

АГРОНОМИЯ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.67

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
POWER ESTIMATION OF MELIORATIVE ACTIONS FOR
INCREASE OF FERTILITY OF SOILS****Л.В. Кирейчева**, доктор технических наук, профессор**И.В. Белова**, кандидат технических наук**С.В. Перегудов**, кандидат сельскохозяйственных наук**В.М. Яшин**, кандидат технических наук*ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова (ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии)***L.V. Kirejtcheva, I.V. Belova, S.V. Peregudov, V.M. Yashin***State Scientific Institution All-Russian scientific-research institute of hydraulic engineering
and land-reclamation after A.N. Kostyakov*

В статье рассматриваются результаты теоретических и полевых исследований эффективности применения органических и органо-минеральных удобрений, а также орошения по повышению плодородия длительно используемых почв выработанных торфяников Мещерской низменности.

In article results of theoretical and field researches of efficiency of application of organic and organo-mineral fertilizers are considered, and also an irrigation on fertility increase is long used soils of the developed peatbogs of Meshchersky lowland.

Ключевые слова: почва, плодородие, деградация, гумус, торфяники, удобрительно-мелиорирующая смесь, энергетическая оценка.

Key words: Soil, fertility, degradation, the peatbogs, an udobritelno-reclaiming mix, a power estimation.

Среди огромного почвенного разнообразия особое место занимают торфяные почвы и почвы выработанных торфяников, выполняющие особую экологическую, ландшафтно-гидрологическую и геохимическую функции земли. В процессе длительного использования часть из них утратили свои природные свойства за счет интенсивной минерализации органического вещества и потеряли экологическую устойчивость. Обоснование и разработка мероприятий по предотвращению процессов деградации и повышению почвенного плодородия являются важными и актуальными задачами. Для обеспечения расширенного воспроизводства почвенного плодородия требуется система мероприятий по стимулированию процессов гумусообразования и регулированию водного и питательного режимов почв. Это достигается применением различных агротехнических приёмов и мелиоративных мероприятий, в том числе внесением в почву органических и минеральных удобрений и микробных препаратов для ускорения переработки органики и стимулирования процессов гумусообразования.

На выработанных торфяниках (мелиоративная система «Тинки-2», опытного хозяйства «Полково» Рязанского района Рязанской области) в 2005 году (совместно с О.Б. Хохловой и К.Н. Евсенкиным) заложен деляночный опыт по повышению плодородия длительно используемых почв выработанных торфяников путём внесения различных компонентов, стимулирующих повышение текущего продукционного потенциала почв, а также их потенциального плодородия. Исходно высокое содержание в почве песка активизировало процессы минерализации органического вещества и снижение энергетического потенциала почвы.

Экспериментальный участок расположен на осушительной системе «Тинки-2», построенной в 1961-62 гг. на территории бывших торфоразработок. Осушительная система

представлена магистральным каналом и сетью открытых каналов, обеспечивающих поддержание на участке уровня грунтовых вод в среднем за вегетацию на глубине 90-110 см. Почвенный покров на участке, исходно представленный торфяными почвами на аллювиальных песках, в результате мелиоративного строительства и длительного сельскохозяйственного использования трансформировался в среднемощный агрозём. Мощность гумусового горизонта составляет 15-25 см. Открытая сеть дренажных каналов изменила водный режим почвенного покрова, выражающийся наличием водного стресса в жаркие засушливые периоды, что определило необходимость орошения.

Опыт проводится в 3-х кратной повторности на делянках размером 7,5 м x 15,0 м (площадь 127,5 м²). Варианты опыта:

- внесение удобрительно-мелиорирующей смеси (УМС) на основе торфа, пресноводного карбонатного сапропеля и почвенных микроорганизмов Нива- 1М;
- внесение вермикомпоста («Биогумуса») с последующими жидкими подкормками; - контроль с орошением; - контроль без орошения.

Норма внесения рассчитывалась по 1 кг сухого вещества на квадратный метр. Внесение производилось в вегетационный сезон 2005 г. путём равномерной рассыпки на поверхности почвы после её дискования и последующего запахивания. Во всех вариантах применялся региональный агротехнический фон минеральных удобрений, который в соответствии с рекомендациями ВНИИМЗ составляет для азота – 90 кг д.в./га, фосфора – 60 кг д.в./га и калия – 90 кг д.в./га [4].

