

CZU: 631.15:662.754(477)

DOI: <https://doi.org/10.53486/icspm2022.31>

**SPECIFICATION OF THE USE OF TECHNOLOGICAL INDICATORS  
OF BIOENERGY CROPS FOR EFFICIENT BIOFUELS PRODUCTION  
СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ДЛЯ  
ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА**

**KLYMCHUK Oleksandr**

ORCID: 0000-0002-9427-9561

Doctor of Economic Sciences, Professor, Vasyl' Stus Donetsk National University  
(<https://www.donnu.edu.ua/uk/>), Ukraine, o.klymchuk@donnu.edu.ua

**ABSTRACT.** *The paper identifies current problems of stable energy supply and use of energy resources, the solution of which largely determines the level of the country's socio-economic development, and substantiates the possibilities for more fully using the existing production potential of the agro-industrial complex in market conditions. The purpose of the work is to study the variation and correlations between the technological indicators of the main agricultural crops of the bioenergy direction for the formation of a raw material base and ensuring the efficient production of biofuels in Ukraine. To achieve the goal and highlight these problems, scientific publications, materials from periodicals and statistical yearbooks of Ukraine were used. The research was carried out using such general scientific methods as dialectical, monographic, variational and correlation analysis, forecasting and abstract-logical. The calculation of the studied indicators indicates the feasibility of expanding the acreage within the framework of scientifically based standards for corn for grain, soybeans, sunflower and rape, while sugar beets, potatoes, corn for silage and green fodder require an increase in productivity levels per unit area to form a raw material base and ensuring competitive biofuels production. Klymchuk's biofuel pyramid was used to establish the modern potential of raw materials. The importance of developing*

*bioenergy is due to increased security of energy supply, a decrease in dependence of the country's economy from the import of non-renewable energy resources, and the agricultural sector from a consumer of fossil fuels will become a mass producer of biofuels with significant potential in the future.*

**KEYWORDS:** *agro-industrial complex, biofuels, correlation analysis, crop biomass, energy independence, non-renewable energy resources, variation.*

**JEL CLASSIFICATION:** *L51; O13; O25; Q42; Q43*

**Введение.** В настоящее время Украина выбрала интеграционное направление в мировую и европейскую экономику, поэтому стратегия развития агропромышленного комплекса должна быть направлена на формирование продуктовых рынков и отраслей производства, которые соответствуют принципам эффективного их функционирования и обеспечения приоритетности национального сельского хозяйства. Рациональное использование энергетических ресурсов является важным условием увеличения производства товаров, а также обоснования возможностей для более полного использования имеющегося производственного потенциала аграрных предприятий в условиях рыночных отношений [1, 2]. Традиционно важное место в экономике нашего государства занимает агропромышленный комплекс. По содержанию и структуре энергетический потенциал агропромышленного комплекса национальной экономики – это сложная комплексная категория, охватывающая различные ресурсы, которые составляют энергетическую основу функционирования аграрного производства. Поэтому существенное значение имеет теоретико-практическое обоснование закономерностей его развития, так как невозможно одновременно сравнить отдельные виды энергии, их природу и функциональную направленность, что затрудняет сочетание таких составляющих и определения обобщенной величины энергетического потенциала [3, 4].

Повышение доли энергетической составляющей в себестоимости продукции на сегодняшний день является критическим фактором для жизнеспособности многих аграрных предприятий Украины. В то же время, высокая энергоемкость производства свидетельствует о наличии значительного потенциала повышения энергетической эффективности и конкурентоспособности национальной продукции. Использование возобновляемых источников энергии приводит к уменьшению негативного воздействия на окружающую среду, что подтверждается политикой многих стран, которые направили свой курс на повышение доли возобновляемой энергетики и создание высокоэффективной, надежной, диверсифицированной энергетической системы [5].

В Украине есть все возможности выполнить государственную миссию – направить деятельность сахарных, спиртовых и сельскохозяйственных предприятий, рабочие коллективы, инженерно-технический персонал на производство биотоплива, что принесет немалые прибыли как государству, так и непосредственно людям. Обеспечив старт производству и потреблению биотоплива, будем иметь рентабельное производство собственного топлива и занятость рабочей силы, что в конечном итоге решит целый ряд проблем, которые сегодня существуют в Украине [6, 7]. С помощью различных методов и комплексных технологических процессов биомассу сельскохозяйственных культур в условиях агропромышленных предприятий на новейшем оборудовании трансформируют в газовые, жидкие или твердые биотоплива. При этом качество полученного биотоплива будет обусловлено тремя основными фазами, которые проходит биомасса энергетического назначения: 1) выращивание; 2) сбор и переработка; 3) энергетическое использование [1, 8].

