

УДК 631.631.22

UDC 631.631.22

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР**COMPLIEX APPROACH TO THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF GRAIN AND SPIKE CULTURES**

Тарасенко Борис Фёдорович
к.т.н., доцент

Tarasenko Boris Fedorovich
Cand.Tech.Sci., associate professor

Оськин Сергей Владимирович
д.т.н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Osykin Sergey Vladimirovich
Dr.Sci.Tech., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Представлены: новый методологический подход, объединяющий технические характеристики с показателем, характеризующим плодородие (урожайность), а также формализованные модели для каждой операции производства зерновых колосовых культур и для всей технологии производства

The article presents the new direction for union technical characteristics with productivity, and formal models for every method of production of grain and spike cultures and for general technology

Ключевые слова: РЕСУРСЫ, АЛГЕБРА ЛОГИКИ, КВАНТОР, ПРЕДИКАТ, ФУНКЦИИ, ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ, ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЕ, СЕВ, ЗАЩИТА, УБОРКА, ОЧИСТКА СЕМЯН

Keywords: RESOURCE, ALGEBRA OF LOGIC, QUANTUM, PREDICATE, FUNCTION, FORMAL MODEL, TILLAGE, MANURE, SOWING, CHEMICAL PROTECTION, HARVESTING, SEED CLEANING

В настоящий момент актуально ресурсосбережение, так как ни для кого не является секретом, что ресурсосберегающая стратегия для сельского хозяйства имеет жизненное значение как основа обеспечения конкурентоспособности аграрной отрасли экономики [1]. Также актуально сохранение плодородия (получение гарантированных урожаев, например зерновых колосовых культур), зависящее от обработки почвы, внесения удобрений, посева, защиты растений, уборки и очистки зернового вороха. Низкое качество разрыхления почвенных структур верхнего горизонта не обеспечивает условий эффективного накопления и использования почвенной влаги, не способствует сохранению урожайности зерновых культур в условиях рискованного засушливого земледелия. Загрязнение агроландшафта из-за возрастающего количества средств химизации, вымывание из почвы питательных веществ, засоление орошаемых территорий ведут к потере сельскохозяйственных ресурсов, вследствие вторичного подкисления, эрозии, уплотнения, заболачивания, иссушения почвы и к отторжению пахотных земель [2].

Известно, что существующие методы в земледелия (обработка почвы, внесение удобрений, посев зерновых колосовых, защита растений от сорняков и вредителей, уборка урожая и очистка зернового вороха), технические средства и рабочие органы, технические характеристики и параметры применяются для обеспечения продукцией растениеводства. Причём добиваются такого качественного состояния почвы (оптимальной плотности почвы и влажности, содержания NPK, отсутствия сорных растений, калиброванного семенного фонда и т.д.), при котором обеспечивается получение необходимого урожая.

Однако существует проблема, которая заключается в следующем: с одной стороны существуют энергосберегающие технологические методы в земледелии, такие как, обработка почвы, внесение удобрений, защита растений, связанные с уменьшением количества операций обработки почвы (например, нулевая или безотвальная обработка, совмещение операций, снижение химического фактора и т.д.). Но они плохо внедряются из-за отсутствия комплексного подхода ко всей технологии (технологическому процессу) производства сельскохозяйственной культуры, так как сдерживающим фактором является разобщённость процессов производства и предупреждения деградации почв (сохранения плодородия). Трудно установить функциональные зависимости между параметрами рабочих органов, силами сопротивления почвы, физико-механическими свойствами почвы, её структуры и плодородия, а также трудно установить функциональные зависимости между параметрами рабочих органов и плодородием.

Для решения указанной проблемы нами поставлены следующие **задачи исследований**.

1. Предложить новый методологический подход, объединяющий технические характеристики и параметры методов земледелия с качественным показателем, характеризующим плодородие (урожайность).

2. Разработать формализованные модели для операций обработки почвы, внесения удобрений, посева зерновых колосовых культур, защиты растений, уборки и очистки зерна, а также формализованную модель всей технологии производства.

Реализация задач исследований осуществлена следующим образом.

Предлагаем дальнейшие исследования проводить с использованием логики предикатов и кванторной алгебры [3, 4, 5].

