

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ

Утенков Г.Л., канд. техн. наук, Сибирский НИИ СФНЦА РАН СибНИИЗИХ,
г. Новосибирск, Россия,

<https://orcid.org/0000-0001-9070-4279>, utenkov1951@mail.ru

Ветохин В.И. д-р техн. наук, УкрНИИПИТ им. Л.Погорелого, пгт. Дослідницьке, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>. veto.vladim@gmail.com

Аннотация. Показано, что агротехнологии определяют значительную долю эффективности возделывания зерновых культур. Урожайность зерновых культур в последние десятилетия не растет, что объясняется продолжительной несменяемостью технологий и недостаточной обеспеченностью сельского хозяйства современной техникой. При выборе технологий отсутствует системный подход, а техническое оснащение является лимитирующим фактором их реализации.

Цель исследований Обоснование направлений совершенствования машинных технологий возделывания зерновых культур в условиях Сибири, обеспечивающих требуемые значения выходных показателей их эффективности. **Использованы методы системного анализа и статистики. Результаты исследования.** Расширился принцип оценки агробиотехнологий исходя из коэффициент $K_{\text{Фар}}$ энергетического использования фотосинтетически активной радиации. Однако при осуществлении технологических операций результат не оценивается исходя из энергетической эффективности, а оценивается по косвенным показателям соответствия агротехническим показателям.

В противовес классическим представлениям, новые способы обработки почвы основываются на придании структурной неоднородности пласта как по ширине, так и по глубине обработки. На основе анализа результатов многолетних агротехнологических исследований предложено устранение противоречий путем применения технологической схемы обработки почвы, предусматривающей две фазы регулирования сложения пласта. Задача первой фазы является создание оптимальных условий для получения всходов при исходном плотном сложении почвы, что обеспечивается

обработкой почвы на глубину заделки семян. Не исключается прямой посев при наличии соответствующих агрегатов.

Предложена зависимость для оценки влияния почвенной контрастности на урожайность возделывания зерновых культур. Предложено новое техническое решение (патент №2578444), позволяющее определять в непрерывном интервале времени обобщенную характеристику состояния почвы – ее твердость. Данный показатель имеет функциональную связь с технологическими характеристиками почвы, что в целом позволяет выделять квазиоднородные участки поля.

Выводы. Показано, что агротехнологии определяют значительную долю эффективности возделывания зерновых культур. Однако при выборе технологий отсутствует системный подход, а техническое оснащение является лимитирующим фактором их реализации. Желаемые показатели эффективности машинных агротехнологий могут быть получены путем управления неоднородностью структуры почвенного покрова. Результат осуществления технологических операций необходимо оценивать исходя из показателей максимально характеризующих энергетическую эффективность, а именно по изменению обменных процессов в пласте почвы. Технологические операции по обработке почвы должны быть направлены на создание разного уровня структурной неоднородности обрабатываемого слоя почвы.

Ключевые слова: эффективность технологий, неоднородность структуры почвенного покрова, энергетическая эффективность обработки почвы, фазы регулирования сложения пласта, обменные процессы в пласте почвы.

Постановка проблемы. Производство зерна традиционно считается ведущим звеном всего продовольственного комплекса и служит одной из важнейших характеристик экономической самостоятельности и благосостояния региона. Исследования показывают, что урожайность зерновых культур в последние десятилетия не растет, что объясняется продолжительной несменяемостью технологий и недостаточной обеспеченностью сельского хозяйства современной техникой. Считается, что производство зерна необходимо увеличивать как за счет мобилизации экстенсивных, так и интенсивных факторов, одновременно задействуя естественные, инновационные и инвестиционные механизмы развития зернового хозяйства.

В связи с этим, выявление новых принципов существования агробιοтехнологических систем – актуальная задача.

Анализ последних исследований и публикаций показывает, что на значительной территории технологии земледелия не в полной мере соответствуют природным условиям. В большинстве районов и климатических зонах существенно не соответствуют биологические и экологические циклы возделывания зерновых культур [1]. Так коэффициент $K_{\text{ФАР}}$ энергетического использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) в большинстве районов менее 1% при теоретически достижимом значении 5 % и более. На основании биоэнергетического подхода автор предлагается трехкомпонентный анализ зональной энергопродуктивности возделываемых культур [1]: - агробιοлогический уровень энергетического совершенства используемых культур и сортов; - технологический уровень энергетического совершенства агротехнических приемов; - технический уровень энергетического совершенства используемой системы машин.

Агробιοлогический уровень энергетического совершенства является высшим уровнем по отношению к остальным и базируется на основных зональных эколого-энергетических факторах. Применяемые технологии являются первичным уровнем зернового производства, где сконцентрированы ресурсы, техника и кадры. Эффективность работы такого технологического комплекса и результативность его применения будут зависеть от сбалансирован-

ности составляющих его элементов. Согласно [2], агротехнологию можно рассматривать как единство четырех составляющих: - последовательный перечень взаимосвязанных и взаимообусловленных технологических операций; - значения параметров агротребований, которые должны быть достигнуты путем выполнения той или иной операции; - необходимые для выполнения операции материально-технические средства; - информационная база агротехнологий и технические средства диагностики состояния посевов и параметров среды.

