

## ВЫРАЩИВАНИЕ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СР - ТЕХНОЛОГИИ

*Ольга Дубровина*

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

*Olga Dubrovina*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

**Аннотация.** Технологии выращивания кукурузы на силос с применением методики UNIDO, позволяет определить возможности снижения химического воздействия на биомассу в процессе ее выращивания, уборки и подготовки к сбраживанию. Применение СР – технологии способствует уменьшению использования пестицидов и биологическая защита от насекомых, экологический эффект достигается за счет прямого посева кукурузы, частичного (В30) или полного (В100) перехода на дизельное биотопливо.

**Ключевые слова:** СР-технология, кукуруза на силос, дизельное биотопливо, биологический метод защиты растений, биогаз.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В структуре затрат на производство биогаза из растительных материалов наибольшую долю занимает себестоимость выращивания и переработки энергетических культур [2,6], которая вследствие колебаний на рынке может существенно меняться. Для эффективного выполнения технологий анаэробного сбраживания биомассы в странах Европы широко используют кукурузу, многолетние и однолетние травы, а также их смеси в виде сенажа или силоса [1,10].

Факторы, характеризующие взаимодействие биосубстратов с внешней средой и формируют качество процесса метаногенеза в метантенке, обусловленные тремя этапами, которые проходит биомасса энергетического назначения на пути превращения в биогаз и биоудобрения: I – выращиванием, II – сбором и предварительной переработкой; III – биотрансформацией в ферментационном реакторе [7,9].

Насыщение известных технологий выращивания сельскохозяйственных культур

элементами новейших биотехнологий, замена отдельных операций, адаптивными к повышенным требованиям качества первичного биосырья, открывает возможности создания новых, так называемых СР-технологий производства энергетических сельскохозяйственных культур (СР – это аббревиатура «Cleaner Production», что означает «более чистое производство»).

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследования является разработка СР-технологии выращивания кукурузы на силос с целью повышения эффективности метаногенеза при сбраживании многокомпонентных субстратов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе разработки СР-технологии произведен балансовый анализ энергетических потоков при выполнении технологических операций традиционной технологии производства кукурузы на силос. Проанализирована принципиальная схема базовой технологии выращивания кукурузы на силос (рис.1).

С целью улучшения экологической ситуации и снижения влияния антропогенных факторов на окружающую среду предложено ввести новую ресурсосберегающую технологию производства силоса из кукурузы. Такая СР-технология по сути позволяет реализовать «чистое» производство основного растительного субстрата для производства биогаза в условиях применения «прямого» посева агрегатом CASE + BOURGAULT – 8810; внесения средств защиты растений с принудительным осаждением воздушным потоком агрегатом МТЗ–82 + опрыскиватель «Стрекоза»; использования элементов биологиче-

## ВЫРАЩИВАНИЕ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СР - ТЕХНОЛОГИИ

ской защиты растений; частичной замены традиционного топлива на смесевое или чистое биотопливо.

Общая структурная модель производства энергетической кукурузы на силос при «более чистой» технологии создана на основе принципиальной схемы традиционной технологии с внесенными усовершенствованиями (рис. 2).

Согласно проведенному балансовому анализу материальных и энергетических потоков в СР – технологию должны входить технологические операции, которые уменьшают использование удобрений, средств защиты растений [8] и технологической воды; предотвращают загрязнение продукции и окружающей среды при производстве сельскохозяйственного сырья, в частности выхлопными газами энергетических транспортных средств.

При внедрении смесевое (В30) и чистого (В100) дизельных биотоплив использована продукция, произведенная и эксплуатируемая в ОП НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция». Для расчетов принята стоимость дизельного биотоплива (В100) на уровне 0,85 стоимости традиционного ДТ при расходе В100 на основных сельскохозяйственных операций на 7% больше, чем при использовании ДТ [3].

Научно-производственной проверкой основных технологических операций производства кукурузы на силос установлено, что опции СР-технологии, предусмотренные структурной моделью, в условиях реального производства способствуют снижению воздействия антропогенных факторов на окружающую среду.

