

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

*Савелий Кухарец, Геннадий Голуб, Семен Драгнев*

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

*Saveliy Kukharets, Gennadiy Golub, Semen Drahniev*

*National university of life and environmental sciences of Ukraine*

**Аннотация.** В статье представлен алгоритм регулирования использования органических ресурсов для производства биотоплива. Выполнение такого алгоритма позволяет определить доступный потенциал органического сырья и установить направления конверсии органического сырья.

**Ключевые слова:** биотоплива, алгоритм, производство, сырье, использование

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Решение задач связанных с продовольственной, энергетической и экологической проблемами в аграрном производстве невозможно без эффективного сбалансирования потребностей в производстве продукции для удовлетворения пищевых, сырьевых, энергетических потребностей общества и возможностей агроэкосистемы.

Кроме того, производство и использование биотоплива в сельском хозяйстве требует четкого согласования потенциала органического сырья, материально-технической базы производства и потребностей смежных отраслей.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каждое мероприятие, которое предлагается для реализации в агроэкосистемах должно быть направлено на поддержание плодородия почвы, а по возможности способствовать расширенному воспроизводству плодородия почв. Это имеет непосредственное отношение и к производству и использованию биотоплив. В связи с этим, серьезной научной проблемой является определение объемов растительной биомассы, которая может быть задействована на тепловые потребности без ущерба для воспроизводства плодородия почв. Кроме того, важное влияние на сохранение плодородия почв имеют технологии их возделывания, выращивания

и сбора, соответствующих сельскохозяйственных культур и параметры техники, которая при этом применяется.

Баланс гумуса в севообороте определяется как разница между количеством минерализованного гумуса и его поступлением за счет гумификации корневых остатков, пожнивных остатков, биомассы сорняков и сидератов, а также внесенного подстилочного навоза и других органических веществ. Исходными параметрами (данными) для расчета баланса гумуса в севообороте является комплекс статистических, агрономических и агрозоотехнических показателей. Среди них минерализация гумуса культурами севооборота, выход сухой массы корневых остатков и сухой биомассы полевых культур зависят от урожайности полевых культур и согласно литературных источников изменяются в широких пределах [1]. Это позволяет разработать лишь приближенный алгоритм расчета баланса гумуса.

Установлено, что биоконверсия органического сырья с производством биотоплива позволяет обеспечить автономность агроэкосистемы лишь частично [1, 2]. Кроме того, при использовании биотоплива остро стоит вопрос сохранения плодородия почв и обеспечения отрасли животноводства [3]. В то же время совершенствование технического и технологического обеспечения производства и использования биотоплива в сельском хозяйстве требует решения ряда научных и технических задач направленных на дальнейшее развитие отрасли биотоплив [4,5,6].

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание детерминированной модели функционирования агроэкосистемы, которая должна предусматривать максимизацию и согласование уровней энергообеспечения (за счет собственных ресурсов) и экономической эффективности, с воспроизведением

плодородия почв за счет поддержания положительного баланса гумуса.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Технико-технологические мероприятия, выполняемые в сельском хозяйстве, также должны быть согласованы с потребностями смежных отраслей аграрного производства, поддерживать баланс гумуса почвенной среды и способствовать воспроизводству плодородия почв. Поэтому, прежде всего, необходимо определение объемов растительной биомассы, которая может быть подвержена конверсии с производством и использованием биотоплив.

Общая модель функционирования агроэкосистемы (рис. 1) включает в себя основные области сельскохозяйственного производства: животноводство и растениеводство, вспомогательные – переработка сельскохозяйственной продукции. Кроме того, в составе агроэкосистемы необходимо рассматривать производство биотоплив, как отдельное направление [7,8,9,10,11].

Также, мы предлагаем меры направленные на восстановление органических веществ в почве выделить в отдельную систему – поддержания баланса гумуса. В данную систему необходимо включить специальные приемы обработки – например, заделки растительных остатков на определенную глубину для повышения эффективности использования питательных веществ сельскохозяйственными растениями [12]. Предлагаемая система, также, должна обеспечивать производство компостов и внесения сброженного навоза [4].

Внедрение такой системы позволит установить необходимые технологически конструкционные параметры сельскохозяйственных машин, направленные на повышение эффективности восстановления гумуса в почвенной среде.