Потенциальные возможности агротехнологий, раскрываются и используются полнее, если они и слагающие их компоненты вписываются в природную обстановку данного региона, обеспечивая наиболее полное использование биоклиматических ресурсов территории [3, с.20]. Поэтому зональность как объективный фактор определяет базовую технологию, в наибольшей степени отвечающую местным условиям производства зерна.

Профессор Л.В. Березин пишет: «... 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». Поэтому важным резервом повышения эффективности возделывания зерновых культур с использованием машинных технологий остается поиск экологических ниш [4].

Методология формирования технологии заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции, а их количество зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. При этом технологии в сельском хозяйстве должны отвечать требованиям закона эффективности, в соответствии с которым темпы прироста продуктивности должны опережать темпов роста затрат. Масштабность и востребованность технологий зависит от экономико-технологических результатов, которые могут быть достигнуты при их использовании. Наиболее полно ту или иную технологию характеризует удельный расход ресурсов на единицу продукции. Чем меньше ресурсов необходимо для про-

изводства центнера продукции, тем больше она адаптирована к местным условиям, тем эффективнее используется биоклиматический потенциал территории [3, с.213].

Однако, на значительных сельскохозяйственных территориях господствует экстенсивное земледелие, базирующееся на эксплуатации естественного плодородия почв [5]. Проблема управления агротехнологиями заключается в выборе оптимального числа технологических операций, определении их размера и времени исполнения, и пока не решена даже в самых современных системах точного земледелия [6]. Предлагаемые, фирмами-поставщиками точного земледелия, технологии управления научно недостаточно обоснованы и не учитываются основные особенности конкретного сельскохозяйственного поля, как объекта управления.

Отмечая положительные стороны точного земледелия, авторы [5] указывают на необходимость решения первоочередных задач, сдерживающих развитие точного земледелия. Самая фундаментальная из них - это необходимость получения новых знаний о продукционном процессе сельскохозяйственных культур, для управления ростом и развитием посевов. Учесть все изменения погоды, состояния почвы, особенности продукционного процесса того или иного сорта выращиваемой культуры, а также определять технологические приемы в реальных условиях чрезвычайно сложно. Поэтому можно согласиться с мнением профессора А.В. Голубева [7] в том, что при выборе технологий, по крайней мере, отсутствует системный подход.

В связи со сказанным, технику можно рассматривать как совокупность средств воздействия на природные процессы.

Согласно [8], 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 параметров почвы.

Согласно [9], модель урожайности сельскохозяйственной культуры с учетом неоднородности факторов плодородия состоит из двух блоков:

- модель пространственной изменчивости состояния почвы;

- модель функции отклика сельхоз культуры на действие фактора.

Установлено [10], что производительная способность земель зависит не только от состава почвенного покрова на участке, но и от частоты и характера их пространственной смены и чередования, от различий в состоянии соседствующих почв.

Однако для решения проблемы однородности почв необходима мера близости, отсутствие которой сдерживает количественную оценку неоднородности почвенного покрова. К тому же, как следует из работы [11], исследованиями не установлено, где и до какого уровня необходимо преобразовывать неоднородность почвы. Однако в последнее время проводятся исследования для понимания последствий гетерогенности почв для популяций и сообществ растений [12] и моделирование влияния неоднородности почвы на изменчивость роста сельскохозяйственных культур в полевых масштабах [13].

Цель работы. Обоснование направлений совершенствования машинных технологий возделывания зерновых культур в условиях Сибири, обеспечивающих требуемые значения выходных показателей их эффективности.

Основные результаты исследований. Неоднородность состояния почвенного покрова и его отдельных показателей является причиной очень высокого (до 2-3 кратного) варьирования урожайности внутри поля, даже в условиях однородного технологического фона. При этом считается, что неоднородность, или структура почвенного покрова (состав компонентов, их долевое участие, размещение), относится к трудно регулируемыми факторам, ограничивающим потенциальные возможности интенсивного использования земель и влияющим на эффективность управления факторами плодородия [14].

В последнее время зреет понимание того, что создание структурной неоднородности почвы посредством технологических операций ее обработки, повышает устойчивость системы в нестабильных климатических условиях. Примером могут служить различные технологии на базе полосовой обработки почвы.

В противовес классическим представлениям,

новые способы обработки почвы основываются на придании структурной неоднородности пласта как по ширине, так и по глубине обработки [15-17]. Так, например, новый способ безотвальной обработки почвы предполагает создание трещиноватой структуры почвы путем глубокой обработки осенью и мульчирующую весеннюю обработку на глубину посева [17].

