

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические Процессы и промышленная Экология»

Жазетов Эмирлан Галилитдинович

Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для
эффективного электроснабжения фермерского хозяйства

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В05206 – «Инженерная экология»

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические Процессы и промышленная экология»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой
«Химические Процессы и
промышленная экология»
канд. тех. наук, доцент
Кубекова Ш.Н.
«31» 05 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломной работе

На тему: «Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для
эффективного электроснабжения фермерского хозяйства»

6B05206 - «Инженерная экология»

Выполнил

Жазетов Эмирлан Галилитдинович

Рецензент

к.т.н, ассоциированный
профессор, МОК,
КазГАСА

Ажиева Г.И.
«05» 06 2025 г.

Научный руководитель

Доктор Ph.D, старший
преподаватель кафедры «Химические
процессы и промышленная Экология»

Сарсембин У.К.
«05» 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная Экология»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
канд. тех. наук, доцент

 Кубекова Ш.Н.
«29» 05 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Жазетову Эмирлану Галилитдиновичу

Тема: «Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для
эффективного электроснабжения фермерского хозяйства»

Утверждена приказом Проректора по акад. вопросам № от «29» 01 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «5» 06 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Краткое содержание дипломной работы:

- а) анализ климатических и географических условий сельских регионов Казахстана, влияющих на потенциал использования солнечной и ветровой энергии.
 - б) особенности энергопотребления фермерских хозяйств, включая графики нагрузок и требования к надежности энергоснабжения.
 - в) разработка концепции гибридной системы энергоснабжения, объединяющей солнечные панели и ветроэлектростанции, с учетом специфики сельского хозяйства.
 - г) оценка экономической целесообразности внедрения гибридных систем для фермерских хозяйств, включая расчет затрат на установку, эксплуатацию и окупаемость.
- Перечень графического материала представлены на 13 слайдов презентации работы

ГРАФИК

подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1) Написание введения, теоретической части и разделов	31.01.2025	выполнено
2) Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства	30.04.2025	выполнено
3) Оценка ветро энергетического и солнечного энергетического потенциала исследуемой территории	30.05.2025	выполнено
4) Заключение	31.01.2025	выполнено

ПОДПИСИ

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	У.К. Сарсембин, доктор PhD	05.06.2025 г.	

Научный руководитель



Сарсембин У.К.

Задание принял к исполнению обучающийся



Жазетов Э.Г.

Дата

«30» 01 2025 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс Қазақстандағы фермерлік шаруашылықтарды автономды энергиямен қамтамасыз ету үшін гибридті күн-жел электр станцияларын қолдану мүмкіндіктерін зерттеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі – тұрақты даму қағидаттарына көшу, қазба отынға тәуелділікті азайту және өңірлердегі энергетикалық қауіпсіздікті арттыру қажеттілігімен түсіндіріледі.

Жұмыстың мақсаты – фермерлік шаруашылықтар үшін жаңартылатын энергия көздері (күн және жел) негізіндегі гибридті энергетикалық жүйенің тиімді моделін техникалық және экономикалық факторларды ескере отырып әзірлеу және негіздеу.

Климаттық және географиялық жағдайларға, ауыл шаруашылық кәсіпорындарының энергия тұтыну ерекшеліктеріне талдау жасалды, сондай-ақ жаңартылатын энергия технологияларының қолданылуы мен олардың экономикалық тиімділігі қарастырылды. Мысал ретінде келесі кәсіпорындар пайдаланылды: «Қазақстан Құстары» ЖШС, «Алель Агро» АҚ және «Жақсылық Агро» ЖШС. Энергия өндіру, шығындар мен өтелу мерзімінің есебі негізінде жергілікті ресурстар мен тұтынуды ескере отырып, гибридті жүйе жобасы ұсынылды.

Зерттеу нәтижесінде, жаңартылатын энергия көздеріне негізделген гибридті энергетикалық жүйелерді енгізу экономикалық тиімділікке, экологиялық қауіпсіздікке және энергетикалық тәуелсіздікке қол жеткізуге мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл ұсынылған шешімдердің бүкіл ел аумағында кең көлемде қолданылуына әлеуеті жоғары екенін көрсетеді.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена исследованию возможностей применения гибридных солнечно-ветровых электростанций для автономного энергоснабжения фермерских хозяйств в Казахстане. Актуальность темы обусловлена необходимостью перехода к устойчивому развитию, снижению зависимости от ископаемого топлива и повышению энергетической безопасности в регионах.

Цель работы – разработка и обоснование эффективной модели гибридной энергетической системы на основе возобновляемых источников энергии (солнечной и ветровой) для фермерских хозяйств с учетом технических и экономических фактов.

Проведен анализ климатических и географических условий, особенностей энергопотребления сельхозпредприятий, экономической обоснованности применения ВИЭ. В качестве примера использованы предприятия: ТОО «Казахстан Кустары», АО «Алель Агро» и ТОО «Жаксылык Агро». На основе расчетов выработки энергии, затрат и окупаемости предложен проект гибридных систем потребления с учетом местных ресурсов и потребления.

Работа согласована, что внедрение гибридных энергетических систем на базе ВИЭ обеспечивает экономическую эффективность, экологическую безопасность и энергетическую независимость, что делает предлагаемые решения перспективными для масштабирования на всей территории.

ABSTRACT

This bachelor's thesis is devoted to researching the possibilities of using hybrid solar-wind power plants for autonomous energy supply to farms in Kazakhstan. The relevance of the topic is determined by the need to transition to sustainable development, reduce dependence on fossil fuels, and increase energy security in the regions.

The aim of the thesis is to develop and justify an effective model of a hybrid energy system based on renewable energy sources (solar and wind) for farms, considering technical and economic factors.

An analysis of climatic and geographical conditions and the characteristics of energy consumption by agricultural enterprises was carried out, taking into account additional renewable energy technologies and the economic efficiency. The following enterprises were used as examples: Kazakhstan Kustary LLP, Allel Agro JSC, and Zhaksylyk Agro LLP. Based on calculations of energy production, costs, and payback, a project for hybrid consumption systems was proposed, considering local resources and consumption.

The work agreed that the introduction of hybrid energy systems based on renewable energy sources ensures economic efficiency, environmental safety, and energy independence, which makes the proposed solutions promising for scaling across the entire territory.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Перспективы развития возобновляемых источников энергии в Казахстане	10
1.1 Развитие возобновляемых источников энергии	10
1.2 Механизмы господдержки и роль частного бизнеса в развитии ВИЭ в Казахстане	14
1.3 Преимущества и недостатки ВИЭ	16
2 Объект и методика исследования	19
2.1 Объект исследования	19
2.2 Основные методические подходы, а также требования при проектировании гибридной ЭС	19
3 Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства	22
3.1 Современные виды электроустановок (ВЭС, солнечная панель)	22
3.2 Оценка ветроэнергетического потенциала исследуемой территории	23
3.3 Оценка солнечного энергетического потенциала исследуемой территории	25
3.4 Выбор солнечной панели	27
3.5 Выбор оптимального ветрогенератора	31
3.6 Разработка проекта гибридной солнечно-ветровой электростанции для фермерского хозяйства	33
3.7 Экономическое обоснование	42
Заключение	44
Список использованной литературы	45

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В современном мире вопросы устойчивого развития и рационального использования энергетических ресурсов приобретают все большую значимость. Возрастающий уровень энергопотребления, истощение традиционных источников энергии и негативное воздействие на окружающую среду требуют перехода к более экологичным и возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Особое внимание в этой связи уделяется применению ВИЭ в сельском хозяйстве, где их использование может обеспечить экономическую эффективность, экологическую безопасность и энергетическую независимость.

Цель работы – разработка и обоснование эффективного подхода к применению гибридных солнечно-ветроэлектростанций для автономного энергоснабжения фермерских хозяйств в сельских регионах Казахстана, с учетом природных, экономических и технических условий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ климатических и географических условий сельских регионов Казахстана, влияющих на потенциал использования солнечной и ветровой энергии.

2. Изучить особенности энергопотребления фермерских хозяйств, включая графики нагрузок и требования к надежности энергоснабжения.

3. Разработать концепцию гибридной системы энергоснабжения, объединяющей солнечные панели и ветроэлектростанции, с учетом специфики сельского хозяйства.

4. Провести моделирование работы гибридной установки и оценить ее энергоэффективность в различных условиях.

5. Оценить экономическую целесообразность внедрения гибридных систем для фермерских хозяйств, включая расчет затрат на установку, эксплуатацию и окупаемость.

6. Разработать рекомендации по проектированию, эксплуатации и масштабированию гибридных солнечно-ветроэлектростанций в сельских регионах Казахстана.

При написании данной дипломной работы использовались электронные ресурсы министерства энергетики РК, правительства, отчеты ФНБ «Самрук-Казына», ООН, научные статьи. В качестве практической базы для исследования были взяты материалы с экопортала по трем следующим предприятиям: АО «Алель Агро», ТОО «Казакстан Кустары», ТОО «Жаксылык Агро».

Новизна работы заключается в создании научно обоснованных и практико-ориентированных решений для обеспечения устойчивого энергоснабжения сельских хозяйств на основе гибридных солнечно-ветроэлектростанций.

1 Перспективы развития возобновляемых источников энергии в Казахстане

1.1 Развитие возобновляемых источников энергии

Казахстан, богатый углем, нефтью, природным газом и ураном, традиционно зависит от ископаемого топлива для производства электроэнергии, где уголь составляет около 70% генерации [1]. Однако страна обладает значительным потенциалом ВИЭ, включая ветер, солнце и гидроэнергию. Возрастающий спрос на электроэнергию создает необходимость в дополнительной генерации, и ВИЭ становятся оптимальным решением для восполнения этого дефицита.

Гидроэнергетика. В Казахстане действует 15 крупных гидроэлектростанций (ГЭС). Их совокупная установленная мощность составляет 2,25 ГВт, что эквивалентно 13% от общей генерируемой мощности страны. ГЭС ежегодно вырабатывают около 8 ТВт/ч электроэнергии, что составляет 8% от общего объема производства. Основные крупные гидроэлектростанции расположены преимущественно вдоль реки Иртыш, которая берет начало в Китае и проходит через северо-восточную часть Казахстана [2].

Крупные гидроэлектростанции включают в себя Бухтарминскую (675 МВт), Шульбинскую (702 МВт) и Усть-Каменогорскую (315 МВт) станции на реке Иртыш, Капшагайскую на реке Или (364 МВт), Мойнакскую на реке Чарын (300 МВт) и Шардаринскую на реке Сырдарья (126 МВт).

Малые (1-10 МВт) и средние (10-50 МВт) гидроэнергетические проекты становятся все более популярными благодаря их низкой стоимости, надежности и экологичности. В основном они располагаются на востоке и юге Казахстана, в Жамбылской и Алматинской областях. На сегодня общая мощность малых ГЭС в Казахстане составляет 265,7 МВт [3].

В целом гидроэнергетический потенциал Казахстана оценивается министерством энергетики в 170 млрд кВт/ч, в том числе технически обоснованный потенциал – в 62 млрд кВт/ч [4].

Ветроэнергетика. Обширные степные территории Казахстана создают благоприятные условия для строительства крупных ветряных электростанций. Согласно оценкам, потенциал ветроэнергетики в Казахстане, который может быть экономически освоен, составляет около 920 млрд кВт/ч в год [4].

Около 50% территории Казахстана имеет среднюю скорость ветра, пригодную для выработки энергии (4-6 м/с). Наибольший потенциал сосредоточен в районах Каспийского моря, а также в Центральном и Северном Казахстане.

Однако самые перспективные участки находятся в Джунгарских воротах – в 600 км к северо-востоку от Алматы, недалеко от границы с Синьцзяном – и в Шелекском коридоре в 100 км к востоку от Алматы. По оценкам специалистов, ветровой потенциал в этих местах составляет 525 Вт/м² в Джунгарских воротах и 240 Вт/м² в Шелекском коридоре, при этом потенциальная мощность

ветрогенераторов может достигать 4400 кВт/ч и 3200 кВт/ч в год соответственно, что может помочь сократить дефицит электроэнергии в Южном Казахстане [2].

Главное преимущество ветровой энергетики в том, что наибольшая выработка приходится на зимний период, когда ветер особенно сильный. Это совпадает с пиковым спросом на электроэнергию, что делает ветряные электростанции важным элементом энергосистемы страны.

