

УДК 631.5:631.3:573.7:001.2

UDK631.5:631.3:573.7:001.2

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ, КАК
СПОСОБ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ В
ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

**THE ENERGY ASSESSMENT OF THE
TECHNOLOGIES' EFFICIENCY AS A
METHOD OF THEIR OPTIMIZATION IN THE
AGRICULTURE**

Орешкин Михаил Вильевич
к.с.-х.наук, директор
*Инновационная организация «Институт
Глобальных Исследований», Луганск, Украина*

Oreshkin Mikhail Vilevich
Cand. Agr.Sci., Director
*Innovative organization „Institute
of Global Researches”, Lugansk, Ukraine*

В статье приведены результаты исследований энергетической эффективности различных технологий в земледелии. Показана роль энергетической оценки для усовершенствования технологического процесса и управления проектами в земледелии

The results of the research of the various agricultural technologies' energetic efficiency are given in the article. The importance of the energy assessment for the technological process' improvement and management of the agricultural projects is considered

Ключевые слова: ЭНЕРГИЯ, ОЦЕНКА, ТЕХНОЛОГИИ, ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ ОРУДИЯ

Keywords: ENERGY, ASSESSMENT, TECHNOLOGIES, AGRICULTURE, SOIL CULTIVATING INSTRUMENTS

Постановка проблемы. В условиях переходной экономики чрезвычайно важно отладить механизмы вне стоимостного учёта и контроля над материальными ресурсами и энергией, расходуемых на выращивание сельскохозяйственной продукции [1, 2, 3].

Анализ публикаций. В настоящее время нанесённый ущерб всё ещё принято оценивать в денежном выражении. И именно поэтому настоящие беды агроценозов и их масштабы остаются замаскированными. Это приводит к необъективным выводам и хозяйственным просчётам особенно при наличии инфляционных процессов [4]. И только энергетический анализ позволяет составить объективную картину истинных затрат и полученной прибыли, позволяет правильно спланировать распределение ресурсов, выявить приоритеты и затем поэтапно решить поставленную производственную задачу [5].

Не решённые проблемы. Основная проблема энергетического анализа применительно к почвоохранному земледелию состоит в неотработанности методик самого анализа.

Цель статьи состоит в том, чтобы показать на конкретных примерах возможности энергетического анализа для реальной оценки производственных процессов.

Методика и объекты исследования. В данной работе расчет энергетической эффективности проводили согласно собственных методик [6]. То есть вначале проводили учет ископаемой (антропогенной) энергии, вложенной в получение урожая, а затем сравнивали с энергией, полученной с урожаем, и определяли коэффициент энергоэффективности. При $\eta > 1$ – баланс положительный, при $\eta < 1$ – баланс отрицательный. Учет энергии проводили в МДж согласно СИ, расчет делался на 1 га. Урожайные данные взяты в среднем за 1980-2000 годы в стационарных и временных опытах в Луганской, Харьковской и Ростовской областях. Тогда же проведены по известным методикам и необходимые почвенные исследования. Объёмная обработка (местный устоявшийся научный термин Юго-Востока Украины – Луганская, Донецкая, Харьковская области и Юго-Запада РФ – Ростовская, Воронежская области и Краснодарский край), то есть обработка без оборота пахотного слоя, но с дополнительным внутренним его рыхлением по вертикальным плоскостям, изучалась в Харьковской и Ростовской областях. Коэффициент агроэнергетической эффективности определяют по формулам:

$$h = \frac{E_y}{\sum E_{no}}, \quad (1)$$

где: η - коэффициент агроэнергетической эффективности; E_y – энергия, получаемая с урожаем товарной части культуры; $\sum E_{no}$ – суммарная энергия общих вложений антропогенной энергии на производство данной культуры.

$$h_2 = \frac{E_y + E_c}{\sum E_{no}} \quad \text{или} \quad h_2 = \frac{E_y + E_n + E_c}{\sum E_{no}}, \quad (2)$$

где: η_2 – коэффициент агроэнергоэффективности с учетом энергии сохраненной почвы; E_c – энергия сохраненной почвы.

После чего, в зависимости от поставленной цели, рассчитываем коэффициент агроэнергоэффективности с большей или меньшей точностью.

Экспериментальная проверка данных включала в себя учет рабочего времени непосредственно в полевых условиях, расход ГСМ, электроэнергии, а также уточнение смыва и выноса почвы и содержания энергии в почве по усредненным табличным данным или с помощью калориметра В08МА; или непосредственным определением энергии гумуса известными химическими методами.