Логика предикатов – это раздел современной логики, изучающей рассуждения и другие языковые контексты с учетом внутренней структуры входящих в них простых высказываний, при этом выражения языка трактуются функционально, т. е. как знаки некоторых функций или же знаки аргументов этих функций. Другой отличительной чертой логики предикатов является использование особого типа логических символов — кванторов и связываемых ими (квантифицируемых) переменных для воспроизведения логических форм множественных высказываний. Наиболее употребим в логике квантор общности \forall и квантор существования \exists .

Добавление к аппарату исчисления предикатов различных постоянных и переменных термов с характеризующими полученную предметную область конкретными аксиомами и схемами аксиом приводит к различным видам прикладных исчислений предикатов. Данный раздел логики включает как классические, так и неклассические логические теории. В основе классической логики предикатов лежат, прежде всего, общие для всех классических систем логики принципы, экстенциональности (значение сложного выражения зависит только от значений составляющих его выражений), а также идущая от Аристотеля классическая трактовка истины как соответствия наших утверждений действительности. Кроме того, в классической логике предикатов принимаются специфические именно для кванторной теории предпосылки экзистенциального характера — допущение о существовании объектов в предметной области и существовании денота-

тов у сингулярных терминов (термин «существование» здесь следует понимать в смысле известного критерия У. Куайна: «существовать — значит быть возможным значением квантифицируемой переменной»).

Язык логики предикатов первого порядка является удобным средством для строгого построения на его основе конкретных, прикладных теорий. В этом случае вместо абстрактных предметных, предикаторных и предметно-функциональных констант в алфавит вводятся конкретные термины словаря теории — имена объектов ее предметной области, знаки их свойств и отношений, знаки заданных на данной области предметных функций. Сами прикладные первопорядковые теории (их часто еще называют элементарными) строятся обычно аксиоматически. К логической части (аксиомам и правилам вывода исчисления предикатов) добавляется собственная часть прикладной теории — постулаты, отражающие закономерности ее предметной области.

Более трудным оказалось доказательство семантической полноты первопорядкового исчисления предикатов, т. е. того, что всякая универсально общезначимая формула является теоремой исчисления. Впервые этот результат был получен К. Гёделем (1930). Позднее Л. Генкин предложил изящный (хотя и неконструктивный) метод доказательства полноты, существенно опирающийся на лемму Линденбаума (о возможности расширения любого непротиворечивого множества формул логики предикатов до непротиворечивого насыщенного множества). Еще более простой метод, использующий технику т. н. модельных множеств, был разработан Я. Хинтиккой. Наличие свойств семантической непротиворечивости и полноты у первопорядкового исчисления предикатов свидетельствует о том, что оно представляет собой адекватную формализацию семантически построенной логики предикатов, т. е. что у важнейших понятий — общезначимой формулы (закона логики) и логического следования (имеющего место между

посылками и заключением в корректном рассуждении) — имеются точные синтаксические аналоги.

Многообразие всех возможных отношений между высказываниями анализируется на основе трех базовых отношений — отрицания, конъюнкции и дизъюнкции, а также производных от них отношений: импликации, эквивалентности и некоторых др. В современном логическом языке в качестве пропозициональных связок обычно используются следующие символы: оператор отрицания « \neg », оператор конъюнкции « $\&$ », оператор дизъюнкции « \vee », оператор импликации « \rightarrow » и оператор эквивалентности « \leftrightarrow ». В естественном языке смысловыми аналогами этих операторов являются, соответственно, частица «не», союз «и», союз «или», связка «если..., то...» и связка «...если и только если...».

Для синтеза предикатных выражений необходимо использовать логическое программирование. Логическое программирование – программирование, основанное на использовании механизма доказательства теорем в логике, который позволяет выяснить, является ли противоречивым некоторое множество логических формул. При этом программа рассматривается как набор логических формул, описывающих предметную область. Будем использовать общепринятые операторы. Дизъюнкт Хорна – правильно построенное предложение, имеющее следующий общий вид записи:

$$P_0 \vee \sim P_1 \vee \sim P_2 \vee \dots \vee \sim P_n, \quad n \geq 0, \quad (1)$$

где P_i – атомарная формула (предикат), все переменные которой связаны не указанными явно кванторами всеобщности, областью действия которых является весь дизъюнкт.