Солнечная энергетика. В Казахстане имеются регионы с высокой солнечной активностью. Так, в южной части страны солнечный свет светит от 2200 до 3000 часов в год, что составляет 1300-1800 кВт/м² в год. Потенциал солнечной энергетики в Казахстане оценивается в 2,5 млрд кВт/ч в год, что соответствует площади около 10 км² солнечных элементов общей эффективностью 16% [2].

Значительным потенциалом обладают как концентрированная солнечная тепловая, так и солнечная фотоэлектрическая энергия (PV). Вблизи Алматы находится солнечная фотоэлектрическая станция мощностью 2 МВт, а в Жамбылской области на юге Казахстана шесть таких станций общей мощностью 300 МВт.

В отличие от солнечных фотоэлектрических установок, концентрированные солнечные тепловые установки выгодны тем, что для их работы не требуется вода, поэтому они могут использоваться в пустынных и полупустынных районах. Солнечные тепловые установки хранят энергию в виде тепла, что гораздо эффективнее батарей, используемых в фотоэлектрических системах, и позволяют производить электроэнергию даже после захода солнца, что позволяет удовлетворять как базовые, так и пиковые нагрузки.



Рисунок 1 – Тепловая солнечная установка



Рисунок 2 – Фотоэлектрическая установка

ВИЭ в Казахстане. В 2013 году Казахстан принял Концепцию перехода к зеленой экономике, установив цели: 3% ВИЭ в общей выработке электроэнергии к 2020 году, 15% к 2030 году и 50% к 2050 году.

По данным министерства энергетики РК, в 2024 году мощность объектов ВИЭ в Казахстане достигла 2903,7 МВт [3]. Выработка электроэнергии составила 5,78 млрд кВт/ч, что на 18% больше, чем в 2023 году. Доля ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии страны равняется теперь 6,67%.

Таблица 1 – Генерация и мощность ВИЭ в Казахстане

Источник энергии	Установленная мощность (МВт)	Генерация (млрд кВт/ч)
ВЭС	1409,55	3,22
СЭС	1 222,61	1,61
Малые ГЭС	265,785	0,94
БиоЭС	1,77	0,56
Итого	2903,7	5,78

В декабре 2024 года Минэнерго сообщило, что в 2024 году в Казахстане были введены в эксплуатацию три новых объекта ВИЭ общей мощностью 34,75 МВт [5].

Реализация этих проектов стала возможной благодаря привлечению инвестиций в размере 13,7 млрд тенге. До конца года планировалось завершить строительство еще пяти объектов ВИЭ мощностью 128,4 МВт. Без учета их, на декабрь 2024 года в стране насчитывалось 148 объектов ВИЭ, на которых было занято 1,8 тыс. человек:

- 59 ветровых электростанций;
- 46 солнечных электростанций;
- 40 малых гидроэлектростанций;
- 3 биогазовые электростанции.

В ведомстве отмечали, что по итогам заключенных договоров в Казахстане уже запланирован ввод в эксплуатацию дополнительно 66 объектов ВИЭ общей мощностью 1 682,4 МВт [6].

Общий объем инвестиций в эти проекты составит 720 млрд тенге. Среди них:

- 34 гидроэлектростанции мощностью 311,11 МВт;
- 20 ветровых электростанций мощностью 1 110 МВт;
- 9 солнечных электростанций мощностью 250 МВт;
- 3 биогазовые электростанции мощностью 11,35 МВт.

В течение следующих пяти лет министерство энергетики намерено провести еще аукционы на реализацию проектов ВИЭ общей мощностью 6,7 ГВт. Ожидаемый объем инвестиций до 2029 года составит более 18 трлн тенге. В целом в Казахстане планируют ввести 26,5 ГВт новых мощностей до 2035 года [7]. К этому времени доля ВИЭ в выработке электроэнергии достигнет, по планам, 24,4%. Доля угольной генерации снизится до 34,4%. Министерство энергетики совместно с фондом национального благосостояния «Самрук-Казына» уже приступило к реализации крупных ВИЭ-проектов:

- с французской Total Energies – ВЭС мощностью 1 ГВт в Жамбылской области;
- с Masdar из ОАЭ – ВЭС мощностью 1 ГВт в Жамбылской области;
- с российской Unigreen Energy – ВЭС мощностью 1 ГВт.

Строительно-монтажные работы на этих проектах стартуют в 2025 году. Кроме того, крупные ВЭС на 1 ГВт в Казахстане построят AcwaPowerCompany из Саудовской Аравии и China Power International Holding из КНР. Предполагается, что все проекты будут оснащены системами хранения энергии.

Стоит отметить, что Казахстан поставил перед собой цель достичь углеродной нейтральности к 2060 году. По расчетам правительства, если стране удастся этого добиться, доля ископаемых энергоресурсов в общей структуре первичных топливно-энергетических ресурсов уменьшится в 3,4 раза, достигнув 29%, тогда как вклад ВИЭ увеличится до 70% [8].

1.2 Механизмы господдержки и роль частного бизнеса в развитии ВИЭ в Казахстане

Развитие возобновляемой энергетики в Казахстане началось с принятия в 2009 году Закона Республики Казахстан "О поддержке использования возобновляемых источников энергии". Этот нормативный акт заложил правовые основы для формирования отрасли ВИЭ и стал отправной точкой для последующего совершенствования законодательной базы.

В 2014 году в Казахстане ввели систему фиксированных тарифов на электроэнергию от возобновляемых источников (ветровых, солнечных, гидро- и биогазовых станций). Государство гарантировало выкуп этой энергии по установленным тарифам на 15 лет.

С 2018 года страна перешла на аукционную систему отбора проектов в сфере возобновляемой энергетики, где решающими факторами являются низкий тариф и заявленная мощность.

С 2018 по 2023 годы в Казахстане провели пять циклов международных аукционов, по итогам которых выбрали проекты ВИЭ общей мощностью 3 255 МВт. В торгах участвовали 260 компаний из 13 стран, включая Казахстан, Китай, Россию, Турцию, Германию и Францию.

В результате 70 победителей заключили долгосрочные контракты на 15-20 лет с Расчетно-финансовым центром поддержки ВИЭ (РФЦ) на 1 699 МВт. В 2023 году дополнительно выбрали 38 проектов общей мощностью 757,2 МВт.

Аукционная система привела к значительному снижению цен на электроэнергию ВИЭ:

- солнечные станции – на 59,8%;
- ветровые станции – на 54%;
- гидроэлектростанции – на 57%;
- биогазовые станции – почти не изменились (снижение на 0,1%).

Например, в ходе июньских аукционов 2024 года был зафиксирован рекордно низкий тариф на ВЭС мощностью 100 МВт – 6,9 тенге за кВт/ч. Минимальный тариф для СЭС мощностью 50 МВт составил 12,49 тенге за кВт/ч.

Основные аспекты аукционной системы:

1. Плановый характер проведения: ежегодно министерством энергетики РК утверждается график аукционов с детализацией по типам ВИЭ, мощностям и регионам.
2. Прозрачность процедуры: вся информация, включая справочные материалы для инвесторов, публикуется на официальном сайте ведомства.
3. Нормативное регулирование: порядок организации и проведения аукционов регламентируется Правилами, утвержденными приказом Министра энергетики РК от 21 декабря 2017 года № 466.

Аукционный механизм помог Казахстану сделать процесс более прозрачным, привлечь инвесторов и внедрять современные технологии, снижая стоимость электроэнергии для потребителей.

В соответствии с Законом РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии» производителям чистой энергии предоставляется ряд льготных условий, направленных на стимулирование отрасли. По данным министерства энергетики, ключевые меры поддержки включают:

- гарантированный закуп электроэнергии через Расчетно-финансовый центр поддержки ВИЭ;
- освобождение от оплаты за услуги энергопередающих организаций;
- приоритетное подключение объектов ВИЭ к сетям общего пользования [9].

Данные меры способствуют снижению финансовых рисков инвесторов и повышению инвестиционной привлекательности сектора ВИЭ.

Кроме того, для снижения рисков, связанных с колебаниями курса национальной валюты, предусмотрен механизм индексации тарифов. Начиная с 2022 года, он включает индексацию на период строительства и последующую ежегодную индексацию. Инвесторы могут выбрать метод индексации: либо привязку к изменению курса валюты, либо к индексу потребительских цен. Объекты ВИЭ также включены в перечень приоритетных инвестиционных проектов, что дает им возможность получать таможенные и налоговые преференции в соответствии с Предпринимательским кодексом РК.

Согласно отчету UNCTAD World Investment Report-2023, было отмечено, что в период с 2015 по 2022 годы доля прямых иностранных инвестиций в ВИЭ составила 31% от общего объема ПИИ в Казахстане [10]. Кроме того, страна вошла в топ-10 развивающихся государств по привлечению инвестиций в этот сектор наряду с Бразилией, Чили, Индией, Египтом и другими странами.

В развитии ВИЭ в Казахстане огромную роль играет частная инициатива. Одна из крупных компаний, инвестирующая в зеленую энергетику, – это «Visor Kazakhstan». Ее мажоритарным акционером является Айдан Карибжанов. Он также владеет долями в «Aua Energy», «Greencity KZ», «Northern Wind Kazakhstan» и «Sarma Energy» по производству электроэнергии ветровыми электростанциями. Инвестиционной группе «Visor International DMCC» принадлежат, например, ВЭС «Шокпар» и «Жанатас» в Жамбылской области (другим учредителем выступает китайская госкомпания China Power International Holding Ltd).

Ранее аналитическое подразделение делового издания «Kursiv Research» подготовило список из 50 крупнейших объектов ВИЭ Казахстана. Согласно ему, многие объекты были построены при помощи финансирования институтов развития, таких как ЕАБР, ЕБРР, АБР, БРК [11].

Крупнейшие по установленной мощности объекты ВИЭ в РК по итогам 2023 года (от 50 МВт)					
Наименование	Компания	Участие институтов развития	Уст-ная мощ-ть (МВт)	Введен в эксплуатацию	Местоположение
СЭС Nurgisa	ENEVERSE KUNKUAT	БРК, «БРК-Лизинг»	100	2019	Алматинская обл.
СЭС «Шы-100»	M-KAT Green	Total Eren SA, ЕБРР	100	2019	Жамбылская обл.
СЭС «Сарань»	SES Saran	ЕБРР, Solarnet GmbH/Goldbek Solar	100	2019	Карагандинская обл.
ВЭС «Жанатас»	«Жанатасская ветровая электростанция»	ЕБРР, АБИИ, ФЧТ, ЗКФ	100	2020	Жамбылская обл.
СЭС «Нура»	HEVEL KAZAKHSTAN	ЕАБР	100	2020	Акмолинская обл.
ВЭС «Абай 1»	«ВЭС 100 МВт «Абай-1»»	БРК	100	2022	Абайская обл.
ВЭС «Шокпарская»	Шокпарская ветровая электростанция	ЕБРР, АБИИ, ФЧТ, ЗКФ	100	2023	Жамбылская область
ВЭС «Шелек»	«Энергия Семиречья»	н/д	60	2022	Алматинская обл.
ВЭС «Ветро Энерго Технологии»	«Ветро Энерго Технологии»	н/д	53	2018	Атырауская обл.
СЭС Burnoye Solar-1	«Бурное Солар-1»	ЕБРР, ФЧТ	50	2015	Жамбылская обл.
СЭС Burnoye Solar-2	«Бурное Солар-2»	ЕБРР, ФЧТ	50	2018	Жамбылская обл.
ВЭС «Астана EXPO-2017»	ЦАТЭК Green Energy	БРК, «БРК-Лизинг»	50	2019	Астана
СЭС «Агадырь-1»	КазСолар-50	ЕБРР	50	2019	Карагандинская обл.
СЭС Baikonur Soar	Baikonur Solar	ЕБРР, АБР, ФЧТ	50	2019	Кызылординская обл.
СЭС «Каскелен-50 МВт»	MISTRAL ENERGY	БРК	50	2020	Алматинская обл.
СЭС «ЮКСЭС 50»	ЮКСЭС 50	ЕБРР	50	2020	Туркестанская обл.
СЭС «Кентау 50 МВт»	HEVEL KAZAKHSTAN	н/д	50	2021	Туркестанская обл.
СЭС «Шоктас»	HEVEL KAZAKHSTAN	н/д	50	2021	Туркестанская обл.
СЭС KZT Solar	KZT Solar	н/д	50	2021	Туркестанская обл.
ВЭС «Ыбырай»	«Жел электрик»	БРК	50	2021	Костанайская обл.
СЭС «Аиша»	AEC Asa	н/д	50	2022	Жамбылская обл.
СЭС Балхаш (50 МВт)	KazGreenEnergy	БРК	50	2022	Карагандинская обл.
ВЭС Шелек	«Жеруык энерго»	ЕАБР	50	2022	Алматинская обл.
ВЭС «Абай-2»	«ВЭС 50МВт «Абай-2»»	БРК	50	2022	Жетысуская обл.
ВЭС «Борей Энерго-1»	«Борей Энерго»	ЕАБР	50	2023	Акмолинская обл.
ВЭС «Борей Энерго-2»	«Борей Энерго»	ЕАБР	50	2023	Акмолинская обл.
ВЭС Energo Trust	Energo Trust	ЕАБР	50	2023	Акмолинская обл.
ВЭС Eco Watt AKA	EcoWattAKA	н/д	50	2023	Жетысуская обл.
СЭС Arm Wind	Arm Wind	н/д	50	2023	Туркестанская обл.