Изложение основного материала. Проведенный энергетический анализ свидетельствует о большей энергетической эффективности почвозащитных обработок, в Харьковской, нежели в Ростовской области.

Наиболее энергоэффективными под озимую пшеницу были обработки с дополнительным вертикальным рыхлением (объёмная обработка) и обычная плоскорезная обработка, по сравнению со вспашкой. Однако по объёмной обработке коэффициент энергоэффективности по сравнению с коэффициентом полной энергоэффективности разнятся не на много, что связано с незначительным смывом почвы (табл.1). В опыте при возделывании ячменя в Ростовской области изменение коэффициента энергоэффективности имело схожую тенденцию с происходящим в опыте при возделывании озимой пшеницы. Правда, сам коэффициент был ниже, поскольку ниже урожайность и калорийность зерна ярового ячменя по сравнению с озимой пшеницей. В опыте с разноглубинной обработкой в Харьковской области наиболее энергоэффективной оказалась плоскорезная обработка на 27-30 см. Хотя, в целом в этом опыте получены достаточно однородные данные без особого предпочтения по способам обработки.

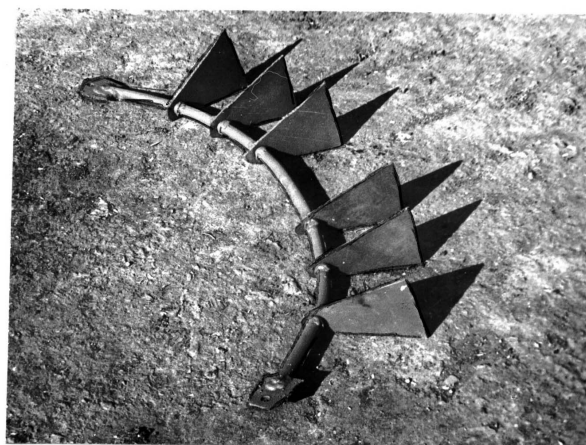
Таблица 1. Энергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы и ярового ячменя при обработке с дополнительным вертикальным рыхлением

Варианты опыта	Энергия урожая, МДж/га	Коэффициент энергоэффективности	Коэффициент суммарной энергоэффективности с учетом сохранённой почвы
Ростовская область			
Озимая пшеница			
Вспашка	29415,1	2,52	-
Плоскорезная обработка	32077,1	2,75	2,85
Объёмная обработка	35005,3	3,00	3,14
Харьковская область			
Озимая пшеница			
Вспашка	37401,1	3,20	-
Плоскорезная обработка	38865,2	3,33	3,56
Объёмная обработка	41926,5	3,40	3,92
Яровой ячмень, различные виды рыхлителей			
Вспашка	33436	2,54	-
Плоскорезная обработка	37079	2,93	-
Объёмная обработка, различные рыхлители:			
ножевидные	39550	3,13	-
клиновидные	38770	3,06	-
дисковидные	38249	3,02	-

В опыте с изучением рыхлителей различной конфигурации (рис.1 и 2) наиболее энергоэффективным оказался способ с дополнительным вертикальным (объемным) рыхлением с ножевидными и клиновидными рыхлителями (табл.1). В целом энергоанализ свидетельствует о высокой эффективности орудий, осуществляющих объемное рыхление.

Энергетическая эффективность применения минеральных и органических удобрений даётся на рисунках 4 и 5. Рассмотрены базовые варианты по внесению удобрений: N₄₀ P₃₀ K₂₀; N₈₀ P₆₀ K₄₀; N₁₂₀ P₉₀ K₆₀; навоз 9 т/га. Расчет показывает, что при внесении относительно невысоких доз туков (N₄₀ P₃₀ K₂₀) энергоотдача по основной продукции выращиваемых

