



**Energy Dialogue**  
Germany – Central Asia

# Водообеспечение для устойчивого производства водорода в Казахстане

*Часть II: Исходная геопространственная оценка зеленых  
водородных хабов*



## Правовая информация

### Издатель:

Немецкое энергетическое агентство (dena)  
Chausseestrasse 128 a  
10115 Berlin, Germany  
Тел: +49 30 66 777-0  
Факс: +49 30 66 777-699  
Эл. почта: info@dena.de  
Веб-сайт: www.dena.de

### Авторы:

Вайз, Фабио (dena)  
Остерляйн, Эллен (dena)  
Мюллер, Йоша (dena)  
Галеева, Аделия (dena)  
Шмид, Ева, д-р (dena)  
Штюве, Роберт, д-р (dena)

**Благодарность:** Мы благодарим Казахстанско-Немецкий Университет DKU за предоставленную базу данных для написания данной работы.

### Последнее обновление:

Декабрь 2023 года

Все права защищены. Любое использование данной публикации возможно только с согласия Немецкого энергетического агентства (dena).

### При цитировании данной публикации просим делать следующую ссылку:

Немецкое энергетическое агентство (издатель) (dena / 2023 год) "Водообеспечение для устойчивого производства водорода в Казахстане: Часть II: Исходная геопространственная оценка зеленых водородных хабов".



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



Данная публикация была издана в рамках Энергетического Диалога между Казахстаном и Германией по поручению Федерального министерства экономики и защиты климата Германии (BMWK) Немецким энергетическим агенством (dena).

# Содержание

Содержание .....	3
Основные выводы.....	6
<b>1. Введение.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Геопространственный анализ пилотных водородных проектов .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Многокритериальный анализ .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Критерии оценки .....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Потенциал солнечной и ветровой энергии .....	8
2.2.2. Водные ресурсы.....	9
2.2.3. Кластеры потребителей водорода .....	10
<b>2.3. Методология.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Результаты и обсуждение .....</b>	<b>13</b>
<b>4. Ограничения .....</b>	<b>16</b>
<b>5. Заключение .....</b>	<b>17</b>
Источники.....	18
Список рисунков.....	5
Список таблиц.....	4

# Список таблиц

Таблица 1: Вес оцениваемых критериев пилотного проекта по производству водорода .....	8
Таблица 2: Схема классификации потенциала возобновляемых источников энергии, использованная в ходе данного анализа. ....	9
Таблица 3. Схема классификации доступных водных ресурсов Казахстана .....	10
Таблица 4. Принцип классификации расстояния до выявленных кластеров потребления водорода .....	11

Рисунок 1 В связи с существующим дефицитом воды значительные территории в центральных регионах Казахстана не относятся к числу потенциальных регионов производства зеленого водорода ..... 13

Рисунок 2 Учитывая как существующие водные ресурсы, так и потенциал возобновляемых источников энергии (ветер, солнечная энергия), наиболее благоприятные условия для производства зеленого водорода существуют в восточных регионах Казахстана и отдельных районах других частей страны..... 14

Рисунок 3 Только 4 из 9 кластеров спроса расположены в районах с благоприятными условиями для производства зеленого водорода. .... 15

Рисунок 4 Имеющиеся данные по Казахстану указывают на четыре местных хаба производства водорода, где спрос на зеленый водород и благоприятные производственные зоны находятся в непосредственной близости друг от друга, и четыре региональных хаба производства водорода, где потребуются региональная транспортная сеть, соединяющая потребителей водорода с удобными производственными площадками..... 15

# Основные выводы

*В данном исследовании используется термин «возобновляемый водород», принятый в ЕС, чтобы зафиксировать, что водород производится из возобновляемых источников энергии. В этом смысле термины «зеленый» и «возобновляемый» водород используются как синонимы.*

Казахстан обладает большим потенциалом ветровой и солнечной энергии, однако водные ресурсы в стране ограничены. Поскольку оба эти ресурса необходимы для электролизного производства водорода из возобновляемых источников, есть районы, которые больше других подходят для производства зеленого водорода. Помимо наличия возобновляемой электроэнергии и воды, важную роль играет расстояние до центров спроса на водород.

