



ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МГУ имени М.В. Ломоносова


Новые технологии и тренды использования минеральных удобрений

Рубанов Иван Николаевич, к.г.н.

Москва, май 2019 г.



Экскурс



Удобрения - главный драйвер производительности

В последние 50 лет главным фактором увеличения производства продовольствия стало использование минеральных удобрений

- «Зеленая революция» в начале 1970-х: использование сортов новой селекции и быстрый рост потребления минеральных удобрений и урожайности в плотнозаселенных странах Азии и Латинской Америки
- Радикальное увеличение доз внесения минеральных удобрений: с 0 до 50-100 кг. дв на га и более
- Рост урожайности в 2-5 раз
- Ключевая роль в решении глобальной продовольственной проблемы

Глобальный прирост урожайности в этот период на 50% определялся использованием минудобрений



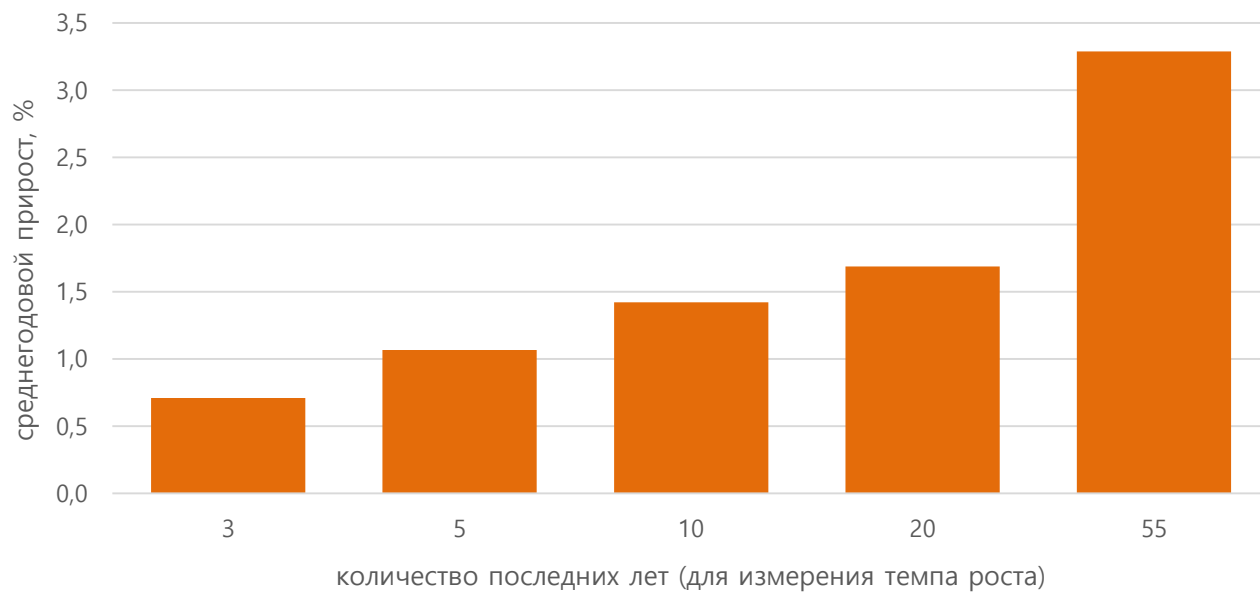
От роста к стагнации

Рост спроса на минеральные удобрения приостановился, однако урожайность продолжает расти

- **1980-е** годов – снижение потребления в Западной Европе (*крупнейший потребитель на тот момент*)
- **1990-е** – стагнация спроса в США и прочих регионах развитого мира
- **2010-е** – остановка рост потребления в Китае (*треть глобального спроса*).