Однако, по нашему мнению, сложившийся в традиционном земледелии комплекс технологических приемов противоречив. В частности это относится к системе зяблевой обработки почвы в зонах умеренного климата. Для создания с осени оптимальных условий для накопления влаги, почва максимально разрыхляется, а затем она целенаправленно уплотняется для получения дружных и равномерных всходов. В последнее время для этих целей используются сложные агрегаты, выполняющие ряд технологических операций.

Существующие технологии основаны на представлении о том, что семена должны контактировать с почвой с высокой капиллярной проводимостью для обеспечения пассивного осмоса влаги семенами. При переходе на корневое питание капиллярное передвижение влаги теряет ведущую роль, поскольку скорость ее передвижения в ненасыщенном состоянии на порядок ниже скорости продвижения корней [18]. В этот период предпочтительно более рыхлое сложение почвы, обеспечивающее лучшее усвоение влаги осадков, особенно при их высокой интенсивности.

На основе анализа результатов многолетних агротехнологических исследований [19] предложено устранение отмеченных противоречий путем применения технологической схемы обработки почвы [20], предусматривающей две фазы регулирования сложения пласта.

Задача первой фазы является создание оптимальных условий для получения всходов при исходном плотном сложении почвы, что обеспечивается обработкой почвы на глубину заделки семян. Не исключается прямой посев при наличии соответствующих агрегатов.

Вторая фаза, собственно основная обработка почвы, осуществляется после укоренения проростков высеванных культур или после получения всходов, на ранних этапах органогенеза полевых культур.

Глубокое рыхление почвы обеспечивает крупнокомковатое сложение корнеобитаемого слоя пласта почвы с долей фракции размером более 25 мм более 50% и проводится чизельными рыхлителями. Скачкообразное изменение рыхлости почвы и соответственно ее фракционного состава оказывает решающее негативное влияние на развитие проростков сорных растений: устраняет необходимые условия укоренения проростков сорняков. Проростки сорняков, попадая в промежуток между комками почвы, в дальнейшем развиваются не находя опоры, не могут укорениться и погибают, исчерпав запас питательных веществ семени.

Для оценки влияния почвенной контрастности K_k на урожайность $У$ возделывания зерновых культур предлагается использовать выражения [21]:

$$У = - 0,425 K_k + 23,541.$$

С учетом коэффициента детерминации равным 0,55 можно утверждать, что урожайность на 55% зависит от контрастности почвенного покрова. Изложенные предпосылки [21 и 22] позволяют утверждать, что регулирование неоднородности структуры почвенного покрова (НСПП) позволяет выполнить требование [23] или достичь желаемый рост эффективности зернового производства в условиях Сибири. Например, для получения среднемировой величины урожайности, $\bar{Y} = 3,0 \text{ т/га}$, с использованием ранее полученного нами [22] критериального выражения прибыли, величина потребной НСПП определится из выражения

$$y = \frac{B}{C-A} + \frac{1}{\alpha} = \delta Y + Y \alpha$$

$$\text{и условия } \rho = \frac{Y \alpha}{\bar{Y}} = \frac{1}{\alpha \times 3,0} = 0,56,$$

получаем требуемую величину « α », являющуюся функцией от НСПП.

Для условий Сибири это величина составляет:

$$\alpha = \frac{1}{1,68} = 0,535$$

Полученная величина $\alpha = 0,535$, как функция от НСПП, указывает на необходимость более точного применения методов расчета параметров механико-технологического обеспечения при возделывании зерновых культур, с учетом структуры почвенного покрова. Или же, как

альтернативный вариант, необходимо более точная оценка имеющегося финансового ресурса и учета экологических требований для специализации и размещения зерновых культур в зависимости от зоны.

По данным [5], еще не даны окончательные ответы на вопросы, какие преимущества представляет переход от управления по пространственно осредненным показателям всего поля к дифференцированной технологии воздействия по его отдельным квазиоднородным участкам. Не установлено какие потери теоретически могут возникнуть в связи с игнорированием пространственной вариабельности агрохимических, агрофизических условий и физиологического состояния посева в пределах поля. Поэтому целесообразность производства того или иного вида продукции в тех или иных количествах нужно искать последовательно, итерационным путем. Целесообразно определять природные ограничения (климат, почва, сорта растений и т.п.) в соотношении с реальным состоянием производства на данный момент времени и прогнозом его материально-технического, информационного, финансового и кадрового обеспечения в будущем.

В работе [24], нами раскрыты основные взаимосвязи физических и технологических параметров почвы.

Выводы. Показано, что агротехнологии определяют значительную долю эффективности возделывания зерновых культур. Однако при выборе технологий отсутствует системный подход, а техническое оснащение является лимитирующим фактором их реализации. Для принятия обоснованных инженерных решений необходимы новые фундаментальные и прикладные знания о продукционном процессе сельскохозяйственных культур.

Желаемые показатели эффективности машинных агротехнологий могут быть получены путем управления неоднородностью структуры почвенного покрова. Результат осуществлении технологических операций необходимо оценивать исходя из показателей максимально характеризующих энергетическую эффективность, а именно по изменению обменных процессов в пласте почвы. Технологические операции по обработке почвы должны быть направлены на создание разного уровня структурной неоднородности обрабатываемого слоя почвы.

