

А.Т. Омарова<sup>\*1</sup>, А.К. Мазина<sup>2</sup>, М. Течке<sup>3</sup>, Г.К. Кабдуллина<sup>4</sup>, Г.Н. Сраилова<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

<sup>3</sup> Ягеллонский университет, Краков, Польша;

<sup>4</sup> Костанайский социально-технический университет, Костанай, Казахстан;

<sup>5</sup> Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан

<sup>1</sup>ainuraphd@mail.ru, <sup>2</sup>mazina\_ainur@mail.ru, <sup>3</sup>maciej.teczke@uj.edu.pl,

<sup>4</sup>asilhan1996@mail.ru, <sup>5</sup>gulnara.srailova@mail.ru

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9808-4908>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7788-7357>,

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-0215-1502>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0001-6519-8351>

<sup>1</sup>Scopus Author ID: 55982396200, <sup>4</sup>Scopus Author ID: 55428868800, <sup>5</sup>Scopus Author ID: 57217042221

<sup>1</sup>Researcher ID: U-5563-2018, <sup>4</sup>Researcher ID: AEN-3372-2022

### Методические основы экономической оценки энергосберегательной оснащенности сельского хозяйства

#### Аннотация:

**Цель:** В статье проведен анализ и исследованы особенности применения методических основ экономической оценки энергосберегательной оснащенности сельского хозяйства с помощью эффективных цифровых технологий Республики Казахстан, где в качестве ключевой проблемы выделены методические основы экономической оценки энергосберегательной оснащенности, воспроизводства и использования электроэнергии сельского хозяйства. Объектом исследования выступает сельское хозяйство, как одно из ключевых отраслей экономики Казахстана, обеспечивающей продовольственную и экономическую безопасность, а также воспроизводство и использование энергосберегательной оснащенности.

**Методы:** Авторами были использованы методы экономико-математического моделирования и прогнозирования, обобщение и группировка статистической информации, сравнительный анализ, необходимый для анализа данных зарубежных стран в области оценки энергосберегательной оснащенности сельского хозяйства, а также междисциплинарный подход.

**Результаты:** Анализ развития экономической оценки состояния, воспроизводства и использования электроэнергии сельского хозяйства; обоснование необходимости экономической оценки развития сельского хозяйства с помощью доступа к энергии из возобновляемых источников (анализ внедрения ветряной энергетики в сельском хозяйстве); была построена трендовая модель, в процессе чего был выполнен прогноз исследуемых значений на 2022–2024 годы.

**Выводы:** Устойчивое развитие сельского хозяйства зависит не только от решения классических проблем растениеводства и животноводства, но и от создания экосистемы на базе его обширных цифровых платформ и формирования новых направлений научной и практической деятельности в области методических основ экономической оценки энергосберегательной оснащенности сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, энергосберегательная оснащенность, цифровизация, сельхозпроизводство, электроэнергия, возобновляемые источники энергии, производительность.

#### Введение

Преобразование энергетической системы означает активный процесс развития политических, рыночных и нормативных условий, создания методов планирования и эксплуатации энергетической системы, а также поощрения инвестиций, инноваций и использования интеллектуальных, эффективных, надежных и экологически чистых технологий, которые используются в отраслях экономики, в том числе и в сельском хозяйстве.

Расширение использования возобновляемых источников энергии стало возможным благодаря технологическим достижениям в этой области. Во-первых, появилась возможность значительно снизить стоимость производства электроэнергии с помощью различных типов ветровых и солнечных электростанций, которые в последнее время эффективно используются для сельского хозяйства Республики Казахстан, одного из приоритетных направлений экономического развития с большим потенциалом и резервами. Продуктивность сельскохозяйственных земель и общее производство сельскохозяйственной продукции (услуг) повышается за счет следующих технологий:

\*Автор корреспонденции. E-mail: ainuraphd@mail.ru

- прогнозирование оптимального времени сбора урожая;
- «умное» орошение;
- интеллектуальные системы внесения минеральных удобрений;
- система борьбы с вредителями и сорняками.

Обеспечение доступа к энергии из возобновляемых источников в сельском хозяйстве, цифровизация отраслей являются основным вектором развития страны. Современное сельское хозяйство нацелено на повышение производительности и урожайности. В этой области только высокотехнологичные решения позволяют добиться значительных результатов, на что влияет новая цифровая революция, которая меняет современные методы производства, цепочки поставок и цепочки создания стоимости, вносит свой вклад в этот процесс.

### *Обзор литературы*

Сельскохозяйственные консультационные услуги должны учитывать не только текущие вопросы, но и экономические и социальные проблемы, с которыми сталкиваются сельские районы. Эти задачи, несомненно, включают в себя устойчивую экономическую и энергетическую политику, такую как доступ к энергии из возобновляемых источников и финансовые возможности для удовлетворения энергетических потребностей домохозяйств и фермеров. Поэтому важна консультативная и информационная деятельность в таких областях, как сокращение энергетической бедности и улучшение качества воздуха (Arkadiusz Piwowar, 2021).

По мнению Camaren, Swilling (2011), потребность в энергоэффективной экономике является неотложной, а текущие стратегии ресурсо- и энергоемкого роста, используемые политиками, неустойчивы (Camaren, Swilling, 2011).