**Проведенный анализ показывает, что в Балхашском, Усть-Каменогорском, Атырауском и Павлодарском районах существует возможность организации четырех хабов по производству водорода.** В этих районах местные водные ресурсы, потенциал ветровой и солнечной энергии и потребность в водороде расположены в близости друг от друга.

**Проведенный анализ показывает, что существует возможность организации четырех хабов в районах Актау, Актобе, Шымкент и Караганда.** Здесь кластеры, готовые потреблять водород, не находятся в местностях, богатых водными ресурсами. В связи с этим необходимо строительство региональной сети водородопроводов, возможно в дополнение к существующей инфраструктуре, которые соединят производителей водорода с его потребителями.

**В ряде районов Казахстана одним из препятствий к производству водорода является недостаток воды** — в частности, в Улытауской, Жамбылской и Мангистауской областях, где постоянно дуют ветра. Одним из вариантов улучшения доступа к воде для производства водорода в этих районах может стать опреснение воды из Каспийского моря.

**Для раскрытия потенциала Казахстана как экспортера водорода жизненно важно разработать общие принципы выделенной инфраструктуры транспортировки водорода.** Развитие такой инфраструктуры может включать конверсию существующих газопроводов.

**Для выбора места размещения потенциальных проектов производства водорода необходимо продолжить изучение вопроса.** Чтобы понять реальную осуществимость потенциального проекта, необходимо более глубокое технико-экономическое понимание водородных хабов, выявленных в ходе данного анализа.

---

# 1. Введение

---

Казахстан является крупным экспортером и потребителем ископаемых видов топлива, таких как уголь, природный газ и сырая нефть. В настоящее время руководство страны предпринимает шаги по подготовке экономики к зелёному переходу. Водород как энергоноситель может сыграть ключевую роль в преобразовании экономики и общества Казахстана. В феврале 2023 года Президент Токаев утвердил Стратегию достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года, в которой установлены смелые цели по декарбонизации и выводу Казахстана на уровень нулевых выбросов углерода. В целом, данная Стратегия признаёт, что страны Средней Азии обладают значительным потенциалом по развитию возобновляемых и альтернативных источников энергии, в том числе низкоуглеродного водорода, в дополнение к ветровой, солнечной, геотермальной, ядерной и биоэнергии. Согласно данной Стратегии, водород должен применяться преимущественно в тех процессах и сферах производства, электрификация которых технически и экономически затруднена или невозможна. Главным потребителем водорода в Казахстане должны стать промышленные предприятия, особенно сталеплавильные заводы. Собственное производство водорода также позволит Казахстану осуществить свои амбициозные планы экспортных поставок низкоуглеродного водорода и таким образом получить выгоду от общемировых усилий по продвижению энергоперехода.

Министерство энергетики страны в настоящее время формулирует и пересматривает Национальную стратегию водородной энергетики Казахстана («НСВЭ»). Целью НСВЭ является формирование теоретических основ для активного развития национальной водородной экономики в период до 2040 года. В соответствии с целями и планом развития, предложенными в НСВЭ, в Казахстане будут запущены пилотные проекты производства водорода. Казахстане обладает богатыми ресурсами ветровой и солнечной энергии, но водные ресурсы страны невелики. В связи с этим нужно понимать, где запускать пилотные проекты производства низкоуглеродного водорода с учетом локальной концентрации спроса и предложения. Целью нашего исследования является подготовка информационной базы районов производства возобновляемого водорода методом многокритериального геопространственного анализа. Это позволит внести вклад в обсуждение развития пилотных проектов по производству водорода в Казахстане.

## 2. Геопространственный анализ пилотных водородных проектов

В ходе нижеописанного анализа использовалось программное обеспечение «Квантум ГИС» (К-ГИС), применяемое для разработки геоинформационных систем. Оно позволяет изучать и корректировать геопространственные данные, а также создавать и выгружать карты местности. Таким образом, К-ГИС идеально подходит для решения пространственных задач, таких как анализ районов возможного производства водорода. В следующих подразделах мы даем более подробное описание использованного многокритериального анализа, критериев оценки и методологии.

