

УДК 330.131.52:631.588

К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Утенков Г.Л.

*Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации СФНЦА РАН,
Краснообск, e-mail: utenkov1951@mail.ru*

Возделывание зерновых культур является преобладающим, а производство пшеницы составляет основу зернопродуктового подкомплекса страны и определяет ее продовольственную безопасность. Однако биологический потенциал возделываемых культур реализуется на одну треть. Ряд научно-исследовательских учреждений рекомендуют освоение зональных интенсивных технологий. Для условий Сибири с экстремальными почвенно-климатическими условиями СибНИИЗХ СФНЦА РАН не рекомендует применять интенсивные технологии. Любая технология содержит определенную последовательность технологических операций. Но сама проблема управления, заключающаяся в выборе оптимального числа операций, определении их размера и времени выполнения, не решена даже в системах точного земледелия. При выборе технологии отсутствует системный подход. Отсутствует мера близости для оценки неоднородности почвенного покрова. Не определен уровень преобразования неоднородности почвы. Цель работы: разработать методические положения и установить взаимосвязи и зависимости между основными свойствами и состоянием почвы, а также показателями технологических операций, обеспечивающих требуемую эффективность машинных технологий возделывания зерновых культур, как сложных систем. Основные результаты. Использование методических положений синергетики позволило установить, что применение усредненных для почвенно-климатических зон агротехнологий не обеспечивает получение максимальной урожайности одновременно на всей площади пашни. Для конкретных условий предложен автоматизированный технологический комплекс почвообработки, а для выделения однородных участков по обобщенному показателю твердости почвы, предложены новые технические решения на уровне изобретений.

Ключевые слова: неоднородность почвы, твердость почвы, технологическая операция, агротехнология, технологический комплекс почвообработки, точное земледелие, системный подход, синергетика, синтез

TO ESTIMATE THE EFFICIENCY OF MACHINE TECHNOLOGIES OF CULTIVATION GRAIN CROPS

Utenkov G.L.

*Siberian research Institute of agriculture and chemicalization SFNCE RAS, Krasnoobsk,
e-mail: utenkov1951@mail.ru*

The cultivation of crops is predominant, and wheat production represented the basis of grain products sub complex of the country and determines its food security. However, the biological potential of crops is realized by one-third. A number of research institutions recommend the use of the zonal intensive technologies. For conditions of Siberia and extreme soil and climatic conditions SIBRIACH SFSCA RAS is not recommended to apply intensive technologies. Every technology contains a certain sequence of technological operations. But the management problem consists in choosing the optimal number of operations, determining their size and time of execution, not solved even in systems of precision farming. The choice of technology there is no systematic approach. There is no measure of proximity to evaluate the heterogeneity of the soil cover. Not determined the level of conversion of heterogeneity of the soil. Objective: to develop methods and establish relationships and dependencies between the basic properties and soil condition, as well as indicators of technological operations, delivering the desired machine efficiency of technologies of cultivation of grain cultures as complex systems. Main results. The use of methodological principles of synergetics has allowed to establish that the use of averaged soil – climatic zones agro-technologies produces maximum yields at the same time on all arable land. For the specific conditions of the proposed auto-matirovanie technological complex of cultivation, and for the allocation of homogeneous plots of Poincare illustrating the hardness of the soil, the proposed new technical solutions at the level of inventions.

Keywords: heterogeneity of soil, soil hardness, process operation, agrotechnology-Gia technological complex tillage, precision farming, system approach, synergy, synthesis

В отрасли растениеводства сельскохозяйственного производства преобладает возделывание зерновых культур, общая площадь которых в Сибирском федеральном округе в 2016 г. составила 9939,97 тыс. га. Причем площади посевов пшеницы занимают 65%. Производство пшеницы составляет основу зернопродуктового подкомплекса страны, от развития которого

в значительной степени зависит ее продовольственная безопасность. Однако биологический потенциал созданных сортов реализуется на одну треть, что обусловлено низким уровнем технологичности производства, невысокой окультуренностью почв и недостаточным применением удобрений и средств защиты растений. Считают [1], что деиндустриализация страны сделала

зависимость сельского хозяйства от почвенно-климатических условий, снижающих устойчивость отрасли и экономики страны в целом. Возросли существенные потери в аграрном секторе от нерационального размещения сельскохозяйственного производства по зонам и регионам. Одной из причин стагнации отечественного производства, массового импорта, считает В.А. Панфилов, является методологический кризис в науке и инженерии АПК страны. Необходим системный подход к решению проблем АПК России, что позволяет создавать технологические комплексы, обеспечивающие интеграцию и синтез различных технологических процессов.