Итак, на современном этапе экономического становления Украины наиболее острыми являются проблемы стабильного энергообеспечения и использования энергоресурсов, от решения которых во многом зависит уровень социально-экономического развития общества. В условиях практически монополярной зависимости от импорта нефти и природного газа, а также значительного загрязнения окружающей среды выбросами энергетического производства, Украина требует поиска альтернативных источников обеспечения топливом и

энергией, которые были бы экологически чистыми и не зависели от внешних поставок. Следовательно, наше государство имеет настоятельную потребность в переходе к возобновляемой энергетике, которая в состоянии расширить диапазон доступных источников энергии и укрепить национальную энергетическую безопасность. Одним из путей решения указанной задачи является развитие производства биотоплива, для увеличения объемов потребления которых в Украине есть все предпосылки.

В результате вышесказанного, **цель работы** направлена на изучение варьирования и корреляций между технологическими показателями основных сельскохозяйственных культур биоэнергетического направления для формирования сырьевой базы и обеспечение эффективного производства биотоплива в Украине.

**Материал и методы исследования.** Для достижения поставленной цели и освещения указанных проблем были использованы научные публикации, материалы периодических изданий и статистические ежегодники Украины. Исследования проводились с применением таких общенаучных методов, как диалектический, монографический, вариационный и корреляционный анализ, прогнозирование и абстрактно-логический.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Постоянное и резкое повышение цен на энергоресурсы и ухудшение экологического состояния окружающей среды, вследствие растущего потребления ископаемых видов топлива, побуждают человечество к планомерному наращиванию использования биомассы на энергетические нужды. Рост конкурентоспособности возобновляемых источников энергии, в частности биологических видов топлива, в Украине будет происходить не только в результате улучшения технологий и расширение объемов их производства, но и за счет уменьшения доступности традиционных энергетических ресурсов и соответствующего повышения их стоимости на мировом энергетическом рынке.

При этом в результате значимой зависимости экономики от импортируемых энергоресурсов весомым потенциальным ресурсом внутреннем рынке выступает энергетическое биосырье [9]. В указанных условиях хозяйствования в агропромышленном комплексе страны имеет не только обеспечивать государство продовольствием, но и способствовать ее энергетической безопасности [10]. Важным условием является решение проблемы паритетности использования сельскохозяйственной продукции на продовольственные и биоэнергетические цели. В процессе получения газовых, жидких и твердых видов биотоплива необходимо иметь соответствующее оборудование для коммерческого производства и использования. Эффективность переработки биомассы в энергетические ресурсы достигается при рациональных параметрах технологических процессов и машин для агропромышленного комплекса, осуществляющих конверсию биосырья. Формализация связей между параметрами оборудования и процессов, адаптированных к имеющемуся сырью, позволяют повысить эффективность биоэнергетических производств и показатели качества биотоплива. Производство биотоплива будет оправдано только в том случае, когда используются ритмично возобновляемые запасы дешевого сырья.

Для получения объективной характеристики исследуемых сельскохозяйственных культур биоэнергетического направления (пшеница озимая, кукуруза на зерно, сахарная свекла, подсолнечник, рапс, соя, картофель, кукуруза на силос и зеленый корм) были рассчитаны коэффициенты вариации их посевных площадей и урожайности. Полученные расчеты указывают на то, что умеренный уровень вариации имеют только посевные площади под картофелем (6,85%), которые характеризуются незначительной тенденцией к сокращению. Значительный уровень вариационной изменчивости присущ посевным площадям под пшеницей озимой (17,82%), которые отличаются своей стабильностью и в основном зависят от условий перезимовки этой культуры. Зато, высоким уровнем вариации характеризуются посевные площади под подсолнечником (22,33%), кукурузой на зерно (44,11%) и сахарной свеклой (41,32%). Однако для первых двух культур они отличаются стабильной тенденцией к расширению, а для третьей – существенным сокращением.

Интенсивный процесс расширения посевных площадей под рапсом и соей обусловил получение очень больших уровней вариации, соответственно 68,74% и 74,72%. В то же время значительное сокращение посевных площадей под кукурузой на силос и зеленый корм также привело к очень большому уровню вариации, который составляет 64,89%.