### 2.1. Многокритериальный анализ

В процессе рассмотрения геопространственных задач часто приходится учитывать множественные критерии, осложняющие принятие решений. Для проведения настоящего исследования было взят программный комплекс «Квантум-ГИС», использующий многокритериальный анализ («МКА»). Интеграция МКА позволяет проводить сравнительную оценку различных вариантов и выбирать оптимальную альтернативу на основании результатов, полученных по большому спектру критериев. Таким образом, выбранные регионы должны иметь заданное множество атрибутов, которые будут положены в основу МКА. Для получения конкретных результатов в рамках последующего анализа применяется метод простого суммарного взвешивания (ПСВ / simple additive weighting). В соответствии с методом ПСВ каждому критерию присваивается свой вес, отражающий его относительную важность в процессе принятия решений. Затем эти значения весов суммируются и учитываются в процессе группирования данных. Применение МКА в сочетании с ПСВ гарантирует, что решения по геопространственным задачам принимаются на основании всестороннего понимания взаимосвязи между отдельными критериями и относительной важности каждого из них.

### 2.2. Критерии оценки

В следующих трёх подразделах представлены критерии оценки и те данные, которые необходимо ввести в систему при многокритериальном анализе. Основной упор в ходе анализа делается на пространственной доступности природных ресурсов, таких как ветер, солнечная энергия и вода. В ходе анализа также учитываются первоочередные потребители, такие как НПЗ, аммиачные и сталелитейные производства.

Оценка местности, где возможно производство водорода, может в общей сложности достигать 100 баллов. Критерии перечислены в Таблице № 1; все они были взвешены в ходе проведения оценки. Особую важность в странах с засушливым климатом, таких как Казахстан, имеет доступность воды, поэтому этот критерий получает 50 баллов. Далее следует наличие источников возобновляемой энергии. Этот пункт оценивается в 35 баллов. Для децентрализованных пилотных проектов также важна близость к кластерам возможного спроса на водород.

**Таблица 1: Вес оцениваемых критериев пилотного проекта по производству водорода**

Критерий	Баллы
Доступные водные ресурсы	Макс. 50 баллов
Возобновляемые источники энергии (ветер, солнечная энергия)	Макс. 35 баллов
Близость к кластерам потребителей водорода	Макс. 15 баллов

#### 2.2.1. Потенциал солнечной и ветровой энергии

Важнейшим обязательным условием получения возобновляемого водорода путем электролиза воды является доступность большого количества возобновляемых источников энергии. Обширная территория, рельеф и климатические условия Казахстана создали потенциал для выработки больших объемов возобновляемой энергии.



Правительство страны стремится этот потенциал использовать и планирует повысить производство возобновляемой электроэнергии с уровня ок. 4,5% в конце 2022 года до 12,5% к 2029 году (QazaqGreen, 2023). К 2035 году правительство планирует ввести в строй 6,5 ГВ генерирующих мощностей для производства возобновляемой энергии. Для достижения такого роста разработан Проект Концепции развития топливно-энергетического комплекса и энергетического сектора, в котором описаны этапы движения к этой цели.<sup>1</sup> В 2022 году было реализовано 12 проектов общей мощностью 385 МВт. Еще десять проектов (или 276 МВт) запланированы на 2023 год (QazaqGreen, 2023b). В совокупности с еще 41 проектом, общая мощность к 2025 году составит 757 МВт<sup>2</sup>.

С целью определения перспективных районов производства водорода была проведена оценка потенциала возобновляемых источников для двух технологий, наиболее актуальных в Казахстане: солнечная фотоэнергетика и наземная ветроэнергетика. Были использованы общедоступные базы данных по удельной мощности фотоэлектрических установок (кВ/ч - кВт/ч)<sup>3</sup> и плотности мощности ветра (Вт/м<sup>2</sup>)<sup>4</sup> на высоте 100 метров.

Потенциальный район производства энергии может получить до 35 баллов из 100. Из-за более однородного профиля производства и, следовательно, лучшей пригодности для производства водорода, наличие ветровых ресурсов оценивается в 70% баллов (25 баллов). Таким образом, на солнечную энергию остается 30% (10 баллов). В Таблице № 2 приведены пороговые значения, применяемые для классификации районов по их потенциалу возобновляемой энергии, и пересчет пригодности в баллы.