Удобрительно-мелиорирующая смесь (Патент РФ № 2286321, 2006 г. Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б.) является органоминеральным удобрением длительного действия. Основным компонентом УМС является карбонатный сапропель, который при внесении в почву повышает в ней содержание стабильного органического вещества, отличающегося длительным периодом минерализации, и обогащает почву коллоидными частицами, увеличивая тем самым ее влагоемкость. Карбонатный сапропель содержит до 40 % органического вещества, 15-52 % СаО, 0,5-2,2 % общего азота, 0,3-0,6 % подвижного фосфора и обладает высокой емкостью катионного обмена (100-200 мг-экв/100 г) и суммой поглощенных оснований не менее 99 % [6]. Для обогащения УМС органическим веществом использовался торф местного месторождения. Торф совместно с сапропелем обладает кумулятивным эффектом и повышает буферность почвы. Для повышения содержания питательных элементов применялась нитрофоска в нормах по действующему веществу: азота – 70 кг/га, фосфора – 30 кг/га и калия – 35 кг/га. С целью активизации процессов гумусообразования в почве в состав УМС добавлялись микробные препараты – ЭМ – культура «Нива - 1М». ЭМ-культура в составе УМС выполняет следующие функции: разложение органического вещества; синтез меланопротеинов; усиление пула почвенных микроорганизмов и подавление развития патогенных микроорганизмов.

Вермикомпост с фирменным названием «Биогумус» производится корпорацией «ГринПикъ» в г. Ковров Владимирской области. Вермикомпост «Биогумус» содержит большое количество (до 32 % на сухой вес) гуминовых веществ (гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины), питательных элементов и микрокомпонентов, все питательные вещества находятся в сбалансированном сочетании и виде доступных для растений соединений. Он содержит также полезные для почвы и растений сообщества микроорганизмов, которые заселяют почву, выделяют фитогормоны, антибиотики, фунгицидные и бактерицидные соединения, что приводит к вытеснению патогенной микрофлоры (www.green-pik.ru). В качестве жидкой подкормки использовался препарат «Гумистар» (производитель «ГринПикъ»), представляющий водную вытяжку из вермикомпоста «Биогумус» и содержащий набор основных компонентов вермикомпоста. Подкормка в июне 2006 и 2007 гг. осуществлялась путем разбавления препарата в рекомендуемых производителем дозах в поливной воде и полива нормой 1 л/м² рабочего раствора.

Методика исследований включает изучение почвенных агрофизических и агрохимических характеристик, фенологические наблюдения, наблюдения за погодными условиями (с использованием автоматической метеостанции), снегомерную съёмку, определение химического состава компонентов гидросферы и глубины грунтовых вод. Определение влажности почвы выполняли термостатно-весовым методом и с помощью электрометрического влагомера после предварительной тарировки. Определялись биометрические показатели тимофеечно-кострецовой смеси и качество многолетних трав, их урожайность, а также распределение корневой системы растений по глубине почвенного профиля.

Для регулирования водного режима участок оборудован дождевальными установками КИ-5, конструкции ВНПО «Радуга». Поливы назначались при снижении влажности ниже 75-80 % от НВ.

В 2005 году на делянках возделывалась вико-овсяная смесь, а в 2006 году была посеяна смесь злаковых многолетних трав – тимофеевки и костреца.

Проведены четырехлетние комплексные исследования динамики факторов почвенного плодородия, урожайности многолетних трав, качества кормов и энергетических показателей.

В зависимости от влагообеспеченности вегетационного периода проводились вегетационные поливы: в 2006 году – 3 полива общей нормой 40 мм; в 2007 году – 8 поливов общей нормой 130 мм и в 2008 году – 1 полив нормой 25 мм. В течение вегетационных периодов глубина грунтовых вод на участке изменялась в пределах 0,6-1,9 м, увеличиваясь от весны к концу лета.