На основании структурной схемы функционирования агроэкосистемы разработаны модели функционирования агроэкосистемы с производством продукции и энергии, использованием биотоплив и восстановлением питательных веществ в почве (рис. 2, 3, 4).

Рассмотрим состав типовой агро-экосистемы. Такая система предусматривает выращивание культур в соответствующем се-

вообороте [13, 14]; производство основной продукции растениеводства и животноводства, кормов для животноводства и птицеводства, тепла и энергии из биогаза, полученного в результате сбраживания продуктов жизнедеятельности животных и птицы, подготовку и использование некоторой доли незерновой части урожая на тепловые потребности посредством генераторного газа, пеллет [15], брикетов, тюков или сечки; производство компоста, с использованием биологической конверсии органического сырья, производство жидких биотоплив – дизельного биотоплива и биоэтанола [16,17].

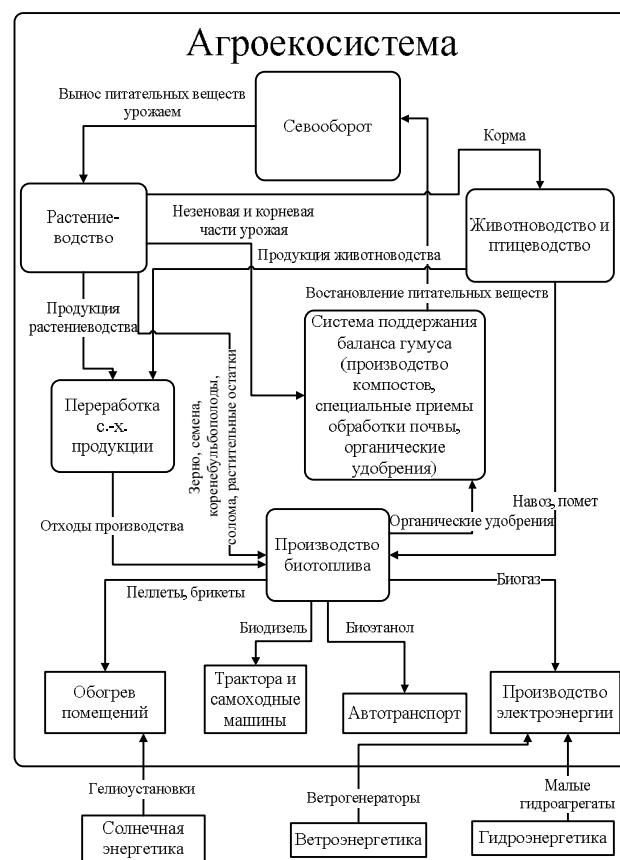


Рис.1. Структурная схема функционирования агроэкосистемы

Fig.1. Block diagram of the operation agroecosystem

Исходя, из эколого-экономического эффекта можно оценить потенциал доступного органического сырья и выбрать рациональные пути его конверсии в биотопливо. Создание алгоритма производства и использования биотоплива предусматривает разработку программы принятия решений, которая построена на последовательности определен-

ных действий с целью получения желаемого результата. Алгоритм управленческих действий по регулированию как процессов конверсии растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения, так и возможного количества органического сырья для конверсии в энергоресурс можно представить в виде двух подсистем. Первая из которых направлена на формирование решений относительно количества растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения, которую в дальнейшем будут использоваться в процессе конверсии. Вторая – это формирование решений по способам конверсии органического сырья. Первую подсистему условно назовем «потенциал органического сырья», а вторую – «способы производства и использования биотоплива».

Выполнение такого алгоритма позволяет осуществлять регулирование процесса конверсии сырья сельскохозяйственного происхождения с целью максимизации экономического эффекта и улучшения экологических параметров производственной деятельности, а именно – сохранение баланса гумуса.

Необходимо организовать взаимосвязи между подсистемами «потенциал органического сырья» и «способы производства и использования биотоплива», которые позволят корректировать необходимое количество органического сырья, используемого в процессе конверсии, в зависимости от ситуации на рынке биоэнергоресурсов. Это также позволит верно, принять решение о способе конверсии в зависимости от количества полученного органического сырья. Графически предлагаемый алгоритм представлен на рис. 2.