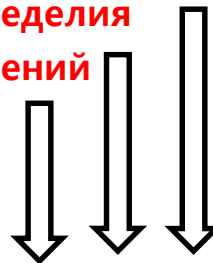


Темпы роста потребления удобрений устойчиво снижаются



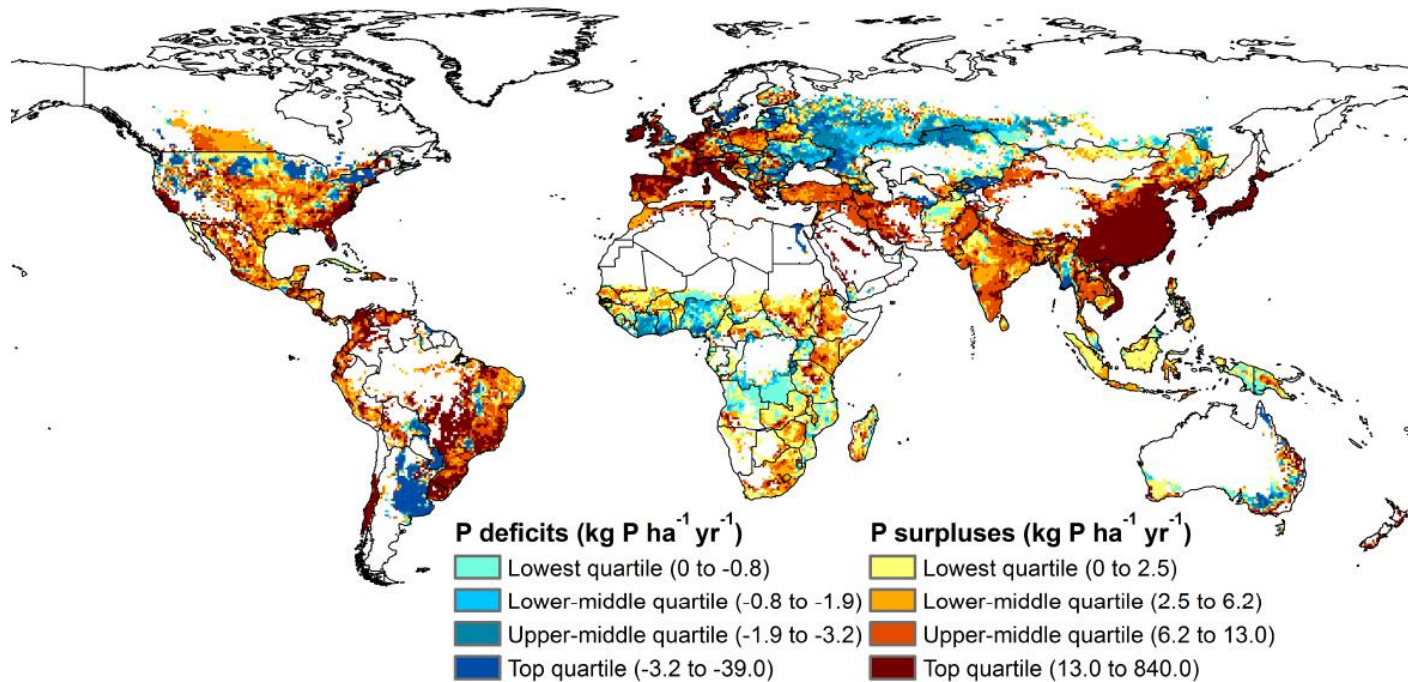
В чем дело?

- **Физический предел химизации** – нет смысла наращивать дозы в районах наиболее интенсивного земледелия
 - Проблема зафосфачивания - профицитный баланс фосфора в районах интенсивного земледелия (Западная Европа, Китай) и чрезмерное накопление питательных веществ
 - Китай – нормы выше обоснованных в 1,5-2 раза
- **Технологические тенденции** – рост эффективности
 - **Рост роли генетики в ущерб агрохимии**
 - **Новые системы земледелия**
 - **Новые формы удобрений**



Повышение эффективности использования МУ

Агрономический баланс фосфора



Источник: [McGill University \(2011\)](#)



Технологические тренды



Генетика и селекция: новейшие сорта

Более высокая эффективность при меньшей потребности в удобрениях

- Если в 1960-х-90-х новые сорта требовали более высоких доз удобрений, то теперь такой зависимости нет или она обратная
- Технологии – ГМ, гибридизация, традиционная селекция
- Лучшая всхожесть
- Лучшая устойчивость к стресс-факторам
- Более эффективное использование пространства: нормы посева на 30% выше + более развитая корневая система
- Прирост урожайности +10-+20% в сравнении с предшественниками 20-30 летней давности - как при низких так и при высоких дозах МУ
- ГМ-культуры устойчивые к вредителям и гербицидам сплошного действия (+10-+25% к урожайности)

РАЗВИТИЕ:

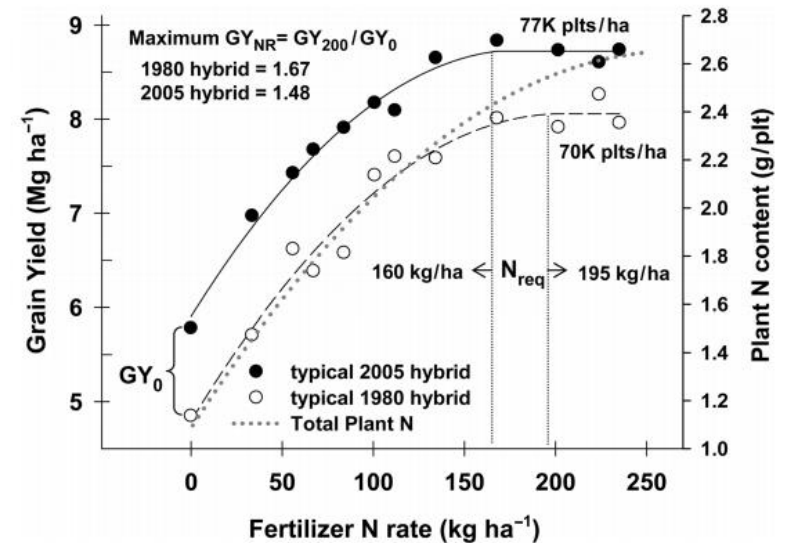
- Оплата единицы внесённых МУ урожаем выросла с 4 (1960е) до 6 кг/кг (2000е) на (прирост на 0,16 кг/кг в год)
- Ожидается дальнейшее развитие тренда (увеличение норм посева)
- Разработка азотфиксирующих форм

Генетика и селекция: новейшие сорта

ЭФФЕКТ

- ❑ Часто - те же дозы что и сорта 30-40 лет назад, но выше урожайность.
- ❑ Снижение агрономически и экономически оптимальных доз на 5%-20%
- ❑ Эффективнее независимо от доз МУ → «экстенсивная» стратегия

Разница в урожайности поколений гибридов кукурузы в зависимости от доз азотных удобрений



Источник: [Sylvester-Bradley and Kindred \(2009\)](#).



Технологии точного земледелия

Варьирование доз внесения удобрений внутри поля

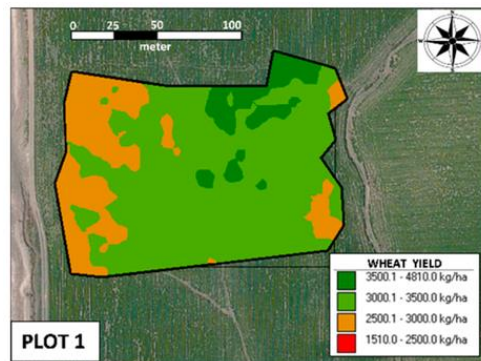
- **Исторические данные** неоднородностей – основное внесение
 - **Агрохимическое картирование** (использование специальных машин с GPS и пробоотборниками - затратно, не может отразить мелких вариацией)
 - **Косвенные данные** (урожайность, рельеф и т.п. – сложность интерпретации)
- **Диагностика «на-лету»** (при проходе техники)
 - **Контактные датчики** (электропроводность, экспресс-анализ содержание P, K) – предпосевное внесение
 - **Листовая диагностика** (использование специальных машин с GPS и пробоотборниками - затратно, не может отразить мелких вариацией) – азотные подкормки



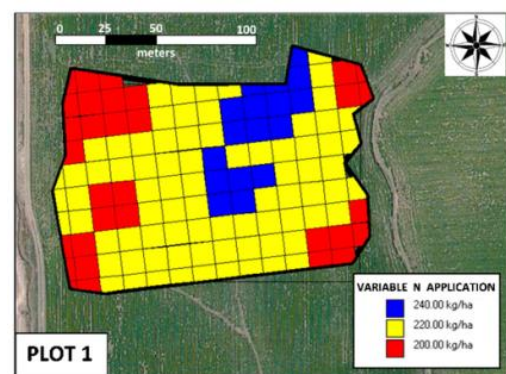
Пример дифференциации доз МУ по историческим данным