Ежегодно проводилось по два полноценных укоса многолетних трав. Данные по укосам, годовые и средние значения урожайности за трехлетний период приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика урожайности сена тимофеечно-кострецовой смеси на участке «Тинки-2», т/га

Варианты опыта	2006 год (2-ой год после внесения)			2007 год (3-ий год после внесения)			2008 год (4-ый год после внесения)			За три года	
	Укос		Всего	Укос		Всего	Укос		Всего	Всего	Средняя
	1	2		1	2		1	2			
Удобрительно-мелиорирующая смесь	5,85	5,08	10,93	5,08	4,08	9,16	5,42	4,41	9,83	29,92	9,97
Вермикомпост	5,98	5,36	11,34	5,50	4,35	9,85	5,86	4,72	10,58	31,77	10,6
Контроль с орошением	3,58	3,14	6,72	3,16	2,14	5,3	3,23	2,21	5,44	17,46	5,8
Контроль без орошения	-	-	-	2,27	1,03	3,33	2,12	1,09	3,21	6,54	3,3

Благоприятное воздействие внесенных удобрений на развитие растений отчетливо подтверждается наблюдениями за развитием их надземной и корневой частей. В вариантах с внесением УМС и вермикомпоста биометрические характеристики надземных частей злаков (данные за 2007 год, табл. 2) практически одинаковы. В варианте контроля без орошения из-за засушливости летнего периода 2007 года происходит угнетение растений, вследствие чего на 25-28 % уменьшается густота растений и в 2-3 раза – их высота. Повышение комфортности

условий развития биопродукционных процессов за счет внесения удобрений длительного действия стимулировало также и развитие корневой системы злаков.

Таблица 2 – Биометрические характеристики растений, 2007 г.

Варианты опыта	1 укос		2 укос	
	Густота, шт./м ²	Высота, м	Густота, шт./м ²	Высота, м
Удобрительно-мелиорирующая смесь	2150	100-110	2130	50-95
Вермикомпост	2200	100-120	2190	60-110
Контроль с орошением	1840	75-80	1820	30-90
Контроль без орошения	1580	52-55	1590	15-50

Наиболее мощная корневая система сформировалась в вариантах внесения УМС и вермикомпоста (табл. 3) и составила соответственно 14,28 и 14,39 т/га. В контрольных вариантах масса корневой системы примерно в три раза меньше, а в варианте без орошения корни проникают на большую глубину, что объясняется почвенной засухой.

Таблица 3 – Распределение массы корней тимофеечно-кострецовой смеси по глубине почвенного профиля

Варианты	Горизонт, см	Масса корней, т/га	Процентное соотношение
Удобрительно-мелиорирующая смесь	0-10	9,58	67,1
	10-20	2,65	18,6
	20-30	1,18	8,3
	30-40	0,87	6,1
	0-40	14,28	100
Вермикомпост	0-10	9,83	68,3
	10-20	2,75	19,1
	20-30	1,41	9,8
	30-40	0,40	2,8
	0-40	14,39	100
Контроль с орошением	0-10	2,86	56,8
	10-20	1,11	22
	20-30	0,57	11,3
	30-40	0,49	9,6
	0-40	5,03	100
Контроль без орошения	0-10	1,77	36,7
	10-20	1,21	25,2
	20-30	1,46	30,3
	30-40	0,37	7,7
	0-40	4,81	100

Исследования качества травосмеси по стандартным (государственным) методикам выполнялось по урожаю сена второго укоса 2007 года. Полученные результаты анализов химического состава и питательной ценности сена по вариантам опыта, а также оценка по классам для кормов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты химических анализов сена и его оценка по классам качества