Источник: Минэнерго РК, РВЦ, открытые данные

КУРСИВ

Рисунок 3 – Инфографика Kursiv Research

Стоит отметить, что Казахстан также активно работает над локализацией оборудования для объектов ВИЭ. В середине января 2025 года в экономической зоне “Хоргос – Восточные ворота” началось строительство завода по производству ветрогенераторов и систем накопления энергии стоимостью \$40 млн. Проект реализуют «Казахстанские коммунальные системы» и компания Envision Energy. Предприятие будет запущено в третьем квартале 2026 года. Оно сможет выпускать 250 комплектов ветрогенераторов в год общей мощностью 2 ГВт и 100 комплектов систем накопления мощностью 1 ГВт/ч в год.

1.3 Преимущества и недостатки ВИЭ

Возобновляемые источники энергии играют ключевую роль в снижении выбросов углекислого газа (CO₂). Исследования показывают, что увеличение доли ВИЭ на 1% приводит к сокращению выбросов CO₂ на 0,38% в долгосрочной перспективе, что является значительным вкладом в достижение климатических целей страны [12].

Кроме того, развитие ВИЭ способствует улучшению качества воздуха и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Одним из важных аспектов внедрения ВИЭ является снижение зависимости от импорта электроэнергии из России. При этом возобновляемые источники

являются неисчерпаемыми, что обеспечивает долгосрочную энергетическую безопасность по сравнению с традиционными ископаемыми видами топлива. Объекты ВИЭ также можно разместить в удаленных местностях.

Потенциал экспорта «зеленой» энергии в Европу через партнерство с Азербайджаном и Узбекистаном может способствовать усилению регионального влияния Казахстана. В 2023 году Узбекистан, Казахстан и Азербайджан договорились экспортировать «зеленую» электроэнергию из Центральной Азии в Европу. Для этого страны намерены проложить глубоководный кабель по дну Каспийского моря. В настоящее время разрабатывается технико-экономического обоснования проекта. По расчетам, Минэнерго Узбекистана, его стоимость будет превышать \$2 млрд [13].

Основные вызовы в развитии ВИЭ. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ВИЭ сталкивается с рядом вызовов. Прежде всего, строительство объектов ВИЭ требует значительных капитальных вложений, что может отпугивать потенциальных инвесторов, особенно с учетом низких тарифов на электроэнергию. Высокая стоимость солнечных и ветровых электростанций включает не только закупку оборудования, но и расходы на создание необходимой инфраструктуры, что увеличивает финансовую нагрузку.

Еще одной проблемой является зависимость выработки энергии от погодных условий. Недостаточное развитие систем хранения энергии приводит к нестабильности поставок, особенно в периоды низкой генерации, что создает риски для энергетической системы.

Кроме того, устаревшая энергосеть и нехватка балансирующих мощностей осложняют интеграцию ВИЭ, особенно в регионах, зависящих от импорта электроэнергии из России. Потери при передаче электроэнергии достигают 15%, что снижает общую эффективность системы. Также солнечные и ветровые электростанции требуют значительных территорий, что может вступать в конфликт с сельскохозяйственными интересами, учитывая, что в Казахстане насчитывается 76,5 млн га сельхозугодий. Данный фактор может вызывать социальные и экономические противоречия.

Низкий уровень локализации технологий также является сдерживающим фактором. В настоящее время большая часть солнечных модулей импортируется (Longi, Jinko Solar, Canadian Solar, Trina Solar, Risen Energy), а основные поставщики ветровых турбин – Vestas, GE, Goldwind, Envision Energy, SANY. Это замедляет процесс развития отрасли и увеличивает зависимость от внешних производителей.

Одной из актуальных проблем развития ВИЭ является утилизация отработавших компонентов, таких как солнечные панели и лопасти ветрогенераторов. Солнечные модули имеют срок службы около 25–30 лет, после чего требуют переработки, однако технологии утилизации пока недостаточно развиты, а процесс остается дорогостоящим. Лопастей ветряных турбин, изготовленные из композитных материалов, сложно перерабатывать, что приводит к их захоронению на полигонах, создавая дополнительную нагрузку на окружающую среду. Решение этих проблем требует развития эффективных

методов переработки, законодательного регулирования и стимулирования производства экологичных материалов.

Перспективы и пути решения. Развитие ВИЭ в Казахстане открывает значительные возможности, включая сокращение выбросов, экономический рост и укрепление энергетической безопасности. Однако существующие барьеры, такие как высокие затраты, недостаточное развитие инфраструктуры и зависимость от импорта оборудования, требуют комплексного подхода к решению.

Оптимальный путь развития включает сочетание государственной поддержки и привлечения частных инвестиций. Развитие механизмов финансирования, модернизация энергосетевой инфраструктуры и стимулирование локального производства оборудования могут способствовать эффективной интеграции ВИЭ и реализации их полного потенциала в долгосрочной перспективе.

2 Объект и методика исследования

2.1 Объект исследования

Объект исследования – разработка гибридных солнечно-ветровых электростанций для обеспечения эффективного и устойчивого энергоснабжения сельскохозяйственных объектов в Казахстане. В частности, изучение фокусируется на применении таких систем для птицефабрик, молочных ферм и мясоперерабатывающих заводов, основываясь на кейс-исследованиях из разных регионов страны.

Цель исследования – создать надежный источник энергии, который снизит зависимость от ископаемого топлива, уменьшит экологический след и будет экономически выгодным для фермерских хозяйств.

2.2 Основные методические подходы и требования при проектировании гибридной электростанции

Оценка энергопотребления. Расчет годового потребления энергии проводился на основе операций фермы, таких как отопление, освещение и работа оборудования. Например, для птицефабрики расчеты основывались на газовом отоплении (204,464 тыс. м³/год, эквивалентно 1 901 515 кВт·ч тепловой энергии), с учетом 10-15% преобразования в электроэнергию, что дало оценку 250 000 кВт·ч в год.

Для мясоперерабатывающего завода использовалась производственная мощность (75 т/сутки, 22 500 т/год) и типичное потребление 50-100 кВт·ч за тонну, что дало диапазон 1 125 000-2 250 000 кВт·ч в год, с принятием 2 500 000 кВт·ч в год.

Для молочной фермы расчеты основывались на котельной (45 тонн угля/год, 277 375 кВт·ч тепловой энергии) и типичном потреблении 200–300 кВт·ч за корову для 456 коров, что дало 150 000 кВт·ч в год.

Анализ ресурсов. Оценка солнечной радиации и скорости ветра в месте расположения фермы производилась при помощи данных Solargis: для Алматинской области – 1450 кВт·ч/кВт/год [14], для Акмолинской – 1350 кВт·ч/кВт/год [15]. Ветровая энергия рассчитывалась на основе средней скорости ветра (принята 5 м/с для расчетов), с выработкой 2190 кВт·ч/кВт/год [16].

Проектирование системы. Определение размера солнечных панелей и ветровых турбин для покрытия потребности проводилось с учетом аккумуляторов для ночных нагрузок. Например, для птицефабрики предложено 100 кВт солнечных панелей и 50 кВт ветровых турбин, с выработкой 254 500 кВт·ч в год, и батареей 200 кВт·ч. Для мясоперерабатывающего завода – 1000 кВт солнечных и 500 кВт ветровых, с выработкой 2 545 000 кВт·ч в год, и

батареей 2000 кВт/ч. Для молочной фермы – 70 кВт солнечных и 35 кВт ветровых, с выработкой 171 150 кВт/ч в год, и батареей 150 кВт/ч.

Оценка воздействия на окружающую среду. Проводился анализ экологического воздействия, включая использование земли, шум от турбин (40-50 дБ на 300 метров), визуальные эффекты и другие факторы. Положительные эффекты включали снижение выбросов от замены угля и газа. Отрицательные эффекты: использование земли (0,6-6 га в зависимости от объекта). Меры смягчения включали шумозащитные экраны, озеленение, соблюдение санитарных зон.

Дополнительные источники энергии. Оценка потенциала биогаза из отходов: для молочной фермы навоз (11 442,75 м³/год) дает 915 420 кВт/ч в год, для мясоперерабатывающего завода животные отходы (5912,4 т/год) – 591 240 кВт/ч в год, для птицефабрики помет (25 000–30 000 т/год) – до 1 800 000 кВт/ч в год.

Требования при проектировании

Точная оценка потребностей: использовать детальные данные для расчета энергопотребления, включая отопление, освещение, вентиляцию и оборудование. Например, для молочной фермы учтены котельная и потребности коровника.

Учет местных условий: получить точные данные о солнечной радиации и ветре для конкретного места через Solargis или метеоданные, учитывая сезонные колебания.

Размер системы: обеспечить, чтобы система покрывала суточные и сезонные нагрузки, включая аккумуляторы для ночного времени. Например, батарея 150 кВт/ч для молочной фермы покрывает дефицит ночью.

Интеграция с инфраструктурой: планировать подключение к существующей электросети без значительных сбоев, например, через КТП для фермы.

Экологическое соответствие: провести ОВОС, как показано в документах, с учетом положительных (снижение выбросов) и отрицательных (шум, земля) эффектов, и внедрить меры, такие как агрофотовольтаика.

Потенциал биогаза: оценить возможность использования отходов для дополнительной генерации энергии, например, биогаз из навоза может покрыть потребности в 6 раз для молочной фермы.

Таблица 2 – кейс-исследования, сравнивающая ключевые параметры каждого объекта

Объект	Расположение	Потребность, кВт/ч в год	Солнечная мощность, кВт	Ветровая мощность, кВт	Батарея, кВт·ч	Биогаз, кВт/ч в год (потенциал)
Птицефабрика ТОО «КК»	Алматинская, Карасайский р-н	250 000	100	50	200	1 800 000
Мясоперерабатывающий завод	Алматинская, Илийский р-н	2 500 000	1000	500	2000	591 240
Молочная ферма ТОО «ЖА»	Акмолинская, Зерендинский р-н	150 000	70	35	150	915 420

Экономическая целесообразность: убедиться, что проект окупается, учитывая начальные вложения (например, панели, турбины, батареи) и возможные доходы от продажи избытка энергии.

3 Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства

3.1 Современные виды электроустановок (ВЭС, солнечная панель) на основе возобновляемых источников энергии

Ветровые электростанции: классификация и характеристики. Ветровые электростанции представляют собой группу ветровых турбин, которые генерируют электроэнергию из кинетической энергии ветра. Современные типы ветровых электростанций можно классифицировать по их местоположению и масштабу:

1. Наземные (оншорные) ветровые фермы строятся на суше и состоят из множества турбин, обычно с горизонтальной осью вращения. Их преимущества – простота строительства и обслуживания, более низкие начальные затраты по сравнению с офшорными фермами. Недостатки – возможное визуальное и шумовое воздействие на окружающие сообщества, ограничения по использованию земли. Пример: Гансу Винд Фарм в Китае, крупнейшая наземная ветровая ферма с мощностью более 6000 МВт.

2. Морские (офшорные) ветровые фермы располагаются в водоемах, таких как океан или море, и используют крупные турбины для захвата мощных океанических ветров. Преимущества – высокая производительность благодаря сильным и стабильным ветрам, меньшее визуальное воздействие, отсутствие проблем с использованием земли. Недостатки – высокие затраты на строительство и обслуживание, сложность установки, потенциальное воздействие на морскую экосистему. Пример: Хорнси Винд Фарм в Великобритании, крупнейшая офшорная ветровая ферма с мощностью 1218 МВт.