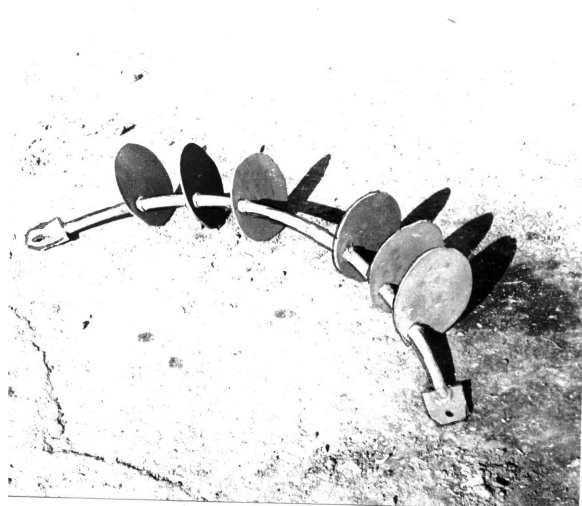
культур значительно превышает энергозатраты минеральных удобрений. В среднем по севообороту энергетическая эффективность применения минерального удобрения была практически одинакова и составляла 3,00 по общепринятому фону и 2,99 – по противоэрозионному. По мере увеличения норм удобрений, их энергетическая эффективность снижалась и на вариантах с систематическим внесением $N_{120} P_{90} K_{60}$ она была 1,66 – 1,71 единиц, то есть увеличение затрат невозобновляемой энергии не сопровождается прогрессивным приростом урожая основной продукции.



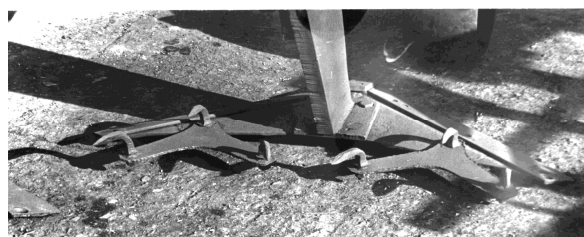
А



А



Б



Б

Рис.2. Варианты рыхлителей: А – клиновидный, Б - дисковидный

Рис. 3. Варианты орудия (А и Б) с дополнительным рыхлением с зубовидными рыхлителями

Энергетическая отдача удобрений, применяемых в разных нормах, зависела от выращиваемой культуры. Так при среднем уровне

минерального питания наивысшей энергоодачей урожая отмечена озимая пшеница после кукурузы на силос и несколько меньшей – ячмень. При удвоении количества удобрений ($N_{80} P_{60} K_{40}$) лучшими показателями характеризовалась кукуруза на силос, ячмень и озимая пшеница после кукурузы, а на вариантах с утроенной дозой NPK ($N_{120} P_{90} K_{60}$) – лишь кукуруза на силос. По другим культура энергоотдача была гораздо меньшей. Применение навоза из расчета 9 т/га севооборотной площади является энергетически эффективным приемом. Энергоотдача его применения по обеим системам обработки почвы была достаточно высокой, как в целом по севообороту – 2,16-2,18, так и по отдельным культурам, за исключением озимой пшеницы по черному пару, где коэффициент энергетической эффективности был всего лишь 0,89 – 0,93. В почвозащитном севообороте применение минеральных удобрений с энергетической точки зрения менее эффективно, чем в полевом севообороте.

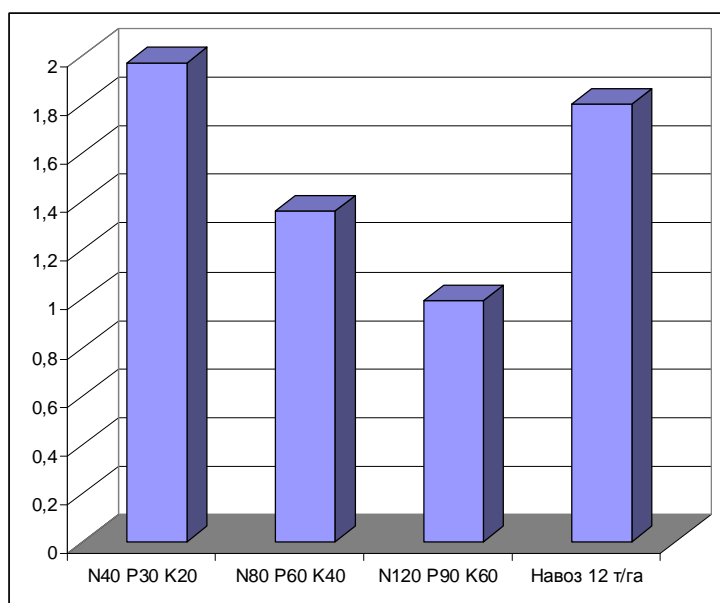


Рис. 4. Коэффициент энергетической эффективности применения удобрений в почвозащитном севообороте в ОПХ «Ударник», Лутугинского района Луганской области

