический стресс растений от дефицита влаги):



Средняя сезонная динамика температуры воздуха:
столетие → десятилетие → засушливый 2018



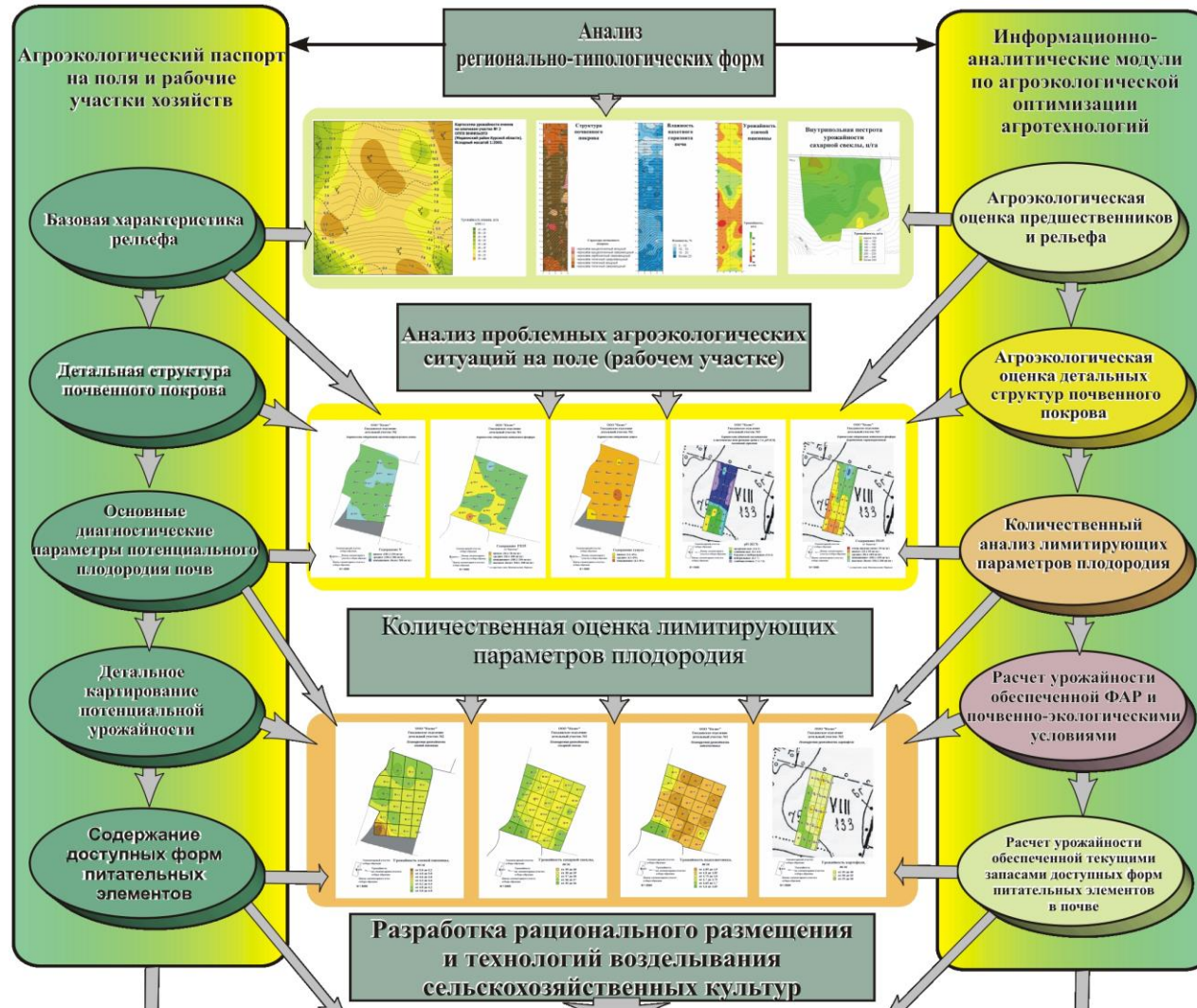
Оценка лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества продукции (на примере твердой пшеницы):