3. Распределенные ветровые системы – это небольшие турбины, используемые для питания отдельных домов, ферм, бизнеса или небольших общин, часто в удаленных или офф-грид регионах. Преимущества – локализованное производство энергии, снижение потерь при передаче, подходит для удаленных мест. Недостатки – более высокая стоимость на киловатт по сравнению с утилитарными фермами, переменная выработка энергии. Пример: малые турбины мощностью менее 100 кВт, используемые для жилых или сельскохозяйственных нужд.

Солнечные панели: классификация и характеристики. Солнечные панели, или фотогальванические (PV) панели, преобразуют солнечный свет в электричество с помощью фотоэлементов. Современные типы солнечных панелей классифицируются по используемой технологии и материалам:

1. Монокристаллические солнечные панели: изготовлены из одного кристалла кремния, что обеспечивает высокую эффективность (до 20-25%).

Преимущества: высокая эффективность, подходит для ограниченного пространства, долговечность. Недостатки: более высокая стоимость по сравнению с другими типами. Применение: широко используются в жилых и коммерческих установках, особенно где важна эффективность.

2. Поликристаллические солнечные панели: сделаны из нескольких кристаллов кремния, что снижает эффективность (15-20%) по сравнению с монокристаллическими. Преимущества: более низкая стоимость, подходит для крупных установок. Недостатки: меньшая эффективность, может потребоваться больше пространства для той же мощности.

3. Тонкопленочные солнечные панели: создаются путем нанесения тонких слоев фотоматериала (например, кадмий-теллурид или медь-индий-галлий-диселенит) на подложку, такую как стекло или пластик. Преимущества: гибкость, легкость, подходит для портативных устройств или криволинейных поверхностей. Недостатки: низкая эффективность (около 10-15%), требует больше площади для той же мощности. Применение: используются в строительной интеграции фотогальваники (BIPV) или портативных зарядных устройствах [17].

Таблица 3 – Сравнение ключевых аспектов типов ветровых электростанций и солнечных панелей:

Тип	Эффективность/Производительность	Стоимость	Применение
Наземные ветровые фермы	Высокая, зависит от ветра	Средняя	Крупные энергоустановки на суше
Морские ветровые фермы	Очень высокая, сильные ветра	Высокая	Крупные установки в море
Распределенные системы	Низкая, для локального использования	Высокая	Дома, фермы, удалённые регионы
Монокристаллические панели	Высокая (20-25%)	Высокая	Жилые, коммерческие, огранич. место
Поликристаллические панели	Средняя (15-20%)	Низкая	Крупные солнечные фермы
Тонкопленочные панели	Низкая (10-15%)	Средняя	Портативные, криволинейные поверхности

3.2 Оценка ветроэнергетического потенциала исследуемой территории

Алматинский регион, расположенный в юго-восточной части Казахстана, обладает значительным ветровым потенциалом, особенно в определенных зонах, таких как Джунгарские Ворота и Шелекский коридор. В Джунгарских Воротах средняя ветровая скорость достигает 9,4 м/с на высоте хаба турбины, с

плотностью ветровой энергии около 525 Вт/м^2 , что соответствует коэффициенту использования установленной мощности около 50%. В Шелекском коридоре скорость составляет около $7,2 \text{ м/с}$, с плотностью 240 Вт/м^2 и коэффициентом около 36,5%. Эти показатели делают эти районы перспективными для строительства ветровых ферм.

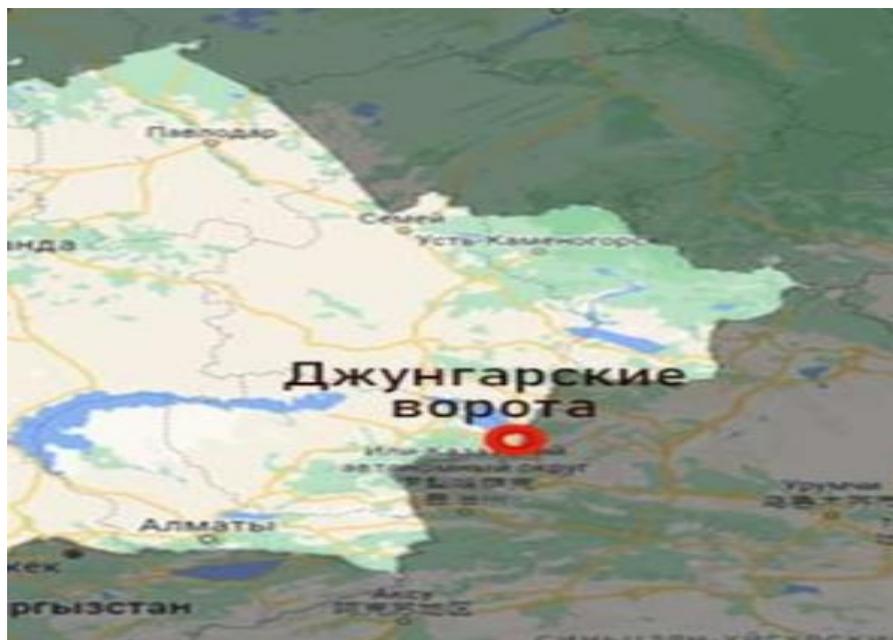


Рисунок 4 – Джунгарские ворота на карте

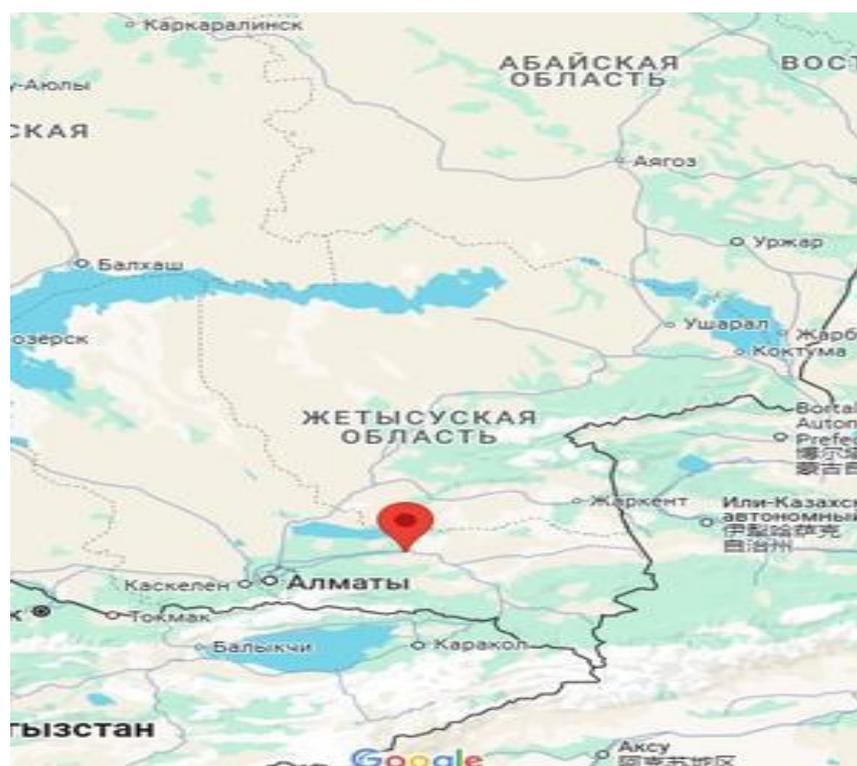


Рисунок 5 – Шелекский коридор

3.3 Оценка солнечного энергетического потенциала исследуемой территории

Солнечный потенциал региона оценивался на основе среднего годового глобального горизонтального облучения (GHI), который является ключевым показателем для фотоэлектрических систем. Согласно данным Global Solar Atlas, среднее годовое GHI для Алматинской области составляет около 1550 кВт·ч/м²/год, что указывает на умеренно высокий потенциал для солнечной энергии [18].

Ежемесячные данные показывают, что в летние месяцы среднее дневное облучение может достигать до 5-6 кВт·ч/м²/день, тогда как зимой оно снижается до 2-3 кВт·ч/м²/день. Это соответствует годовому среднему около 4-5 кВт·ч/м²/день, что эквивалентно 1460–1825 кВт·ч/м²/год, что согласуется с данными Solargis: Solar Resource Maps [14].

Высота над уровнем моря также влияет на солнечное облучение, и в горных районах Алматинского региона, таких как окрестности Алматы на высоте около 800 метров, солнечная радиация может быть выше, что делает эти районы особенно подходящими для солнечных проектов.

Исследование Solar cell research at an altitude of 3340 meters above sea level подтверждает, что высота положительно влияет на солнечную радиацию, что важно для региона с его разнообразным рельефом [19]. Для более детального анализа использовались данные с сайта profileSOLAR.com, где указаны сезонные вариации выработки энергии на 1 кВт установленной мощности:

- лето: 7,39 кВт·ч/день/кВт;
- осень: 3,97 кВт·ч/день/кВт;
- зима: 2,24 кВт·ч/день/кВт;
- весна: 5,76 кВт·ч/день/кВт [15].

Годовая выработка для 1 кВт системы:

- лето (июнь-август, 92 дня): $7,39 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день} * 92 \approx 679,68 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$;
- осень (сентябрь-ноябрь, 91 день): $3,97 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день} * 91 \approx 361,27 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$;
- зима (декабрь-февраль, 90 дней): $2,24 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день} * 90 \approx 201,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$;
- весна (март-май, 92 дня): $5,76 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день} * 92 \approx 529,92 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.
-

Общая годовая выработка: $679,68 + 361,27 + 201,6 + 529,92 \approx 1772,47 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ для 1 кВт установленной мощности. Это подтверждает, что средняя ежедневная выработка составляет около 4,86 кВт·ч/день, что согласуется с GHI около 1550 кВт·ч/м²/год при учете эффективности панелей и потерь.

Таблица 4 – Сезонные колебания:

Сезон	Средняя ежедневная выработка (кВт·ч/день на 1 кВт)	Количество дней	Общая выработка (кВт·ч)
Лето	7,39	92	679,68
Осень	3,97	91	361,27
Зима	2,24	90	201,6
Весна	5,76	92	529,92
Итого	-	365	1772,47

Таблица показывает значительные сезонные колебания, с пиком в летние месяцы и минимумом зимой, что требует учета при планировании энергосетей.

Таблица 5 – Сравнение ключевых аспектов ветрового и солнечного потенциала Алматинского региона:

Параметр	Ветроэнергетика	Солнечная энергия
Средняя скорость/облучение	9,4 м/с (Джунгарские Ворота), 7,2 м/с (Шелек)	1550 кВт·ч/м ² /год (GHI)
Потенциал для проектов	Высокий в сельских районах, низкий в городе	Умеренно высокий, особенно в летние месяцы
Сезонные колебания	Вариабельность ветра в течение года	Высокое облучение летом, низкое зимой
Ключевые зоны	Джунгарские Ворота, Шелекский коридор	Горные и равнинные районы региона

Анализ показывает, что Алматинский регион имеет значительный потенциал для обоих типов возобновляемой энергии, с акцентом на ветроэнергетику в определенных коридорах и солнечную энергию в районах с высоким облучением.