Таким образом, результаты определения энергетической эффективности применения удобрений подтверждают целесообразность

применения среднего (N_{40-80} P_{30-60} K_{20-40}) уровня минерального питания растений. Безусловно, энергоёмкость почв – это одна из функций органического вещества почвы [6]. Обогащение поверхностного слоя почвы свежим органическим материалом при использовании орудий плоскорезного типа обусловлено не только характером распределения пожнивных остатков, но и особенностями формирования корневой системы, которая четко реагирует на изменение агрофизических качеств почвы, зависящих от вида обработки. Данные по распределению корневой системы озимой пшеницы в полуметровом слое почвы свидетельствует о том, что на делянках с противоэрозионными видами обработок в слое 0-10 см сосредотачивается 58,5 % корневой массы, в то время как на вспашке только 47,3 %. Поскольку создание гуминовых веществ - процесс окислительный, то лучшие условия для гумификации растительных остатков складываются при аэробном разложении. Этому факту в полной мере отвечают условия, которые создаются безотвальными способами обработки почвы, когда органическая масса в основном размещается в верхней части обрабатываемого горизонта.

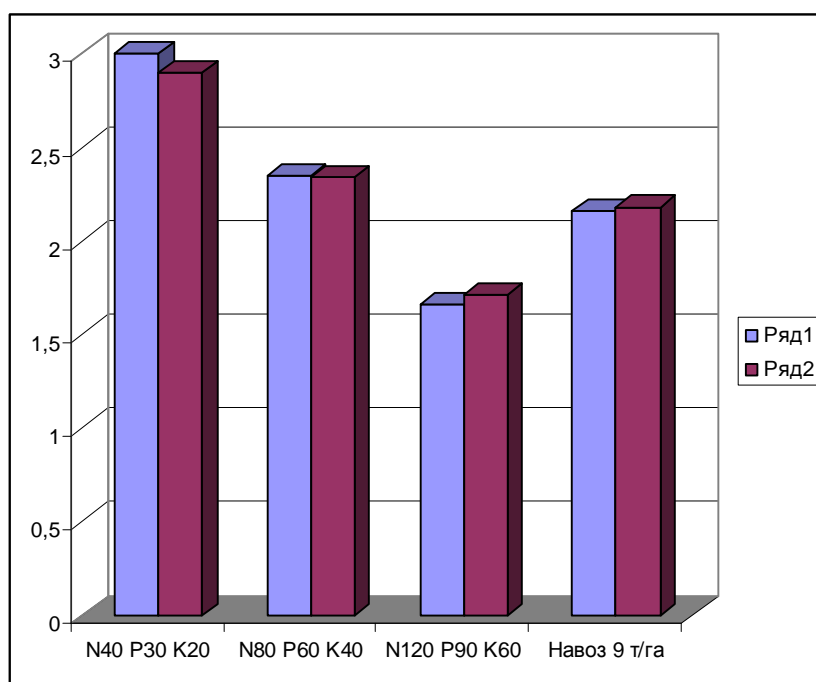


Таблица 5. Коэффициент энергетической эффективности применения органических и минеральных удобрений в условиях Луганской области на примере полевого севооборотов (учтены все затраты на применение удобрений; 1-й ряд – общепринятая обработка, 2-й - почвозащитная)

Важным фактором, который обуславливает быстроту и направленность процессов переработки растительного материала в почве, есть условия увлажнения. Как известно, наиболее интенсивно создание гумусовых веществ происходит при оптимальной влагоемкости. Кроме этого характер выпадения осадков в теплый период года в условиях изучаемого региона приводит к тому, что в большей мере промачивается горизонт 0-10 см и мало затрагивается вся толща почвы. Рассмотрение многолетних показателей суммы осадков и их интенсивности в летние месяцы показало, что средняя частота промачивания слоя почвы 0-10 см в четыре раза больше, нежели слоя 20-30 см поэтому верхний слой пахотного слоя (0-10 см) чаще имеет благоприятные условия создания гуминовых веществ и так же чаще этот слой подвергается высушиванию, что способствует их необратимому закреплению на поверхности минеральных частиц почвы. Интенсивное использование чернозема обыкновенного слабоэродированного в зернопаропропашном севообороте с 15% черного пара и 35% пропашных культур без применения минеральных и органических удобрений за 20-летний период привело к снижению содержания гумуса в полуметровом слое на 0,24% при плоскорезной обработке, что в относительном выражении соответствует 7,1 и 5,8 %. Одновременно с тем, определение валового гумуса (рис.6) и его подвижных форм в почве на постоянно закрепленных делянках показало, что за короткий период проведения опыта не произошло значительных изменений показателей гумусосодержания под влиянием как агрохимических, так и агротехнических приемов. Таким образом, систематическое применение для обработки почвы комплекса противоэрозионных орудий, которые исключают переворачивание