Наименование показателя	Фактическое значение, %	Норматив, %	Класс
Удобрительно-мелиорирующая смесь			
Влажность	11,1	17	1
Сырой протеин	12,75	>12	1
Сырая клетчатка	23,3	<30	1
Сырая зола	6,9	<10	1
Каротин, мг/кг	17,0	15-20	2
Питательная ценность			
Обменная энергия, МДж	8,83	8,5-8,9	2
Кормовые единицы	0,68	>0,64	1
Вермикомпост «Биогумус»			
Влажность	11,6	17	1
Сырой протеин	11,52	10-12	2
Сырая клетчатка	24,1	<30	1
Сырая зола	7,4	<10	1
Каротин, мг/кг	21	>20	1
Питательная ценность			
Обменная энергия, МДж	8,64	8,5-8,9	2
Кормовые единицы	0,65	>0,64	1
Контроль с орошением			
Влажность	9,9	17	1
Сырой протеин	11,3	10-12	2
Сырая клетчатка	24	<30	1
Сырая зола	5,3	<10	1
Каротин, мг/кг	34	>20	1
Питательная ценность			
Обменная энергия, МДж	8,88	8,5-8,9	2
Кормовые единицы	0,67	>0,64	1

По всем показателям и вариантам сено относится к первому классу или близко от него. Показатели качества полученной продукции значительно превышают типовые региональные значения по всем тестируемым показателям [5]. Полученные величина урожайности и характеристики качества кормов показывают высокую продуктивность злаковой травосмеси и тем самым эффективность применяемых удобрений. Выход кормовых единиц и обменной энергии с гектара по 2007 году составил соответственно: для УМС – 6,23 т/га и 80,9 ГДж/га; для вермикомпоста – 5,53 т/га и 85,1 ГДж/га; на контроле – 3,55 т/га и 47,1 ГДж/га.

Для оценки энергетической эффективности мелиоративных мероприятий на участке Тинки-2 в соответствии с разработанной методикой [3] выполнены расчеты энергетических показателей за три года (2006-2008 гг.). Эффективность мелиоративных мероприятий оценивается по величине турбулентной энергоотдачи почвы и растительного слоя в окружающую среду (J). Эффективность тем выше, чем меньше значение указанной энергоотдачи:

$$J = R - Q_{\text{п}} - \text{БЭП}_{\text{г}} - \text{БЭП}_{\text{р}},$$

где R – радиационный баланс, $\text{кДж}/\text{см}^2$ (Будыко М.И., 1971); $Q_{\text{п}}$ – энергия почвообразования, $\text{кДж}/\text{см}^2$ (Волобуев В.Р., 1974); $\text{БЭП}_{\text{г}}$ – энергия, аккумулированная в почвенном гумусе, $\text{кДж}/\text{см}^2$; $\text{БЭП}_{\text{р}}$ – аккумулированная энергия в продукции фитомассы, $\text{кДж}/\text{см}^2$.

Энергию, аккумулированную в продукции фитомассы и в почвенном гумусе, можно оценить через биоэнергетический потенциал (БЭП), методика расчета которого предложена Хохловой О.Б. [6].

Для обеспечения устойчивости земледелия необходимо, чтобы величина энергоотдачи при функционировании мелиоративных систем снижалась по сравнению с естественными условиями, что указывает на более эффективное использование поступающей солнечной энергии.

Исходными данными для расчетов являлись: радиационный баланс, количество осадков, оросительная норма, урожайность сельскохозяйственных культур и количество вносимых удобрений. При этом для естественных условий принято среднемноголетнее значение радиационного баланса (по литературным данным), а при реализации мелиоративных мероприятий учитывалось изменение отражающей поверхности почвы, остальные показатели определены по фактическим данным. Для расчета энергии, поступившей в почву с удобрениями, использованы материалы О.Б. Хохловой по УМС [6] и фирмы «ГринПикъ» (www.green-pik.ru) [7]. В соответствии с расчетами О.Б. Хохловой выяснено, что при внесении 10 т/га УМС в почву дополнительно поступает $0,45 \text{ кДж}/\text{см}^2$. Энергия, поступившая с вермикомпостом, была оценена через энергию, содержащуюся в 1 т подстилочного навоза. При этом учитывалось, что из 1 тонны навоза возможно получить до 600 кг вермикомпоста.