**Таблица 2: Схема классификации потенциала возобновляемых источников энергии, использованная в ходе данного анализа.**

Возобновляемые источники энергии	Макс. 35 баллов	
Ветер	25 баллов	Удельная мощность $\geq 1250$ В/м <sup>2</sup>
	20 баллов	Удельная мощность $\geq 1000$ В/м <sup>2</sup>
	15 баллов	Удельная мощность $\geq 750$ В/м <sup>2</sup>
	10 баллов	Удельная мощность $\geq 500$ В/м <sup>2</sup>
	5 баллов	Удельная мощность $\geq 250$ В/м <sup>2</sup>
Солнечная энергия	10 баллов	Отдаваемая мощность $\geq 4.5$ кВт/ч - кВт/ч
	8 баллов	Отдаваемая мощность $\geq 4.0$ кВт/ч - кВт/ч
	6 баллов	Отдаваемая мощность $\geq 3.5$ кВт/ч - кВт/ч
	4 балла	Отдаваемая мощность $\geq 3.0$ кВт/ч - кВт/ч
	2 балла	Отдаваемая мощность $\geq 2.5$ кВт/ч - кВт/ч

### 2.2.2. Водные ресурсы

Помимо производства электричества из возобновляемых источников, таких как ветровая и солнечная энергия, одним из неотъемлемых элементов производства низкоуглеродного водорода является вода. Водные ресурсы, особенно поверхностная вода, распространены в Казахстане крайне неравномерно и подвержены сезонным колебаниям. Кроме того, водные ресурсы страны сильно зависят от притока воды из соседних стран. Около 54%

<sup>1</sup> Не указан источник / Source missing

<sup>2</sup> (QazaqGreen 17/02/2023, <https://qazaqgreen.com/en/news/kazakhstan/1008/>)

<sup>3</sup> [Global Solar Atlas](#),

<sup>4</sup> [Global Wind Atlas](#)

поверхностной воды поступает в Казахстан из соседних государств, а именно из Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России.<sup>5</sup>

Ожидается, что в ближайшие годы изменение климата приведет к ухудшению ситуации с водой в Казахстане. Уже отмечаются температурные сдвиги и изменение в картине осадков, что вызывает опустынивание и обеднение пахотных земель и пастбищ.<sup>6</sup> Согласно оценкам, на 66% территории Казахстана уже отмечается деградация в том или ином виде.<sup>7</sup> Четыре из восьми главных водных бассейнов Казахстана особенно подвержены воздействию изменения климата. По прогнозам, к концу 21 века снижение уровня воды в Каспийском море составит от 9 до 18 метров.<sup>8</sup> Падение уровня воды в море вызвано существенным ростом испарения при одновременном снижении уровня осадков и речного стока. Учитывая демографические и экономические тенденции, к 2040 году нехватка воды в Казахстане может достичь 12-15 млн кубометров.<sup>9</sup>

В настоящем обзоре состояние водных ресурсов определяется по уровню дефицита воды в конкретном регионе. Дефицит воды определяется как соотношение спроса и предложения. В связи с этим для анализа водных рисков был использован массив данных Aqueduct 3.0 — программная платформа, предоставленная Институтом по исследованию мировых ресурсов (ИИМР) (World Resource Institute).<sup>10</sup> В этом массиве применяется 13 базовых показателей водного риска, в т.ч. количество, качество и репутационные риски. В рамках настоящего анализа для измерения доступности воды в определенной местности используется показатель «базовый дефицит воды». В программном комплексе ИИМР Aqueduct базовый дефицит воды рассчитывается на основе данных о водозаборе, доступной воде и данных о грунтовых водах в глобальной гидрологической модели. Для расчета доступны массивы данных за каждый месяц с января 1960 года по декабрь 2014 года. Программа определяет воду по двум показателям: валовый спрос и чистое потребление. Здесь валовый спрос — это максимальный потенциальный объем воды, необходимый для удовлетворения отраслевых потребностей, а чистое потребление — та часть спроса, которая теряется в процессе использования, например, в результате испарения или включения в состав продукта.

Из максимума в 100 баллов, которые может получить конкретная местность, 50 баллов отводится на доступность водных ресурсов. Точное распределение баллов представлено в Таблице № 3.