обрабатываемого слоя почвы, значительно изменяет темп минерализации в сравнении с ежегодной отвальной вспашкой.

Высокая стабильность валового гумуса и слабая изменчивость его под влиянием различных агротехнических приемов не позволят выявить характер изменений гумусового режима почв за короткий промежуток времени в природных условиях и при приемах окультуривания почвенных фонов. Наши исследования на слабоэродированном обыкновенном черноземе показали, что применение удобрений в дозах 9 т на 1 га севооборотной площади на фоне отвальной вспашки позитивно не повлияло на увеличение гумуса в почве, что за 10 лет при двухразовом внесении 40 т/га навоза содержание гумуса в полуметровом слое почвы по фону отвальной обработки уменьшился на 0,19 %, тогда как на участках с плоскорезным рыхлением – лишь на 0,01 %. Запасы гумуса за этот период снизились на 11,1 т/га или в 10 раз меньше, чем при плоскорезной обработке. Среднегодовые потери органического вещества составили соответственно 1,1 и 0,11 т/га. Таким образом, внесение в зернопаропропашных севооборотах с 11% черного пара, 56% зерновых и с 33% пропашных культур навоза в количестве 9 т на 1 га севооборотной площади совместно с систематическим применением безотвальной обработки почвы практически обеспечивает стабилизацию содержания органического вещества в слабоэродированных обыкновенных черноземах.