Для первой подсистемы на этапе анализа потенциала возможной растительной биомассы сельскохозяйственного происхождения для конверсии оценивается: наличие ресурсно-технического, сырьевого потенциала; потребности органического сырья в отраслях растениеводства и животноводства.

На этапе принятия решений о возможности конверсии органического сырья оценке подлежат: выделение площадей на выращивание органического сырья, внедрение технологий, новой техники, новых агротехнических приемов, решения о части органического

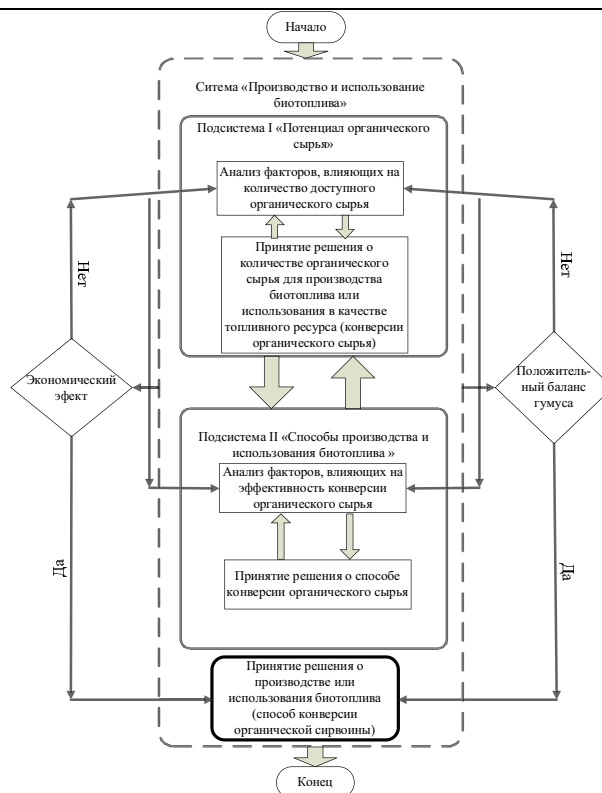


Рис. 2. Алгоритм регулирования использования органических ресурсов при производстве биотоплива

Fig. 2. Algorithm for management of organic resources in the production of biofuels

го сырья для собственных нужд и части для конверсии в энергоресурсы (рис. 3).

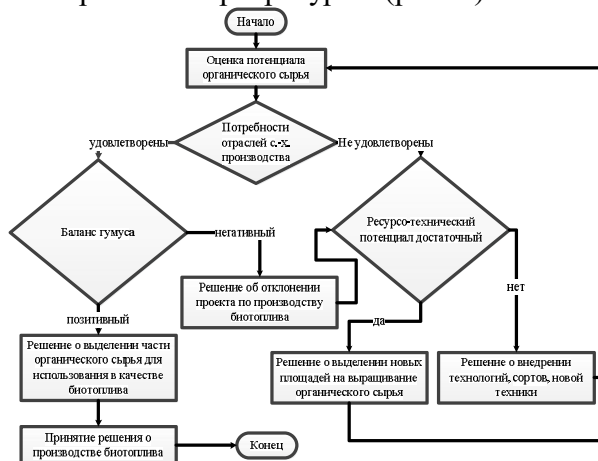


Рис.3. Алгоритм принятия решения о возможности производства биотоплива

Fig.3. Algorithm for deciding on the possibility of producing biofuels

Если потенциал органической биомассы не удовлетворяет потребности хозяйства, то принимается решение об отклонении от реализации проекта по конверсии. Рассматрива-

ется решение о возможности улучшения сырьевого, технического потенциала для осуществления процесса конверсии в будущем. К мерам улучшения сырьевого потенциала, например зерновых культур, можно отнести организационно-технологические мероприятия выращивания зерновых культур, которые включают в себя: организацию структуры посевных площадей, севооборота, обработку почвы, удобрения, агротехнические сроки. Такие меры направлены в первую очередь на максимизацию потенциала сельскохозяйственных растений и, как следствие, получение высоких урожаев [18,19,20].