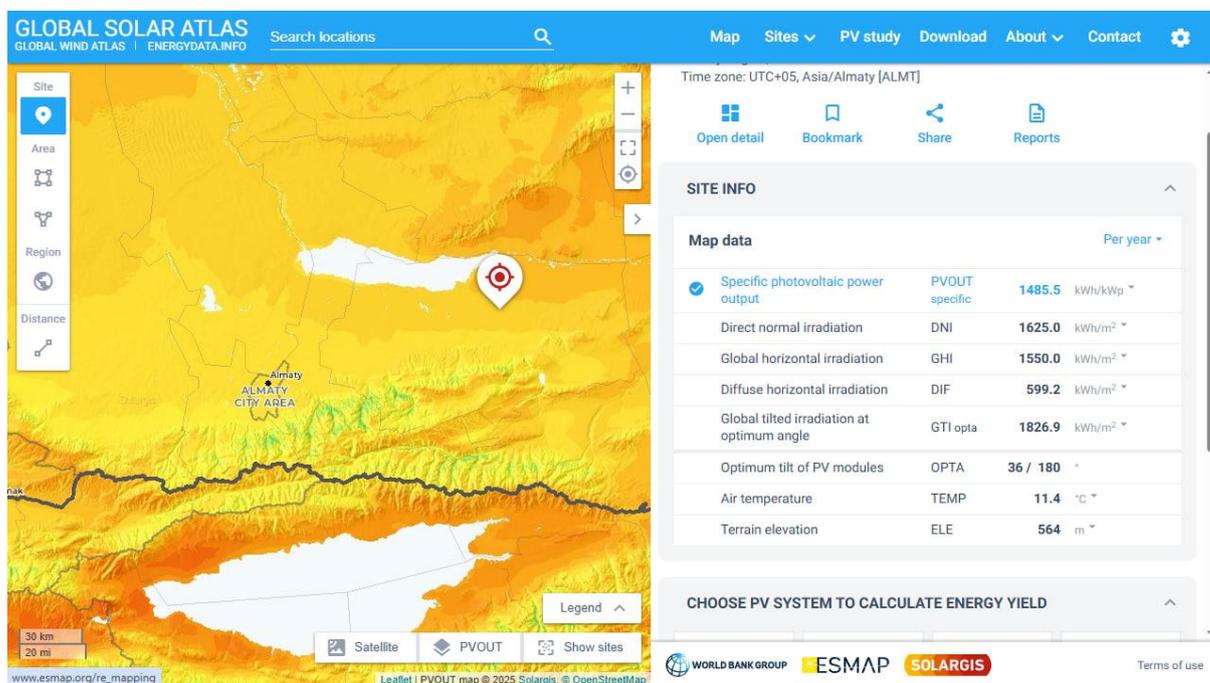


Рисунок 6 – Глобальное горизонтальное облучение Алматинской области

3.4 Выбор солнечной панели

Климат региона характеризуется континентальным климатом с жаркими летними температурами (до 40°C) и холодными зимами (до -20°C), с обильным снегом в зимние месяцы. Эти условия требуют выбора панелей, которые могут эффективно работать в широком диапазоне температур и выдерживать снеговые нагрузки.

Как указывалось ранее, существует три основных типа солнечных панелей: монокристаллические, поликристаллические и тонкопленочные. Для Алматинского региона лучше всего подходят монокристаллические солнечные панели с технологией PERC (Passivated Emitter and Rear Contact), которые обеспечивают оптимальную выработку энергии благодаря высокой эффективности и лучшей работе в условиях переменной освещенности, особенно зимой. Эти панели имеют эффективность до 25% и температуроустойчивость, что важно при летних температурах до 40°C.

Монокристаллические солнечные панели изготавливаются из одного кристалла кремния, их эффективность варьируется от 15% до 25%, что делает их одним из самых эффективных типов солнечных панелей. Они производятся путем выращивания цилиндрического слитка кремния и последующего нарезания на тонкие диски, которые затем собираются в панели. Их глубокий черный цвет и октагональная форма легко идентифицируемы.



Рисунок 7 – Монокристаллическая панель PERC

Панели должны иметь хороший температурный коэффициент (около $-0,4\%$ на $^{\circ}\text{C}$), чтобы минимизировать потери эффективности в жаркие летние месяцы. Монокристаллические панели с PERC-технологией показывают лучшие результаты в этом аспекте. Имеют длительный срок службы (25-30 лет) и минимальные эксплуатационные расходы, что важно для региона с суровыми зимами и жарким летом.

Зимой в регионе возможны значительные снегопады, поэтому панели должны выдерживать снеговые нагрузки до 5400 Па, что соответствует стандартным требованиям для большинства современных панелей. Угол наклона 37° помогает снегу соскальзывать, уменьшая накопление.

Также в Алматинской области возможны проблемы с пылью и загрязнением, что может снижать эффективность. Панели с антирефлекторным покрытием или возможностью регулярной очистки будут предпочтительнее.

Если бюджет ограничен, особенно для крупных сельских установок, где пространство не ограничено, поликристаллические панели могут быть экономичным выбором. Их эффективность ниже (15-20%), но они дешевле, что делает их подходящими для проектов с большим количеством панелей.

Поликристаллические солнечные панели изготавливаются из нескольких кристаллов кремния, которые плавятся и охлаждаются для формирования твердой структуры. Они имеют мозаичный внешний вид из-за множества кристаллов, в отличие от однородного темного цвета монокристаллических панелей. Панели также имеют стандартную гарантию на 25 лет, что делает их надежным выбором для долгосрочных проектов.



Рисунок 8 – Поликристаллическая панель

Температурный коэффициент составляет около $-0,5\%$ на $^{\circ}\text{C}$, что означает, что их эффективность снижается на $0,5\%$ для каждого градуса выше стандартных условий испытаний (25°C). Исследование Temperature Coefficient of a Photovoltaic Cell показывает, что в жаркие летние месяцы (до 40°C) их эффективность может немного снижаться, но разница с монокристаллическими панелями ($-0,4\%$ на $^{\circ}\text{C}$) может быть незначительной [20].

Зимой, при температурах до -20°C и снегопадах, панели могут быть покрыты снегом, что снижает выработку энергии. Однако, как указано в Power plant profile: Kapshagay Universal Energy Solar PV Park, Kazakhstan, правильная установка и регулярная очистка могут минимизировать этот эффект [21].

Примером может служить 330 Вт поликристаллическая панель от WCCSOLAR, как указано в Solar Panel 330W. WCCSOLAR, с характеристиками:

- мощность: 330 Вт;
- эффективность: $17,52\%$;
- размеры: 1956 x 992 x 40 мм;
- вес: 28 кг;
- максимальное напряжение: 37,89 В;
- короткое замыкание: 9,36 А;
- нагрузка на снег: 5400 Па [22].

Эти характеристики показывают, что панели могут выдерживать суровые зимние условия. Поликристаллические панели имеют более низкую начальную стоимость, что может привести к более быстрой окупаемости для крупных проектов, особенно в условиях, где земля дешевле. Однако их меньшая эффективность может означать, что для достижения той же мощности потребуется больше панелей, что увеличивает затраты на установку и пространство.

Тонкопленочные панели менее эффективны (10-15%) и обычно используются в специфических приложениях, таких как портативные устройства или гибкие установки. Для стандартных установок в Алматинском регионе они менее предпочтительны из-за низкой эффективности и необходимости большего пространства.



Рисунок 9 – Тонкопленочная панель

Бифациальные панели могут захватывать свет с обеих сторон, что особенно полезно в зимние месяцы, когда снег отражает солнечный свет. Это может увеличить выработку энергии, особенно в районах с большим количеством снега. Однако бифациальные панели дороже, и их экономическая целесообразность должна быть оценена на основе конкретного проекта.

Крупные солнечные проекты в Алматинском регионе часто используют высокоэффективные панели, которые являются монокристаллическими. Например, 100 МВт солнечная станция Нургиса в Конаеве состоит из 303 000 фотогальванических панелей, каждая из которых генерирует 330 Вт [21]. Их высокая мощность предполагает использование монокристаллических панелей с технологией PERC.

Другой проект, Nura Solar Power Plant, использует бифациальные гетеропереходные солнечные модули от Hevel Solar с эффективностью около 23,5% на ячейку, что также является разновидностью монокристаллических панелей [23]. Эти панели показывают высокую эффективность в условиях высоких температур и подходят для регионов с переменной погодой.

Как итог, монокристаллические солнечные панели являются отличным выбором для Алматинского региона благодаря их высокой эффективности, температурной устойчивости и способности максимизировать выработку энергии в условиях ограниченного пространства. Их использование в крупных проектах, таких как Нургиса, подтверждает их популярность и эффективность. Бифациальные варианты могут увеличить выработку энергии зимой за счет отражения света от снега, что делает их особенно подходящими для региона с суровыми зимами.

3.5 Выбор оптимального ветрогенератора

Ветрогенераторы делятся на горизонтальные оси (HAWT) и вертикальные оси (VAWT). Для крупных проектов, таких как в Алматинском регионе, горизонтальные турбины более эффективны и экономичны. Современные HAWT классифицируются по мощности, диаметру ротора и высоте хаба.



Рисунок 10 – Вертикальный ветрогенератор (VAWT)



Рисунок 11 – Горизонтальный ветрогенератор (HAWT)

Таблица 6 – Примеры турбин, подходящих для региона:

Модель	Мощность (МВт)	Диаметр ротора (м)	Высота хаба (м)	Номинальная скорость ветра (м/с)	Специфическая мощность (Вт/м ²)
Vestas V136-3.45 MW	3.45	136	До 140	13	237.5
Siemens Gamesa SG 3.4-132	3.4	132	До 108	13	247.2
Goldwind GWH252-3.0MW	3.0	120	80-100	12	265.2
Vestas V150-4.2 MW	4.2	150	До 140	11	237.6

Специфическая мощность рассчитывается как мощность, деленная на площадь ротора ($\pi \cdot (\text{диаметр}/2)^2$). Например, для Goldwind GWH252-3.0MW: $3000 \text{ кВт} / (\pi \cdot (60)^2) \approx 265.2 \text{ Вт/м}^2$.

Для Джунгарских Ворот с средней скоростью 9,4 м/с предпочтительны турбины с номинальной скоростью ветра около 11-13 м/с, чтобы максимизировать выработку энергии. Неожиданно, турбины с более низкой номинальной скоростью, такие как Vestas V150-4.2 MW (11 м/с), могут быть более эффективными, так как они дольше работают на максимальной мощности при средних скоростях ветра.

Высота хаба должна быть не менее 100 метров, чтобы захватить более сильные ветры на большей высоте, особенно в горных районах. Это увеличивает выработку энергии.

Сложный горный рельеф требует турбин с системами управления, такими как Terrain Management System от Siemens Gamesa, которые адаптируются к турбулентности.

Турбины должны выдерживать температуры от -20°C до 40°C и возможное обледенение зимой. Большинство современных турбин, таких как Vestas V136-3.45 MW, имеют системы обогрева лопастей для предотвращения обледенения.

Турбины с мощностью 3-4 МВт имеют более низкую стоимость на кВт установленной мощности по сравнению с меньшими моделями, что делает их экономически выгодными для региона с хорошими ветровыми ресурсами.

Выбор турбин от компаний с хорошей поддержкой, таких как Vestas (Vestas V136-3.45 MW) [24] или Siemens Gamesa (Siemens Gamesa SG 3.4-132) [25], важен для обеспечения обслуживания в регионе, где опыт в ветроэнергетике может быть ограничен.

Как итог, оптимальный ветрогенератор для Алматинского региона – горизонтальная турбина с мощностью 3-4 МВт, высотой хаба 100-120 метров и диаметром ротора 110-130 метров.

В Алматинском регионе уже действует ветровая ферма в Шелекском коридоре мощностью 60 МВт, состоящая из 20 турбин по 3 МВт от Goldwind. Это подтверждает, что турбины мощностью 3 МВт с высотой хаба 80-100 метров являются подходящими для региона. Однако, с учетом современных технологий, турбины с высотой хаба до 140 метров, такие как Vestas V136-3.45 MW, могут быть более эффективными за счет большего захвата ветра.

3.6 Разработка проекта гибридной солнечно-ветровой электростанции для фермерского хозяйства

ТОО «Казахстан кустары»

Ферма «Казахстан кустары» расположена в Алматинской области, Карасайском районе, Умтылском сельском округе, селе Мерей (координаты: 43°20'18.8"N 76°42'11.9"E). Основная деятельность – содержание кур-несушек (около 350 000 птицемест) и выращивание молодняка. Забой птицы на фабрике не производится, а переработка осуществляется на других предприятиях.

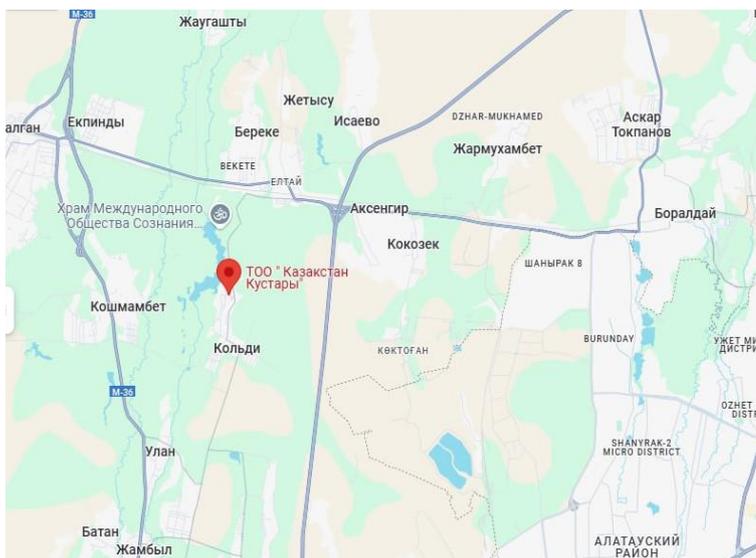


Рисунок 12 – Месторасположение фермы «Казахстан кустары»

1. Оценка энергопотребления

Документ оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) не предоставляет точных данных о годовом потреблении электроэнергии, но содержит информацию об источниках выбросов, связанных с газовым отоплением:

- нагреватели птичников для молодняка: 2 системы по 84,672 тыс. м³ газа в год каждая (169,344 тыс. м³ суммарно);

- котлы (яйцесклады, столовая, общежитие, лаборатория): суммарный расход газа около 35,12 тыс. м³ в год.