родности обрабатываемого слоя почвы.

Предложено новое техническое решение (патент №2578444), позволяющее определять в непрерывном интервале времени обобщенную характеристику состояния почвы – ее твердость. Данный показатель имеет функциональную связь с технологическими характеристиками почвы, что в целом позволяет выделять квазиоднородные участки поля.

Литература

1. Цугленок Н.В. Организация инновационных энергосберегающих технологических процессов производства продовольствия в АПК Сибири / Н.В. Цугленок // Энергетика в сельском хозяйстве: материалы Международ. Научно-практ. конф., 26 – 20 июня 2009 г., Респ. Алтай / Россельхозакадемия. Сиб. регион. отделение. – Новосибирск. - 2009. - С.39-47.
2. Якушев, В.В. Точное земледелие: теория и практика / В.В. Якушев.- Спб.: ФГБНУ АФИ, 2016. - 364 с.
3. Кошелев Б.С. Экономико-технологические основы формирования ресурсосберегающих технологий в зерновом производстве Западной Сибири: монография / Б.С. Кошелев. - Омск: ООО ИПЦ «Сфера». - 2007. - 276 с.
4. 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. отделение. СибНИИЗхим. – Новосибирск. - 2002.- 388 с.
5. Якушев В.П. Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы / В.П. Якушев, В.В. Якушев, Д.А. Матвеевко // Агрофизика. - 2017. - №1. - С.51 - 65.
6. Михайленко И.М. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, - 2017, - 252 с.
7. Голубев А.В. Тенденции аграрной динамики России: монография / А.В. Голубев. - М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. - 226 с.
8. Зайдельман Ф.Р. Принципы и опыт агроландшафтного районирования для обоснования земледелия и мелиорации почв (на примере не-

- черноземной зоны России) / Ф.Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1997. - №3. – С.368-375.
9. Благовещенский Ю.Н. Моделирование влияния пространственной изменчивости почвенных свойств на урожайность сельскохозяйственных культур (в масштабе угодья) / Ю.Н. Благовещенский, В.П. Самсонова // *Агрехимия*. - 2007. - №8. - С.76-82.
10. Учет неоднородности почвенного покрова при кадастровой оценке земель в Беларуси / Л.И. Шибут, Г.С. Цытрон, В.А. Калюк // *Почвоведение и агрохимия*. - 2011. - №1(46). - С.21-28.
11. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: на примере дерново-подзолистых почв / В.П. Самсонова. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. -160 с.
12. Hutchings, M.J., John, E.A., Wijesinghe, D.K. Toward Understanding the Consequences of Soil Heterogeneity for Plant Populations and Communities. *Ecology*. Vol. 84, No. 9. 2003, pp. 2322-2334.
13. Xiaohong Duan. Modeling the impact of soil heterogeneity on the variability of crop growth at field scale. *Doktors der Naturwissenschaften genehmigten Dissertation*. Technische Universitat Munchen. 2011. 128 p.
14. Васенев И.И. Место исследований структуры почвенного покрова в геоинформационно-агроэкологическом обеспечении современных систем земледелия / И.И. Васенев, Н.П. Сорокина, И.Ф. Кузякова // *Сборник трудов Международ. науч.-практ. конф. «Агротехнологии XXI века»*. - Москва. - 2007. - С.162-164.
15. Новые технологии обработки почвы / И.Б. Борисенко, Е.А. Иванцова, Ю.Н. Плескачѳв, А.Н. Сидоров. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. - 2012. - № 1 (25). - С. 14-16.
16. Плескачѳв Ю.Н. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур / Ю.Н. Плескачѳв, И.А. Кошечев, С.С. Кандыбин // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. - 2013. - № 1 (99). - С.23-26.
17. Патент 2487518 РФ, МКИ А01В 79/02. Способ безотвальной обработки склоновых земель / Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Мартыанов А.П., Матяшин А.В.. № 2011140904/13; Заявл. 07.10.2011; Опубликовано. 20.07.2013, Бюл. № 20.
18. Журавлев М.З. Водный режим чернозѳма Лесостепи Западной Сибири / М.З. Журавлев // *Научн. Тр. Омского с.-х. института им. Кирова*. – Омск, Изд.-во Омского с.-х. института, 1959. – Т.36, – С.1-142.
19. Малиенко А.М. Научные основы обработки дерново-подзолистых супесчаных почв Полесья Украины: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.00.01 / А.М. Малиенко; УААН, Ин-т земледелия. - К., - 1997. – 433 с.
20. Патент 2044433 РФ, МКИ А01В 79/00. Способ обработки почвы при возделывании пропашных культур / А.М. Малиенко, В.И. Ветохин, И.М. Голодный. № 93009904/15; Заявл. 19.02.1993; Опубликовано. 27.09.1995, Бюл. № 27.
21. Добротворская Н.И. Структура почвенного покрова в системе агроэкологической оценки земель в лесостепи Западной Сибири: Автореф. дис. ... д. с.-х. наук. – Краснообск. - 2009. - 39 с.
22. Утенков Г.Л. К оценке эффективности машинных технологий возделывания зерновых культур / Г.Л. Утенков // *Фундаментальные исследования*. - 2017. - №12. – С.229-233.
23. Липкович Э.И. Моделирование экономики и проблемы модернизации России / Э.И. Липкович // *Вестник аграрной науки Дона*. - 2011.-№2.- С. 4 – 32.
24. Utenkov G.L. Improvement of technological processes and improving the quality of tillage in Siberia / G.L. Utenkov, I.P. Dobrolyubov // *European Journal of Natural History. Agriculture sciences Article*. - 2016. - №4. - p.4-7.
25. Устройство для непрерывного определения твердости почвы: патент 2578444 РФ, МПК G01N 33/24 / И.П. Добролюбов (RU), Г.Л. Утенков (RU) - №2015108725/15; Заявл. 12.03.2015; Опубликовано. 27.03.2016; Бюл. №9.