Стратегическим направлением научно-технического развития производства высококачественного зерна пшеницы должно стать освоение зональных интенсивных технологий, обеспечивающих эффективное использование почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации, учитывающих требования систем ландшафтного земледелия и экологической безопасности. Достижения высокой степени использования зональных почвенно-климатических ресурсов для формирования урожая обеспечивается за счет подбора оптимальных вариантов элементов технологии. Максимальная эффективность достигается при варьировании операциями в принятой технологии, отмечает В.И. Кирюшин. Однако экономисты пока еще не доработали теорию интенсивного экономического роста. Согласно [2], «Нам недостает знаний более высокого уровня, благодаря которым становится возможным увидеть не только уже выясненную причину экономического явления, но и ее истоки, – совокупность событий, подготовивших рассматриваемую ситуацию».

Материалы и методы исследования

Организация любого производства должна начинаться с технологии, а экономика с производства. Агротехнологию можно рассматривать как единство четырех составляющих [3]: последовательный перечень взаимосвязанных и взаимообусловленных технологических операций; параметры агротребований, которые должны быть достигнуты путем выполнения той или иной операции; необходимые для выполнения операции материально-технические средства; база информационной поддержки агротехнологий и технические средства диагностики состояния посевов и параметров среды. Если технология не изменяется, то производство и экономика находятся в застое. Поэтому для каждой природной зоны и почвенной разновидности необходимо создавать экономически целесообразную степень окультуренности почв с определением оптимального уровня интенсификации, обеспечивающего получение гарантированного урожая и окупаемость капиталовложений в техническую базу. Однако, как следует из анализа работы [4],

урожайность всюду стагнирует, за исключением небольшого числа крупных агрохолдингов. Основная причина этому продолжительная несменяемость технологий. Большинство производителей применяют экстенсивные технологии, являющиеся самыми эффективными; требуют минимальных затрат, но дают максимальную удельную прибыль производителям. Остальные три технологии, предназначенные для получения более высоких урожаев, дороги и рассчитаны либо на значительные дотации государства, либо на весьма выгодные условия, присущие холдингам.

Профессор Л.В. Березин, отмечая основное кредо Н.В. Орловского и Н.Д. Градобоева, пишет: «Природа не любит однообразия. Каждая почва – плод неповторимого сочетания реакции на действие почвообразующих факторов. И наша цель – познать эти взаимосвязи. ...В природе полей с определенными почвами нет, повсеместно распространены лишь почвенные комбинации. Следовательно, система обработки должна ориентироваться на почвенные комплексы, если они являются фоном того или иного ландшафта». Другие полагают, что почва как целостная гетерогенная система представляет собой совокупность ряда более простых гомогенных систем, взаимодействие между которыми приводит к возникновению новых качеств, не наблюдавшихся у образующих ее компонентов. Гетерогенность состоит в том, что в почве постоянно зарождаются новые химические, биохимические, геохимические микропроцессы на фоне уже протекающих и большей частью еще не закончившихся. Согласно А.Д. Арманду, классические отвальные обработки вывели пашню далеко за пределы равновесного состояния. Смещение равновесия свойств путем воздействия на объект различных факторов, других объектов, времени и пространства обнаруживает новые свойства, часто неожиданные и неизвестные. При этом имеет место синергетический эффект. Однако в условиях Сибири не рекомендуется применение интенсивных технологий при наличии почв неоднородного состава, а также в засушливый период [5]. Технологии промышленных производств останутся на ближайший период несущей конструкцией экономики, которая останется многоукладной. С повышением уровня интенсификации производства и планируемой урожайности доля потребления растениями элементов питания из почв уменьшается, однако при этом возрастает доля влияния на урожай водно-физических, биологических, физико-механических свойств почвы. Однако максимально возможный урожай сельскохозяйственных культур определяется в первую очередь климатическими условиями.