Анализ подтверждает целесообразность существенного сокращения использования минеральных удобрений, с 800 до 300 кг/га, при применении локально дозированного внесения их в защитную зону рядка вместо разбросного способа агрегатом МТЗ – 80 + МВУ – 6.

Замена в СР-технологии инсектицидов в виде средств химизации на средства биологизации позволила на 38% уменьшить химическое давление на окружающую среду, а также практически в 2 раза сократить расход воды на каждом гектаре посевов кукурузы на

силос. Новейшая ресурсосберегающая технология производства силоса из кукурузы способствует существенному уменьшению возможностей выработки и попадания ингибиторов в субстрат, которым является силос кукурузы. Общая экономия топлива на 1 га составляет 6,18 кг, соответствующие изменения претерпел и энергетический баланс при применении СР – технологии (рис. 2).

Фактические прямые затраты при реализации СР – технологии производства по сравнению с традиционной технологией, указывают на уменьшение влияния применения химических средств защиты растений (в %) на стоимость конечной продукции (силоса). Уменьшение эмиссий позволяет сократить поступление ингибиторов в субстрат, который поступает на ферментацию в биогазовый реактор.

Анализ диаграмм распределения прямых расходов сравниваемых технологий показал, что:

- в структуре прямых затрат СР – технологии уменьшились расходы на химические вещества: на удобрения – 63%, на средства защиты – 38%;

- учитывая, что полураспад биодизельного топлива происходит в 2 раза быстрее ДТ [5], поступления ингибиторов в субстрат посредством эмиссий В30 становится меньше на 23%.

Учитывая важность предотвращения загрязнения биомассы ингибиторами, вызванных выбросами ГСМ, нами дополнительно проанализировано влияние сравниваемых технологий на состояние окружающей среды (рис. 3).

В денежном выражении, прямые расходы традиционной, СР и перспективной технологий показали целесообразность применения СР – технологии выращивания кукурузы на силос (рис. 4), так как сокращение прямых расходов идет непосредственно за счет статей, которые вредят окружающей среде.

Научно-производственная проверка базовой технологии производства кукурузы на силос показала ряд недостатков, для устранения которых и были предложены мероприятия по ресурсо– и энергосбережения с внедрением новой СР – технологии (табл. 1).