Карта урожайности

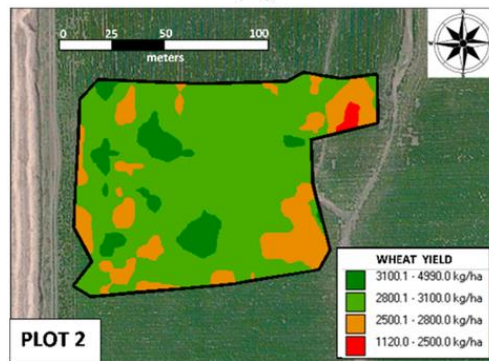
Дозы внесения МУ



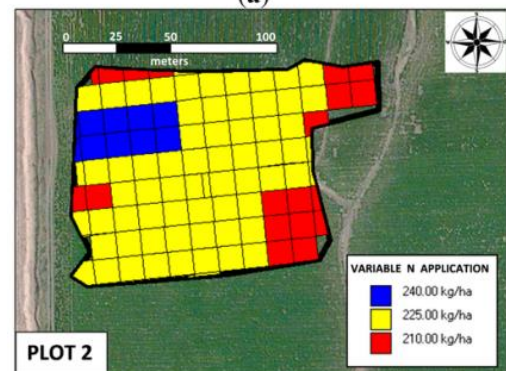
(b)



(a)



(c)



(e)

Технологии точного земледелия



Распространение.

- 50-60% фермеров в развитых странах

Эффект (благоприятные кейсы):

- Окупаемость 1-3 года
- Рост урожайности
 - 5% - экстенсивное земледелие
 - 40% - интенсивное земледелие
- Снижение доз МУ
 - От **10-25% до 5 раз**



Технологии минимальной обработки почвы

- Вариации
 1. Полный отказ от пахоты (*беспахатное, no-till*)
 2. Полосная обработка
 3. Пахота единожды за севооборот / раз в 2-3 года
- Лучшее [накопление гумуса](#) в верхнем слое почвы (+5-+15%)
- Снижение потерь питательных веществ в результате испарения
- Сокращение потерь влаги путем испарения
- Снижение затрат на технологические операции
- Резкое сокращение темпов эрозии

РАЗВИТИЕ:

- [125](#) млн га (6% мировой пашни), в том числе *беспахатное* - [100](#) млн. га.
- **Рост** до [5% ежегодно](#), но торможение в последние годы
- Районы богарного земледелия с устойчивым дефицитом в лаги (сухостепная зона, пампа – Канада, США, Бразилия, Австралия, Россия, Казахстан)

Технологии минимальной обработки почвы



ЭФФЕКТ:

- **Небольшой рост применения минеральных удобрений** так как внесение органики затруднено (N, легкие почвы +15%+20%)
- **Гранулированные** удобрения предназначенные для заделки в почву при посеве, - нужны формы обеспечивающие миграцию в глубинные части профиля



Органическое сельское хозяйство

Два базовых принципа: отказ от синтетических химикатов и ГМО

- Как правило, использование МУ в рамках органического земледелия полностью **запрещено**
- Малый размер хозяйств, ограниченное использование индустриальной техники
- **Заместители** МУ – навоз, биоудобрения (в последнее время)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ:


- 58 млн га пашни или 1,5% мировых угодий (IFOAM, 2018)
- **Рост** площадей пашни– на **6%** в год (IFOAM, 2010-2015 г.)
- В развитых странах 5-35% агропроизводства
- 90 млрд. долл. – оборот рынка



Прочие формы

Скромная роль – энтузиасты (менее 0,1% пашни)

- Биодинамическое сельское хозяйство (*biodynamics*)
- Низкозатратное сельское хозяйство (*low-input*)
- Устойчивое сельское хозяйство (*sustainable*)
- Смешанное земледелие (*mixed agriculture*)
- Натуральное с.х. (*natural agriculture*)
- Консервирующее с.х. (*conserving agriculture*)
- Регенерирующее с.х. (*regenerative agriculture*)
- «Дикое» с.х. (*wild agriculture*)



Экологически-ориентированные агротехнологии

ЭФФЕКТ: скорее качественный, чем количественный

- ✓ **Ограниченное снижение** для спроса на МУ (0,5% от глобального спроса)
 - переток органики из промышленных систем
 - преимущественное распространение в районах экстенсивного земледелия
 - снижения продуктивности должно быть компенсировано конвенциональным с.х.
- ✓ Спрос на товарные **биопродукты**
 - биоудобрения,
 - биостимулянты,
 - биопестициды,
 - компосты,
 - гуминовая и фульвовая кислота
- ✓ Спрос на специальные «**сырые**» **минералы**
 - молотые сырые фосфориты, необработанная калийная соль
- ✓ Запрос на **качественные фосфорные удобрения**
 - минимум кадмия, тяжелых и радиоактивных металлов