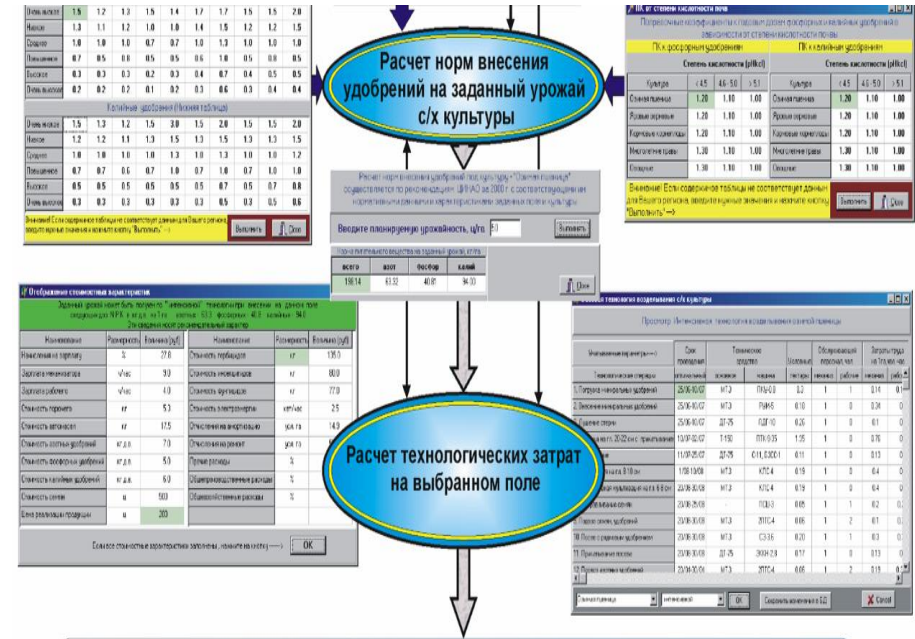
Анализ методом главных компонент показывает четкую агроэкологическую дифференциацию 3 региональных групп исследуемых участков с практически независимой сегментацией по показателям урожайности твердых сортов и качества клейковины (наиболее стабильной в Оренбурге).

1 - Оренбург 2 - Самара
3 - Саратов (первый номер: 2 - 1);
0 - Традиционная технология,
1 - Интенсивная технология (второй номер :
2 - 1)
(Васенев и др., 2019)

СППР планирования и корректировки наилучшей доступной агротехнологии в условиях конкретного поля и сельскохозяйственного года:



На фоне часто меняющихся требований рынка, обновления районированных сортов, ассортимента удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, их дифференцированной по погодным условиям и почвам потенциальной урожайности и окупаемости необходимо **разрабатывать, верифицировать и регулярно обновлять интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР/DSS) для агроэкологической оптимизации гибких агротехнологий.**

[illegible]

17

Анализ влияния почвы, рельефа, погодных условий и сорта на урожайность в региональной агроэкологической СППР по выбору сорта и прогнозированию урожайности с учетом агротехнологий:



А

Информационно-справочная система для прогноза урожайности твердой пшеницы

Заполните разделы:

- Выберите Ваш район
- Данные по климату
- Описание сортов
- Прогнозируемый урожай**

Параметры поля

Выберите сорт твердой пшеницы: Луч

Выберите дату посева: 03-05-2021

Выберите доминирующую экспозицию склона на поле: Северная

Выберите тип почв доминирующих на поле: Чернозем

Максимальный уклон на поле в градусах: 3

Прогнозируемый урожай

Урожайность определяемая по приходу ФАР и температуре воздуха, т/га

Урожайность: 1.9, т/га
Масса стеблей: 2.46, т/га
Масса листьев: 1.47, т/га

Урожайность определяемая по запасу продуктивной влаги, т/га

Урожайность: 1.94, т/га
Масса стеблей: 1.96, т/га
Масса листьев: 1.06, т/га

Урожайность: 1.77, т/га

Потенциальная урожайность с учетом временной динамики состояния лимитирующих факторов по декадам вегетационного периода

Б

Информационно-справочная система для прогноза урожайности твердой пшеницы

Заполните разделы:

- Выберите Ваш район
- Данные по климату
- Описание сортов
- Прогнозируемый урожай**