Gerrard (2011) утверждает, что существуют два основных способа решения энергетических проблем: энергоэффективность и возобновляемые источники энергии. Gerrard, 2011; Xiaohua, Jianjifeng, 2010; Zhang, 2013 утверждают, что энергоэффективность состоит из следующих компонентов: эффективность технологии, оборудования, эксплуатации и работы (Zhang, Xia, 2010).

В своих исследованиях рассматривают переход развитых стран мира к «низкоуглеродной» экономике и «зеленому» экономическому росту, который приводит к тому, что энергетические показатели активно включаются в систему эколого-экономических оценок на современном этапе развития. Принимая во внимание синергетический подход, необходимый при анализе энергоэффективности, отражающий ее влияние на три основные сферы деятельности: экономическую, социальную и экологическую, имеющие большое значение в сельском хозяйстве (Matraeva, Goryunova et al., 2017).

Актуальность топливно-энергетической проблемы, по мнению многих ученых и аграриев, в том числе (Shirokov, Tikhnenko, 2021), определяет необходимость рационального энергопотребления во всех отраслях экономики, в том числе и в сельском хозяйстве. Для решения проблем систематического управления энергосбережением в сельском хозяйстве и рационализации национальных мер финансовой поддержки энергосберегающих технологий, машин и проектов необходим межсекторальный, комплексный подход. Показано, что этим требованиям отвечает метод энергоэкономической (биоэнергетической) оценки, преимущество которого состоит в том, что его использование позволяет измерить затраты на выращивание растений и содержание животных в единой единице и сравнить их с результатами производства, что особенно важно для национальных стратегий.

Основной результат исследования заключается в том, что лишь немногие страны демонстрируют высокие показатели эффективности. Кроме того, производство электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии расширяется по мере роста. Так, например, такие страны, как Германия, Швеция или Австрия, достигают надежной экологической защиты производительности, используют меньше энергии и являются экологически эффективными по сравнению с другими странами, такими как Дания, Бельгия, Швеция или Австрия. Более того, группа восточных стран ЕС достигла более низких показателей эффективности, которые можно отнести к категории ожидаемо, в результате снижения технологического внедрения в основных производственных секторах (Dong Yan, Hongda Liu, Pinbo Yao, 2021).

Экономическая политика и стратегия развития Европейского союза направлены на создание низкоуглеродной экономики, а также ресурсосберегающей экономики. Для реализации этой цели Европейский союз стремится повысить свою эффективность в плане потребления энергии примерно на 20 %, снизить выбросы углекислого газа до 20 % от общего объема потребляемой энергии, а также

производить 20 % своей энергии за счет возобновляемых источников энергии. Эта инициатива получила название «План действий 20–20–20» ЕС (Nugent, Rhinard, 2019).

**Основная часть**

Сельское хозяйство, один из экономических приоритетов Казахстана, имеет большой потенциал и резервы, а разнообразные климатические условия Казахстана позволяют адаптировать и применять энергосберегающие подходы в растениеводстве и развивать безотходное производство в животноводстве. Применительно к Казахстану можно отметить опыт внедрения ветряной энергетики в сельском хозяйстве, который имеет определенные преимущества (рис. 1, 2) (Information on electricity production by RES facilities for 2018–2021).

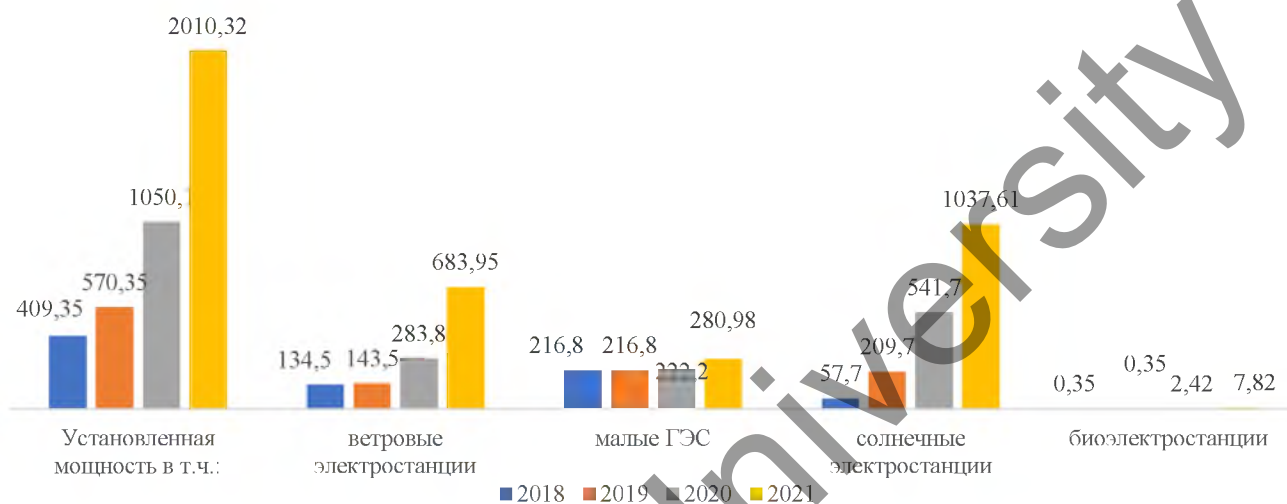


Рисунок 1. Производство электрической энергии объектами ВИЭ за 2018–2021 годы, применяемые в сельском хозяйстве, МВт