Технология состоит из целого ряда подсистем, которые, в свою очередь, из элементов – технологических операций, представляющие собой комплекс типичных физических, химических и биохимических процессов. Чем больше система, тем выше должна быть ее организация, тем лучше должно быть управление [6]. Любая технология содержит последовательность технологических операций, а сама проблема управления заключается в выборе оптимального числа операций, определении их размера и времени выполнения. Именно эта проблема пока не решена даже в самых современных системах точного земледелия, отмечает И.М. Михайленко. Однако на первый план ставят значимость энергии. Нет энергии – нет жизни. Нет энергии – нет материального производства [7].

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства в современных условиях является обеспечение дальнейшего роста производительности труда на всех операциях по возделыванию сельскохозяйственных культур при сохранении высокого качества выполнения работ, что достигается, согласно Л.В. Гячеву, если:

1) принципы действия и механические характеристики рабочих органов соответствуют агротехническим требованиям и условиям работы машины;

2) обеспечение устойчивого движения машины при заданной рабочей скорости.

Применение агротехнологий без учета пространственной и временной вариабельности параметров плодородия почв приводит к нарушению равновесия агроэкосистем. Поэтому важной задачей является определение количественных показателей их изменчивости на том или ином поле [3]. Актуальным также является создание научно обоснованной методики разделения реально неоднородного сельскохозяйственного поля на условно однородные участки с возможным применением недифференцированных агротехнологий. Однако для решения проблемы однородности почв нужна мера близости, отсутствие которой сдерживает количественную оценку неоднородности почвенного покрова. Анализ работ показывает, что не установлено, до какого уровня необходимо преобразовывать неоднородность почвы [8], а при выборе технологии отсутствует системный подход [9]. Поэтому важным моментом повышения эффективности возделывания зерновых культур с использованием машинных технологий остается поиск экологических ниш [5].

Цель работы: разработать методические положения и установить взаимосвязи и зависимости между основными свойствами и состоянием почвы, а также локальными показателями технологических операций, обеспечивающих получение требуемых выходных показателей машинных технологий возделывания зерновых культур, как сложных систем.

Методы исследования: методы оптимизации, анализа и синтеза, системный подход.

Результаты исследования и их обсуждение

Научным фундаментом проектирования и создания больших сложных систем является синергетика, как часть общего системного анализа, поскольку и в синергетике, и в системном анализе основной интерес представляют общие принципы, лежащие в основе функционирования системы. Синергетика позволяет осуществлять интеграцию, междисциплинарность, а также осуществлять синтез различных технологических процессов [6].

По А.Д. Воронину, почва представляет собой динамическую систему. Согласно [10], именно изучением динамических систем и процессов занимается синергетика. В соответствии с положениями синергетики, для природных объектов, находящихся за пределами равновесного состояния, важна не величина, а форма пространственного распределения энергии. Отсюда вытекает

главный вывод – применение усредненной для природно-климатической зоны агротехнологии не дает желаемых результатов.

В первом приближении, для описания динамических процессов, рекомендуется [10] применять экспоненциальные зависимости. В качестве теоретической предпосылки, учитывающей взаимосвязь между размером посевных площадей и урожайностью возделываемых зерновых культур, принята экспоненциальная зависимость вида

$$F = F_0 e^{-\alpha Y_{\text{дву}}}, \quad (1)$$

или

$$\ln \frac{F}{F_0} = -(\alpha Y_{\text{дву}}) = -\left(\frac{Y_{\text{дву}}}{Y_a} \right), \quad (1a)$$

где F , F_0 – соответственно посевная площадь культуры и имеющиеся в конкретном хозяйстве площади пашни; $Y_{\text{дву}}$ – действительно возможная величина урожайности. Знак «минус» указывает на уменьшение урожайности с ростом площадей посева.