Общий расход газа: ~204,464 тыс. м³ в год. При теплотворной способности природного газа 9,3 кВт·ч/м³ [26], это эквивалентно: $204,464 \times 9,3 = 1\,901\,515$ кВт·ч тепловой энергии в год.

Предполагая, что часть энергии используется для отопления, а часть преобразуется в электроэнергию через котлы и оборудование (с КПД около 10–15% для электроэнергии), ориентировочное потребление электроэнергии фермы оценивается в 200 000–300 000 кВт·ч в год. Для расчетов возьмем среднее значение — 250 000 кВт·ч в год, что соответствует типичным данным для птицефабрик такого масштаба [30].

2. Ресурсы возобновляемой энергии

Солнечная энергия

Алматинская область имеет высокий уровень солнечной радиации: около 2110 кВт·ч/м² в год, по данным Solargis [14]. При оптимальном наклоне панелей (37° на юг) выработка составляет примерно 1450 кВт·ч/кВт установленной мощности в год, согласно информации с сайта profileSOLAR.com [15].

Ветровая энергия

Средняя скорость ветра в Карасайском районе на высоте 80–100 м оценивается в 4–5 м/с [16]. При скорости 5 м/с выработка составляет около 2190 кВт·ч/кВт в год с коэффициентом использования 25%.

3. Проектирование гибридной системы

Для покрытия потребности в 250 000 кВт·ч в год предлагается следующая система:

- солнечные панели: 100 кВт (выработка: $100 \times 1450 = 145\,000$ кВт·ч в год);
- ветровые турбины: 50 кВт (выработка: $50 \times 2190 = 109\,500$ кВт·ч в год).

Общая выработка: $145\,000 + 109\,500 = 254\,500$ кВт·ч в год, что покрывает потребность с небольшим запасом.

4. Аккумуляторная система

Среднесуточное потребление: $250\,000 / 365 \approx 685$ кВт·ч в день. Ночью ветровые турбины могут обеспечивать около 5,7 кВт в среднем ($50 \text{ кВт} \times 0,25 \times 12 \text{ часов} = 68,4 \text{ кВт·ч за ночь}$), что оставляет дефицит около 616,6 кВт·ч за 12 часов. Для надежности предлагается батарея емкостью 200 кВт·ч, покрывающая часть ночных нагрузок, с учетом возможности подключения к сети или резервного генератора для пиков.

5. Интеграция с существующей инфраструктурой

Местоположение: установка на свободных участках рядом с птичниками и помехохранилищем.

Площадь: 100 кВт солнечных панелей требуют около 0,6–0,8 га (при 6–8 м²/кВт), что можно разместить на территории фермы или прилегающих землях. Ветровые турбины (50 кВт) требуют около 0,2–0,3 га с учетом расстояний.

Подключение: система интегрируется с существующей электросетью фермы для питания птичников, нагревателей и котлов.

6. Оценка воздействия на окружающую среду

Положительные аспекты:

- снижение выбросов от газовых котлов (диоксид азота, оксид углерода, бензапирен за счет частичной замены газа электроэнергией);
- уменьшение зависимости от ископаемого топлива.

Потенциальное воздействие:

- использование земли: занятие около 1 га под панели и турбины, что требует минимизации влияния на сельхозугодья;
- шум: ветровые турбины могут создавать шум (40–50 дБ на расстоянии 300 м), что требует размещения вдали от жилых зон (ближайшее поселение в 13,2 км);
- визуальное воздействие: изменение ландшафта, что можно смягчить озеленением.

Меры по смягчению:

- использование агрофотовольтаики (совмещение панелей с выращиванием культур);
- установка шумозащитных экранов для турбин;
- восстановление земель после монтажа.

7. Дополнительный потенциал: биогаз

Документ указывает на значительное накопление птичьего помета (код 020106), который вывозится для удобрений. Примерно 350 000 кур-несушек производят около 25 000–30 000 тонн помета в год (70–80 кг/птицу в год). Это можно использовать для биогазовой установки:

1. Выход биогаза: ~30 м³/тону помета → 750 000–900 000 м³ биогаза в год.
2. Электроэнергия: при 2 кВт·ч/м³ биогаза – 1 500 000–1 800 000 кВт·ч в год, что значительно превышает потребности фермы.

Однако это требует отдельного проекта и инвестиций, которые можно рассмотреть как дополнение.

Таблица 7 – Параметры системы

Параметр	Значение	Примечания
Годовое потребление	250 000 кВт·ч	Оценка на основе газового отопления
Солнечная мощность	100 кВт	Выработка 145 000 кВт·ч/год
Ветровая мощность	50 кВт	Выработка 109 500 кВт·ч/год
Общая выработка	254 500 кВт·ч/год	Покрывает потребность с запасом
Емкость батареи	200 кВт·ч	Для ночных нагрузок
Площадь	~1 га	Солнечные панели и турбины

9. Заключение

Гибридная солнечно-ветровая электростанция мощностью 100 кВт (солнечная) и 50 кВт (ветровая) с батареей 200 кВт·ч обеспечит эффективное электроснабжение фермы ТОО «Казахстан кустары», покрывая потребность в 250 000 кВт·ч в год. Дополнительный потенциал биогаза из помета может сделать ферму энергонезависимой и даже экспортером энергии.

АО «Алель Агро»

Мясоперерабатывающий завод расположен в Алматинской области, Илийском районе, селе Боралдай (координаты: 43°21'49.3"N 76°53'57.3"E). Производственная мощность — 6000 птиц/час (48 000 птиц/смену, 29,95 млн птиц/год). Основная деятельность включает убой, переработку, разделку и упаковку мяса птицы с охлаждением/заморозкой продукции.

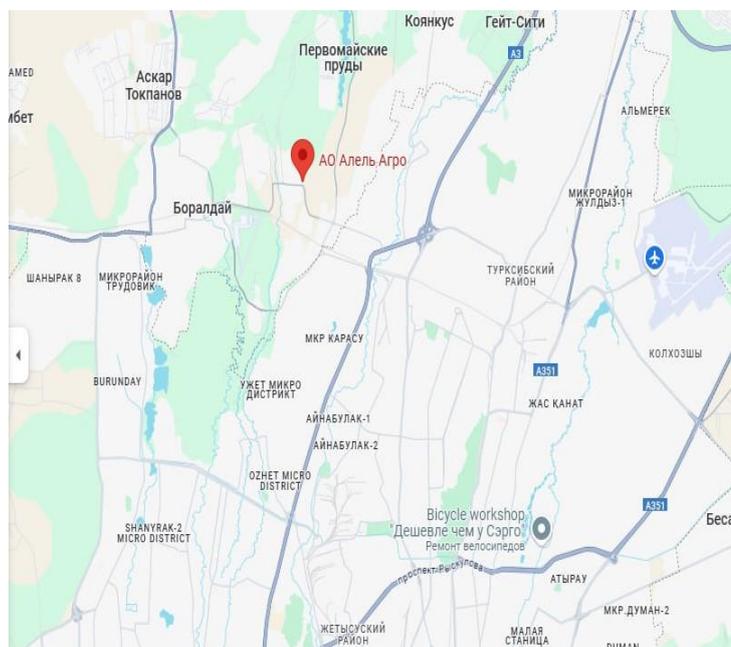


Рисунок 13 – Месторасположение АО «Алель Агро»

1. Оценка энергопотребления

Документ оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) не содержит точных данных о потреблении электроэнергии, но указывает:

1. Производственная мощность: 6000 птиц/час, что эквивалентно 75 т/сутки мяса (п. 5.2.1 Экологического кодекса).
2. Водопотребление во время эксплуатации: 440,71922 тыс. м³/год, включая производственное (420,29614 тыс. м³/год), что указывает на значительные энергозатраты на насосы и охлаждение.
3. Отходы: 5953,623856 т/год, включая животные отходы (5912,4 т/год), требующие утилизации.

Для мясоперерабатывающих заводов такого масштаба типичное потребление электроэнергии составляет 50–100 кВт·ч/т продукции [27]. При 75 т/сутки и 300 рабочих дней в году:

- годовая выработка продукции: $75 \times 300 = 22\,500$ т/год;
- энергопотребление: $22\,500 \times 100 = 2\,250\,000$ кВт·ч/год (максимальная оценка). При минимальной оценке (50 кВт·ч/т): $1\,125\,000$ кВт·ч/год;

С учетом дополнительных нужд (освещение, отопление, вентиляция) примем среднее значение – 2 500 000 кВт·ч/год.

2. Ресурсы возобновляемой энергии

Солнечная энергия

Алматинская область обладает высоким уровнем солнечной радиации: около 2110 кВт·ч/м² в год (Solargis)[14]. При оптимальном наклоне панелей (37° на юг) выработка составляет 1450 кВт·ч/кВт в год (profileSOLAR.com) [15].

Ветровая энергия

Среднегодовая скорость ветра в Илийском районе — 1,6 м/с (по данным документа), но максимальные порывы достигают 16 м/с, а повторяемость юго-западных ветров – 27%. Для расчетов примем среднюю скорость 5 м/с на высоте 80–100 м (типичная для региона, см. Asia Wind Energy Association [16]), что дает выработку 2190 кВт·ч/кВт в год с коэффициентом использования 25%.

3. Проектирование гибридной системы

Для покрытия потребности в 2 500 000 кВт·ч/год предлагается:

- солнечные панели: 1000 кВт (выработка: $1000 \times 1450 = 1\,450\,000$ кВт·ч/год);
- ветровые турбины: 500 кВт (выработка: $500 \times 2190 = 1\,095\,000$ кВт·ч/год);

Общая выработка: $1\,450\,000 + 1\,095\,000 = 2\,545\,000$ кВт·ч/год, что покрывает потребность с запасом 45 000 кВт·ч.

4. Аккумуляторная система

Среднесуточное потребление: $2\,500\,000 / 365 \approx 6849$ кВт·ч/день. Ночью ветровые турбины могут обеспечивать около 1500 кВт·ч ($500 \text{ кВт} \times 0,25 \times 12$ часов), оставляя дефицит ~5349 кВт·ч/ночь. Для надежности предлагается батарея емкостью 2000 кВт·ч, покрывающая часть ночных нагрузок, с подключением к сети или резервным генератором для пиков.

5. Интеграция с существующей инфраструктурой

Местоположение: установка на участке 5,5375 га (кадастровый номер 03-046-094-214), где достаточно места для панелей и турбин вне водоохранной зоны реки Теренкара (500 м).

Площадь: 1000 кВт солнечных панелей требуют около 6–8 га ($6\text{--}8 \text{ м}^2/\text{кВт}$), но можно использовать 3–4 га с учетом двухъярусной установки или агрофотовольтаика. Ветровые турбины (500 кВт) требуют 1–2 га.

Подключение: интеграция с электросетью завода для питания оборудования убоа, охлаждения и вентиляции.

6. Дополнительный потенциал: биогаз

Документ указывает на генерацию 5912,4 т/год животных отходов (код 020102). Это можно использовать для биогазовой установки:

- выход биогаза: $\sim 50 \text{ м}^3/\text{т}$ отходов $\rightarrow 295\,620 \text{ м}^3/\text{год}$;
- электроэнергия: при $2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ – 591 240 кВт·ч/год, что покрывает ~23% потребности завода.

Интеграция биогаза увеличит общую выработку до 3 136 240 кВт·ч/год, создавая избыток энергии для продажи.

Таблица 8 – Параметры системы

Параметр	Значение	Примечания
Годовое потребление	2 500 000 кВт·ч	Оценка на основе мощности завода
Солнечная мощность	1000 кВт	Выработка 1 450 000 кВт·ч/год
Ветровая мощность	500 кВт	Выработка 1 095 000 кВт·ч/год
Биогазовая мощность	~200 кВт	Выработка 591 240 кВт·ч/год (опционально)
Общая выработка	2 545 000–3 136 240 кВт·ч/год	С запасом, включая биогаз
Емкость батареи	2000 кВт·ч	Для ночных нагрузок
Площадь	4–6 га	В пределах участка 5,5375 га

8. Заключение

Гибридная солнечно-ветровая электростанция мощностью 1000 кВт (солнечная) и 500 кВт (ветровая) с батареей 2000 кВт·ч обеспечит эффективное электроснабжение завода АО «Алель Агро», покрывая 2 500 000 кВт·ч/год. Дополнительная биогазовая установка из отходов увеличит выработку до 3 136 240 кВт·ч/год, создавая избыток энергии.