Эквивалентной, но более удобной, формой представления дизъюнкта является

$$P_1 \& P_2 \& \dots \& P_n \rightarrow P_0. \quad (2)$$

Следует отметить, что существует формальная процедура приведения произвольных правильно построенных формул к стандартному виду – совокупности конъюктивно связанных дизъюнктов Хорна. Однако не составляет труда описать свою предметную область аксиомами непосредственно в стандартном виде, используя имплицативную интерпретацию дизъюнктов.

Алфавит логического программирования состоит из предметных переменных x_1, x_2, \dots, x_n , принимающих значения из некоторой предметной области предметных констант a_1, a_2, \dots, a_m ; предикатных букв (констант) P_1, P_2, \dots, P_K ; функциональных букв (констант) f_1, f_2, \dots, f_q ; знаков логических связок $\vee, \&, \neg, \rightarrow$; кванторов, \exists и скобок $(,)$. Понятие формулы логического программирования определяется в два этапа.

– Этап 1. Определение термина.

Предметные переменные и константы являются терминами. Если f – функциональная буква, а t_1, \dots, t_n – термы, то $f(t_1, \dots, t_n)$ – терм.

– Этап 2. Определение формулы.

Если P – предикатная буква, а t_1, \dots, t_n – термы, то $P(t_1, \dots, t_n)$ – формула. Формулу данного вида называют часто атомарной формулой или атомом. Если A и B – формулы, то формулами являются $\neg A, A \rightarrow B, A \vee B, A \& B$.

Если A – формула, а x – предикатная переменная, входящая в A , то $\forall x A(x)$ и $\exists x A(x)$ – формулы. Выражение является формулой в том и только в том случае, если это следует из данных правил.

Переменные, находящиеся в сфере действия кванторов, называются связанными, остальные переменные – свободными. Атом или отрицание атома иногда называют литералом.

Логика предикатов начинается с анализа строений высказывания, которые выражают тот факт, что объекты обладают некоторыми свойствами, или находятся между собой в некоторых отношениях. Понятие «свойства» и понятие «отношения» рассматриваются как частный случай общего понятия «предиката». Объекты, о которых говорится в высказывании, называются термами или предметными константами.

Таким образом, согласно формуле Хорна качественный показатель обработки почвы обозначим через X . Он представляет множество логических (булевых, согласно алгебре логики Джорджа Буля [3]) переменных x_i . Обозначения логических переменных и основные параметры процесса обработки почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры сплошной обработки почвы

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных x_i
1	Глубина обработки, м;	x_1
2	Ширина корпуса (лапы рабочего органа), м;	x_2
3	Затраты энергии (моторного топлива) на обработку почвы, кг/га	x_3
4	Масса плуга, кг;	x_4
5	Эрозионные потери почвы, кг/га;	x_5
6	Производительность, га/ч;	x_6
7	Затраты энергии (моторного топлива) на дополнительные обработки, кг/га;	x_7
8	Затраты энергии (топлива) на заделку незерновой части урожая и пожнивных, кг/га	x_8
9	Затраты энергии (моторного топлива) на влаго-сбережение, кг/га	x_9
10	Качественный показатель \equiv урожайности, Ц/га.	X

Следовательно, согласно логическим операциям формализованную модель процесса сплошной обработки почвы можно представить в виде следующего математического выражения.

$$x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4 \wedge x_5 \wedge x_6 \wedge x_7 \wedge x_8 \wedge x_9 \supset X, \quad (3)$$

где \supset – знак импликации (логической операции соответствующей по смыслу союзу «если..., то...»).

Анализ существующих методов внесения удобрений, показывает, что задачей всех операций является качественный показатель Y (оптимальное количество НРК). Он влияет на урожайность. Следовательно, качественный показатель Y – это множество логических (булевых) переменных y_j , описывающих параметры (Таблица 2).