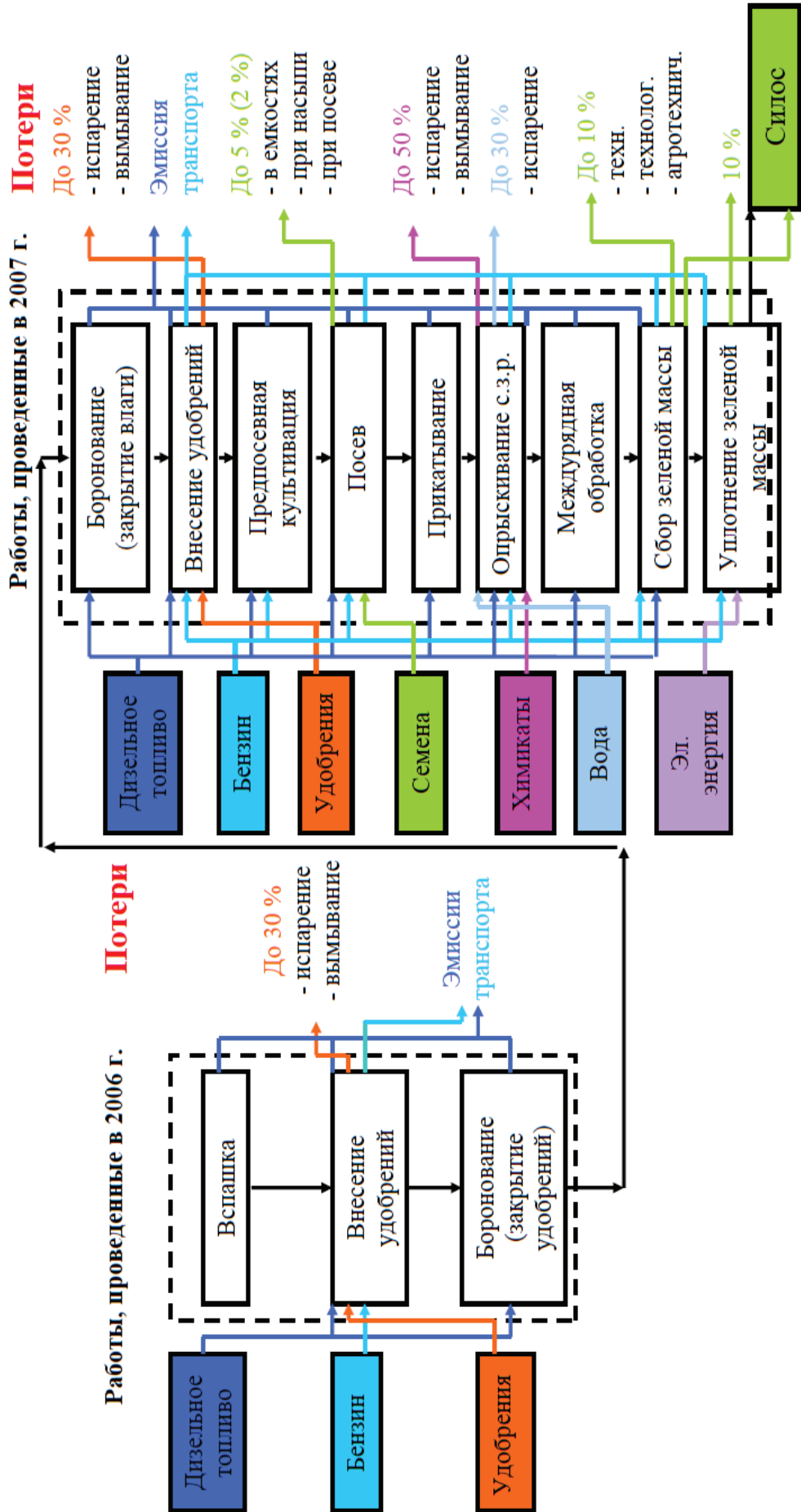
