

ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА БАЗЕ ASF-ИНДЕКСА

Д.Ю. Разоренная (ООО "Агроноут")

Показано, что в растениеводстве автоматизация и цифровизация технологических процессов позволяют оптимизировать производство и повысить его эффективность, в частности, за счет дифференцированного внесения удобрений, основанного на почвенной экспертизе. Одной из основных составляющих почвенной экспертизы является ASF-индекс, отображающий зоны устойчивого плодородия поля на основе многолетней вегетации. Цифровое выражение ASF-индекса — карты-задания, служат основой для автоматизированных систем точного земледелия.

Ключевые слова: точное внесение удобрений, зоны устойчивого плодородия, точное земледелие, вегетационный индекс, массив спутниковых данных.

В последнее десятилетие в растениеводческом секторе все большее применение находят технологии точного земледелия. Точное земледелие в технологическом смысле представляет собой учет внутриполевой неоднородности плодородия и настройку рабочих процессов в соответствии с ней. В основе эффективной, устойчивой и тиражируемой технологии точного земледелия лежат цифровизация и автоматизация: перевод информации о почвенной неоднородности в цифровую форму по четким и научно обоснованным алгоритмам и возможность работы технических средств в режиме саморегуляции и сонастройки с цифровой базой.

Крупнейшее мировое агентство по маркетинговым исследованиям и консалтинговым услугам Global Market Insights в апреле 2019 г. дало прогноз развития рынка систем точного земледелия на основе уже зафиксированных трендов: ежегодный рост 15%. Рост может показаться незначительным, но на деле это означает, что к 2025 г. объем рынка точных технологий вырастет в три раза по сравнению с текущим состоянием и достигнет 12 млрд. долл. США. Стремительное развитие точных технологий должно коснуться и России.

Данный подход в России реализует компания «Агроноут», к настоящему моменту имеющая показательный и успешный опыт в области точного внесения удобрений (ТВУ) по уникальной научно обоснованной технологии, разработанной специалистами компании и к настоящему моменту внедренной на площадях более 250 тыс. га.

Внутриполевая неоднородность полей и цели точного земледелия

Точное земледелие направлено на получение лучших результатов за счет «точных» знаний о земле. В основе точного земледелия лежит понятие о внутриполевой неоднородности полей: наличии внутри поля участков, характеризующихся отличными друг от друга уровнями плодородия и набором лимитирующих факторов. Плодородие, в свою очередь, определяет отзывчивость на внесение удобрений: чем более плодородной является почва, тем лучше она откликается на внесение удобрений и тем большую прибавку

урожая и экономический эффект можно получить, внося повышенные дозы питательных веществ.

Ошибочно полагать, что с помощью внесения повышенных доз удобрений на менее плодородные участки уровень плодородия можно выровнять. Во-первых, уровень плодородия — это результат действия комплекса факторов. Во-вторых, азотные удобрения, составляющие около 70% от общего количества вносимых удобрений, не имеют последствий в принципе, а накопление фосфора и калия за счет удобрений практически сложно осуществимо и влечет за собой нежелательные последствия в виде нарушения баланса питательных веществ. К тому же внесение удобрений «на будущее» забирает часть ресурсов предприятия, которые можно было бы эффективно потратить на развитие уже сейчас.

Таким образом, залогом эффективного использования информационных технологий является точное определение и выделение зон внутриполевой неоднородности.

Определение вегетационных индексов

В системах точного земледелия автоматизированное выделение внутриполевых неоднородностей базируется на определении вегетационных индексов. Вегетационный индекс (ВИ) — это показатель, получаемый в результате определенной обработки данных дистанционного зондирования земли и характеризующий состояние растительности. Наиболее известным и применимым на практике вегетационным индексом является NDVI — нормализованный относительный индекс растительности, характеризующий плотность фотосинтезирующей массы.

Использование NDVI в системах точного земледелия имеет ряд серьезных недостатков.

- Ситуативный характер: NDVI описывает состояние растительности в момент съемки, при этом состояние посевов само по себе сильно зависит от переменных факторов — сорта, погоды, агротехнологий.

- Ограниченность использования в годовом цикле внесения удобрений: NDVI можно пользоваться только при достаточно хорошей развитости надземной части растений. На практике это означает, что 85...100% удобрений, то есть основное внесение, внесение при

посеве, первая азотная подкормка озимых не могут быть внесены дифференцированно по NDVI.