Literatura

1. Zuglenok, N.V. (2009) Organization of innovative energy-saving technological processes of food production in the agribusiness of Siberia. *Energy in agriculture: materials International. Scientific-practical. Conf.* 39-47.
2. Yakushev, V.V. (2016) *Precise farming: theory and practice*. St. Petersburg: FGBIU AFI. 364.
3. Koshelev, B.S. (2007) *Economic and techno-*

logical foundations for the formation of resource-saving technologies in grain production in Western Siberia: monograph. Omsk: OOO SPC "Sphere". 276.

4. Kiryushin, V.I., Vlasenko, A.N., Kalichkin, V.K. et al. (2002) Adaptive-landscape systems of agriculture in the Novosibirsk Region. SibNI-Izhim. - Novosibirsk. 388.

5. Yakushev, V.P., Yakushev, V.V., Matveenko, D.A. (2017) The role and tasks of precision farming in the implementation of the national technology initiative. *Agrophysics*. 1. 51-65.

6. Mikhaylenko, I.M. (2017) Theoretical basis and technical implementation of agrotechnology management. SPb.: Publishing house of Polytechnic. Un-ta. 252.

7. Golubev, A.V. (2011) Tendencies of agrarian dynamics of Russia: monograph. - Moscow: Publishing House of the Russian State Agrarian University. 226.

8. Zaydelman, F.R. (1997) Principles and experience of agrolandscape zoning for the substantiation of agriculture and land reclamation (on the example of the non-chernozem zone of Russia). *Pochvovedenie*. 3. 368-375.

9. Blagoveshchensky, Y.N., Samsonov, V.P. (2007) Modeling of the influence of spatial variability of soil properties on the yield of agricultural crops (in the scale of the land). *Agrochemistry*. 8. 76-82.

10. Shibut, L.I., Tsytron, G.S., Kalyuk, V.A. (2011) Taking into account the heterogeneity of the soil cover in the cadastral valuation of land in Belarus. *Soil Science and Agrochemistry*. 1(46). 21-28.

11. Samsonov, V.P. (2008) Spatial variability of soil properties: on the example of sod-podzolic soils. Moscow: Publishing house LCI. 160.

12. Hutchings, M.J., John, E.A., Wijesinghe, D.K. (2003) Toward Understanding the Consequences of Soil Heterogeneity for Plant Populations and Communities. *Ecology*. V.84, N9. 2322-2334.

13. Xiaohong, Duan. (2011) Modeling the impact of soil heterogeneity. *Doktors der Naturwissenschaften genehmigten Dissertation*. Technische Universitat Munchen. 128.

14. Vasenev, I.I., Sorokina, N.P., Kuzyakova, I.F. (2007) The place of research of soil cover structure in geoinformation-agroecological support of

modern systems of agriculture. *Collected Works of the International. scientific-practical. Conf. "Agrotechnologies of the XXI century"*. Moscow. 162-164.

15. Borisenko, I.B., Ivantsova, E.A., Pleskachev, Yu.N., Sidorov, A. (2012) New technologies of soil cultivation. *News of the Nizhnevolszhsk Agro-University Complex*. 1(25). 14-16.

16. Pleskachev, Yu.N., Koshcheev, I.A., Kandybin, S.S. (2013) Influence of methods of basic soil cultivation on the yield of grain crops. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 1(99). 23-26.

17. Patent 2487518 RF, A01B 79/02. Method for the unprocessed cultivation of sloping lands. Matyashin YI, Valiev AR, Safin RI, Martyanov A.P., Matyashin A.V. -№ 2011140904/13; Declared. 10/07/2011; Publ. 07/20/2013, Byul. No. 20.

18. Zhuravlev, M.Z. (1959) Water regime of chernozem forest-steppe of Western Siberia. *Scientific. Tr. Omsk Agricultural Institute. Institute of. Kirov. - Omsk, the publishing house of the Omsk Agricultural Institute. Institute*. 36. 1-142.