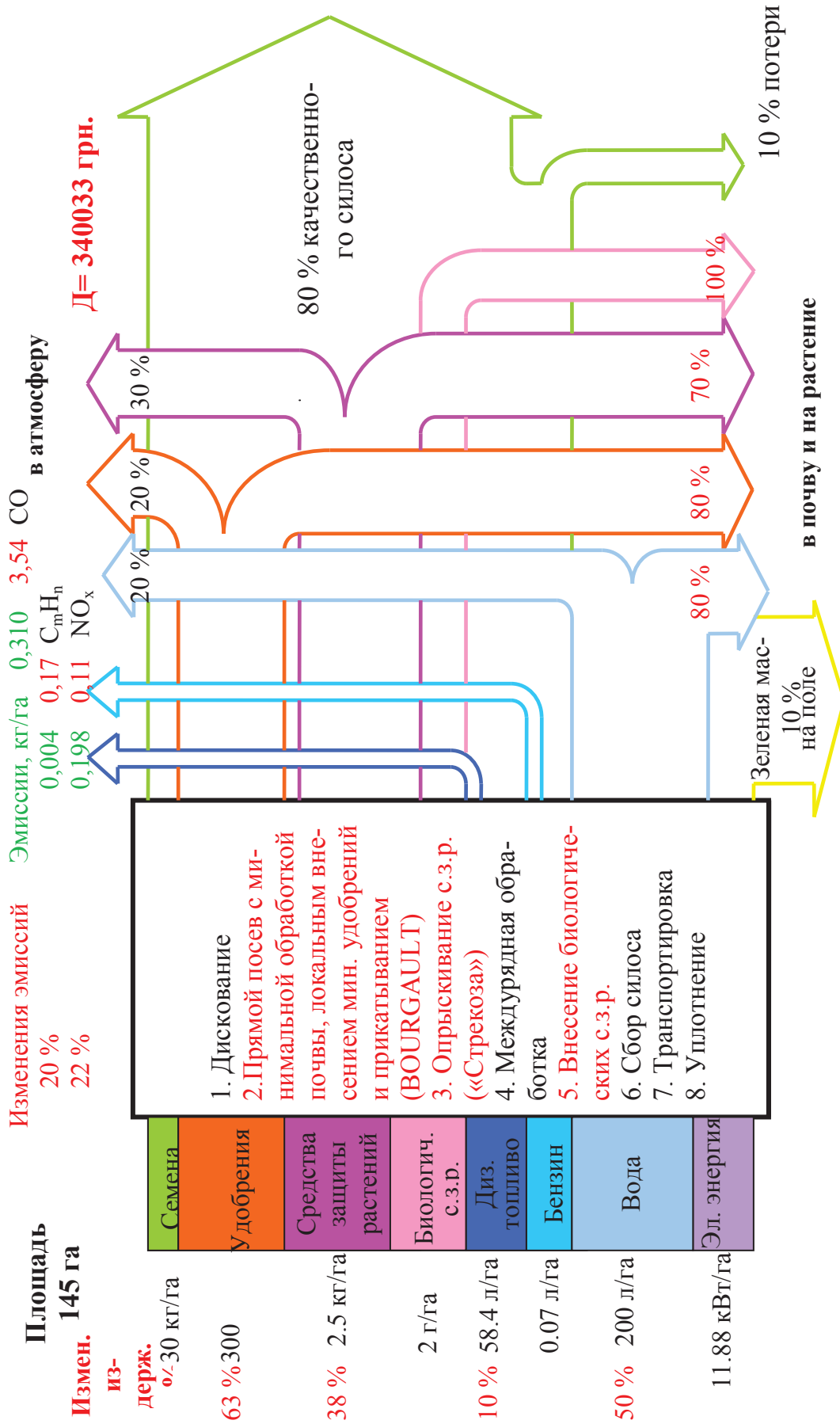