- Высокая вероятность ошибки при выборе «рабочих» снимков вследствие отбора единичного кадра.
- Отсутствие прямой связи между количеством биомассы и урожайностью.

ASF-индекс: понятие, преимущества и формирование

В поисках надежной и релевантной основы для систем точного земледелия в целом и дифференцированного внесения удобрений в частности компанией «Агроноут» был разработан ASF-индекс (Agronote soil fertility index) — индекс почвенного плодородия, или среднемноголетний вегетационный индекс, отображающий среднемноголетнее состояние растительности через базовое свойство почв — плодородие. ASF-индекс получают в результате обработки большого массива спутниковых данных (Satellite Big Data). Верифицированная карта ASF-индекса представляет собой карту зон плодородия и служит картой-заданием для техники систем точного земледелия (рис. 1).

Преимущества ASF-индекса.

- Адаптивный характер: отражает постоянную, базовую, характеристику почв — плодородие, формирующую среднемноголетнее состояние растительности. Не зависит от переменчивых факторов (погода, агротехнологии).
- Возможность использования индекса в течение всего агротехнологического цикла вследствие адаптивного характера индекса (индекс — среднемноголетний).



Рис. 1. Карта ASF-индекса на хозяйство в Тамбовской области, где интенсивность цвета показывает повышенное, нормальное и пониженное плодородие

• Минимальная вероятность ошибки при получении ASF-индекса, так как он формируется в результате анализа серии снимков, прошедших предварительный отбор.

• Прямая связь между уровнем плодородия и урожайностью.

Вследствие данных особенностей карта ASF-индекса представляет собой, с одной стороны, карту устойчивой неоднородности плодородия, с другой — наглядно демонстрирует различную отзывчивость внутриполевых участков на средства химизации. На практике это будет выражаться в оптимальном перераспределении по зонам плодородия общей для всего поля нормы удобрений: в зонах пониженного плодородия будет вноситься меньшая доза удобрений; в зонах среднего плодородия — средняя; в зонах повышенного плодородия — наибольшая.

Практический пример

Преимущества и целесообразность использования ASF-индекса наглядно иллюстрирует опыт с озимой пшеницей на полях КубНИИТиМа. По определенной схеме за первую и вторую азотные подкормки было внесено 50, 100, 150 и 200 кг/га аммиачной селитры и рассчитан индекс NDVI (рис. 2).

Оказалось, что значения NDVI коррелируют с количеством внесенных удобрений и высокие дозы удобрений выравнивали NDVI в разных зонах плодородия. Однако между количеством фотосинтезирующей биомассы и урожайностью прямой зависимости не было. Урожайность, несмотря на одинаковое количество биомассы, разительно отличалась по зонам плодородия: разница между максимальными урожайностями в зонах пониженного и повышенного плодородия составила 26 ц/га (рис. 3).

Создание карты ASF-индекса

ASF-индекс с математической точки зрения — среднемноголетнее значение вегетационного индекса. С помощью специальных методов из архивов спутниковых снимков по определенным критериям отбираются несколько десятков кадров. Выборка охватывает временной период от наших дней и до 1985 г. Снимки нормализуются, обрабатываются и далее по ним рассчитывается серия разновременных вегетационных индексов. Результатом таких расчетов и является ASF-индекс, имеющий максимально возможную пространственную детализацию 10 м.

Значения ASF-индекса расположены в диапазоне 1...9 и на начальном этапе группируются в три зоны плодородия — повышенного, нормального и пониженного. В процессе внедрения технологии точного внесения удобрений группировка может