В таблице 5 приведены результаты расчета энергоотдачи за три года по вариантам исследований: контроль без орошения, контроль с орошением, внесение УМС и вермикомпоста «Биогумус». Полученные данные свидетельствуют об эффективности оросительных мелиораций, при проведении которых наблюдается снижение энергоотдачи за счет повышения затрат на энергию почвообразования в 1,4 раза. Наибольшее влияние орошение оказало в острозасушливом 2007 году, когда энергоотдача снизилась на 26 % по сравнению с вариантом без орошения. 2006 и 2008 гг. характеризовались как влажные годы, энергия почвообразования практически осталась неизменной по сравнению с вариантом без орошения, при этом энергоотдача снизилась только на 10 %. Полученные закономерности увеличения эффективности использования солнечной энергии при орошении отчетливо иллюстрируются на рисунке 1, где видно, что величина энергоотдачи в вариантах с внесением УМС и «Биогумуса», а также на контроле с орошением, практически одинакова, что указывает на необходимость орошения для данной природной зоны в напряженные по влагообеспеченности периоды.

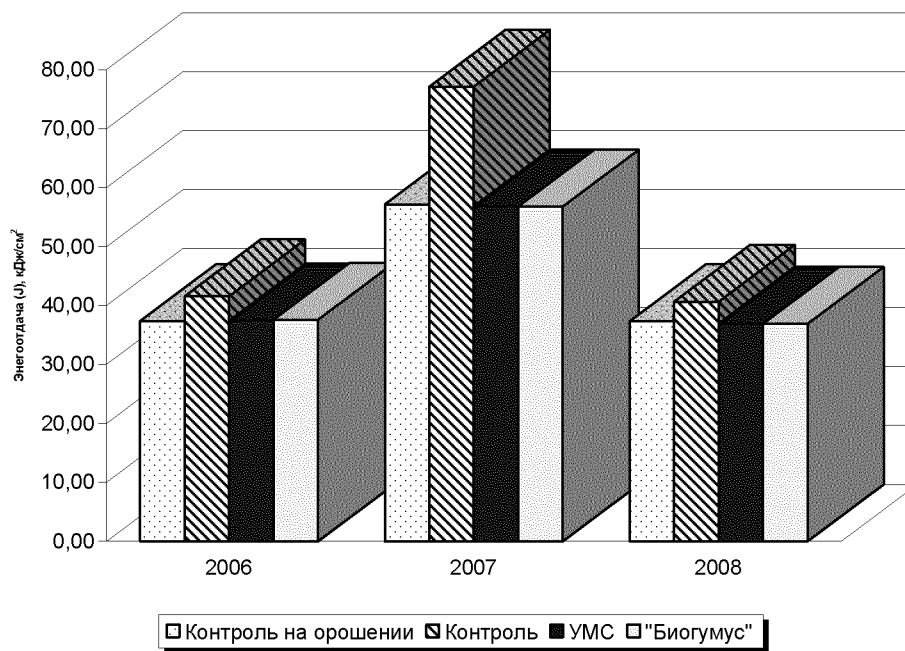


Рисунок 1 – Динамика турбулентной энергоотдачи по вариантам исследований

Во все годы исследований наблюдаются значительные различия между энергией, аккумулируемой в продукции фитомассы, на контроле и в вариантах с внесением УМС и «Биогумус» (табл. 5).

Энергетическая эффективность применения органических удобрений длительного действия была также оценена через прирост биоэнергетического потенциала (БЭП) органического вещества почвы. Полученные результаты (рис. 2) свидетельствуют об увеличении энергии, накопленной в почвенном гумусе при внесении органических удобрений в среднем на 8 % по сравнению с контролем. За счет интенсификации гумусообразования в течение двух лет БЭП возрос с 786 и 797 ГДж/га до 855 и 875 ГДж/га в вариантах с УМС и «Биогумусом» соответственно.

Таблица 5 – Результаты расчета турбулентной энергоотдачи по вариантам исследований за 2006-2008 гг.

Годы	R _ф кДж/см ²	R _м	O _с , мм	M ₁ , мм	Q, кДж/см ²		БЭП _ф , кДж/см ²			G, кДж/см ²				J, кДж/см ²			
					естественные условия	при орошении	контроль без орошения	контроль на орошении	УМС	«Биогау-мус»	УМС	«Биогау-мус»	контроль без орошения	контроль на орошении	УМС	«Биогау-мус»	контроль без орошения
2006	138	134	675	40	0,27	96,1	0,60	0,97	0,98	0,45	0,65	41,6	37,4	37,4	37,4	37,4	37,6
2007	138	140	296	154	0,30	82,8	0,47	0,81	0,85	-	-	71,1	57,2	57,2	56,8	56,8	56,8
2008	138	134	692	25	0,29	96,2	0,48	0,87	0,91	-	-	40,7	37,3	37,3	37,0	37,0	36,9

Примечание.