Рис. 1. Принципиальная схема базовой технологии производства кукурузы на силос  
 Fig. 1. Schematic diagram of the basic technology of the production of corn for silage



**Рис. 2.** Структурная модель выращивания кукурузы на силос с применением СР-технологии  
**Fig. 2.** Structural model of the cultivation of corn for silage using СР - Technology

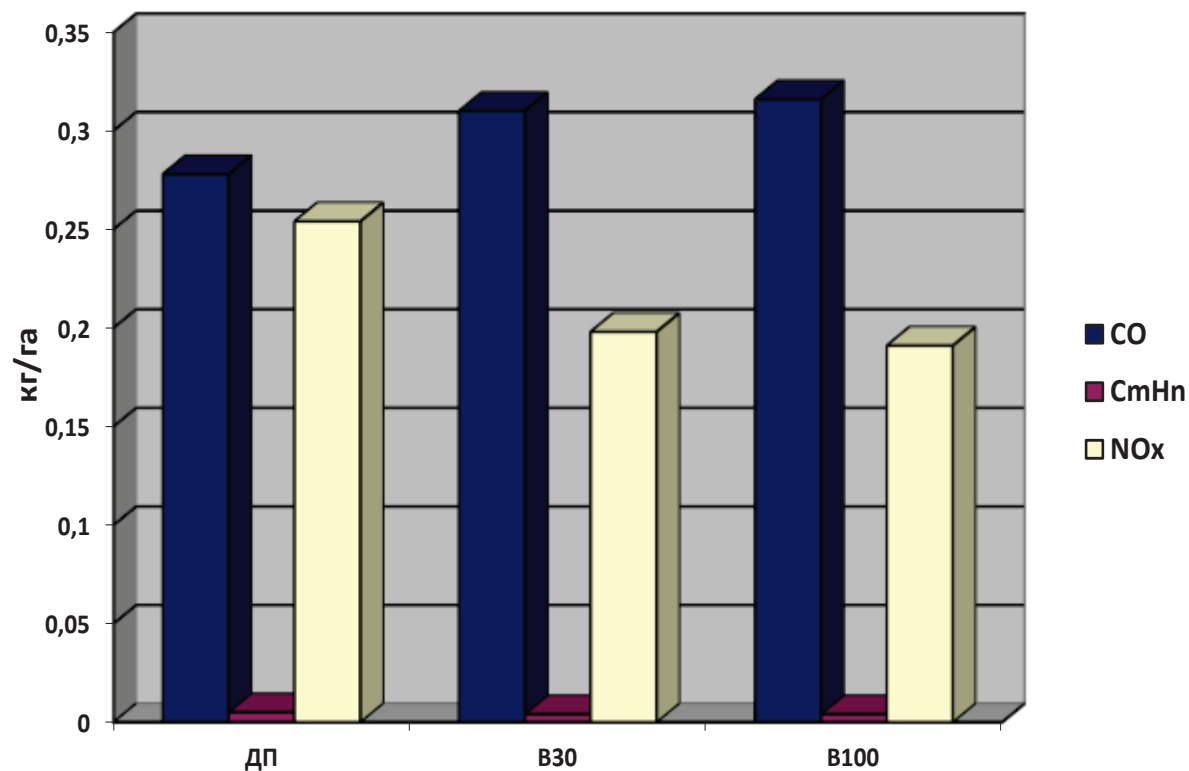


Рис. 3. – Эмиссии ГСМ при выращивании кукурузы на силос  
 Fig. 3. - Emissions of fuel in the corn silage