ТОО «Жаксылык Агро»

Ферма «Жаксылык Агро» расположена в Акмолинской области, Зерендинском районе, Приреченском сельском округе, селе Приречное, на восточной окраине села (координаты: 53°08'46.6"N 69°03'25.3"E). Основная деятельность – содержание 456 коров молочных пород в коровнике №1 с беспривязным групповым содержанием. Площадь территории – 10,042 га (5,542 га + 4,5 га). Навозохранилища (11 442,75 м³/год) используются для хранения бесподстилочного навоза, который затем применяется как удобрение.

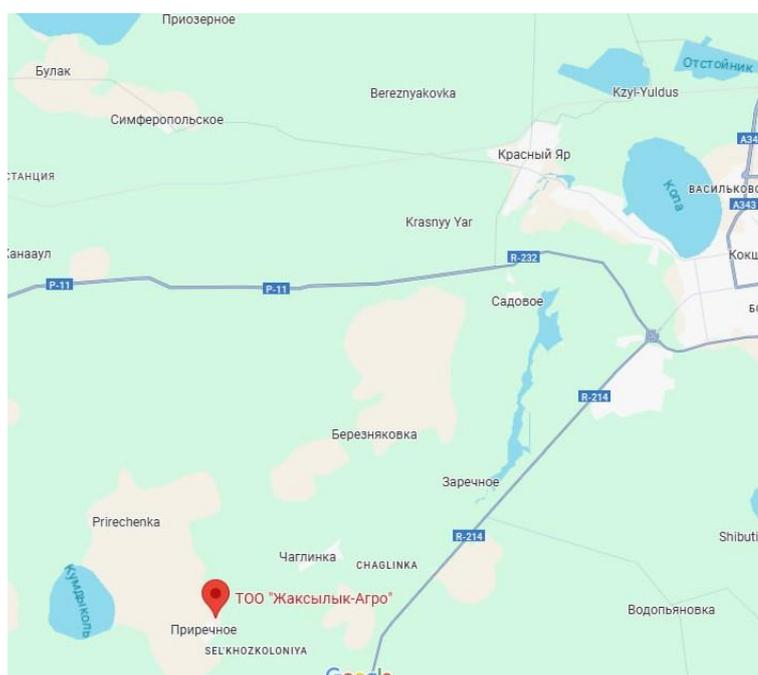


Рисунок 14 – Месторасположение ТОО «Жаксылык Агро»

1. Оценка энергопотребления

Документ оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) не содержит точных данных о потреблении электроэнергии, но предоставляет информацию о котельной:

1. Два котла КСВм-100 (100 кВт каждый, 1 резервный) на угле (45 т/год).
2. Отопительный период: 214 дней, 10 ч/сутки (2140 ч/год).
3. Низшая теплота сгорания угля: 5300 ккал/кг (22,19 МДж/кг).

Тепловая энергия от котлов:

1. Расход угля: 45 т/год $\rightarrow 45 \times 22,19 = 998,55$ ГДж/год или 277 375 кВт·ч/год (1 ГДж = 277,78 кВт·ч).
2. Электроэнергия для котлов (вентиляция, насосы): $\sim 10\%$ от тепловой мощности, т.е. 27 737 кВт·ч/год.

Дополнительные нужды (освещение, вентиляция коровника, насосы для воды и навоза):

1. Типичное потребление для молочной фермы с 450–500 коровами составляет 200–300 кВт·ч/корову в год (IEA Clean Household Energy Consumption) [27].
2. Для 456 коров: $456 \times 250 = 114\,000$ кВт·ч/год.
3. Общее потребление: $27\,737 + 114\,000 = 141\,737$ кВт·ч/год. Для расчетов примем округленное значение – 150 000 кВт·ч/год.

2. Ресурсы возобновляемой энергии

Солнечная энергия

Акмолинская область имеет средний уровень солнечной радиации: около 1900 кВт·ч/м²/год (Solargis) [18].

При оптимальном наклоне панелей (около 40°) выработка составляет 1350 кВт·ч/кВт в год с учетом потерь на инверторы и климат (profileSOLAR.com) [28].

Ветровая энергия

Среднегодовая скорость ветра — 3,6 м/с, максимальная – 12 м/с. На высоте 80–100 м скорость может достигать 5 м/с (Asia Wind Energy Association) [16], что дает выработку 2190 кВт·ч/кВт в год с коэффициентом использования 25%.

3. Проектирование гибридной системы

Для покрытия потребности в 150 000 кВт·ч/год предлагается:

- солнечные панели: 70 кВт (выработка: $70 \times 1350 = 94\,500$ кВт·ч/год);
- ветровые турбины: 35 кВт (выработка: $35 \times 2190 = 76\,650$ кВт·ч/год).

Общая выработка: $94\,500 + 76\,650 = 171\,150$ кВт·ч/год, что превышает потребность на 21 150 кВт·ч.

3. Аккумуляторная система

Среднесуточное потребление: $150\,000 / 365 \approx 411$ кВт·ч/день. Ночью ветровые турбины могут обеспечивать около 105 кВт·ч ($35 \text{ кВт} \times 0,25 \times 12 \text{ ч}$), оставляя дефицит ~ 306 кВт·ч/ночь. Батарея емкостью 150 кВт·ч покроет часть ночных нагрузок, с резервом от сети или генератора для пиков.

4. Интеграция с существующей инфраструктурой

Местоположение: установка на свободной территории (10,042 га), за пределами застройки (8502,1 м²) и навозохранилищ (7403,5 м²), например, на площади озеленения (19 211 м²).

Площадь: 70 кВт солнечных панелей требуют ~0,4–0,5 га (6–8 м²/кВт), ветровые турбины (35 кВт) — ~0,1–0,2 га. Общая площадь: ~0,6–0,7 га.

Подключение: интеграция с КТП (проектируемая) для питания коровника, котельной и насосов.\

5. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)

Положительные аспекты:

- снижение выбросов от котельной (азот, сера, углерод) за счет частичной замены угля электроэнергией;
- уменьшение зависимости от ископаемого топлива (45 т угля/год).

Потенциальное воздействие:

- использование земли: занятие ~0,7 га, что минимально влияет на 10,042 га участка;
- шум: ветровые турбины создают шум 40–50 дБ на 300 м, но жилая зона в 310 м находится в пределах санитарной нормы (500 м для ферм);
- визуальное воздействие: Изменение ландшафта, смягчаемое озеленением.

7. Дополнительный потенциал: биогаз

Навозохранилище производит 11 442,75 м³/год навоза (документ, стр. 139). Это можно использовать для биогазовой установки:

- выход биогаза: ~40 м³/м³ навоза → 457 710 м³/год;
- электроэнергия: при 2 кВт·ч/м³ – 915 420 кВт·ч/год, что превышает потребности фермы в 6 раз.

Биогазовая установка мощностью ~100 кВт может стать основным источником энергии, а солнечно-ветровая система – дополнением.

Таблица 9 – Параметры системы

Параметр	Значение	Примечания
Годовое потребление	150 000 кВт·ч	Оценка на основе котельной и коровника
Солнечная мощность	70 кВт	Выработка 94 500 кВт·ч/год
Ветровая мощность	35 кВт	Выработка 76 650 кВт·ч/год
Биогазовая мощность	~100 кВт (опционально)	Выработка 915 420 кВт·ч/год
Общая выработка	171 150–1 086 570 кВт·ч/год	С запасом, включая биогаз
Емкость батареи	150 кВт·ч	Для ночных нагрузок
Площадь	0,6–0,7 га	В пределах 10,042 га

9. Заключение

Гибридная солнечно-ветровая электростанция (70 кВт солнечная, 35 кВт ветровая) с батареей 150 кВт·ч обеспечит потребности фермы ТОО «Жаксылык Агро» в 150 000 кВт·ч/год с запасом. Добавление биогазовой установки из навоза

(915 420 кВт·ч/год) сделает ферму энергонезависимой и позволит продавать избыток энергии. Проект требует детальной ОВОС и согласования с властями.

3.7 Экономические обоснование

Тарифы на электроэнергию для ферм составляют \$0,05–0,10\$/кВт·ч. Годовое потребление:

- ТОО «Казахстан Кустары»: \$12 500–\$25 000.
- АО «Алель Агро»: \$125 000–\$250 000.
- ТОО «Жаксылык Агро»: \$7500–\$15000.

ТОО «Казахстан Кустары»

Потребление: 250,000 кВт·ч/год.

Солнечная часть:

- Мощность: 100 кВт.
- Выработка: $100 \times 1450 = 145\,000$ кВт·ч/год.
- Оборудование: 333 панели по 300 Вт, площадь $\approx 0,6–0,8$ га.
- Стоимость: $1200\$/кВт \times 100 = 120\,000\$$.

Ветровая часть:

- Мощность: 50 кВт (1 турбина).
- Выработка: $50 \times 2190 = 109\,500$ кВт·ч/год.
- Стоимость: $4000\$/кВт \times 50 = 200\,000\$$.

Аккумуляторы: Емкость 200 кВт·ч, стоимость $\approx 60\,000\$$.

Общее:

- Мощность: 150 кВт.
- Выработка: 254 500 кВт·ч/год.
- Стоимость: $\$120\,000 + \$200\,000 + \$60\,000 = \$380\,000$.

АО «Алель Агро»

Потребление: 2,500,000 кВт·ч/год.

Солнечная часть:

- Мощность: 1000 кВт.
- Выработка: $1\,000 \times 1\,450 = 1\,450\,000$ кВт·ч/год.
- Оборудование: 3 333 панели, площадь $\approx 3–4$ га (с агровольтаикой).
- Стоимость: $1200\$/кВт \times 1000 = 1\,200\,000\$$.

Ветровая часть:

- Мощность: 500 кВт (5 турбин по 100 кВт).
- Выработка: $500 \times 2\,190 = 1\,095\,000$ кВт·ч/год.
- Стоимость: $4000\$/кВт \times 500 = 2\,000\,000\$$.

Аккумуляторы: емкость 2 000 кВт·ч, стоимость $\approx 600\,000\$$.

Общее:

- Мощность: 1500 кВт.

- Выработка: 2 545 000 кВт·ч/год.
- Стоимость: $\$1\,200\,000 + \$2\,000\,000 + \$600\,000 = \$3\,800\,000$.

ТОО «Жаксылык Агро»

Потребление: 150,000 кВт·ч/год.

Солнечная часть:

- Мощность: 70 кВт.
- Выработка: $70 \times 1350 = 94500$ кВт·ч/год.
- Оборудование: 233 панели, площадь $\approx 0,4\text{--}0,5$ га.
- Стоимость: $1200\$/\text{кВт} \times 70 = 84000\$$.

Ветровая часть:

- Мощность: 35 кВт (1 турбина).
- Выработка: $35 \times 2190 = 76650$ кВт·ч/год.
- Стоимость: $4000\$/\text{кВт} \times 35 = 140000\$$.

Аккумуляторы: емкость 150 кВт·ч, стоимость $\approx \$45\,000$.

Общее:

- Мощность: 105 кВт.
- Выработка: 171 150 кВт·ч/год.
- Стоимость: 84 000 долларов США + 140 000 долларов США + 45 000 долларов США = 269 000 долларов США.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя данное исследование, мы добились поставленных задач на примере существующих предприятий, а именно:

1. Провели анализ климатических и географических условий сельских регионов Казахстана.

2. Изучили особенности энергопотребления фермерских хозяйств.

3. Разработали концепцию гибридной системы энергоснабжения, объединяющей солнечные панели и ветроэлектростанции.

4. Оценили экономическую целесообразность внедрения гибридных систем для фермерских хозяйств, включая расчет затрат на установку, эксплуатацию и окупаемость.