Таблица 2 – Параметры внесения удобрений

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных y_j
1	Доза внесения удобрений, кг/га	y_1
2	Стоимость (цена) удобрений, руб./кг	y_2
3	Производительность внесения, га/ч	y_3
4	Затраты энергии (моторного топлива) на внесение удобрений, кг/га	y_4
5	Затраты энергии на заделку удобрений и дополнительные обработки (проходы), / кг/га	y_5
6	Неравномерность внесения, %	y_6
7	Эрозия почвы, кг/га	y_7
8	Химический фактор (вред), кг/га	y_8
9	Качественный показатель \equiv урожайности, Ц/га.	Y

Формализованная модель, согласно логическим операциям (формуле Хорна) процесса внесения удобрений будет иметь следующее математическое выражение.

$$y_1 \wedge y_2 \wedge y_3 \wedge y_4 \wedge y_5 \wedge y_6 \wedge y_7 \wedge y_8 \supset Y \quad (4)$$

Анализ существующих методов посева зерновых колосовых культур, показывает, что задачей указанных операций является качественный показатель, который обозначим через Z (качество зерна по массе и плотности, глубина заделки, семенное ложе и т.д.). От качественного показателя будет зависеть урожайность. Следовательно, качественный показатель Z – это множество логических (булевых) переменных z_k (Таблица 3), описывающих параметры.

Таблица 3 – Параметры процесса посева зерновых колосовых культур

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных z_k
1	Норма (доза) высева, кг/га	z_1
2	Масса технических средств, кг	z_2
3	Производительность, га/ч	z_3
4	Затраты энергии (моторного топлива) на посев зерновых колосовых, кг/га	z_4
5	Затраты энергии (моторного топлива) на дополнительные операции по подготовке семенного ложа, кг/га	z_5
6	Эрозия (потери почвы), кг/га	z_6
7	Неравномерность нормы высева, %	z_7
8	Качественный показатель \equiv урожайности, Ц/га.	Z

Тогда, согласно формуле Хорна формализованную модель процесса посева зерновых колосовых культур можно представить в виде следующего математического выражения.

$$z_1 \wedge z_2 \wedge z_3 \wedge z_4 \wedge z_5 \wedge z_6 \wedge z_7 \supset Z \tag{5}$$

Анализ существующих методов защиты растений, показывает, что задачей указанных операций является качественный показатель U . От него зависит урожайность. Следовательно, качественный показатель U – это множество логических (булевых) переменных u_r (Таблица 4), описывающих параметры.

Таблица 4 – Параметры внесения пестицидов

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных u_r
1	Доза внесения, кг/га	u_1
2	Стоимость (цена) пестицидов, руб./кг	u_2
3	Производительность, га/ч	u_3
4	Затраты энергии (моторного топлива), кг/га	u_4
5	Неравномерность, %	u_5
6	Химический фактор (вред от пестицидов), кг/га	u_6
7	Качественный показатель \equiv урожайности, Ц/га.	U

В связи с этим, согласно формуле Хорна модель процесса обработки посевов зерновых колосовых культур пестицидами можно формализовать в виде следующего математического выражения.

$$u_1 \wedge u_2 \wedge u_3 \wedge u_4 \wedge u_5 \wedge u_6 \supset U \tag{6}$$

Анализ существующих методов уборки зерновых колосовых культур, показывают, что задачей указанных операций является качественный показатель V – содержащий множество логических (булевых) переменных v_n (Таблица 5). В период уборки важно, как можно меньше производить ука- тывание почвы, а также обеспечить сохранение влаги. От этого будет зави- сеть урожайность культур в следующем году.

Таблица 5 – Параметры процесса уборки зерновых колосовых культур

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных v_n
1	Пропускная способность, кг/с	v_1
2	Ширина захвата жатки, м	v_2
3	Производительность, га/ч	v_3
4	Затраты энергии (моторного топлива) на про- цесс уборки, кг/га	v_4
5	Затраты энергии на процесс измельчения и разбрасывания соломы, кг/га	v_5
6	Давление на почву ходовой частью, Н/м ²	v_6
7	Потери урожая, кг/га	v_7
8	Качественный показатель \equiv урожаю, Ц/га	V

Следовательно, модель процесса уборки зерновых колосовых культур можно сформулировать в виде следующего математического выражения.

$$v_1 \wedge v_2 \wedge v_3 \wedge v_4 \wedge v_5 \wedge v_6 \wedge v_7 \supset V \tag{7}$$

Проанализировав методы очистки зернового вороха, определим, что задачей указанных операций является качественный показатель. Чистота

зерна, калибровка по массе и плотности, отсутствие семян сорных растений, отсутствие механических повреждений и потерь – это и есть этот главный качественный показатель. От него зависит получение от собранного урожая продовольственного и семенного фондов и закладывается урожайность на следующий год.