19. Malienko, A.M. (1997) Scientific fundamentals of processing sod-podzolic sandy loam soils of Polissya of Ukraine: dis. ... of Dr. s.-h. Sciences: 06.00.01. UAAS, Institute of Agriculture. K. 433.

20. Patent 2044433 RF, MKI A01B 79/00. Method of soil cultivation in cultivating tilled crops. A.M. Malienko, V.I. Vetokhin, I.M. Hungry. -93009904/15; Declared. 19.02.1993; Publ. 27.09.1995, Bul. No. 27.

21. Dobrotvorskaya, N.I. (2009) The structure of soil cover in the system of agroecological assessment of lands in the forest-steppe of Western Siberia: Abstract of Cand. dis. ... d. sciences. Krasnoobsk. 39.

22. Utenkov, G.L. (2017) To an estimation of efficiency of machine technologies of cultivation of grain crops. *Fundamental research*. 12. 229-233.

23. Lipkovich, E.I. (2011) Modeling the economy and the problems of Russia's modernization. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. 2. 4-32.

24. Utenkov, G.L., Dobrolyubov, I.P. (2016) Improvement of the technological processes and improving the quality of the tillage in Siberia. *European Journal of Natural History. Agricultural sciences Article*. 4. 4-7.

25. Device for continuous determination of soil

hardness: patent 2578444 RF, G01N 33/24. I.P. Dobrolyubov (RU), G.L. Utenkov (RU) - №2015108725/15; Declared. 12.03.2015; Publ. 03/27/2016; Bul. №9.

Literature

1. Cuglenok, N.V. Organizatsiya innovatsionnykh ehnergoberegayushchih tekhnologicheskikh processov proizvodstva prodovol'stviya v APK Sibiri / N.V. Cuglenok // *EHnergetika v sel'skom hozyajstve: materialy Mezhdunarod. Nauchno-prakt. konf.*, 26 – 20 iyunya 2009 g., Resp. Altaj / Rossel'hozakademiya. Sib. region. otd-nie. – Novosibirsk. - 2009. - S.39-47.

2. YAKushev, V.V. Tochnoe zemledelie: teoriya i praktika / V.V. YAKushev. - Spb.: FGBNU AFI, 2016. - 364 s.

3. Koshelev B.S. EHkonomiko-tekhnologicheskije osnovy formirovaniya resursoberegayushchih tekhnologij v zernovom proizvodstve Zapadnoj Sibiri: monografiya / B.S. Koshelev. - Omsk: OOO IPC «Sfera». - 2007. - 276 s.

4. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya Novosibirskoj oblasti / V.I. Kiryushin, A.N. Vlasenko, V.K. Kalichkin i dr.; pod red. V.I. Kiryushina, A.N. Vlasenko; RASKHN. Sib. otd-nie. SibNIIZkhim. – Novosibirsk. - 2002.- 388 s.

5. YAKushev V.P. Rol' i zadachi tochnogo zemledeliya v realizatsii nacional'noj tekhnologicheskoy iniciativy / V.P. YAKushev, V.V. YAKushev, D.A. Matveenkov // *Agrofizika*. - 2017. - №1. - S.51 - 65.

6. Mihajlenko I.M. Teoreticheskie osnovy i tekhnicheskaya realizatsiya upravleniya agrotekhnologiyami. - SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, - 2017, - 252 s.

7. Golubev A.V. Tendentsii agrarnoj dinamiki Rossii: monografiya / A.V. Golubev. - M.: Izd-vo RGAU – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2011. - 226 s.

8. Zajdel'man F.R. Principy i opyt agrolandshaftnogo rajonirovaniya dlya obosnovaniya zemledeliya i melioratsii pochv (na primere nechernozemnoj zony Rossii) / F.R. Zajdel'man // *Pochvovedenie*. – 1997. - №3. – S.368-375.

9. Blagoveshchenskij YU.N. Modelirovanie vliyaniya prostranstvennoj izmenchivosti pochvennykh svojstv na urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur (v masshtabe ugod'ya) / YU.N. Blagoveshchenskij, V.P. Samsonova // *Agrohimiya*.

- 2007. - №8. - S.76-82.

10. Uchet neodnorodnosti pochvennogo pokrova pri kadastrovoj ocenke zemel' v Belarusi / L.I. SHibut, G.S. Cytron, V.A. Kalyuk // *Pochvovedenie i agrohimiya*. - 2011. - №1(46). - S.21-28.

11. Samsonova V.P. Prostranstvennaya izmenchivost' pochvennykh svojstv: na primere derno-podzolistykh pochv / V.P. Samsonova. - M.: Izdatel'stvo LKI, 2008. -160 s.

12. Hutchings, M.J., John, E.A., Wijesinghe, D.K. Toward Understanding the Consequences of Soil Heterogeneity for Plant Populations and Communities. *Ecology*. Vol. 84, No. 9. 2003, pp. 2322-2334.