Если проведенная оценка потенциала органического сырья для конверсии удовлетворяет потребности предприятия, переходим к осуществлению второго шага – принятие решения о возможности конверсии. Принимается решение о части органического сырья для собственных нужд, части для конверсии в энергоресурсы с учетом возможного экономического и экологического эффекта. Если часть органического сырья для собственных хозяйственных нужд меньше установленных норм или не удовлетворяет соблюдение баланса гумуса, предприятие должно отказаться от выделения части для энергоресурсов, несмотря на экономические преимущества. В случае удовлетворения собственных потребностей органического сырья, соблюдение баланса гумуса и имеющейся части для возможного использования в качестве энергоресурса осуществляется переход ко второй подсистеме алгоритма действий относительно вида конверсии органического сырья.

Для второй подсистемы на этапе анализа осуществляется оценка: способов конверсии, их экономических и технологических показателей; рынка биотоплива; эффективности использования биоресурсов для собственных нужд. На втором шаге предполагается принятие решений по выбору вида процесса конверсии и способа реализации биотоплива собственного производства (рис. 4).

Таким образом, очевидна необходимость регулирования использования органического сырья для производства биотоплива в условиях аграрного предприятия. Так, как необходимо сбалансирование потребностей в

производстве продукции, для удовлетворения пищевых, сырьевых, энергетических потребностей общества и возможностей агроэкосистемы.

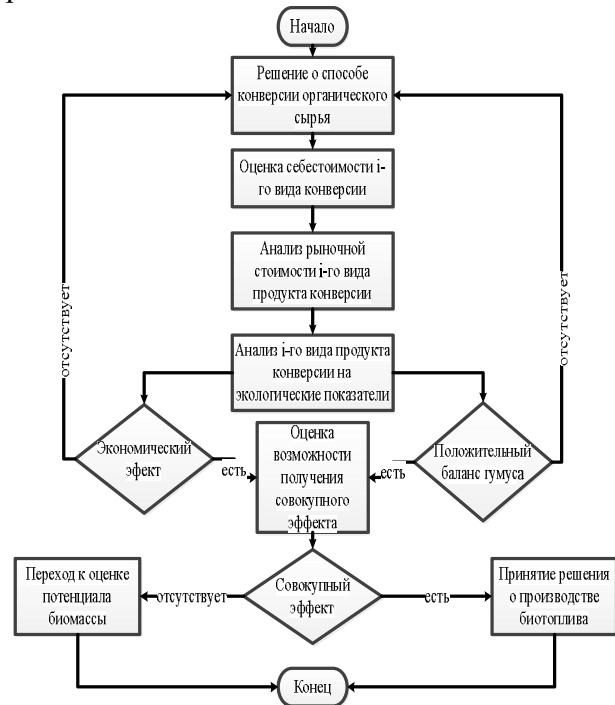


Рис.4. Алгоритм принятия решения о способе производства биотоплива  
Fig. 4. Algorithm for deciding on method of production of biofuels

Для определения потенциала доступного для энергопотребления органического сырья следует соблюдать определенные условия (1, 2), которые должны учитывать соблюдение положительного баланса гумуса:

$$\begin{aligned}
 БГ = & \sum_{i=1}^n s_i u_i (k_{xp}^{iz} k_{xp}^{ie} + k_{mn}^{iz} k_{mn}^{ie}) + \\
 & + k_{ze} k_{by} \sum_{j=1}^m N_j T_j (m_e^j + m_a^j + m_n^j) + \\
 & + k_{ze} \left( \sum_{i=1}^n s_i u_i k_{zc}^i + k_{zc} \sum_{j=1}^m N_j T_j (m_e^j + m_a^j + m_n^j) \right) + \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + s_e u_c k_{zc} - \sum_{i=1}^n k_m^i s_i u_i \geq 0, \\
 CE = & \sum_{i=1}^n s_i u_i \left( k_{mn}^i - (k_m^{ie} + k_c^i) - \sum_{j=1}^m N_j T_j m_n^j \right) \rightarrow \max, \quad (2)
 \end{aligned}$$

где: БГ – баланс гумуса севооборота, кг;  
 $n$  – количество культур в севообороте;  
 $s_i$  – площадь, выделенная под выращивание  $i$ -й культуры, га;

$u_i$  – урожайность  $i$ -й культуры, ц/га;

$k_{кр}^{ic}, k_{mn}^{ic}$  – коэффициенты гумификации корневых остатков и побочной продукции  $i$ -й культуры;