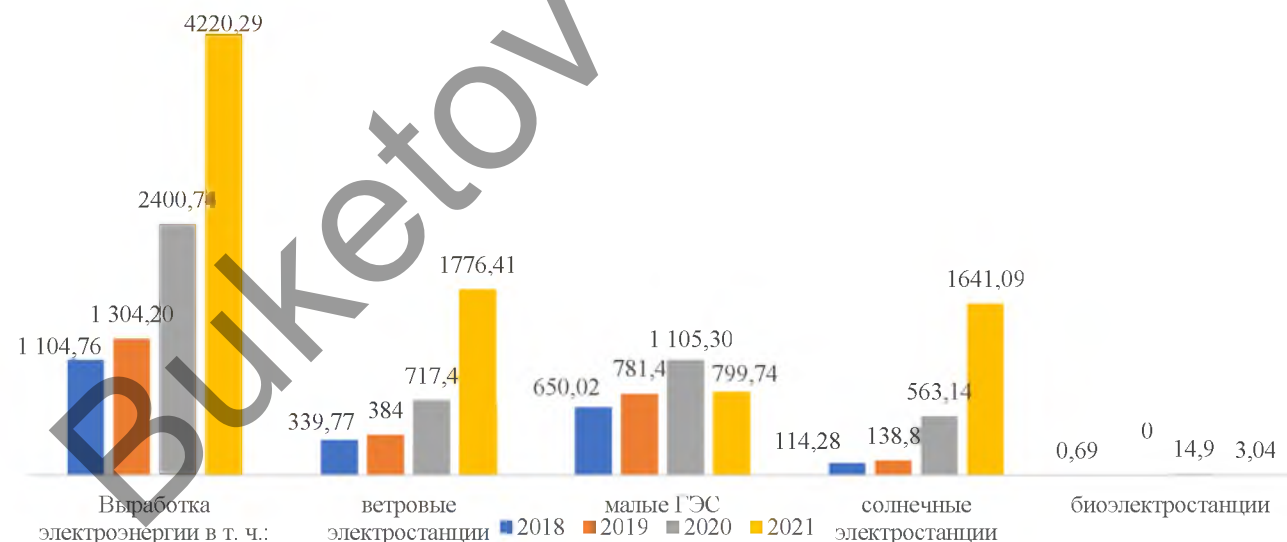


Рисунок 2. Производство электрической энергии объектами ВИЭ за 2018–2021 годы, применяемые в сельском хозяйстве, млн кВт\*ч

Примечание. Составлен на основе источника: Information on electricity production by RES facilities for 2018–2021 [Electronic resource] — Mode of access: <https://www.gov.kz/>.

Увеличение выработки электрической энергии объектами ВИЭ за 2021 год по сравнению с 2020 годом составляет 30 %.

С внедрением цифровизации и на основе этого разработка экотехнологий правительством в 2019 г. была принята Программа развития «зеленой» экономики на 2019–2023 годы с определенным планом действий, где одна из приоритетных областей — сельское хозяйство.

Если сравнивать со странами СНГ, Казахстан имеет некоторые преимущества относительно объектов наземной ветровой энергетики. В динамике эти показатели можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1. Зарубежный опыт применения установленной мощности объектов наземной ветровой энергетики в сельском хозяйстве в период с 2010 по 2020 годы, МВт

Год	Азербайджан	Армения	Беларусь	Казахстан	Молдова	РФ	Узбекистан	Итого
2010	2	3	2			10		17
2011		3	2			10		15
2012		3	2	2		10		17
2013	3	3	2	4	1	10		23
2014	3	3	3	53	1	10		73
2015	8	3	43	72	1	11		138
2016	16	3	68	98	2	11		198
2017	16	3	83	112	9	11	1	235
2018	66	3	101	121	29	52	1	373
01.20	66	3	109	284	29	102	1	594

Примечание. Составлена на основе источника: *Widespread development of renewable energy sources and its impact on the electricity market and grid infrastructure. - 2021. - [Electronic resource]. - Access mode: <https://unece.org/>*

Так, например, по статистическим данным, с учетом крупных гидроэлектростанций производство электроэнергии в Республике Казахстан за счет ВИЭ на 01.01.2021 г. составило 11 097,0 млн кВт\*ч, в том числе 9 993,7 млн кВт\*ч электроэнергии произведено гидроэлектростанциями; 707,1 млн кВт\*ч — ветровыми электростанциями; 391,2 млн кВт\*ч — солнечными электростанциями и 5,0 млн кВт\*ч — биогазом (рис. 3) (National report on the transition of the Republic of Kazakhstan to a "green economy" for 2017–2020).