Следовательно, качественный показатель S – это множество логических (булевых) переменных s_m (Таблица 6), описывающих параметры.

Таблица 6 – Параметры процесса очистки зерновых колосовых культур

№- №, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных s_m
1	Скорость воздушного потока, м/с	s_1
2	Ширина обрабатываемого бурта, м	s_2
3	Производительность очистки, кг/ч (т/ч)	s_3
4	Затраты энергии (моторного топлива) на процесс очистки, кг/га	s_4
5	Затраты энергии на привод дополнительных механизмов средств очистки, кВт ч	s_5
6	Потери зерна при очистке, кг/т	s_6
7	Качественный показатель – это продовольственный и семенной фонды \equiv урожаю, Ц./га	S

Поэтому, согласно формуле Хорна и с использованием обозначений алгебры логики, формализованную модель процесса очистки зерновых колосовых культур можно представить в виде следующего математического выражения.

$$s_1 \wedge s_2 \wedge s_3 \wedge s_4 \wedge s_5 \wedge s_6 \Rightarrow S \quad (8)$$

Объединив показатели качества всех процессов производства зерновых колосовых культур, затраты ресурсов разработаем метод комплексного подхода к технологии. Для чего навешивая кванторы всеобщности, используя обозначения алгебры логики и предикатной логики, формализуем модель общей технологии в виде следующего математического выражения.

$$\forall (X \wedge Y \wedge Z \wedge U \wedge V \wedge S) \Rightarrow P \equiv (Y), \tag{9}$$

где \forall – символ квантора (означает «для всех»);

\Rightarrow – символ (следует, следовательно).