Подводя итоги, гибридные солнечно-ветровые электростанции являются эффективными способами генерации электроэнергии для сельских хозяйств в регионах Казахстана. Расчеты показали, что за счет использования солнечных и ветровых ресурсов страны, а также биогаза из сельскохозяйственных отходов, фермы могут добиться энергетической независимости, при этом снижая свое негативное воздействие на окружающую среду. Для таких систем необходима государственная поддержка в виде субсидий и льготных тарифов, а также развитие местного производства и интеграция передовых технологий для достижения Казахстаном более высоких целей устойчивости и углеродной нейтральности к 2060 году.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEA, Kazakhstan Energy Profile, [Электронный ресурс], 2020, URL: <https://www.iea.org/reports/kazakhstan-energy-profile>
 2. Отчет ФНБ «Самрук-Казына», Зеленая экономика: реалии и перспективы в Казахстане, [Электронный ресурс], 2018, URL: [3f5f8e2087688517bcc667eeebc82630.pdf](https://www.samruk-kazyna.kz/ru/press-center/company-news?view=article&id=1009&catid=0)
 3. Минэнерго РК, Производство электрической энергии объектами ВИЭ, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://surl.cc/trvrxhd>
 4. Samruk Energy, Состояние ВИЭ в Казахстане, [Электронный ресурс], 2022, URL: <https://www.samruk-energy.kz/ru/press-center/company-news?view=article&id=1009&catid=0>
 5. Минэнерго РК, Достижение Казахстана в области зеленой энергетики, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://surl.li/pqwbth>
 6. Информационный ресурс премьер-министра РК, Ключевые достижения и перспективы развития энергетического сектора Казахстана, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-goda-klyuchevye-dostizheniya-i-perspektivy-razvitiya-energeticheskogo-sektora-kazahstana-29496>
 7. Информационный ресурс премьер-министра РК, План мероприятий по развитию электроэнергетической отрасли РК, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://primeminister.kz/ru/news/minenergo-razrabotal-plan-meropriyatiy-po-razvitiyu-elektroenergeticheskoy-otrasli-budut-vvedeny-26-gvt-novykh-generiruyushchikh-moshchnostey-26978>
 8. Информационный ресурс премьер-министра РК, Углеродная нейтральность Казахстана к 2060 году, [Электронный ресурс], 2021, URL: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/do-2060-goda-kazahstan-pereydet-na-uglerodnyuyu-neytralnost-1103515>
 9. Минэнерго РК, Меры поддержки производства электроэнергии ВИЭ, [Электронный ресурс], 2022, URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/activities/4910?lang=ru>
 10. Отчет UNCTAD, Мировые инвестиции в устойчивую энергетику Казахстана, [Электронный ресурс], 2023, URL: https://unctad.org/system/files/official-document/wir2023_overview_ru.pdf
 11. Kursiv Research, Список крупнейших по установленной мощности объектов ВИЭ в Казахстане, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://kz.kursiv.media/2024-06-27/print1040-rmch-renewables/>
 12. Райхан А., Туспекова А., Role of economic growth, renewable energy, and technological innovation to achieve environmental sustainability in Kazakhstan, [Электронный ресурс], 2022, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666049022000433#fo0035>
- Информационный портал Spot Uzbekistan, Экспорт «зеленой» электроэнергии из

Центральной Азии в Европу, [Электронный ресурс], 2025, URL: https://www.spot.uz/ru/2025/03/15/green-corridor/?utm_source=in_materials

14. Информационный портал Solargis, solar resource map and GIS data for Kazakhstan, [Электронный ресурс], 2021, URL: <https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data?locality=kazakhstan>

15. Информационный портал Profile Solar, Solar PV Analysis of Almaty, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://profilesolar.com/locations/Kazakhstan/Almaty/>

16. Asia Wind Energy Association, Research & Data Kazakhstan, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://www.asiawind.org/research-data/market-overview/kazakhstan/>

17. U.S. Department of Energy, Solar Photovoltaic Cell Basics, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-cell-basics>

18. Информационный портал Global Solar Atlas, World Map, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://globalsolaratlas.info/map?c=46.980252,62.226563,5&s=44.964798,75.717773&m=site>

19. Садыков Т., Жуков В., Искаков Б., Невмержитский И., Серикханов А., Новолодская О., Таутаев Е., Solar cell research at an altitude of 3340 meters above sea level, [Электронный ресурс], 2022, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321044527>

20. Информационный портал Alternative Energy Tutorials, Temperature Coefficient of a PV Cell, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/photovoltaics/temperature-coefficient.html>

21. Информационный портал Alternative Energy Tutorials, Power plant profile: Kapshagay Universal Energy Solar PV Park, Kazakhstan, [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/photovoltaics/temperature-coefficient.html>

22. Информационный портал WccSolar, Solar Panel 330W Polycrystalline 12V 24V 48V, [Электронный ресурс], 2023, URL: <https://www.wccsolar.net/en/panel-solar-330w-policristalino/>

23. Информационный портал Hevel Energy Group, Nura Solar Power Plant, [Электронный ресурс], 2020, URL: <https://www.hevelsolar.com/en/projects/nura-solar-power-plant-ses-nura-republic-of-kazakhstan/>

24. Информационный портал Vestas, V136-4.5MW, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://www.vestas.com/en/energy-solutions/onshore-wind-turbines/4-mw-platform/v136-4-5-mw>

25. Информационный портал Siemens Gamesa, SG 3.4-132, [Электронный ресурс], 2023, URL: <https://www.archiexpo.com/prod/siemens-gamesa/product-88089-2176219.html>

26. IEA, Kazakhstan Energy Profile, [Электронный ресурс], 2020, URL: <https://www.iea.org/reports/kazakhstan-energy-profile>

27. IEA, Clean Household Energy Consumption in Kazakhstan, [Электронный ресурс], 2020, URL: <https://www.iea.org/reports/clean-household-energy-consumption-in-kazakhstan-a-roadmap>
28. Информационный портал Profile Solar, WorldWideSolar Astana, [Электронный ресурс], 2025, URL: <https://profilesolar.com/worldwidesolar/>
29. Закон Республики Казахстан, О поддержке использования возобновляемых источников энергии, [Электронный ресурс], 2009, URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z090000165_26. IEA, Kazakhstan Energy Profile,
30. Отчет ОВОС ТОО «Жаксылык Агро», [Электронный ресурс], 2021, URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/aqmola-upr/documents/details/227948?lang=ru>
31. Отчет ПЭК ТОО «Казахстан Кустары», [Электронный ресурс], 2024, URL: <https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/141502>
32. Отчет ОВОС АО «Алель Агро», [Электронный ресурс], 2022, URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/almobl-tabigat/press/article/details/92642?ysclid=mbf692dstq319230079>

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу на тему:

«Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства»

Жазетов Эмирлан Галилитдинович

ОП: 6B05206 – «Инженерная экология»

Дипломная работа посвящена актуальной и значимой теме – разработке энергоэффективных и экологически безопасных решений в области автономного энергоснабжения сельских регионов на базе гибридных возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В условиях устойчивого роста потребления электроэнергии, снижения доступности традиционных источников и необходимости минимизации негативного воздействия на окружающую среду, данное исследование приобретает особую практическую значимость.

Актуальность темы обоснована убедительно. Автор демонстрирует глубокое понимание проблематики устойчивого энергетического развития, особенно в аграрном секторе. В работе чётко сформулирована цель и подробно расписаны задачи, охватывающие как анализ природных условий, так и экономико-технические аспекты внедрения гибридных систем.

Структура дипломной работы логична и последовательно раскрывает заявленную тему. В теоретической части автор провёл анализ климатических условий Казахстана, влияющих на потенциал солнечной и ветровой генерации, а также рассмотрел энергопотребление сельскохозяйственных предприятий. Особое внимание уделено моделированию гибридной солнечно-ветроэлектростанции, что демонстрирует высокий уровень владения инструментами инженерного анализа.

Следует отметить, что практическая значимость исследования подтверждается использованием реальных данных фермерских хозяйств («Алель Агро», «Казакстан Кустары», «Жаксылык Агро»), что позволило провести обоснованную оценку энергоэффективности и экономической целесообразности предложенной системы.

Новизна работы заключается в интеграции различных источников ВИЭ в единую систему с учётом местных климатических условий и потребностей сельского хозяйства, а также в разработке практических рекомендаций по их масштабированию.

Оформление работы соответствует требованиям, изложение материала ясное, грамотно структурированное. Используются современные и авторитетные источники информации.

Заключение:

Дипломная работа Жазетова Эмирлана Галилитдиновича на тему «Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства» выполнена в полном соответствии с установленными требованиями к выпускным квалификационным работам.

Дипломная работа представляет собой завершённое, самостоятельное и научно обоснованное исследование. Работа имеет теоретическую и практическую ценность, может быть использована при проектировании энергетических решений для сельских регионов Казахстана.

На основании проведённого анализа дипломная работа оценивается на «отлично» (90%) и заслуживает присуждения степени **бакалавра по образовательной программе 6В05206 – «Инженерная экология».**

Рецензент,

к.т.н, ассоциированный профессор
МОК, КазГАСА

Ажиева Г.И.

« 5 » _____ 2025 г.

г. Алматы



Подпись	<i>Ажиева Г.И.</i>
заверяю	
HR департамент	<i>Г.И.</i>
« »	20

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Жазетов Эмирлан Галилитдинович

6B05206 – «Инженерная экология»

**Тема: «Разработка проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для
эффективного электроснабжения фермерского хозяйства»**

Дипломная работа посвящена актуальной и социально значимой теме – разработке энергоэффективных и экологически безопасных решений в области автономного энергоснабжения сельских регионов с использованием гибридных возобновляемых источников энергии. В условиях роста потребления электроэнергии, ограниченности традиционных ресурсов и необходимости снижения антропогенного воздействия на окружающую среду, данное исследование приобретает особую практическую значимость.

Автор убедительно обосновал актуальность темы и продемонстрировал глубокое понимание проблем устойчивого энергетического развития, особенно в аграрном секторе.

Цель и задачи исследования сформулированы чётко, охватывают весь спектр поставленной проблемы – от анализа климатических и природных условий до обоснования технико-экономической эффективности предлагаемых решений.

Структура работы логична, содержание последовательно раскрывает заявленную тему. В теоретической части проведён всесторонний анализ потенциала солнечной и ветровой энергии на территории Казахстана, а также особенностей энергопотребления сельскохозяйственных предприятий. Особо стоит отметить раздел, посвящённый моделированию гибридной энергетической установки, где автор продемонстрировал уверенное владение инженерными методами анализа и расчёта.

Практическая значимость дипломной работы подтверждается использованием реальных

Оформление дипломной работы соответствует требованиям, изложение материала грамотное, логично структурированное, использованы современные источники информации.

Все поставленные задачи Жазетов Э.Г. выполнил на высоком профессиональном уровне. Выпускник грамотно провёл анализ и осуществил моделирование выработки солнечной и ветровой энергии с использованием современных ГИС-программ для выбранных фермерских хозяйств. Он выполнил детальные расчёты на каждой технологической стадии, обоснованно выбрал оборудование и представил эффективную технологическую схему гибридной солнечно-ветровой установки для энергоснабжения аграрных объектов.

В процессе выполнения работы обучающийся проявил высокий уровень самостоятельности и аналитического мышления, уверенно оперировал нормативной и технической документацией, продемонстрировал знание экологических стандартов, а также владение методами инженерных расчётов в рамках образовательной программы 6B05206 – Инженерная экология.

**Дипломная работа Жазетова Эмирлана Галилитдиновича на тему «Разработка
проекта гибридной солнечно-ветроэлектростанции для эффективного**

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

электроснабжения фермерского хозяйства» выполнена в полном соответствии с установленными требованиями к выпускным квалификационным работам.

Работа заслуживает оценки «отлично» (95%) и подтверждает высокий уровень подготовки выпускника. **Жазетов Э.Г.** достоин присуждения степени **бакалавра** по образовательной программе **6В05206 – Инженерная экология**.

Научный руководитель

PhD, ст. преподаватель кафедры «ХПиПЭ»
Satbayev University



Сарсембин У.К.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жазетов Эмирлан Галилидинович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка проекта гибридной гелио-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства

Научный руководитель: Умбеталы Сарсембин

Коэффициент Подобия 1: 4

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 27

Знаки из других алфавитов: 23

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 5.06.2025г.

Сабиржан Сарсембин

ЖС

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жазетов Эмирлан Галилидинович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка проекта гибридной гелио-ветроэлектростанции для эффективного электроснабжения фермерского хозяйства

Научный руководитель: Умбеталы Сарсембин

Коэффициент Подобия 1: 4

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 27

Знаки из других алфавитов: 23

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 5.06.2025 г.

Заведующий кафедрой

Кудекова Ш.Н.