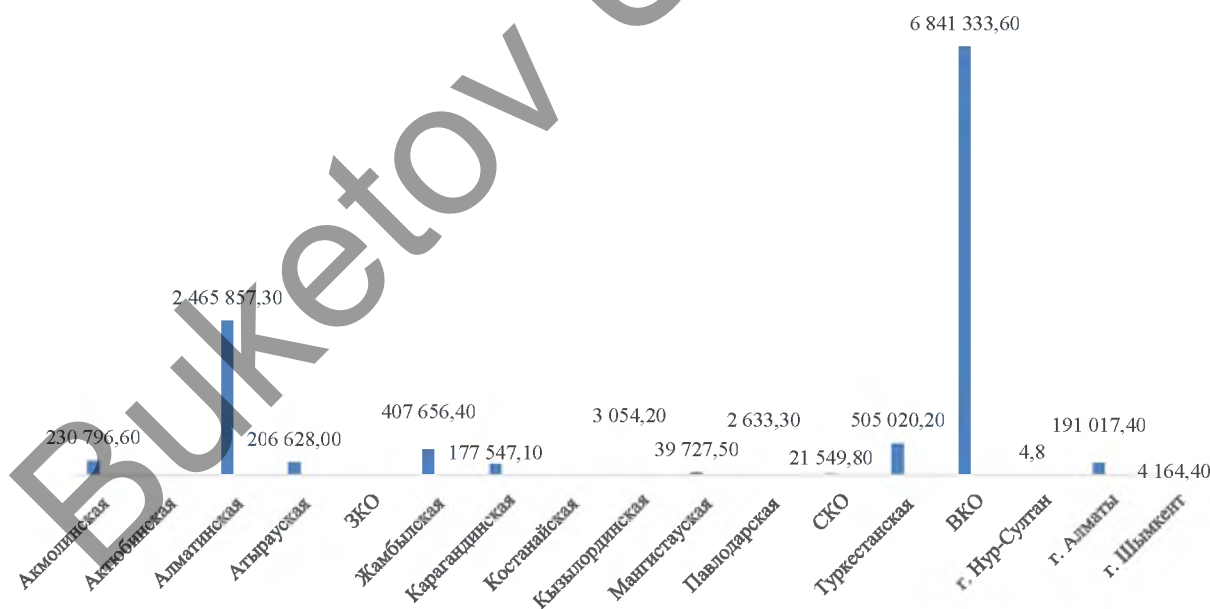


Рисунок 3. Общее производство электроэнергии возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ) в региональном аспекте в 2020 г., тыс. кВт\*ч

Примечание. Составлен на основе источника: *National report on the transition of the Republic of Kazakhstan to a "green economy" for 2017–2020. [Electronic resource]. — Nur-Sultan, 2020. — 325 с. — Access mode: <https://igtipc.org/>*

Энергоемкость экономики является особенно важным показателем ее природоемкости. Данный показатель является одним из основных в большинстве систем показателей устойчивости, который

рассчитывается как отношение суммарного потребления топливно-энергетических ресурсов на все производственные и непроизводственные нужды (тонн нефтяного эквивалента) к объему ВВП.

Проводя анализ развития экономической оценки состояния, воспроизводства и использования электроэнергии сельского хозяйства, можно отметить, что потребление электроэнергии в Казахстане не растет относительно быстрыми темпами (рис. 4) (Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014–2021.).

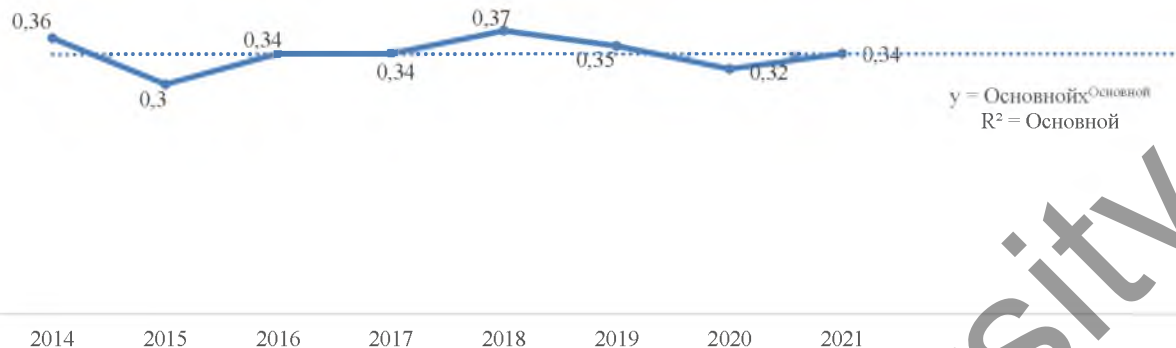


Рисунок 4. Динамика энергоёмкости ВВП с 2014 по 2021 гг., на тыс. долл. США в ценах 2015 г.

Примечание. Составлен авторами на основе источника: Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014–2021. [Electronic resource]. — Access mode: //www.stat.gov.kz.

Переход к цифровизации, а также инновационным и технологическим изменениям, связанным с переходом к «зеленой» экономике, зависит от добывающей промышленности и экспорта сырьевых товаров, влияя на экономическое развитие Казахстана. Однако большинство секторов экономики являются достаточно энергоёмкими и загрязняющими (табл. 2) (Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014–2021.).

Таблица 2. Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2014–2020 годы (в формате Международного энергетического агентства) в сельском хозяйстве

(тысяч тонн нефтяного эквивалента (1000 тнэ))