Капельное орошение / фертигация

Развитие капельного - спроса на на высококачественные водорастворимые удобрения

- ✓ 80% земледелия – в условиях дефицита влаги
 - ✓ 1/3 продукции растениеводства – с использованием орошения
 - ✓ Дефицит пахотных угодий + рост населения + дефицит водных ресурсов = развитие «экономных» капельных систем орошения (Израиль, Китай/СУАР, Индия) и гидропоники
-
- ❑ Доставка воды по трубкам в прикорневую зону
 - ❑ Технология фертигации – водно-питательная смесь
 - ❑ Сложная технология – закладка трубок в землю (Израиль, многолетние насаждения, 30-50 тыс.\$ Га)
 - ❑ Облегченная технология – поверхностное размещение (Китай, Индия и др.)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ

- ✓ 17 млн. га (0,5% мировой пашни) 2017 г.
- ✓ Ежегодный темп прироста – 11%.
- ✓ Калифорния – 40% земель под каплей.
- ✓ СУАР – 50% земель под капельным орошением
- ✓ Индия – до 10 млн. га к 2025 г.



Фертигация

Эффект:

- ❑ Более высокая эффективность использования питательных веществ и меньшие потери за счет «адресной» доставки в корневую зону
- ❑ Снижение доз МУ для производства единицы продукции на 25 % - 30% (собственная оценка)
- ❑ Спрос на водорастворимые удобрения в виде смесей (NPK, MAP) особо высокой чистоты и качества (минимальный осадок, чтобы не засорились трубки)



Новые формы удобрений



Удобрения контролируемого действия

Оптимизируют сроки растворения питательных веществ

1. Удобрение с добавками ингибиторов (*Urea Formaldehyde, UF*)
2. Удобрения замедленного действия (*slow realize*, часто - серное покрытие – *SCU, SCRF*)
3. Гранулы с полимерным покрытием (*coated*) – дорогая разновидность для особо ценных посадок

РАЗВИТИЕ:

- 2% глобального потребления МУ (марки *CoteM, CrystalGreen, Ютек*)
- Активно применяются в США, Китае
- Рост на 10% ежегодно

ЭФФЕКТ

- Увеличение эффективного выноса и доз МУ на 12%-15%
- Рост урожайности на 10%



Кастомизированные удобрения

Подбираются исходя из потребностей конкретных культур и почвы

- Изготавливаются индивидуально «под клиента», ограниченными партиями, часто с добавками микроэлементов
- ❑ **Специальные марки** химических смесей (обычно NPK) изготавливаемые на заводах
 1. Под агрономический регион
 2. Под отдельные культуры
- ❑ **Тукосмеси** (механические, обычно NPK) изготавливаемые локально под нужды конкретного производителя/поля

РАЗВИТИЕ:

- США, Китай, Западная Европа, Индия (специальная группа субсидируемых продуктов)

ЭФФЕКТ

- Рост урожайности на [15%-25](#)
- Потребность в маркетинговых и научных наработках, полевых исследованиях (агрохимические анализы, опыты) для разработки индивидуальных рецептур



Биоудобрения

Восстановление естественного плодородия естественным путем

- ❑ Питательная среда + микроорганизмы (бактерии, реже водоросли, грибки) → обработка посадочного материала
 - Азотфиксирующие бактерии (около 70%)
 - Перевод связанных форм P, K в растворимые
 - Развитие ризосферы
 - Биодеструкция
- ❑ Мультифункциональный эффект и смеси бактерий
- ❑ Используются как совместно с МУ, так и без них

РАЗВИТИЕ:

- США, Китай, Западная Европа, Индия (специальная группа субсидируемых продуктов)

ЭФФЕКТ

- Прирост урожайности 10-20%
- Сокращение доз МУ (типично – в 2 раза) или полный отказ
- Новые виды комбинированных удобрений: минеральное вещество + биопокрытие



ВЫВОДЫ для отрасли МУ

- ❑ **МУ уступают место главного драйвера урожайности фактору генетики**
- ❑ **Глобальный рост потребления МУ может смениться стагнацией.**
 - Остановка и откат потребления в крупнейших центрах (Китай, Западная Европа, США)
 - Рост на развивающихся рынках (Бразилия, СНГ, Африка)
- ❑ **Структурные изменения**
 - Рост веса премиальных продуктов -- «умных» и включающих органическую компоненту удобрений
 - Рост роли калийных удобрений (господдержка и структурные изменения в Индии, Китае и Бразилии)
- ❑ **Организационные изменения**
 - От массового продукта – к индивидуальному
 - Рост роли научных и маркетинговых компетенций в сравнении с производственными
 - Рост значимости дистрибуторских сетей