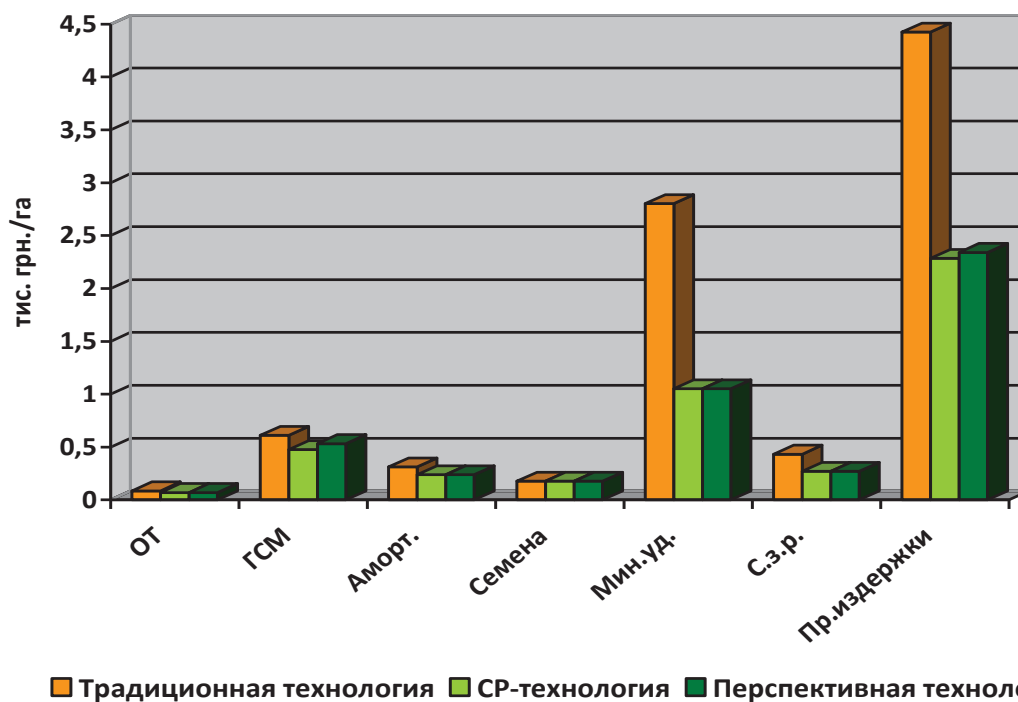


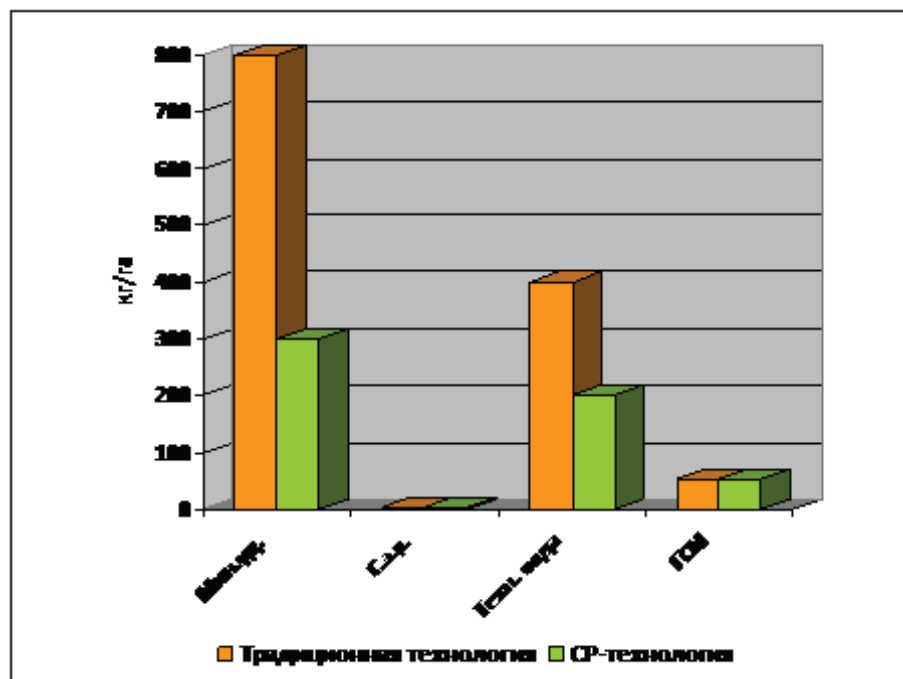
Рис. 4. Прямые издержки традиционной, CP и перспективной технологий выращивания кукурузы на силос, где:  
 Fig. 4. Direct costs of traditional CP and promising technologies for growing corn for silage, where:

ВЫРАЩИВАНИЕ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СР - ТЕХНОЛОГИИ

**Таблица 1.** Перечень мероприятий по ресурсо- и энергосбережению при внедрении СР – технологии

**Table 1.** List of measures for resource and energy efficiency in the implementation of the СР – Technology

Наименование мероприятия	Ожидаемый практический результат
1. Замена традиционного моторного ДТ на смесевое (В30), которое производится хозяйством	Сокращение до 30% использования традиционного ДТ
2. Применение «прямого» посева агрегатом	Экономия минеральных удобрений и других ресурсов до 30%
3. Использование опрыскивателя «Стрекоза»	Повышение эффективности средств защиты растений до 20%
4. Использование биологических средств защиты растений	Отказ (100%) от использования химических инсектицидов, повышение урожая на 10 %



**Рис. 5.** Экологическая эффективность СР-технологии выращивания кукурузы на силос  
**Fig. 5.** Environmental efficiency of СР - technology growing corn for silage

Внедрение в технологический процесс производства кукурузы на силос вышеуказанных мероприятий (табл. 1) позволило получить высокую экономическую эффективность выращивания данных культур, сокращено применение:

- минеральных удобрений на 500 кг/га;
- химических средств защиты растений на 1,5 кг / га;

- технической воды на 200 л / га;
- дизельного топлива на 6,18 л / га.

Преимущества использования СР – технологии для выращивания кукурузы на силос подтверждены, кроме вышесказанного, экологической эффективностью (рис. 5).

Анализ технико-экономических показателей показал высокую эффективность разработанной технологии. Уровень рентабель-



ности СР – технологии составил 93,42% при рентабельности базовой технологии выращивания кукурузы на силос на уровне 7,43%.

Эффективность реализованного проекта с «чистого производства» в сфере биоэнергетики в ОП НУБиП Украины «Агрономическая опытная станция» подтвержден сертификатом UNIDO.