Поставка и потребление	01.01.15 г.	01.01.16 г.	01.01.17 г.	01.01.18 г.	01.01.19 г.	01.01.20 г.	01.01.21 г.
Сельское хозяйство							
Уголь	147,8	108,7	106,7	108,8	108,0	96	75
Сырая нефть	-	-	-	-	-	0	-
Нефтепродукты	561,1	442,0	461,2	560,1	526,2	499	506
Природный газ	16,7	19,3	23,0	37,4	46,0	55	61
Гидроэнергия	-	-	-	-	-	-	-
Геотерм./солн./т.д	-	-	-	-	-	-	-
Биотопливо/отходы	-	-	-	-	-	-	-
Электричество	64,2	69,7	55,1	64,0	68,4	72	109
Тепло	103,8	82,2	86,1	89,9	901,6	147	79
<b>Всего</b>	<b>893,6</b>	<b>721,9</b>	<b>732,2</b>	<b>860,1</b>	<b>1650,3</b>	<b>869</b>	<b>830</b>
Рыболовство							
Уголь	-	-	-	-	0,4	1	-
Сырая нефть	-	-	-	-	-	0	-
Нефтепродукты	-	-	-	-	-	0	-
Природный газ	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	0	-
Гидроэнергия	-	-	-	-	-	-	-
Геотерм./солн./т.д	-	-	-	-	-	-	-
Биотопливо/отходы	-	-	-	-	-	-	-
Электричество	0,8	0,4	0,5	1,0	0,8	1	1
Тепло	0,1	-	0,1	-	0,0	-	-
<b>Всего</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Примечание. Составлена на основе источника: Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014–2021. [Electronic resource]. - Access mode: //www.stat.gov.kz.

Переход в условиях цифровых технологий за счет внедрения экотехнологий требует эффективной координации между государственными органами, национальными и международными инвесто-

рами и обществом, в целом. Результатом является динамичный и устойчивый экономический рост, способный противостоять неблагоприятным экономическим и экологическим изменениям благодаря совместной реализации государственной политики. Поэтому внедрение технологий в сельскохозяйственный процесс, конечно, должен субсидироваться бизнесом, что позволит эффективнее использовать ресурсы и продвигать новые технологии (рис. 5) (Official resource: [Electronic resource]. — Mode of access: Kapital.kz.).

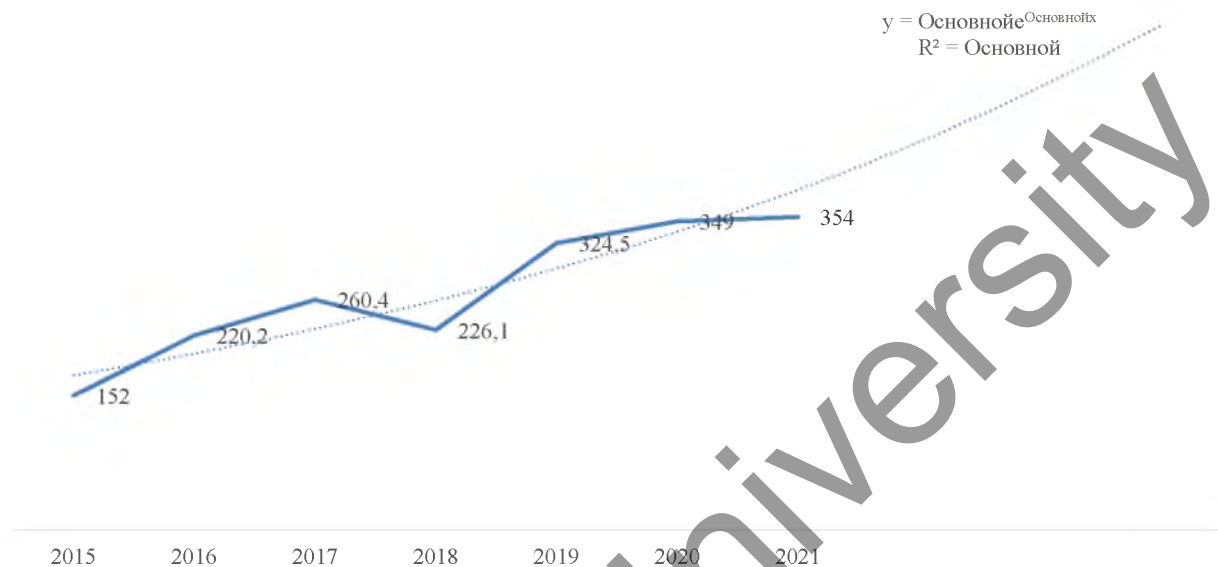


Рисунок 5. Динамика роста субсидирования сельскохозяйственных предприятий за период с 2012 по 2021 гг., млрд тенге

Примечание. Составлен на основе источника: Official resource: [Electronic resource]. — Mode of access: Kapital.kz.

Разработка методики классификации регионов по уровню технологического развития позволила бы разработать и внедрить различные пакеты мер по продвижению технологической и научной модернизации в регионах с разным уровнем технологической оснащенности.

В Казахстане технология переработки сельскохозяйственных отходов находится на ранней стадии:

- сжигание сельскохозяйственных отходов в котлах, работающих на биомассе;
- смешанное сжигание сельскохозяйственных отходов в существующих крупных котлах;
- анаэробное сбраживание отходов растениеводства и животноводства;
- преобразование в биогаз и последующее сжигание биогаза для получения биотепла.

Создание экологически безопасной системы переработки сельскохозяйственных отходов в сочетании с обновленным процессом является прорывом в области энергоэффективности, о чем свидетельствуют данные о потреблении электроэнергии в сельском хозяйстве (рис. 6) (Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014-2021).

С помощью методов математического моделирования и прогнозирования построим трендовую модель с таким показателем, как «Конечное потребление электроэнергии сельским/лесным хозяйством» на 2022–2024 гг.