Принято считать, что при возделывании сельскохозяйственных культур постоянной величиной обладают площади, а величина урожайности относится к переменной величине, зависящей от множества факторов и условий.

С позиции экономической эффективности, точка безубыточности характеризует предельное значение окупаемости затрат на получение урожайности имеет вид

$$\delta Y = \frac{B}{C - A_0} = \frac{q}{\beta - 1}, \quad (2)$$

где B – условно-постоянные затраты; $A = A_0 Y$ – условно-переменные затраты; A_0 – удельные условно-переменные затраты; Y – действительно возможная урожайность возделываемой культуры; C – цена реализуемой зерновой продукции; $q = B/A_0$ – относительный показатель затрат; $\beta = C/A_0$ – относительная (вновь созданная) стоимость продукции.

Для условий Российской Федерации, $\beta = 1,3-2,2$. Для сельскохозяйственного производства условно-переменные затраты в общей структуре затрат составляют, $A = 70-80\%$, а условно – постоянные затраты, $B = 20-30\%$ [11].

Подставляя усредненные значения затрат и их соотношение в выражение (2), имеем

$$\delta Y = \frac{q}{\beta - 1} = \frac{0,33}{0,75} Y = 0,44 Y. \quad (3)$$

Согласно принципу Р. Беллмана, оптимальная траектория должна состоять из

составляющих ее оптимальных элементов. В нашем случае, величина действительно возможной урожайности должна соответствовать оптимальной величине, обеспечивающей, согласно Н.В. Красношекову, окупаемость капложений. Исходя из целевого функционала прибыли и исследования ее на экстремум, нами [12] получена функция, позволяющая решать задачи структурного синтеза:

$$Y = \frac{B}{C - A_0} + \frac{1}{\alpha}, \quad (4)$$

где α – параметр, характеризующий природно-климатические условия возделывания зерновых культур.

Упростим выражение (4), приводя его к аддитивному выражению, отражающему зависимость оптимальной величины урожайности от двух блоков:

1) экономический блок, представляющий собой точку безубыточности, δY ;

2) блок природно-климатических условий, оцениваемых величиной $Y_\alpha = 1/\alpha$;

$$Y = \frac{B}{C - A_0} + \frac{1}{\alpha} = \delta Y + Y_\alpha. \quad (4a)$$

Разделив правую часть выражения (4a) на урожайность, получим долевое участие каждого блока в конечном результате:

$$1 = \frac{\delta Y}{Y} + \frac{Y_\alpha}{Y}. \quad (5)$$

Согласно имеющимся рекомендациям [5], эффективное возделывание зерновых культур обеспечивается в экологических нишах, где преобладают «даровые силы природы». Следовательно, оптимальная величина урожайности зерновых культур будет обеспечиваться при соблюдении условия, вытекающего из выражения (5):

$$\frac{\delta Y}{Y} < \frac{Y_\alpha}{Y}. \quad (6)$$

С учетом выражения (5) определим долю вклада природно-климатических условий в конечной величине урожайности:

$$\frac{Y_\alpha}{Y} = 1 - \frac{\delta Y}{Y}. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (7) величину относительной точки безубыточности из выражения (3), имеем

$$\frac{Y_\alpha}{Y} = 1 - 0,44 = 0,56. \quad (8)$$

Из полученного решения (8) следует, что долевое участие природно-климатических условий в конечной величине урожайности составляет больше половины, что подтверждает рекомендации [5]. Имеющиеся исследования И.Г. Пыхтина показыва-

ют, что соотношение антропогенных затрат и природных находится на уровне 50:50.

Из выражения (8) определим параметр условий, α :

$$\alpha = \frac{1}{Y_\alpha} = \frac{1}{0,56 \times Y} = \frac{1,78}{Y}. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что параметр условий « α » представляет собой гиперболическую функцию от величины урожайности, на получение которой должны проектироваться машинные технологии. Это подтверждает сложившиеся положения, утверждающие, что каждому значению условий необходимо разрабатывать свои операционные технологии, что в полной мере соответствует принципу сбалансированности.