**Таблица 3: Схема классификации доступных водных ресурсов Казахстана**

Доступные водные ресурсы	Макс. 50 баллов	
<i>малый дефицит воды</i>	50 баллов	дефицит воды менее 10 %
<i>малый - средний дефицит воды</i>	30 баллов	дефицит воды от 10 до 20%
<i>средний - высокий дефицит воды</i>	10 баллов	дефицит воды от 20 до 40%
<i>высокий дефицит воды</i>	0 баллов	дефицит воды от 40 до 80%
<i>крайне высокий дефицит воды</i>	0 баллов	дефицит воды свыше 80 %

### 2.2.3. Кластеры потребителей водорода

Согласно Стратегии достижения углеродной нейтральности к 2060 году, водород должен преимущественно применяться в тех процессах и сферах производства, электрификация которых затруднена или невозможна. В связи с этим в рамках данного анализа сделано предположение, что низкоуглеродный водород будет в первую очередь использоваться в процессах с значительными объемами выбросов, которые сложно снизить, и что он будет производиться физически близко к месту потребления. В Казахстане это относится прежде всего к сталелитейным производствам, химической промышленности и НПЗ.<sup>11</sup>

<sup>5</sup> [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cacena\\_files/en/pdf/kazakhstan.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cacena_files/en/pdf/kazakhstan.pdf)

<sup>6</sup> Drogers & Lal 2018

<sup>7</sup> ПРООН 2022

<sup>8</sup> Kaleji 2023

<sup>9</sup> Sanchez 2023

<sup>10</sup> Kuzma et al. 2023

<sup>11</sup> <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/836516/adbi-wp1344.pdf>

Большинство перерабатывающих предприятий и металлургических комбинатов расположены на севере и северо-востоке Казахстана в таких городах как Семей, Астана, Петропавловск и Актобе. На юге и в центральной части Казахстана важнейшими промышленными центрами являются Шымкент, Алматы и Тараз, где сосредоточены предприятия химической, легкой и пищевой промышленности, а также металлургические и машиностроительные заводы. По данным национального отчета Министерства энергетики Казахстана, три главных НПЗ страны в Атырау, Павлодаре и Шымкенте перерабатывают около 15 млн тонн из всей добываемой в стране нефти. Это составляет более 90% общего объема переработки; остальные 10% перерабатывают 34 НПЗ меньшего размера. Каждый из них производит небольшие объемы низкокачественных продуктов или полуфабрикатов, но они также играют важную роль в поставках на рынок топлива, которое используется главным образом в сельском хозяйстве. Благодаря существующей инфраструктуре и огромному потенциалу декарбонизации этих отраслей за счет использования низкоуглеродного водорода, для целей данного анализа в качестве кластеров спроса на водород были рассмотрены три крупных НПЗ, крупнейшие промышленные предприятия в металлургической, сталелитейной и химической отраслях. В общей сложности было определено 12 производственных площадок, 5 металлургических, 4 нефтеперерабатывающих и 3 химических предприятия.

Целью анализа было выявление децентрализованных производственных площадок. Поэтому одним из критериев децентрализации потенциальной площадки для производства низкоуглеродного водорода является близость к кластерам спроса. Из максимума в 100 баллов 15 баллов присваивается за близость к кластерам спроса. Точное распределение баллов представлено в Таблице № 4.

**Таблица 4: Принцип классификации расстояния до выявленных кластеров потребления водорода**

Близость к кластерам потребителей водорода	Макс. 15 баллов	
Расстояние между местами производства и использования водорода	15.0 баллов	расстояние ≤ 50 км
	13.5 баллов	расстояние ≤ 75 км
	12.0 баллов	расстояние ≤ 100 км
	10.5 баллов	расстояние ≤ 125 км
	9.0 баллов	расстояние ≤ 150 км
	7.5 баллов	расстояние ≤ 175 км
	6.0 баллов	расстояние ≤ 200 км
	4.5 баллов	расстояние ≤ 225 км
	3.0 балла	расстояние ≤ 250 км
	1.5 балла	расстояние ≤ 275 км
0.0 баллов	расстояние более 275 км	

### 2.3. Методология

В этом разделе дается подробное описание методики расчетов, применяемой при многокритериальном анализе. Анализ районов, пригодных для пилотных проектов производства водорода в Казахстане, проводится в несколько этапов, которые описаны ниже.