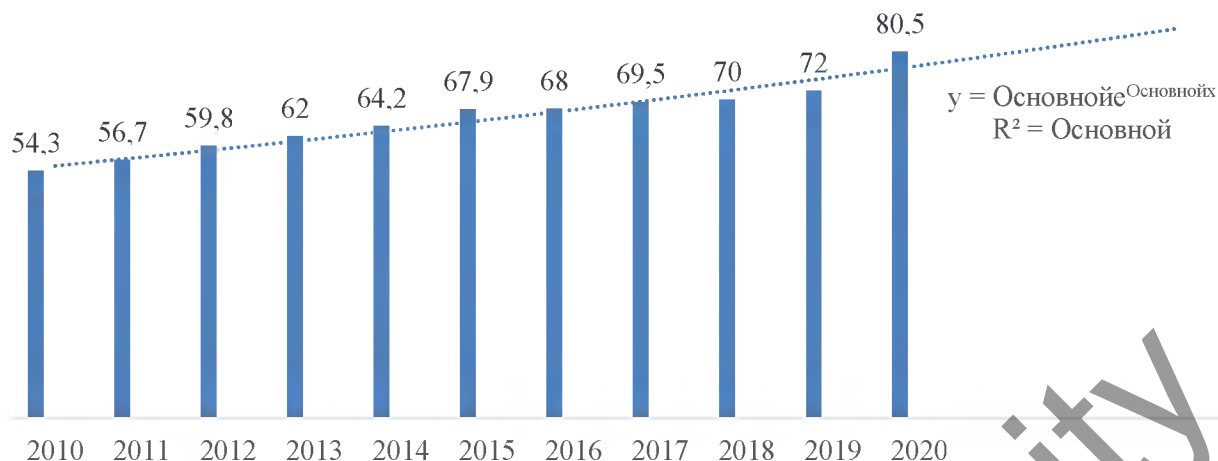


Рисунок 6. Конечное потребление электроэнергии сельским/лесным хозяйством, тнэ

Примечание. Составлен авторами на основе источника: Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014-2021. [Electronic resource]. - Access mode: //www.stat.gov.kz.

1. Используем критерий Ирвина для проверки наличия наблюдений во временном ряду (табл. 3).

Таблица 3. Проверка на наличие аномальных наблюдений во временном ряду

Год	Критерии Ирвина	Расчетные формулы
01.01.2011	-	Наблюдаемое значение критерия Ирвина $\lambda_t = \frac{ y_t - y_{t-1} }{\sigma_y}, \quad t = \overline{2, 11}$ Критическое значение критерия Ирвина $\lambda_{0,05} = 1,5$
01.01.2012	0,397	
01.01.2013	0,513	
01.01.2014	0,364	
01.01.2015	0,364	
01.01.2016	0,612	
02.02.2017	0,017	
01.01.2018	0,248	
01.01.2019	0,083	
01.01.2020	0,331	
01.01.2021	1,407	

Поскольку все наблюдения для критерия Ирвина меньше критического значения, существует 95 % вероятность того, что исходный временной ряд не содержит аномальных наблюдений.

2. Используя критерии возрастания и убывания, рассмотрим временной ряд, содержащий компонент тренда (табл. 4).

Таблица 4. Проверка наличия тренда

Общие критерии «восходящей» и «нисходящей» серии. (Для существования тренда достаточно нарушения хотя бы одного неравенства)	Расчетные значения с вероятностью ошибки $0,05 < \alpha < 0,0975$
$v(n) > \left[ \frac{2n-1}{3} - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right]$	$1 < 4$
$K_{\max} < [K_0(n)]$	$10 > 5$

3. Аппроксимация исходных данных была выполнена с помощью полинома первой степени:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t$$

Далее была оценена аппроксимация данных с помощью метода наименьших квадратов с получением трендовой модели:

$$y_t = 52,722 + 2,196t$$

4. Качество модели оценивалось двумя способами: проверкой хорошей подгонки и оценкой ее точности.

Для проверки пригодности модели был исследован набор остатков, то есть разница между рассчитанным моделью уровнем и реально наблюдаемыми значениями. Основными свойствами остаточной составляющей являются равенство математического ожидания нулю, случайность остатков и согласие с правилами нормального распределения. Результаты анализа остаточного ряда для проверки хорошей подгонки модели приведены в таблице 5.

Таблица 5. Проверка адекватности модели

Проверяемое свойство	Используемая статистика		Граница	Вывод
	Наименование, расчетная формула	Полученное значение		
Случайность	Критерий «пиков» (поворотных точек) $p > \left[ \frac{2}{3}(n-2) - 1,96 \sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right]$	4 > 3	3	Адекватна
Нормальность	RS-критерий $RS = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{S}$	3,52	2,80-3,91	Адекватна
Равенство математического ожидания уровней ряда остатков нулю	t-статистика Стьюдента $t_{\text{набл}} = \frac{ e }{S} \sqrt{n}$	0	2,23	Адекватна

Для оценки точности модели была рассчитана средняя относительная ошибка аппроксимации:

$$E_{\text{отн}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|e_i|}{y_i} \cdot 100\% = 1,84\%,$$

значение, которое свидетельствует о достаточном уровне точности модели.

Таким образом, модель является качественной и может быть использована для прогнозирования.

5. Для расчета точечных прогнозов построенной модели были присвоены соответствующие значения переменных. Для построения интервальных прогнозов были определены доверительные интервалы на уровне значимости; результаты точечного и интервального прогнозов на 2022–2024 годы представлены в таблице 6.

Таблица 6. Точечный и интервальный прогнозы конечного потребления электроэнергии сельским /лесным хозяйством на 2022–2024 гг.