Модель и графическое изображение общей технологии (рисунок 1) про-

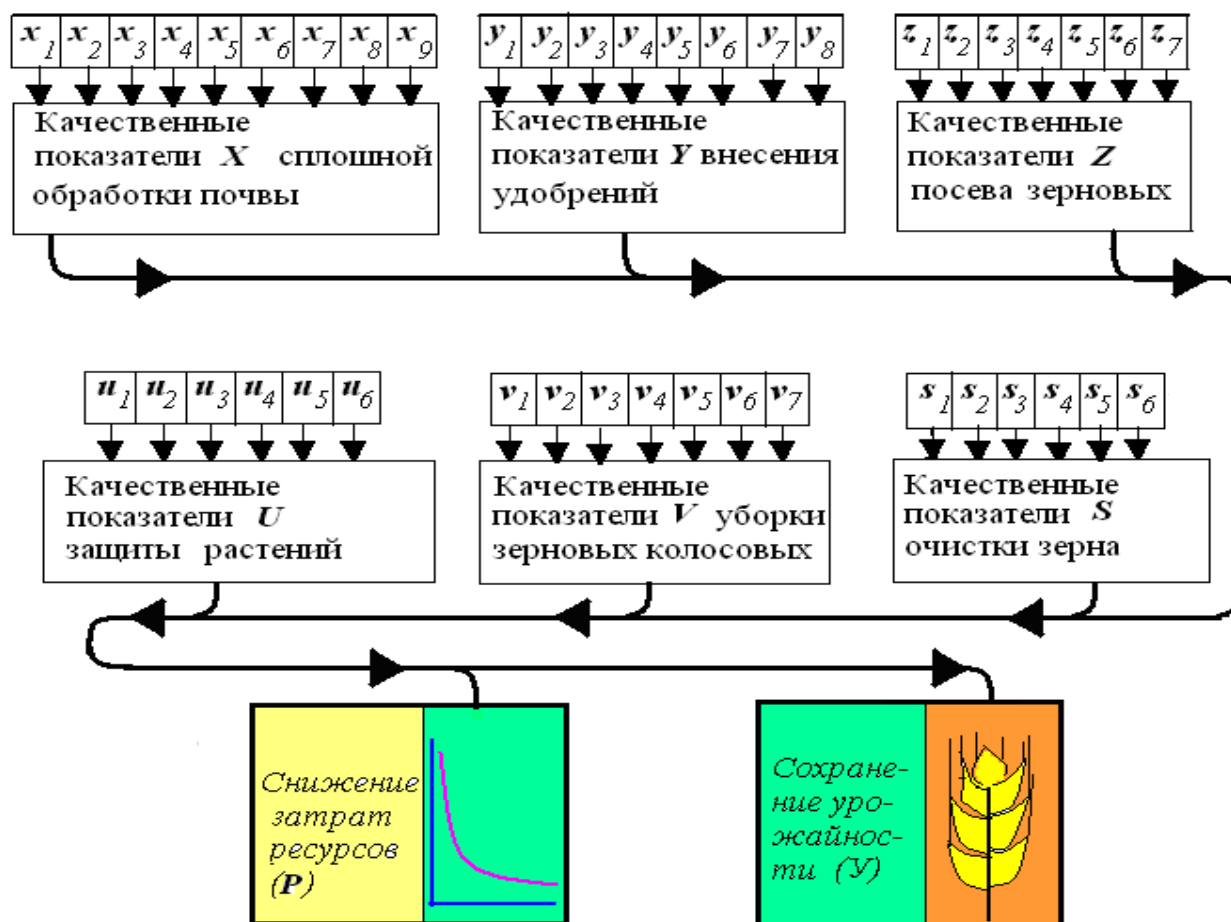


Рисунок 1 – Комплексная технология производства семян зерновых колосовых культур

изводства семян зерновых колосовых культур отображают следующее, что на получение планируемой урожайности (Y) влияют качественные показатели: сплошной обработки почвы, внесения удобрений, внесения пестицидов, посева зерновых колосовых культур, уборки урожая и первичной очистки зерносоломистого вороха. При этом кванторы существования указывают на логические операции, которые необходимо осуществить, чтобы дать количественную характеристику некоторой области предметов, например параметров технологических процессов, от которых в комплексе зависят снижение затрат ресурсов (P) в том числе затрат энергии.

В трудах И.И. Тесленко [4] и Г.М. Оськиной в соавторстве [5], отмечено также, что коэффициенты в формализованных моделях отражают экономические параметры процесса (различные виды прикладных исчислений предикатов).

Выводы.

1. Предложен новый методологический подход, объединяющий технические характеристики и параметры методов земледелия с качественным показателем, характеризующим плодородие (урожайность), основанный на использовании логики предикатов, кванторной алгебры и алгебры логики.

2. Разработаны в виде математических выражений формализованные модели для отдельных технологических процессов производства зерновых колосовых культур, а также модель комплексного подхода ко всему процессу, позволяющие осуществлять различные виды прикладных исчислений предикатов.

Список использованной литературы

1. Почвоохранная ресурсосберегающая технология обработки почвы, посева и уборки перспективными агрегатами / Н. К. Мазитов, М. Ш. Тагиров, М. Ю. Гаитов [и др.] // Тракторы и с.-х. машины. – 2006. - № 12. – С. 11-12.

2. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на Ставрополье: рекомендации / Л. Н. Петрова, Э. И. Липкович, Д. К. Зайцев [и др.]; Эксперт. совет при М-ве сел. хоз-ва Ставропол. Края. – Ставрополь, 2006. –24 с.

3. Математическая энциклопедия. В 5 т. / гл. редактор И.М. Виноградов – М.: Советская энциклопедия, 1977-1985. – 2951 с.

4. Тесленко, И. И. Поточно-конвейерные технологии в молочном животноводстве: дис. ... д-ра техн. наук / И. И. Тесленко; ГНУ ВИЭСХ, ГНУ СКНИИЖ – Москва, 2009. – 386 с.

5. Метод комплексного подхода при анализе ресурсосберегающего эффекта технологий, применяемых в молочном животноводстве / Г. М. Оськина, И. И. Тесленко, Е. И. Корпусенко: – Краснодар: Издательство ООО «Крон», 2008. – 26 с.