## ВЫВОДЫ

Разработанная СР-технология выращивания кукурузы на силос позволяет при меньших прямых затратах достичь сокращения использования ресурсов (удобрений, средств защиты растений, ДТ и т.д.), а также уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду и частично устранить причины загрязнения субстрата (силосной кукурузы) ингибиторами процесса сбраживания.

Ограничено негативное влияние традиционных технологических операций сельскохозяйственного производства на окружающую среду за счет уменьшения уплотнения почвы, сокращение использования химических средств защиты растений и удобрений, замены традиционного на смесевое дизельное топливо.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Krivoruchko V., Amon T., Dubrovin V. i dr. Energetickoye ispolzovaniye biomassy v biogazovykh ustanovkakh. – Plock: Warsaw University of Technology, 2002. – 93–98.
2. Dubrovin V.O., Korchemniy M.O., Maslo I.P. ta in. Biopaliva (tekhnologii, mashini i obladnannya). – Kiev, 2004.
3. P.Jevic, V.Dubrovin, Z.Sediva. Existing standards and their need for liquid and gaseous alternative fuels / Journal of research and applications in agricultural engineering. – Poznan, 2005. – Vol. 49.– 14–16.
4. V. Dubrovin, M. Melnychuk, P. Jevič. Oil plants cleaner production & processing for bioenergy development / Proceedings of the 6th Research and development Conference of Central- and Eastern European Institutes of agricultural engineering (CEE Ag Eng). – Kaunas: IAE LUA, 2009. – Kaunas: IAE LUA, 2009. –60-64.
5. Dubrovin V.O., Anna Gzhibek, Lyubarskiy V.M. Bioenergiya v Ukraini – rozvitok sil-

- skikh teritoriy ta mozhlivosti dlya okremikh gromad. – Kaunas: IAE LUA, 2009. – 120.
6. Kravchuk V.I., Dubrovin V.O. Tekhnologii ta obladnannya dlya vikoristannya ponovlyuvanikh dzherel yenerгии v silskogospodarskomu virobnitstvi. – Doslidnitske: UkrNDIPVT im. L.Pogorilogo. – 2010. – 184.
7. Mironenko V.G., Dubrovin V.O., Polishchuk V.M., ta in. Tekhnologii virobnitstva biogazu. – K.: Kholtekh, 2010. – 84.
8. Yu.I. Starchevskiy, V.O. Dubrovin, I.P. Starchevskiy. Tekhnologichni osnovi stvorennaya kompleksnoi pilotnoi biofabriki dlya biozemlerobstva / Motrol. Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa. — Lublin 2010. - Tom 12B. – 43-48.
9. Ya.B.Blyum, G.G.Geletukha, I.P.Grigoryuk ta in. Biologichni resursi i tekhnologii virobnitstva biopaliva. – K: «Agrar Media Grup», 2010. – 403.
10. Laurencas Raslavicius, Anna Grzybek, Valeriy Dubrovin. Bioenergy in Ukraine – Possibilities of rural development and opportunities for local communities / Energy Policy 39 (2011) 3370-3379, Elsevier Ltd, Oxford, UK.
11. Dubrovin V. 2012: Proizvodstvo entomologicheskogo preparata trikhogrammy / V.Dubrovin, G.Golub, O.Marus. – Motrol, 14. – №3. – 9–20.
12. Melnichuk M.D. 2003: Biotekhnologiya rasteniy / M.D. Melnichuk, T.V. Novak, V.A. Kunakh. – K.: Poligrafkonsalting. – 520.
13. Selskokhozyaystvennaya biotekhnologiya. 1998: Ucheb. / V.S. Shevelukha, Ye.A. Kalashnikova. S.V. Degtyarev i dr.: Pod red. V.S. Shevelukhi. – M.: Vyssh. Shkola. – 416.
14. Encyclopedia 2001: Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Biotechnology / Editor Robert A. Meyers – Academic Press Edition: 3rd. – 911.
15. Engineering 2001: Engineering and Manufacturing for Biotechnology Series: Focus on Biotechnology, Vol. 4 / Hofman, M.; Thonart, P. (Eds.) – Springer. – 496.
16. Targonya V. 2010: Algoritm rozroblennaya biotekhnologichnoi skladovoi biokonversnogo kompleksu / V. Targonya // Tekhniko-tekhnologichni aspekti rozvitku ta viprobuvannya novoi tekhniki i tekhnologiy dlya silskogo gospodarstva Ukraini: zbirnik naukovikh prats UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. – Vip. 14 (28). – 348–356.