Год	Точечный прогноз, тнэ	Интервальный прогноз, тнэ	
		верхняя граница	нижняя граница
2022	81,275	75,953	86,596
2023	83,471	77,918	89,024
2024	85,667	79,864	91,471

Сельскохозяйственные консультации должны учитывать не только текущие вопросы, но и экономические и социальные проблемы, с которыми сталкиваются сельские районы. К ним, несомненно, относятся устойчивая экономическая и энергетическая политика, доступ к энергии из возобновляемых источников и финансовые возможности для удовлетворения энергетических потребностей домохозяйств и фермеров.

Показатели технической оснащенности, энергообеспеченности, энергоемкости, удобрения, сортового и породного состава, трудоемкости, средней грузоподъемности транспортных средств и возрастной структуры позволяют сделать выводы об уровне технического развития местного сельского хозяйства и принять решения о структуре и направлении государственной поддержки технической модернизации хозяйств, если может быть предоставлена первая информация.

Экономическая оценка энергосберегающего оборудования в сельском хозяйстве требует обеспечения, в частности, динамично развивающегося сектора возобновляемых источников энергии:

- 1) разработка общего плана развития возобновляемых источников энергии, тесно связанного с планом развития агропромышленного энергетического комплекса;
- 2) введение аукционной системы для проектов ВИЭ с целью снижения стоимости ВИЭ;
- 3) государственное регулирование проектов ВИЭ;
- 4) включить в действующее законодательство механизм изменения тарифов на электроэнергию, получаемую из возобновляемых источников энергии, или другие методы компенсации в ответ на тарифы энергопроизводящих организаций;
- 5) развивать региональные возобновляемые источники энергии (солнечная и ветровая энергия малой мощности в отдаленных сельских районах, не подключенных к сети) и в мегаполисах.

### **Выводы**

Ожидаемые направления развития современного сельского хозяйства связаны с созданием надежной продовольственной базы, развитием цифровой экономики, рациональным использованием природных ресурсов, применением инновационных технологий, технической поддержкой производства. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса зависит не только от решения классических проблем растениеводства и животноводства, но и от построения экосистемы на основе обширной цифровой платформы и формирования новых направлений научной и практической деятельности.

Повышение продуктивности сельскохозяйственного производства основано на рациональном размещении культур в системах севооборота, исследовании биоклиматического потенциала полей, агроэкологической оценке земель и агроландшафтов, интенсивном использовании земель в севооборотах, агротехнологиях, таких как системы механической обработки почвы, противоэрозионные и противодефляционные мероприятия. Передовые агропромышленные предприятия успешно решают такие вопросы, как защита и поглощательная способность почвы, снижение объема и интенсивности стока, снижение скорости поверхностного ветра, агротехнологии и химическая борьба с сорняками, восстановление плодородия почвы, повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур для поддержания благоприятных экологических условий.

### **Список литературы**

- Arkadiusz, Piwowar (2021). The problem of energy poverty in the activities of agricultural advisory centres in Poland. *PLoS ONE* 16(10): e0258366. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258366>
- Camaren, P., & Swilling, M. (2011). Greening the South African growth path: Transitioning to sustainability. *School of Public Leadership, Sustainability Institute, Stellenbosch University, Stellenbosch*, 2–26.
- Gerrard, M. (2011). The law of clean energy, American Bar Association Section of Environment. *Energy and Resources*. Chicago, IL.
- Zhang, J., & Xia, X. (2010). Energy audit-From a POET, ICAE, Centre of New Energy Systems, Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, University of Pretoria, Pretoria, 0002, South Africa, 1200–1209.
- Zhang, N., Smitha, R., Bulatova, I. & Klemešć, J. J. (2013). “Sustaining high energy efficiency in existing processes with advanced process integration technology”. *Applied Energy*, 101, 26–32. Viewed 30 September 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.037>
- Matraeva, L. V., Goryunova, N. A., Smirnova, S. N., Babenko, M. I., Erokhin, S. G., Solodukha, P. V. (2017). Methodological Approaches to Estimation of Energy Efficiency within the Framework of the Concept of Green Economy and Sustainable Development. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(4), 231-239. Retrieved from <http://www.econjournals.com>
- Shirokov, Yu., & Tikhnenko, V. (2021). Analysis of methodological bases of energy-economic assessment of agricultural technologies and projects. *Agricultural Management and Environmental Economics*, Vol. 273. Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127308066>.
- Dong Yan, Hongda Liu & Pinbo Yao. (2021). Assessing Energy Efficiency for Economic and Sustainable Development in the Region of European Union Countries. *Frontiers in environmental science*, Vol. 9. Doi:10.3389/fenvs.2021.779163.

- Nugent, N., & Rhinard, M. (2019). The “Political” Roles of the European Commission. *J. Eur. Integration*, 41, 203–220. Doi:10.1080/07036337.2019.1572135
- Information on electricity production by RES facilities for 2018-2021. *gov.kz*. Retrieved from <https://www.gov.kz/>
- Program development of the green economy in Kyrgyz Republic for 2019-2023. *mineconom.gov.kg*. Retrieved from <http://mineconom.gov.kg/froala/uploads/file/8df6c6ce6ee2693ee40b9568a9d695c9727610028.pdf>
- Widespread development of renewable energy sources and its impact on the electricity market and grid infrastructure. (2021). *unece.org*. Retrieved from <https://unece.org/>
- Data from the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan for 2014-2021. *stat.gov.kz*. Retrieved from [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz)
- Growth dynamics of agricultural subsidies enterprises. Official resource: *Kapital.kz*. Retrieved from <https://kapital.kz/>
- National report on the transition of the Republic of Kazakhstan to a “green economy” for 2017-2020. (2020). Nur-Sultan. *igtipc.org*. Retrieved from <https://igtipc.org/>