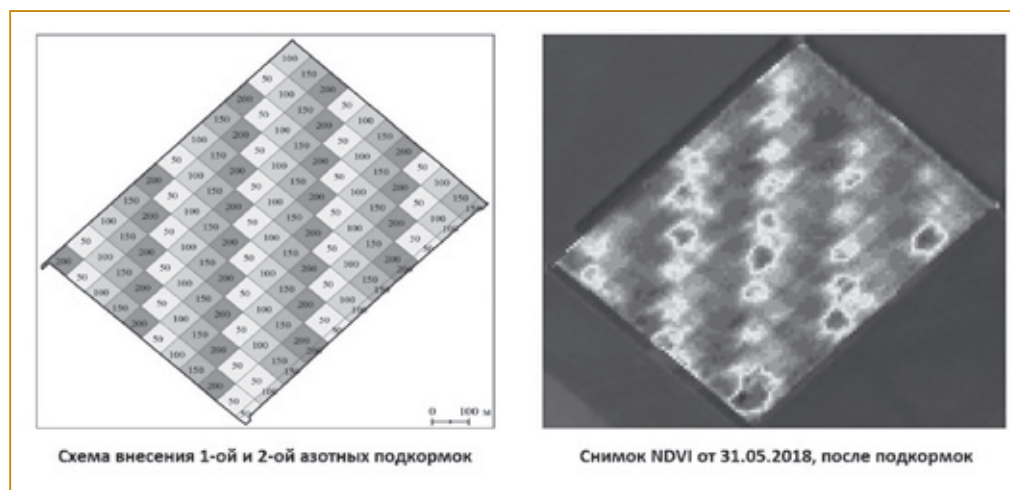


Рис. 2. Схема опыта и значения NDVI после подкормок

так как сверху казалось бы одинаковые почвы могут иметь сильно различающийся профиль и, соответственно, свойства.

Технологическая цепочка точного внесения удобрений

Создание карт ASF-индекса и их верификация представляют собой глубокое, разностороннее, комплексное и индивидуальное обследование земель, оцифрованный результат

которого представляет собой карты-задания — основу для работы систем точного земледелия. Качественно проведенное комплексное обследование угодий — фундамент эффективности технологии.

Оцифрованные данные комплексного обследования — карты-задания — передаются на цифровой носитель знаний (USB-флеш-накопитель) и загружаются в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники. Бортовой компьютер выполняет роль управляющего устройства, в соответствии с картой-заданием регулирующего с помощью исполнительных механизмов работу сельскохозяйственной техники. Специальной техники для работы по картам-заданиям не требуется: как правило, всегда можно дооборудовать имеющуюся технику. Гораздо важнее грамотно произвести первоначальную настройку машин, тогда

Верификация карты ASF-индекса

Прежде чем использовать карту ASF-индекса в качестве карты-задания для «умных» систем земледелия, она должна пройти верификацию. Процесс верификации состоит в определении, сверке и уточнении лимитирующих плодородие факторов. В этих целях изучаются картографические материалы (почвенная карта, геоморфологическая и пр.), проводится почвенное и лабораторное обследование угодий. Почвенное обследование или картирование — неотъемлемая и крайне важная часть верификации, дающая критически важную информацию. Почвенные разрезы часто сильно меняют представление о почвенном покрове,