Параметры поля

Выберите сорт твердой пшеницы: Луч

Выберите дату посева: 03-05-2021

Выберите доминирующую экспозицию склона на поле: Северная

Выберите тип почв доминирующих на поле: Серая лесная

Максимальный уклон на поле в градусах: 3

Прогнозируемый урожай

Урожайность определяемая по приходу ФАР и температуре воздуха, т/га

Урожайность: 1.68, т/га
Масса стеблей: 2.16, т/га
Масса листьев: 1.27, т/га

Урожайность определяемая по запасу продуктивной влаги, т/га

Урожайность: 1.69, т/га
Масса стеблей: 1.71, т/га
Масса листьев: 0.93, т/га

Урожайность: 1.55, т/га

Потенциальная урожайность с учетом временной динамики состояния лимитирующих факторов по декадам вегетационного периода

Интерфейс для представления урожайности твердой пшеницы для склона северной экспозиции крутизной 3° с различными почвами:

А – Чернозем;

Б – Серая лесная почва (с более низким плодородием и запасом продуктивной влагой).

В

Информационно-справочная система для прогноза урожайности твердой пшеницы

Заполните разделы:

- Выберите Ваш район
- Данные по климату
- Описание сортов
- Прогнозируемый урожай**

Параметры поля

Выберите сорт твердой пшеницы: Луч

Выберите дату посева: 26-04-2021

Выберите доминирующую экспозицию склона на поле: Южная

Выберите тип почв доминирующих на поле: Чернозем

Максимальный уклон на поле в градусах: 3

Прогнозируемый урожай

Урожайность определяемая по приходу ФАР и температуре воздуха, т/га

Урожайность: 2.06, т/га
Масса стеблей: 2.5, т/га
Масса листьев: 1.38, т/га

Урожайность определяемая по запасу продуктивной влаги, т/га

Урожайность: 1.87, т/га
Масса стеблей: 1.76, т/га
Масса листьев: 0.92, т/га

Урожайность: 1.86, т/га

Потенциальная урожайность с учетом временной динамики состояния лимитирующих факторов по декадам вегетационного периода

Г

Информационно-справочная система для прогноза урожайности твердой пшеницы

Заполните разделы:

- Выберите Ваш район
- Данные по климату
- Описание сортов
- Прогнозируемый урожай**

Параметры поля

Выберите сорт твердой пшеницы: Луч

Выберите дату посева: 03-05-2021

Выберите доминирующую экспозицию склона на поле: Северная

Выберите тип почв доминирующих на поле: Чернозем

Максимальный уклон на поле в градусах: 3

Прогнозируемый урожай

Урожайность определяемая по приходу ФАР и температуре воздуха, т/га

Урожайность: 1.9, т/га
Масса стеблей: 2.46, т/га
Масса листьев: 1.47, т/га

Урожайность определяемая по запасу продуктивной влаги, т/га

Урожайность: 1.94, т/га
Масса стеблей: 1.96, т/га
Масса листьев: 1.06, т/га

Урожайность: 1.77, т/га

Потенциальная урожайность с учетом временной динамики состояния лимитирующих факторов по декадам вегетационного периода