$k_{кр}^{ie}, k_{mn}^{ie}$  – коэффициенты, учитывающие объем корневой системы и побочной продукции, которая остается на поле после уборки  $i$ -й культуры;

$k_{сз}$  – коэффициент гумификации сброженного навоза;

$k_{бг}$  – коэффициент использования навоза в биогазовых установках (коэффициент сбраживания навоза);

$m$  – количество групп животных, которые получают корма из севооборота;

$N_j$  – поголовья животных и птицы  $j$ -го вида;

$T_j$  – стойловый период поголовья животных и птицы  $j$ -го вида, суток;

$m_e^j$  – масса экскрементов  $j$ -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

$m_s^j$  – масса влаги, которая поступает в экскременты  $j$ -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

$m_n^j$  – масса подстилки для  $j$ -го вида животных и птицы, кг/голову в сутки;

$k_{кз}$  – коэффициент гумификации компостов;

$k_{кп}^i$  – коэффициент поступления побочной продукции на компостирование;

$k_{сн}$  – коэффициент поступления навоза на компостирование;

$s_c$  – площадь, выделенная под сидераты, га;

$u_c$  – урожайность сидератов, ц/га;

$k_{сг}$  – коэффициент гумификации сидератов;

$k_m^i$  – коэффициент минерализации гумуса  $i$ -й культурой;

$CE$  – выход из севооборота биомассы (соломы) пригодной для энергетических потребностей, кг;

$k_m^i$  – коэффициент выхода побочной продукции  $i$ -й культуры.

По показателям, характеризующим сельскохозяйственное производство в последние годы, было рассчитано предельные объемы растительной биомассы (соломы), которую можно использовать на тепловые потребности. Эта зависимость, определенная в процентах к общему количеству, например соломы, имеет следующий вид:

$$CE\% = -0,6D + 40 \quad (3)$$

где:  $D$  – годовой дефицит гумуса, кг/га.

Следует отметить, что при общем дефиците гумуса больше чем 67 кг/га, использование соломы на тепловые потребности невозможно из-за несоблюдения условия положительного баланса гумуса. Предельный объем соломы, которую можно использовать на тепловые потребности, при нулевом балансе гумуса, составляет около 40%.

## ВЫВОДЫ

Очевидна необходимость установления взаимосвязей, позволяющие регулировать использование органического сырья для производства биотоплива в условиях аграрного предприятия.

Поддержание баланса гумуса в почвах является определяющим фактором при использовании побочной продукции растениеводства на энергетические нужды. В то же время количество побочной продукции, которую можно использовать на энергетические нужды, обратно пропорционально дефициту гумуса в почвах севооборота. Так, увеличение дефицита гумуса на 10 кг / га вызывает необходимость уменьшения использования сырья на энергетические потребности на величину до 5%. Следовательно, необходимо четкое определение приемлемых значений показателей для расчета или методики определения баланса гумуса для получения адекватных выводов о возможности использования сырья сельскохозяйственного происхождения в качестве биотоплива.

Для соблюдения положительного баланса гумуса и получения экономического эффекта от использования органического сырья для энергетических потребностей необходимо решение инженерных проблем производства и использования биотоплива. Следует накапливать практический опыт, научные разработки и закономерности для определения

рациональных конструктивно-технологических параметров машин и оборудования. Это позволит повысить уровень энергетической автономности агроэкосистем, согласовать и формализовать взаимосвязи между смежными отраслями аграрного производства, по использованию органического сырья.

Дальнейшее повышение уровня энергетической автономности агроэкосистем требует минимизации удельной энерго-емкости машин и оборудования, используемых при производстве, переработке и биоконверсии органического сырья, с учетом качественных показателей.