R_ф, R_м – радиационный баланс в естественных условиях и при проведении мелиоративных мероприятий; O_с – количество годовых осадков; M – оросительная норма; Q – энергия почвообразования; БЭП_ф – энергия, аккумулируемая в продукции фитомассы; G – энергия, поступающая с удобрениями; J – турбулентная энергоотдача почвы и растительного слоя в окружающую среду.

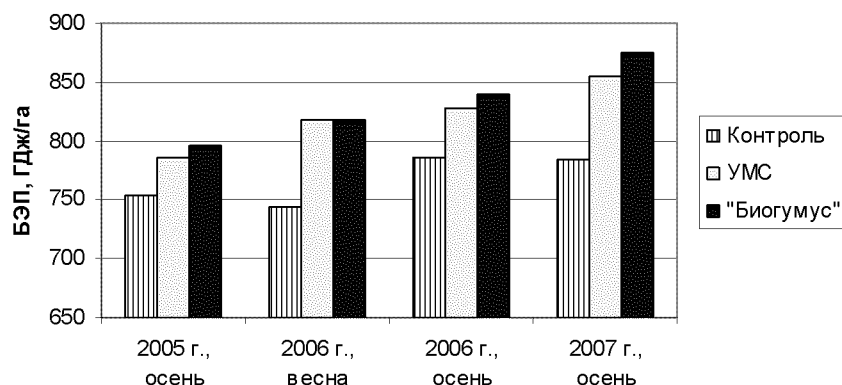


Рисунок 2 – Динамика биоэнергетического потенциала органического вещества почвы по вариантам исследований

Сопоставление полученных в опыте уровней урожайности и качества продукции с литературными данными позволяет утверждать, что применение удобрительно-мелиорирующей смеси и вермикомпоста положительно сказывается как на качестве получаемой сельскохозяйственной продукции (выход обменной энергии максимальный в вариантах с УМС и вермикомпостом), так и на величине урожайности. За три года исследований средняя урожайность сена тимopheечно-кострецовой смеси в варианте с внесением УМС составила 9,97 т/га, «Биогумуса» – 10,6 т/га, что превышает вариант контроля с орошением соответственно на 72 % и 83 %, а вариант контроля без орошения – на 202 % и 221 %.

Оценки энергетического баланса показали высокую эффективность оросительных мелиораций в засушливый по влагообеспеченности год, о чем свидетельствует снижение турбулентной энергоотдачи почвы и растительного покрова в окружающую среду на 10-26 %. Эффективность применения органоминеральных и органических удобрений длительного действия выражается в увеличении энергии почвенного гумуса до 800-875 ГДж/га, что больше по сравнению с контролем в среднем на 8 %.

Библиографический список

1. Будыко, М.И. Климат и жизнь [Текст] / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 470 с.
2. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования [Текст] / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – С. 127-128.
3. Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов РФ [Текст] / Л.В. Кирейчева, И.В. Белова, Н.П. Карпенко и др.. – М., 2008. – 82 с.
4. Ковалев, Н.Г. Эффективность технологий освоения осушаемой залежи в сенокосы в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ [Текст] / Н.Г. Ковалев, А.Г. Кобзин, Т.М. Тихомирова // Доклады международной научно-практической конференции «Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель». – Мн., 2005.
5. Состав и питательность кормов (союзные республики, экологические районы РФ) [Текст]: справочник: / Под ред. И.С. Шумилина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.
6. Хохлова, О.Б. Повышение плодородия малопродуктивных и деградированных почв удобрительно-мелиорирующими смесями на основе сапропелей [Текст] : автореф. ... дис. д-ра с.-х. наук. / О.Б. Хохлова. – М., 2007. – 47 с.
7. www.green-pik.ru

E-mail: gsm.dtn@mail.ru