Коэффициенты варьирования показателей урожайности исследуемых сельскохозяйственных культур в большинстве характеризовались высоким уровнем. Проведенные расчеты показывают, что коэффициент вариации для показателей урожайности пшеницы озимой составил 22,98%, для кукурузы на зерно – 25,00%, сахарной свеклы – 31,63%, подсолнечника – 27,26%, рапса – 33,49 %, сои – 24,28% и кукурузы на силос и зеленый корм – 22,20%. Такая ситуация связана с постоянным ростом уровней урожайности указанных сельскохозяйственных культур. Несколько меньшие темпы роста урожайности картофеля обусловили значительный уровень вариации с показателем 15,17%.

Для установления зависимости были рассчитаны корреляционные связи между посевными площадями и урожайностью сельскохозяйственных культур биоэнергетического направления (табл. 1). Результаты проведенных расчетов показывают, что площади посевов основных сельскохозяйственных культур имеют различную силу и направления зависимостей их урожайностью. Посевные площади пшеницы озимой имеют достоверную прямую сильную корреляционную связь только с ее урожайностью ( $r = 0,705$ ), а с остальными культурами выявлено недостоверную прямую зависимость средней силы (коэффициенты корреляции находятся в пределах от 0,305 до 0,382) и слабую связь (коэффициенты корреляции находятся в пределах от 0,218 до 0,298).

Площади посевов под кукурузой на зерно имеют достоверную прямую сильную корреляционную связь с урожайностью кукурузы на зерно ( $r = 0,863$ ), сахарной свеклы ( $r = 0,904$ ), подсолнечника ( $r = 0,852$ ), рапса ( $r = 0,869$ ), сои ( $r = 0,882$ ), картофеля ( $r = 0,918$ ) и кукурузы на силос и зеленый корм ( $r = 0,838$ ). И только с урожайностью пшеницы озимой выявлено достоверную прямую корреляционную связь средней силы ( $r = 0,568$ ).

**Таблица 1. Корреляционная зависимость между посевными площадями и урожайностью основных сельскохозяйственных культур биоэнергетического направления, 2000-2021 гг.**

Показатели	Урожайность основных сельскохозяйственных культур								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Посевные площади основных с.-х. культур	1	0,705** ± 0,183	0,377 ± 0,239	0,298 ± 0,246	0,350 ± 0,242	0,382 ± 0,239	0,305 ± 0,246	0,218 ± 0,252	0,231 ± 0,251
	2	0,568* ± 0,212	0,863** ± 0,130	0,904** ± 0,110	0,852** ± 0,135	0,869** ± 0,128	0,882** ± 0,122	0,918** ± 0,102	0,838** ± 0,141
	3	-0,629** ± 0,201	-0,860** ± 0,132	-0,889** ± 0,118	-0,856** ± 0,133	-0,904** ± 0,110	-0,851** ± 0,136	-0,828** ± 0,145	-0,865** ± 0,130
	4	0,536* ± 0,218	0,876** ± 0,125	0,928** ± 0,096	0,885** ± 0,120	0,887** ± 0,119	0,909** ± 0,134	0,896** ± 0,115	0,907** ± 0,109
	5	0,407 ± 0,236	0,574* ± 0,212	0,593* ± 0,208	0,541* ± 0,217	0,601* ± 0,206	0,499* ± 0,224	0,550* ± 0,216	0,538* ± 0,218
	6	0,630** ± 0,200	0,845** ± 0,138	0,937** ± 0,090	0,908** ± 0,108	0,914** ± 0,105	0,855** ± 0,134	0,892** ± 0,117	0,556* ± 0,215
	7	-0,684** ± 0,188	-0,848** ± 0,137	-0,925** ± 0,098	-0,874** ± 0,125	-0,930** ± 0,095	-0,833** ± 0,143	-0,830** ± 0,144	-0,862** ± 0,131
	8	-0,556* ± 0,215	-0,807** ± 0,152	-0,851** ± 0,136	-0,744** ± 0,172	-0,835** ± 0,142	-0,796** ± 0,156	-0,806** ± 0,153	-0,808** ± 0,152

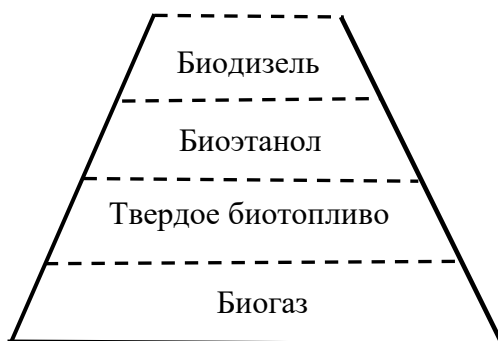
Примечание: 1 - пшеница озимая; 2 - кукуруза на зерно; 3 - сахарная свекла; 4 - подсолнечник; 5 - рапс; 6 - соя; 7 - картофель; 8 - кукуруза на силос и зеленый корм. \* - достоверно на уровне 0,05; \*\* - достоверно на уровне 0,01.