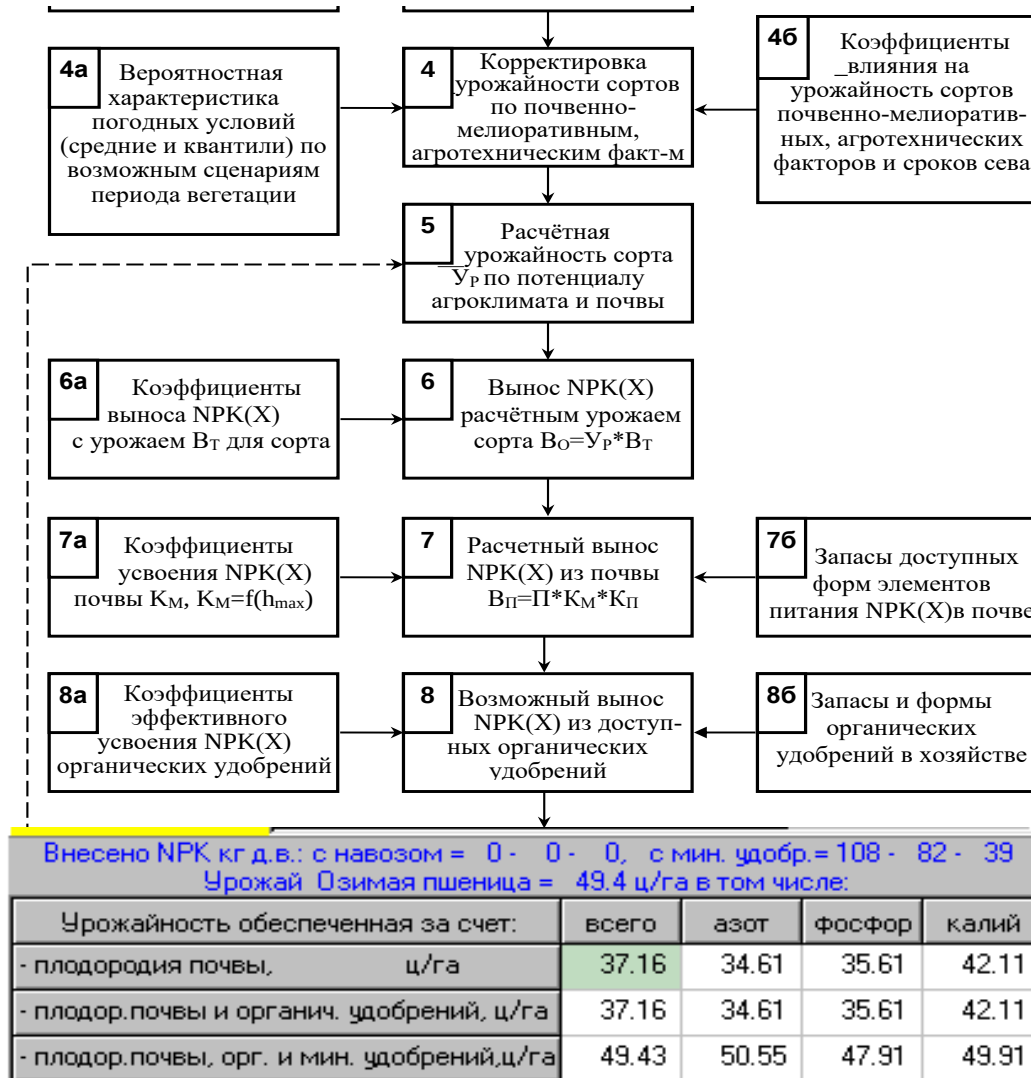
Интерфейс для представления урожайности твердой пшеницы для склонов контрастной экспозиции:

В – южная экспозиция (с большей обеспеченностью ФАР для урожайности сельскохозяйственных культур);

Г – северная экспозиция (с более низким потенциалом ФАР).



Алгоритмы и формы СППР по планированию и корректировке применения удобрений в условиях конкретного поля и сельскохозяйственного года:



Фар, влагообеспеченность, климатические условия

Расчет потенциального урожая с/х культуры - "Озимая пшеница" возделываемой на поле - "02-3-5-2"

Среднее статистическое количество осадков по месяцам, выпавших в данном хозяйстве

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
56	52	49	40	62	66	77	73	45	47	66	71

Количество влаги, задаваемое для расчетов на выбранном поле

Заполните таблицу и для выполнения расчетов нажмите на меня

Значение потенциального урожая, обеспеченного:

Вариант расчета	Приходом ФАР на поле	Продуктивной влагой	Приходом ФАР и агроклиматическими условиями
По средним	68.95 ц/га	66.58 ц/га	56.34 ц/га
По заданным			