Учитывая выражения (1a, 8), можно определить конкретную площадь посева зерновых культур, которая обеспечит получение максимума прибыли для принятой технологии:

$$\ln \frac{F_0}{F} = \frac{Y_{\text{дву}}}{Y_\epsilon} = 1,78$$

или

$$F = 0,1667 F_0.$$

Из полученного решения следует, что в среднем площадь минимального участка, обеспечивающего получение урожайности с прибылью, составляет 16,67% от имеющегося общего объема посевных площадей. Согласно [13], только 10–15% хозяйств применяют технологии интенсивного типа. Для СФО, по данным В.К. Каличкина, доля площадей, на которых можно применять интенсивные технологии, составляет 10%.

Для конкретных условий применение предложенного методического подхода и полученных зависимостей и взаимосвязей позволили разработать автоматизированный технологический комплекс почвообработки [14], что отражает решение задачи параметрического синтеза, а для выделения однородных участков по обобщенному показателю физико-механических свойств обоснована твердость почвы, предложены новые технические решения, подтвержденные патентами на изобретения [15]; устройство для непрерывного определения твердости почвы. Патент № 2578444 на новое техническое устройство от 12 марта 2015 г.

Выводы

1. Возделывание зерновых культур, являющихся преобладающими, требуют совершенствования методического подхода и установления зависимостей, позволяющих

выявить новые факторы, учет которых обеспечивает эффективное их возделывание.

2. Полученные зависимости позволили установить, что одновременно на всей имеющейся площади посева нельзя получить урожайность, обеспечивающую максимум прибыли, и подтверждают необходимость осуществления специализации и соответствующего размещения зерновых культур по природно-климатическим зонам.

3. Предложенные методические положения и технические решения могут быть использованы для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур на почвах с неоднородным почвенным покровом.

Список литературы

1. Амосов А. О возрождении всероссийских агропромышленных и агропродовольственных рынков / А.О. Амосов // Экономист. – 2017. – № 4. – С. 29–37.
2. Корняков В. Производительность труда: критические темпы роста / В. Корняков // Экономист. – 2008. – № 4. – С. 51–59.
3. Якушев В.В. Точное земледелие: теория и практика. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
4. Липкович Э.И. Человеческий фактор в землепользовании / Э.И. Липкович // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 3. – С. 36–43.
5. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / В.И. Кирюшин, А.Н. Власенко, В.К. Каличкин и др.; под ред. В.И. Кирюшина, А.Н. Власенко; РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗхим. – Новосибирск, 2002. – 388 с.
6. Баутин В.М., Панфилов В.А. Парадигма развития технологий АПК / В.М. Баутин, В.А. Панфилов // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 6. – С. 18–31.
7. Мурадов Ш.О. Некоторые вопросы биоэнергетики экономики / Ш.О. Мурадов // Проблемы науки. – 2017. – № 3. – С. 6–8.
8. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 160 с.
9. Голубев А.В. Тенденции аграрной динамики России: монография. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 226 с.
10. Хакен Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 423 с.
11. Белякова А. Механизм формирования земельной ренты и арендной платы при аренде земельных участков сельхозназначения / А. Белякова // АПК: Экономика, управление. – 2014. – № 2. – С. 89–93.
12. Утенков Г.Л. Стратегия формирования машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Сибири / Г.Л. Утенков // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 2. – С. 123–127.
13. Алтухов А.И. Техничко-технологический потенциал зернового хозяйства страны и необходимость его модернизации / А.И. Алтухов // Экономика сельского хозяйства России. – 2015. – № 1. – С. 12–26.
14. Утенков Г.Л., Добролюбов И.П. Автоматизированные технологические комплексы почвообработки / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние. СибИМЭ. – Новосибирск, 2006. – 380 с.
15. Utenkov G.L. Improvement of technological processes and improving the quality of tillage in Siberia / G.L. Utenkov // European Journal of Natural History. Agricultural sciences Article. – 2016. – № 4. – P. 4–7.