Источник: рассчитано автором.

Подобная картина наблюдается с посевными площадями подсолнечника, которые имеют достоверную прямую сильную корреляционную зависимость с урожайностью кукурузы на зерно ( $r = 0,876$ ), сахарной свеклы ( $r = 0,928$ ), подсолнечника ( $r = 0,885$ ), рапса ( $r = 0,887$ ), сои ( $r = 0,909$ ), картофеля ( $r = 0,896$ ) и кукурузы на силос и зеленый корм ( $r = 0,907$ ), а с урожайностью пшеницы озимой установлена достоверная прямая корреляционная связь средней силы ( $r = 0,536$ ). Также почти аналогичная ситуация наблюдается с посевными площадями сои, которые имеют достоверную прямую сильную корреляционную зависимость с урожайностью кукурузы на зерно ( $r = 0,845$ ), сахарной свеклы ( $r = 0,937$ ), подсолнечника ( $r = 0,908$ ), рапса ( $r = 0,914$ ), сои ( $r = 0,855$ ) и картофеля ( $r = 0,892$ ). С урожайностью озимой пшеницы и кукурузы на силос и зеленый корм установлена достоверная прямая корреляционная связь средней силы (соответственно  $r = 0,630$  и  $r = 0,556$ ). Посевные площади рапса имеют прямую корреляционную связь средней силы с урожайностью исследуемых культур ( $r =$  от  $0,407$  до  $0,601$ ).

Зато посевные площади сахарной свеклы определены достоверной обратной сильной корреляционной зависимостью с урожайностью кукурузы на зерно ( $r = -0,860$ ), сахарной свеклы ( $r = -0,889$ ), подсолнечника ( $r = -0,856$ ), рапса ( $r = -0,904$ ), сои ( $r = -0,851$ ), картофеля ( $r = -0,828$ ), кукурузы на силос и зеленый корм ( $r = -0,865$ ) и достоверным обратным корреляционной связью средней силы с урожайностью озимой пшеницы ( $r = -0,629$ ). Подобная тенденция отмечается с посевными площадями картофеля и кукурузы на силос и зеленый корм, которые имеют достоверную обратную сильную корреляционную зависимость соответственно с урожайностью кукурузы на зерно ( $r = -0,848$ ;  $r = -0,807$ ), сахарной свеклы ( $r = -0,925$ ;  $r = -0,851$ ), подсолнечника ( $r = -0,874$ ;  $r = -0,744$ ), рапса ( $r = -0,930$ ;  $r = -0,835$ ), сои ( $r = -0,833$ ;  $r = -0,796$ ), картофеля ( $r = -0,830$ ;  $r = -0,806$ ), кукурузы на силос и зеленый корм ( $r = -0,862$ ;  $r = -0,808$ ) и достоверную обратную корреляционную зависимость средней силы с урожайностью озимой пшеницы ( $r = -0,684$ ;  $r = -0,556$ ).

В целом при формировании стратегических аспектов развития биотопливной индустрии в разных регионах Украины нужно учитывать потенциал имеющейся сырьевой базы для производства различных видов биотоплива, представленный в виде разработанной “пирамиды Климчука” (рис. 1).



**Рис. 1. Пирамида Климчука относительно современного потенциала сырьевой базы для производства различных видов биотоплива**

*Источник: авторская разработка.*

Сформированная биотопливная пирамида Климчука указывает на то, что производство биогаза имеет наибольшую сырьевую базу, поскольку позволяет использовать любое сырье органического происхождения. Твердое биотопливо (брикеты, гранулы, пеллеты) занимает вторую весомую позицию, используя для своего производства твердую биомассу, получаемую в результате деятельности сельского и лесного хозяйства. Третье место принадлежит биоэтанольной индустрии (сахарно- и крахмалоносные культуры, лигнино-целлюлозное сырье, или так называемое сырье второго поколения), а четвертое – производству биодизельного топлива (масличные культуры, специальные микроводоросли, или так называемое сырье третьего поколения).