На первом этапе следует преобразовать имеющиеся векторные данные в растровые карты. Эта операция включает преобразование исходных данных о дефиците воды и кластерах спроса, представленных в виде точек данных с указанием широты и долготы. Кроме того, из источника данных можно с легкостью получить данные о потенциале ветра и солнца в виде растровых карт. Затем создается карта близости кластера спроса, точки на которой распределяются в зависимости от расстояния до ближайшего кластера. Наконец, с помощью растрового калькулятора в комплексе К-ГИС данным присваиваются баллы, как это подробно описано в Разделе 2.2. Максимальное число баллов — 100, при этом 50 баллов присваивается за дефицит воды, 35 баллов за ветровой и солнечный потенциал и 15 баллов за потенциальные кластеры спроса.

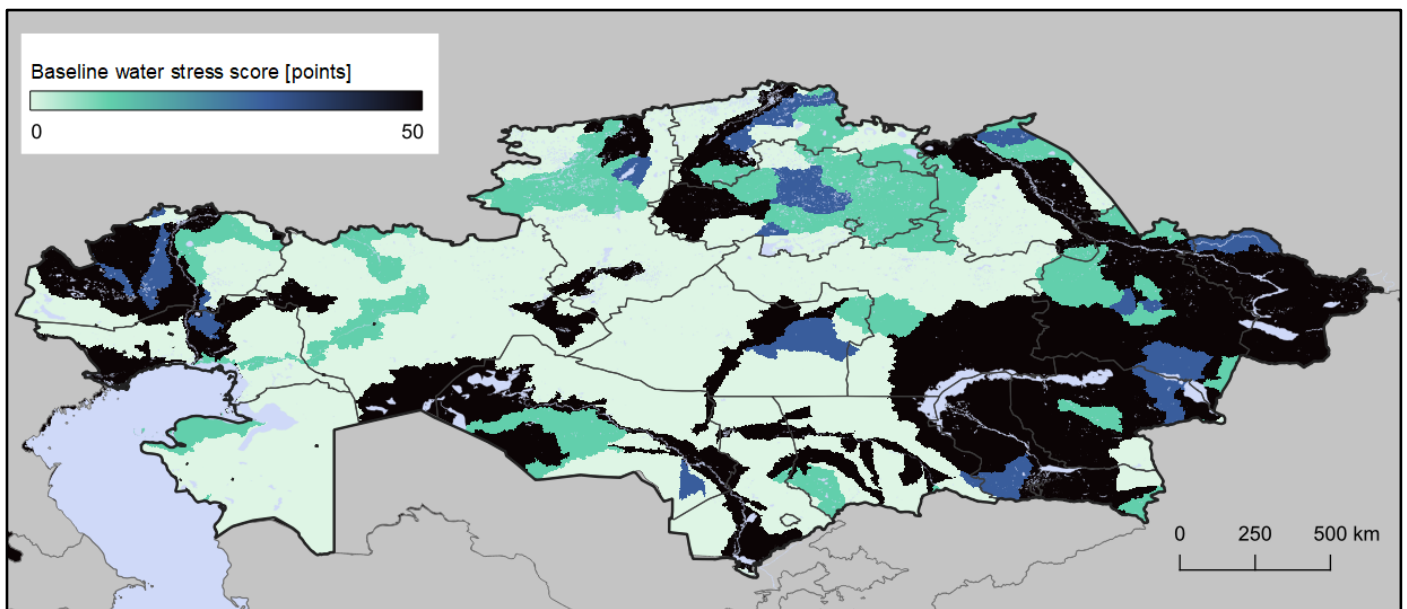
На начальном этапе анализа базовый слой дефицита воды и соответствующие ему точки накладываются на карту потенциала возобновляемых источников энергии, включающую мощность солнечной энергии и плотности ветровой энергии, с весовыми коэффициентами, описанными в Разделе 2.2.1. На последнем этапе производится наложение карты кластеров спроса, в результате чего получается комплексная карта с отмеченными на ней пригодными участками для пилотных проектов по производству низкоуглеродного водорода в Казахстане.

В ходе анализа рассматриваются исключительно районы материкового Казахстана. На итоговую карту была добавлена сеть трубопроводов природного газа, чтобы дать визуальное представление возможных соединений. Однако из-за отсутствия данных о состоянии трубопроводов и возможности перехода на водородопроводы близость к трубопроводам не повлияла на общий балл пригодности.