**А.Т. Омарова, А.К. Мазина, М. Течке, Г.К. Кабдуллина, Г.Н. Сраилова**

**Ауыл шаруашылығының энергия үнемдегішпен жабдықталуын экономикалық бағалаудың әдістемелік негіздері**

**Аңдатпа**

*Мақсаты:* Әлемдегі ауыл шаруашылығы дәстүрліден жоғары технологиялық салаға айналуға, ол инновациялық және инвестициялық шешімдер мен әзірлемелер үшін жаңа нарықтар құруға қабілетті, еңбек өнімділігі мен энергияны үнемдейтін жабдықты арттыруға ұмтылады. Мақалада Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығында тиімді цифрлық технологияларды енгізу және дамыту ерекшеліктеріне талдау жүргізілген, онда негізгі проблема ретінде ауыл шаруашылығының энергия үнемдегішпен жабдықталуы, электр энергиясын ұдайы өндіру мен пайдалануды экономикалық бағалаудың әдістемелік негіздері анықталған. Зерттеу объектісі ретінде ауыл шаруашылығы алынған, ол азық-түлік және экономикалық қауіпсіздікті, сондай-ақ энергия үнемдегіш құралдарын ұдайы өндіру мен пайдалануды қамтамасыз ететін Қазақстан экономикасының негізгі салаларының бірі.

*Әдісі:* Авторлар экономикалық-математикалық модельдеу және болжау әдістерін, статистикалық ақпаратты жалпылау мен топтастыруды, ауыл шаруашылығының энергия үнемдегішпен жабдықталуын бағалау саласында шет елдердің деректерін талдау үшін қажетті салыстырмалы талдауды, сондай-ақ пәнаралық тәсілді пайдаланды.

*Қорытынды:* Ауыл шаруашылығының электр энергиясының жай-күйін, өсімін молайту мен пайдалануды экономикалық бағалауды дамытуды талдау; жаңартылатын көздерден энергияға қол жеткізу арқылы ауыл шаруашылығының дамуын экономикалық бағалау қажеттілігінің негіздемесі (ауыл шаруашылығында жел энергетикасын енгізуді талдау); 2022-2024 жылдарға арналған «Ауыл/орман шаруашылығының электр энергиясын түпкілікті тұтынуы, млн. теңге» көрсеткішінің болжамды мәндерін айқындау үшін трендік модель жасалды, оның барысында модельдің сапалы екенін және болжау үшін пайдаланылуы мүмкін екенін көрсететін кезеңдер орындалды.

*Тұжырымдама:* Ауыл шаруашылығының тұрақты дамуы өсімдік шаруашылығы мен мал шаруашылығының классикалық мәселелерін шешуге ғана емес, сонымен қатар оның кең цифрлық платформалары негізінде экожүйені құруға және ауыл шаруашылығының энергия үнемдегішпен жабдықталуын экономикалық бағалаудың әдістемелік негіздері саласындағы ғылыми және практикалық қызметтің жаңа бағыттарын қалыптастыруға байланысты.

*Кілт сөздер:* ауыл шаруашылығы, энергия үнемдегішпен жабдықталуы, цифрландыру, ауыл шаруашылығы өндірісі, электр энергиясы, жаңартылатын энергия көздері, өнімділік.

**А.Т. Omarova, А.К. Mazina, М. Teczke, G.K. Kabdullina, G.N. Sraилоva**

**Methodological bases of economic assessment of energy-saving equipment of agriculture**

**Abstract**

*Object:* agriculture in the world is transforming from a traditional to a high-tech industry, which is able to create new markets for innovation and investment decisions and developments, seeking to increase productivity and energy-saving equipment. In the article an analysis and peculiarities of the application of methodological bases of economic evaluation of energy-saving equipment of agriculture were conducted using efficient digital technologies of the Republic of Kazakhstan, where methodological bases of economic evaluation of energy-saving equipment, reproduction and use of electricity of agriculture are highlighted as the key problem. The object of the study is agriculture as one of the key sectors of the economy of Kazakhstan, which provides food and economic security, as well as the reproduction and use of energy-saving equipment.

*Methods:* the author used methods of economic and mathematical modeling and forecasting, generalization and grouping of statistical information, comparative analysis, necessary for the analysis of foreign countries' data in the field of evaluation of energy-saving equipment of agriculture, as well as an interdisciplinary approach.

*Findings:* analysis of the development of economic evaluation of the state, reproduction and use of agricultural electricity; justification of the need for economic evaluation of agricultural development through access to energy from renewable sources (analysis of the implementation of wind energy in agriculture); a trend model was built, in the process of which the forecast of the studied values for 2022-2024 years was made.

*Conclusions:* sustainable development of agriculture depends not only on solving the classical problems of crop and livestock production, but also on creating an ecosystem based on its extensive digital platforms and the formation of new directions of scientific and practical activities in the field of methodological foundations of economic evaluation of energy-saving equipment of agriculture.

**Keywords:** agriculture, energy-saving equipment, digitalization, agricultural production, electricity, renewable energy sources, productivity, renewable energy sources (RES).

Букеетов Университеті