17. Zhalnin E.V. 1971: Dinamometricheskii sposob otsenki obshchey svyaznosti solomistykh chastits v sloye // Mekh. i elektr. sots. sel. khoz-va. - M.: - №8. - 49-52.
18. Koegel R.G. 1985: Quantification of mechanical losses in forage harvesting // Trans. of ASAE. -V.28. -№4. - 1047-1051.
19. Boltyanskaya N. 2011: Obosnovaniye konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov separiruyushchikh poverkhnostey zhalyuziynykh reshet zernouborochnykh kombaynov // MOTROL. - Lublin. - 13B. - 111-116.
20. Bioenergiya 2009: Bioenergiya v Ukraini - rozvitok silskikh teritoriy ta mozhlivosti dlya okremikh gromad: Naukovo-metodichni rekomendatsii / [V.O. Dubrovin, M.D. Melnichuk, Yu.F. Melnik ta in.] - K: NUBiP Ukraini. - 122.
21. Nedovesov V.I., Mikitenko M.R. 1986: Mekhaniko-tekhnologicheskiye osnovy razrabotki stogoobrazovatelya // Tr-ry i s.-kh. mashiny. - №7. - 23-24.
22. Atomistika 1985: Atomistika razrusheniya // Novoye v zarubezhnoy nauke: Per. s angl. / Pod red. R.V. Goldshteyna. - M.: Mir. - Vyp. 40. - 246.
23. Yeremenko O.I. 2001: Rezultati doslidzhen protsesu pozdovzhnogo stisnennya stogu, obruntuvannya dovezhni robochoi kameri pristroyu ta vibir klasu traktora // Mizhvid. temat. nauk. zb. "Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva". - Glevakha: NNTs "IMESG". - Vip. 85. - 123-127.
24. Yeremenko O.I., Kuzmich Ya.A., Gondar V.B. 2009: Obruntuvannya grafoanalitichnoi modeli strizhnevikh silskogospodarskikh materialiv // Naukoviy visnik Natsionalnogo universitetu bioresursiv i prirodokoristuvannya Ukraini. - K.: - Vip.134, ch. 2. - 138-145.
25. Novitni 2010: Novitni tekhnologii bioenergokonversii: monografiya / [Ya.B. Blyum, G.G. Geletukha, I.P. Grigoryuk ta in.] - K.: Agrar Media Grup. - 360.
26. Cherepanov G.P. 1983: Mekhanika razrusheniya kompozitsionnykh materialov. - M.: Nedra. - 296.
27. Loveykin V. 2012: Optimizatsiya rezhimov kolebaniy zernovykh smesey pri nalichii sukhogo treniya / V. Loveykin, Yu. Chovnyuk, V. Kulyk // MOTROL Commission of Motoriza-
- tion and Energetics in Agriculture. - Lublin. - Vol. 14, № 3. - 140-147.
28. Svetlitskiy V. A. 1987: Mekhanika sterzhney / V 2-kh ch. - M.: Vysshaya shkola, - Ch. 1. - 320.

#### MAIZE CULTIVATION FOR ENERGY PURPOSES USING CP-TECHNOLOGY

**Summary.** Technology of corn growing using UNIDO methodology, allows determining the possibilities to reduce chemical effects on biomass within its growing period, harvesting and preparation for fermentation. Application of CP - technology promotes pesticide consumption reduce and biological plant protection, ecological effect can be reached due to direct corn sowing and partial (B30) or complete (B100) switching to diesel biofuel.

**Key words:** CP-technology, corn for silage, diesel biofuel, biological plant protection, bio-gas.