Напоследок следует отметить, что программирование уровней урожайности биоэнергетических культур и оптимизация условий их выращивания для производства дешевой биомассы возможны только при использовании научных методов планирования производства и организации труда с непременным применением инновационных технологий. Также необходимо учитывать природно-экономические условия Украины и особенности развития рынка энергетических культур как сырья для промышленного производства различных видов биотоплива. Приоритетность развития биоэнергетики обусловлена уменьшением выбросов в атмосферу парниковых газов и снижением негативного воздействия на окружающую среду, повышением безопасности энергоснабжения, уменьшением зависимости экономики государства и благосостояния населения от импорта невозобновляемых энергетических ресурсов, а аграрное производство с потребителя традиционных видов энергии превращается в массового производителя биотоплива со значительным потенциалом в будущем.

**Заключение.** Таким образом, проведенный расчет вариации факторов и взаимозависимостей изучаемых показателей для установления специфики формирования сырьевой базы и приоритетов обеспечения конкурентоспособного производства биотоплива свидетельствует о целесообразности расширения посевных площадей в рамках научно обоснованных норм под кукурузой на зерно, соей, подсолнечником и рапсом. Сахарная свекла, картофель и кукуруза на силос и зеленый корм требуют увеличения уровней продуктивности с единицы площади. Расширение посевных площадей под кукурузой на зерно, подсолнечником, соей и рапсом имеет прямое положительное влияние на рост урожайности основных сельскохозяйственных культур биоэнергетического направления, что позволяет уменьшить уровень себестоимости производимого биотоплива. В то же время, увеличение посевных площадей под сахарной свеклой, картофелем и кукурузой на силос и зеленый корм имеет обратную зависимость (уменьшение) с урожайностью этих культур.

Преимущественно экономика Украины базируется на развитии агропромышленного комплекса, который имеет экспортную ориентацию. Продолжение подобного направления хозяйствования не может обеспечить устойчивого и длительного экономического роста, поскольку резервы пригодной для эффективного возделывания земли сокращаются, а плодородие почвы имеет тенденцию к снижению. Поэтому современная стратегия управления заключается в диверсификации производства агропромышленного комплекса, предоставляя приоритетное значение развитию национальной конкурентоспособной биотопливной индустрии. При этом следует учитывать, что в современных условиях наибольший потенциал сырьевой базы имеет, прежде всего, биогазовая, а также твердотопливная индустрия, затем идет производство биоэтанола и замыкает эту сырьевую базу – производство биодизельного топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блюм, Я.Б. и др. (2012). *Биологические ресурсы и технологии производства биотоплива*, Аграр Медиа Групп, Киев.
2. Калетник, Г.Н. и др. (2012). *Альтернативная энергетика Украины: особенности функционирования и перспективы развития*, Эдельвейс и К, Винница.
3. Климчук, А.В. (2021). *Управленческие аспекты формирования экономико-энергетической безопасности Украины на основе развития биоэнергетики*, Нилан-ЛТД, Винница.
4. Пасхавер, Б.И. и др. (2009). *Вызовы и пути агропродовольственного развития*, НАН Украины, Институт экономики и прогнозирования, Киев.
5. Климчук, А.В. (2015). Экономическое значение и оптимизация использования энергетических ресурсов. *Вестник аграрной науки*, № 6, С. 62-66.
6. Климчук, А.В. (2011). Производство биотоплив – путь к энергонезависимости агропромышленного комплекса Украины. *Трансформационная динамика развития агропромышленного производства: материалы Международной научно-практической конференции*. Винница, Украина, С. 57-60.

7. Присяжнюк, Н.В. и др. (2011). *Аграрный сектор экономики Украины (состояние и перспективы развития)*, ННЦ Институт аграрной экономики, Киев.
8. Климчук, А.В. (2016). Экономико-организационные основы разработки севооборотов для формирования сырьевой базы при производстве биотоплива. *Сборник научных трудов. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: Экономика (вопросы аграрной экономики)*, Том 34. Беларусь: Гродно ГГАУ, С. 118-126.
9. Климчук, А.В. (2018). Сырьевой потенциал для формирования конкурентоспособного производства биотоплива в аграрном секторе экономики. *Сборник научных трудов. Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: Экономика (вопросы аграрной экономики)*, Том 43. Беларусь: Гродно ГГАУ, С. 138-146.
10. Климчук, А.В. (2018). Приоритетные направления развития энергетического сектора Украины на экономико-экологических принципах. *Бизнес Информ*, № 8, С. 76-81.