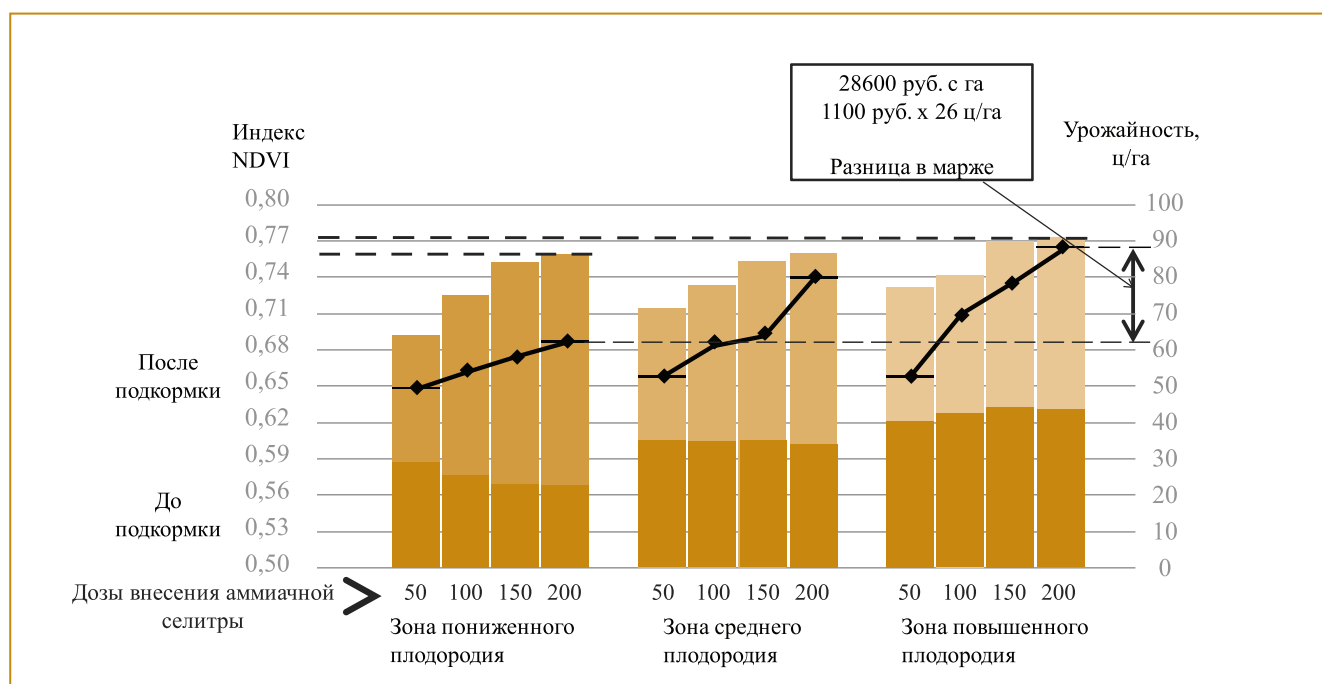


Рис.3. Динамика индекса NDVI и урожайности при дифференцированном внесении аммиачной селитры по зонам плодородия



Рис. 4. Результаты тестирования технологии ТВУ в одном из хозяйств Краснодарского края

агротехнические операции будут выполнены в строгом соответствии с картой-заданием. Дальнейшей перенастройки при загрузке новой карты-задания не потребуется — техника будет настраиваться автоматически.

В первый год внедрения технологии идет ее апробация, обучение сотрудников хозяйства и при необходимости дооснащение машинного парка. В следующие два года идет донастройка технологии с целью уточнения и установления оптимальных норм удобрений: на определенных полях закладываются полевые опыты, их данные анализируются и в соответствии с результатами опытов корректируются нормы удобрений и зоны плодородия. Возможна детализация зон плодородия и выделение новых: например, часто зона повышенного плодородия разделяется на две подгруппы. Донастройка позволяет получить еще больший экономический эффект от ТВУ.

В 2020 г. отмечался всплеск интереса сельхозпроизводителей к дифференцированному посеву и дифференцированной десикации. Данные операции легко осуществимы, если есть надежная база — карты-задания на основе ASF-индекса. Технологически между ТВУ и дифференцированным внесением других материалов нет принципиальной разницы, но ТВУ имеет большую экономическую отдачу и является базовой технологией.

Экономическая эффективность технологии.

Экономическая эффективность технологии оценивается, исходя из базовой маржи — прибыли, которую хозяйство получает при недифференцированном применении некой средней нормы удобрений. Когда

эта же средняя норма вносится дифференцированно, перераспределяясь по зонам плодородия — в красной зоне пониженного плодородия меньшая норма, в зеленой зоне повышенного плодородия — наибольшая, возникает прирост маржи, равный в первый год внедрения технологии в среднем 2 тыс. руб./га. В следующие два года, когда идет донастройка технологии и для каждой зоны плодородия уточняются и подбираются наиболее эффективные дозы удобрений, прирост маржи увеличивается еще больше: в среднем он может достигать 10 тыс. руб./га. В то же время при равномерном, недифференцированном, внесении такой нормы хозяйство получило бы отрицательный прирост маржи (рис. 4).

Закключение

Таким образом, цифровизация является необходимой составляющей выражения и передачи информации о внутриполевой неоднородности, а с помощью процесса автоматизации достигается эффективность и производственная точность при реализации технологии ТВУ. В свою очередь, через технологии точного земледелия в растениеводстве реализуется созидательная функция процессов цифровизации и автоматизации.

В практическом смысле ТВУ позволяет не только повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, но и его экологичность. Зоны плодородия отражают не только свойства почвы как отдельного природного тела, но и ее положение в ландшафте, а, значит, учитывают положение почвы в экосистеме и ее влияние на прочие компоненты этой системы.

Разоренная Дарья Юрьевна — контент-менеджер ООО "Агроноут".

Контактный телефон (499) 502-52-23.

[Http://www.agronote.ru](http://www.agronote.ru)