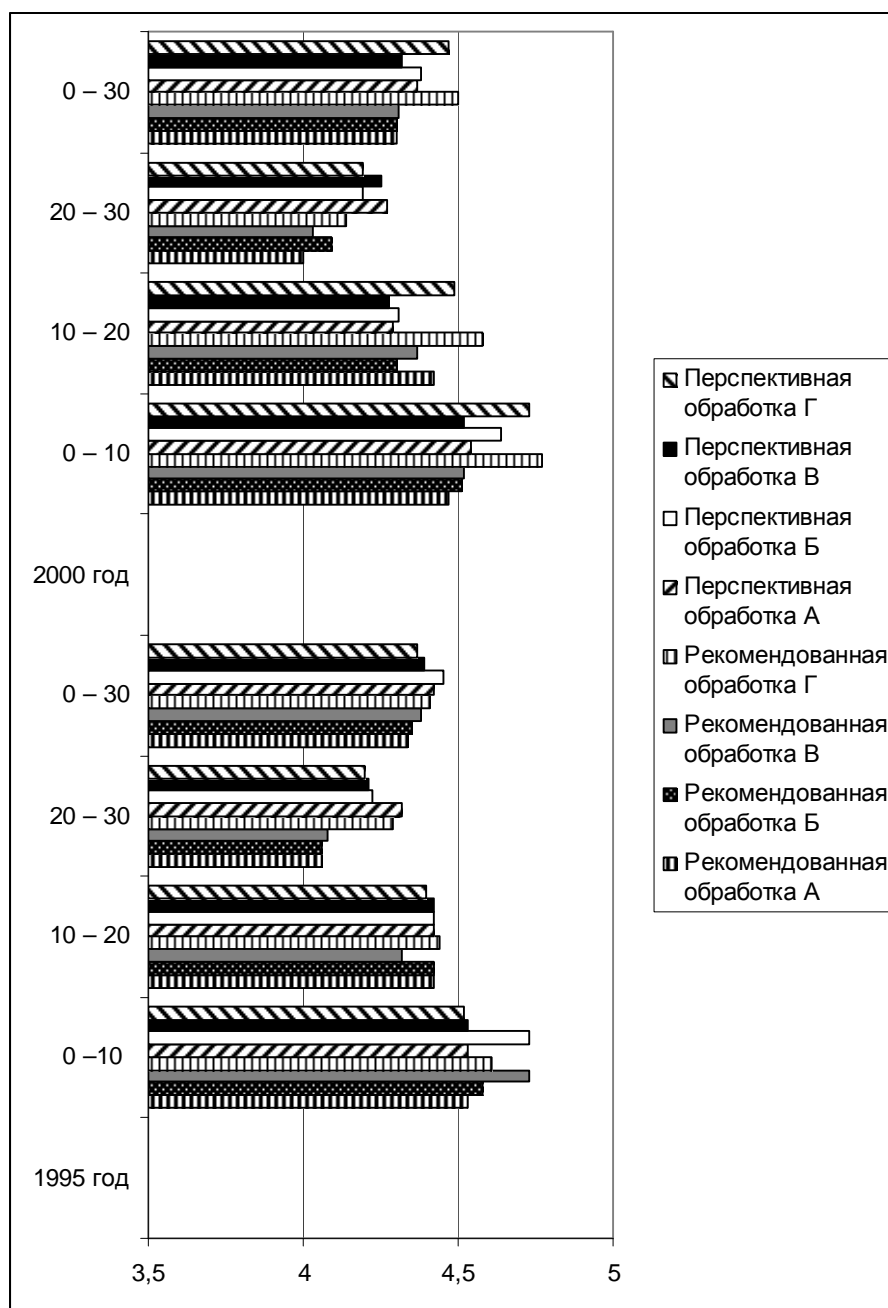


Рис. 6. Влияние различных систем обработки почвы и удобрения на содержание валового гумуса в черноземе обыкновенном, % (ось X), (А – контроль; Б – экологическая система; В – интенсивная система; Г – органическая система)

Несмотря на длительный период применения минеральных удобрений в данном опыте, не выявлено их влияния на содержание гумуса в почве. По обеим системам основной обработки почвы на фоне без внесения навоза коэффициент корреляции между этими показателями составлял 0,18 – 0,38. Лишь на вариантах с применением навоза

наблюдалась тенденция увеличения содержания органического вещества в пахотном слое по мере увеличения доз минеральных удобрений ($r = 0,55 - 0,58$). После окончания ротации 5-польного почвозащитного севооборота на вариантах с внесением различных доз минеральных удобрений гумусность почвы выявилась на 0,14% более низкой, чем было в начальном состоянии.

Выводы. Таким образом, можно считать установленным, что применение почвозащитных технологий производства сельскохозяйственной продукции является энергетически более выгодным; и имеет природоохранный эффект, а энергетический анализ помогает объективно и вне зависимости от стоимостных показателей дать оценку технологиям и предоставляет возможность их оптимизации, а также способствовать оптимизированию накопления гумуса в почве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведовський О.К. Ресурсо- та енергозберігаючі технології як прискорювачі інтенсифікації землеробства [Текст]/ О.К. Медведовський // Вісник с.-г. науки.- 1985.- №1.- С.-1-8.

2. Орешкин М.В. Энергетический аспект объёмной механизированной обработки почвы [Текст] / М.В. Орешкин / Збірник наукових праць ЛДАУ.- Технічні науки.- №4.- (10).- Луганськ: ЛДАУ, 1999.- С.203-212.

3. Орешкин М.В. Применение изобретений по а.с. 1496662 и 1766292 в системе почвозащитных технологий [Текст] / М.В. Орешкин / Збірник наукових праць ЛДАУ.- Технічні науки.- №4.- (10).- Луганськ: ЛДАУ, 1999.- С.213-214.

4. Болотских М.В. Особенности распространения тяжёлых металлов, микро- и радиоактивных элементов в ландшафтах Донбасса. Монография [Текст] / М.В. Болотских, М.В. Орешкин, П.В. Шелихов, В.М. Брагин.- Луганськ: ОАО «ЛОТ», 2004.- 196 с.

5. Орешкин М.В. Совершенствование технических средств обработки почвы как фактор предотвращения катастрофических ситуаций в земледелии. Монография [Текст] / М.В. Орешкин, В.Е. Кириченко, М.В. Болотских, В.А. Белодедов - Луганськ: Глобус, 2006.- 148 с.

6. Кириченко В.Е. Биоэнергетический анализ (методические рекомендации) [Текст] / В.Е. Кириченко, М.В. Орешкин, М.В. Болотских, Б.М. Белов, Ю.И. Усатенко, Е.П. Луганцев.-Луганск: ЛНАУ, 2004.- 51 с.