Кроме того, уместно привлечение внешних возобновляемых источников энергии: солнечных коллекторов и ветро-энергостанций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Golub G.A. 2010. Problemy vykorystannya solomy v yakosti paliva // Visnyk agrarnoy nauki. — № 8. 49-52.
- Golub G.A. 2010. Energetichna avtonomnist // Visnyk agrarnoy nauki. — № 3. 50-54.
- Kukharets V.V. 2011. Virobnitstvo tverdogo biopaliva v umovakh silskogospodarskogo virobnitstva // Zb. nauk. pr. PDATU. Spec. vip. do V nauk.-prakt. conf. «Suchasny problem zbalansovanogo prirodozhanuvannya». 59-163.
- Golub G.A. 2011. Problemi techniko-technologichnogo zabezpechennya energetichnoy avtonomnosti agroecosystem // Zb. nauk. pr. Vinnickogonac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 7. 59-66.
- Golub G.A. 2011. Optimizaciya parametriv mashin ta obladnannya // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 13B. 15-19.
- Cherevko G. 2006. Alternativna energetika agropromislovogo kompleksu Ukrainy // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 8A. 106-116.
- Alternativna energetika: navch. posib. / [M.D. Melnichuk, V.O. Dubrovin, V.G. Mironenko ta in.]. – K.: «Agrar Media Group», 2012. – 244.
- Kukharets S.M. 2012. Algoritm rozpodilu organichnyh resursiv u agroecosystemah // Zb. nauk. pr. Vinnickogo nac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 10. – T. 1. 61-66.
- Biopaliva: Technology, mashyny, obladnannya [V.O. Dubrovin, M.O. Korchemniy, I.P. Maslota in.]. – K.: CTI «Energetika I elektrificaciya», 2004. – 256.
- Bioenergetika: mirovoy opyt i prognozy razvitiya / [L.S. Orsyk, N.T. Sorokin, V.F. Fedorenko dr.]. – M.: FGIU «Rosinformagrotech», 2008. – 404.
- Novitny tehnologii biokonversii: Monografiya [Y.B. Blum, G.G. Geletuha, I.P. Grigoruktain.]. – K.: «Agrar Media Group», 2010. – 326.
- Kukharets S.M. 2003. Resultaty viprobuvan rotaciynih robochyh organiv z giperbolichnimy nozhamy-lopatiamy // Migvydomch. temat. nauk. zb. Mechanizaciya ta elektrificaciya silskogo gospodarstva. – Glevaha, – Vyp. 87. 82-88.
- Sivozmyny u zemlerobstvy Ukrainy / zaredakcieu V.F. Sayka, P.I. Boyka. – K.: Agrarna nauka, 2002. – 147.
- Osnovy zemlerobstva: pidruchnyk / [O.F. Smaglyi, M.F. Rybak, E.M. Dankevychta in.]; za red. O.F. Smaglyi. – Zhitomir: VidvoVDNZ «Derg. agroecol. un-t», 2008. – 514.
- Sarana V.V. 2010. Bagatocriterialna ocinka suchasnogo obladnannya dlya vigotovlennya palivnyh granu I briketiv z vidhodiv pererobki silskogospodarskih kultur I dereviny // Naukoviy visnyk Nacionalnogo universitetu bioresursiv I prirodozhanuvannya Ukrainy. Seriyatehnika ta energetika APK. — Byp. 144, ch. 3. 190-197.
- Kaletnyk G.M. 2008. Rozvitok rinku biopaliv v Ukrainy: monografiya – K.: Agrar. nauka, – 464.
- Kaletnyk G.M. 2008. Formuvannya rinku biosiroviny dlya virobnitstva biopaliva / Visn. agrar. nauky. – № 7, 64-66.
- Kukharets S.M. 2012. Algoritm rozpodilu organichnyh resursiv u agroecosystemah. / Zb. nauk. pr. Vinnickogonac. agrar. un-tu. Sek.: Technichnynauky. — Vyp. 10. – T. 1, 61-66.
- Kukharets V.V. 2012. Formuvannya strategiy upravlinny aconversiy I biosiroviny u silskogospodarskih pidpriemstvah / Zb. nauk. pr. Vinnickogo nac. agrar. un-tu. Sek.: Economichny nauky. – Vyp. 1. – T. 1, 87-91.
- Shpychak O.M. 2009. Economichny problem virobnitstv abiopaliva ta prodovolcha bezpeka Ukrainy / Ekonomika APK. – № 8, 11-19.

**SUPPLY OF RATIONAL USAGE OF RAW MATERIALS FOR BIOFUELS PRODUCTION IN AGRICULTURE**

**Summary.** The article presents the regulating algorithm of the organic resources usage for the biofuel production. The application of such al-

gorithm makes it possible to determine the available potential of organic raw materials and to specify the directions for the organic raw material conversion.

**Key words:** biofuels, algorithm, production, raw materials, use.