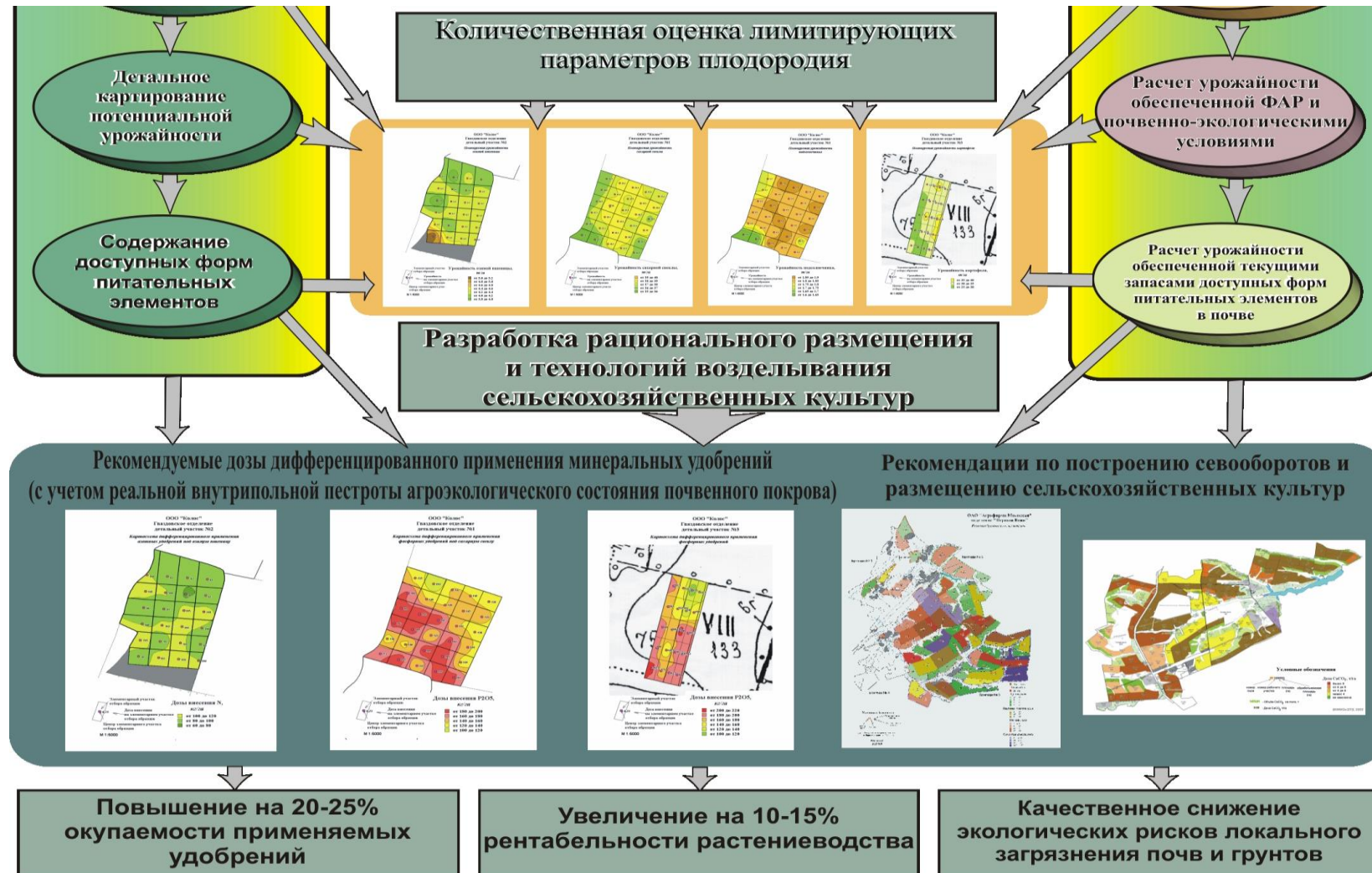
Для задания произвольной влаги, нажми на меня

Close

Коэффициенты использования NPK

Название коэффициента	азот	фосфор	калий
Вынос NPK с урожаем, кг/ц	3.4	1.2	2.5
Использование NPK из орг. удобр. в 1 год	0.25	0.30	0.50
Использование NPK из орг. удобр. во 2 год	0.20	0.15	0.10
Использование NPK из мин. удобр. в 1 год	0.50	0.18	0.50
Использование NPK из мин. удобр. во 2 год	0.0	0.10	0.20

Модули СППР по планированию и корректировке применения удобрений в условиях конкретного поля и сельскохозяйственного года:





Спасибо за внимание!