13. Xiaohong Duan. Modeling the impact of soil heterogeneity on the variability of crop growth at field scale. Doktors der Naturwissenschaften genehmigten Dissertation. Technische Universitat Munchen. 2011. 128 r.

14. Vasenev I.I. Mesto issledovanij struktury pochvennogo pokrova v geoinformatsionno-agroekologicheskome obespechenii sovremennykh sistem zemledeliya / I.I. Vasenev, N.P. Sorokina, I.F. Kuzyakova // *Sbornik trudov Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. «Agrotekhnologii XXI veka»*. - Moskva. - 2007. - S.162-164.

15. Novye tekhnologii obrabotki pochvy / I.B. Borisenko, E.A. Ivancova, YU.N. Pleskachyov, A.N. Sidorov. // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. - 2012. - № 1 (25). - S. 14-16.

16. Pleskachyov YU.N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' zernovykh kul'tur / YU.N. Pleskachyov, I.A. Koshcheev, S.S. Kandybin // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. - 2013. - № 1 (99). - S.23-26.

17. Patent 2487518 RF, MKI A01V 79/02. Sposob bezotval'noj obrabotki sklonovykh zemel' / Matyashin YU.I., Valiev A.R., Safin R.I., Mart'yanov A.P., Matyashin A.V.. № 2011140904/13; Zayavl. 07.10.2011; Opubl. 20.07.2013, Byul. № 20.

18. ZHuravlev M.Z. Vodnyj rezhim chernozyoma Lesostepi Zapadnoj Sibiri / M.Z. ZHuravlev // *Nauchn. Tr. Omskogo s.-h. instituta im. Kirova*. – Omsk, Izd.-vo Omskogo s.-h. instituta, 1959. – T.36, – S.1-142.

19. Malienko A.M. Nauchnye osnovy obrabotki derno-podzolistykh supeschanykh pochv Poles'ya

Ukrainy: dis. ... d-ra s.-h. nauk: 06.00.01 / A.M. Malienko; UAAN, In-t zemledeliya. - K., - 1997. - 433 s.

20. Patent 2044433 RF, MKI A01V 79/00. Sposob obrabotki pochvy pri vozdelevanii propashnyh kul'tur / A.M. Malienko, V.I. Vetohin, I.M. Golodnyj. № 93009904/15; Zayavl. 19.02.1993; Opubl. 27.09.1995, Byul. № 27.

21. Dobrotvorskaya N.I. Struktura pochvennogo pokrova v sisteme agroekologicheskoy ocenki zemel' v lesostepi Zapadnoj Sibiri: Avtoref. dis. ... d. s.-h. nauk. - Krasnoobsk. - 2009. - 39 s.

22. Utenkov G.L. K ocenke ehffektivnosti mashinnyh tekhnologij vozdelevaniya zernovyh kul'tur / G.L. Utenkov // Fundamental'nye issle-

dovaniya. - 2017. - №12. - S.229-233.

23. Lipkovich E.H.I. Modelirovanie ehkonomiki i problemy modernizacii Rossii / E.H.I. Lipkovich // Vestnik agrarnoj nauki Dona. - 2011.-№2.- S. 4 - 32.

24. Utenkov G.L. Improvement of technological processes and improving the quality of tillage in Siberia / G.L. Utenkov, I.P. Dobrolyubov // European Journal of Natural History. Agriculture sciences Article. - 2016. - №4. - p.4-7.

25. Ustrojstvo dlya nepreryvnogo opredeleniya tverdosti pochvy: patent 2578444 RF, MPK G01N 33/24 / I.P. Dobrolyubov (RU), G.L. Utenkov (RU) - №2015108725/15; Zayavl. 12.03.2015; Opubl. 27.03.2016; Byul. №9.

UDC 671.3:631.588

CONCEPTUAL ASPECTS OF IMPROVEMENT OF MACHINERY TECHNOLOGIES FOR GROWING CEREALS

G. Utenkov Cand. tech. Sci., Siberian Research Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia,

<https://orcid.org/0000-0001-9070-4279>, utenkov1951@mail.ru

V. Vetokhin doctor of technical sciences. Sci., UkrNIIPIT them. L. Pogorelogo, the village. Doslidnicke, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>. veto.vladim@gmail.com

Summary It is shown that agrotechnologies determine a significant share of the efficiency of cultivation of grain crops. The yield of grain crops has not increased in recent decades, which explains the continued irremovability of technology and the insufficient provision of agriculture with modern machinery. When choosing technologies, there is no systematic approach, and technical equipment is the limiting factor in their implementation. Research goal The substantiation of directions of perfection of machine technologies of cultivation of grain crops in the conditions of Siberia, providing required values of target indicators of their efficiency. Methods of system analysis and statistics are used. Results of the study. The principle of evaluating agrobiotechnology has been broadened based on the Kfar coefficient of energy use of photosynthetically active radiation. However, in the implementation of technological operations, the result is not evaluated based on energy efficiency, but is estimated from indirect indicators of compliance with agrotechnical indicators.

In contrast to the classical ideas, new methods of soil cultivation are based on giving the structural heterogeneity of the formation both in width and depth of processing. On the basis of the analysis of the results of long-term agrotechnological research, it is proposed to eliminate contradictions by applying a technological scheme of soil cultivation, which provides for two phases of formation control. The task of the first phase is to create optimal conditions for obtaining seedlings with the initial dense soil addition, which is ensured by treating the soil to the depth of seeding. It is not excluded direct seeding in the presence of appropriate aggregates.

A dependence is proposed to assess the effect of soil contrast on the productivity of cultivation of grain crops. A new technical solution (patent No. 2578444) is proposed that allows to determine in a continuous time interval a generalized characteristic of the soil state - its hardness. This indicator has a functional connection with the technological characteristics of the soil, which as a whole makes

it possible to isolate quasi-homogeneous parts of the field.

Conclusions. It is shown that agrotechnologies determine a significant share of the efficiency of cultivation of grain crops. However, when choosing technologies, there is no systematic approach, and technical equipment is the limiting factor in their implementation. The desired indicators of the efficiency of machine agrotechnologies can be obtained by controlling the heterogeneity of the soil cover structure. The result of the implementation of

technological operations must be evaluated based on the indicators that maximize the energy efficiency, namely, the change in metabolic processes in the soil. Technological operations on soil cultivation should be aimed at creating a different level of structural heterogeneity of the treated soil layer.

Key words: technology efficiency, heterogeneity of the soil cover structure, energy efficiency of soil treatment, phase of formation control, exchange processes in the soil layer.

УДК 671.3:631.588

КОНЦЕПТУАЛЬНІ АСПЕКТИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ

Г. Утенков канд. техн. наук, Сибірський НДІ СФНЦА РАН СіБНДІЗІХ, Новосибірськ, Росія, <https://orcid.org/0000-0001-9070-4279>, utenkov1951@mail.ru

В. Ветохін доктор техн. наук, УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, смт Дослідницьке, Україна <https://orcid.org/0000-0002-7299-3094>, veto.vladim@gmail.com

Анотація. Показано, що агротехнології визначають значну частку ефективності обробітку зернових культур. Урожайність зернових культур в останні десятиліття не росте, що пояснюється тривалою незмінюваністю технологій і недостатньою забезпеченістю сільського господарства сучасною технікою. Під час вибору технологій відсутній системний підхід, а технічне оснащення є обмежувальним фактором їх реалізації.

Мета досліджень Обґрунтування напрямків удосконалення машинних технологій обробітку зернових культур в умовах Сибіру, які забезпечують необхідні значення вихідних показників їхньої ефективності. Використано методи системного аналізу і статистики.

Результати дослідження. Розширився принцип оцінювання агробіотехнологій виходячи з коефіцієнта $K_{\text{фар}}$ енергетичного використання фотосинтетичної активної радіації. Однак під час технологічних операцій результат не оцінюється, виходячи з енергетичної ефективності, а оцінюється за непрямими показниками відповідності агротехнічним показникам.

На противагу класичним уявленням, нові способи обробітку ґрунту базуються на наданні структурної неоднорідності пласта як по ширині, так і по глибині обробітку. На ос-

нові аналізу результатів багаторічних агротехнологічних досліджень запропоновано усунення протиріч застосуванням технологічної схеми обробітку ґрунту, яка передбачає дві фази регулювання структури пласта. Завдання першої фази є створення оптимальних умов для отримання сходів за вихідного щільного складання ґрунту, що забезпечується обробітком ґрунту на глибину загортання насіння. Не виключається прямий посів за наявності відповідних агрегатів.

Запропоновано залежність для оцінювання впливу ґрунтової контрастності на врожайність обробітку зернових культур. Запропоновано нове технічне рішення (патент №2578444), яке дозволяє визначати в безперервному інтервалі часу узагальнену характеристику стану ґрунту - її твердість. Цей показник має функціональний зв'язок з технологічними характеристиками ґрунту, що загалом дозволяє виділяти квазіоднородні ділянки поля.

Висновки. Показано, що агротехнології визначають значну частку ефективності обробітку зернових культур. Однак під час вибору технологій відсутній системний підхід, а технічне оснащення є обмежувальним фактором їх реалізації. Бажані показники ефективності машинних агротехнологій можуть бути отримані через управління неоднорідністю струк-

тури ґрунтового покриву. Результат здійснення технологічних операцій необхідно оцінювати, виходячи з показників максимально характеризують енергетичну ефективність, а саме зі зміни обмінних процесів у пласті ґрунту. Технологічні операції з обробітку ґрунту повинні бути спрямовані на створення різного рівня

структурної неоднорідності оброблюваного шару ґрунту.

Ключові слова: ефективність технологій, неоднорідність структури ґрунтового покриву, енергетична ефективність обробки ґрунту, фази регулювання складання пласта, обмінні процеси в пласті ґрунту.