### 3. Результаты и обсуждение

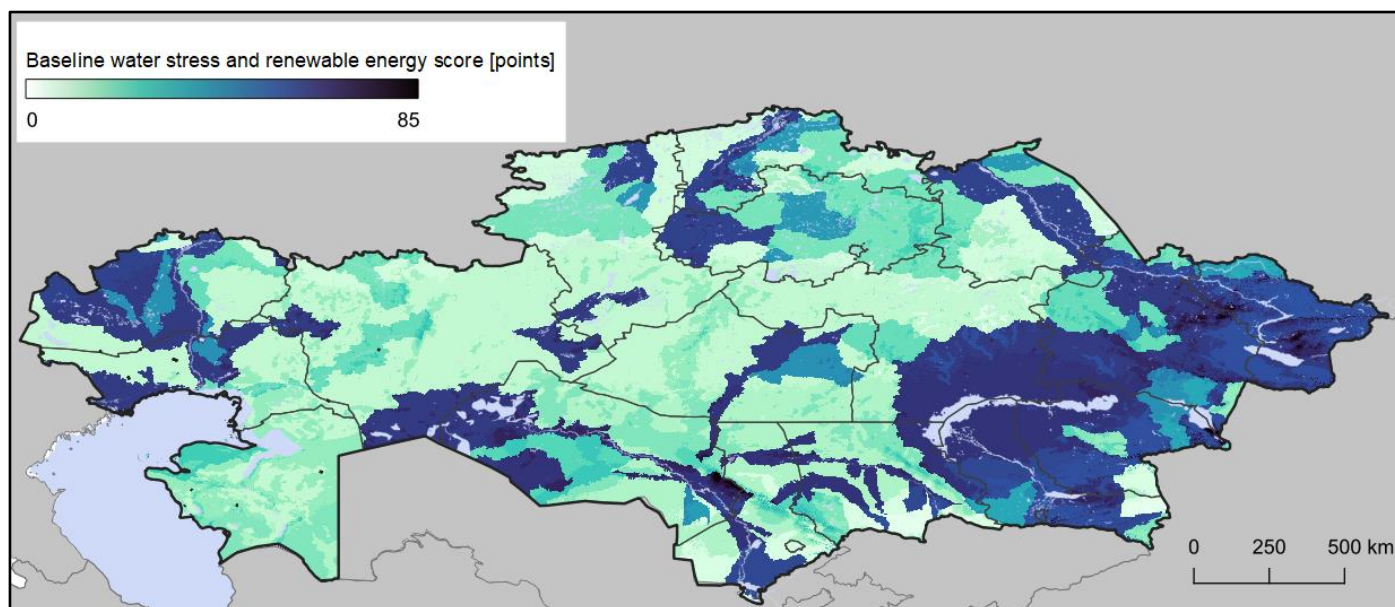
При анализе базового дефицита воды были выявлены четкие закономерности. Регионы в непосредственной близости от Аральского моря, озера Балхаш, озера Зайсан, северных и восточных берегов Каспия показали особо низкий уровень дефицита воды. Кроме того, в районах возле рек, включая реки Или, Сырдарья, Урал, Ишим (Есиль) и Иртыш дефицит воды незначителен или не отмечается вовсе, что еще сильнее повышает их потенциал в производстве водорода. В районах на границе с Алматы, Карагандой и в Восточном Казахстане согласно имеющимся данным отмечается низкий водный риск. Следовательно, эти районы имеют наивысший потенциал в плане доступности воды для производства водорода. И наоборот, некоторые огромные территории в Казахстане, например, восточная часть Улытауской области и западная часть Актюбинской, страдают от высокого дефицита воды. Эти трудности с доступом к воде указывают на снижение потенциала для создания предприятий по производству водорода в этих регионах (см. Рис. 1).

Включение возобновляемых источников в оценку потенциала повышает жизнеспособность одних регионов, в то время как другие регионы отстают из-за более низкого потенциала возобновляемых источников. В частности, высоким потенциалом солнечной энергии обладают такие районы, как Кызылординская, а также Туркестанская, Жамбылская, северная часть Алматинской, южная часть Карагандинской и северная часть Жетысуской областей. Это говорит о том, что в южной части Казахстана имеется значительный потенциал возобновляемых источников энергии. С другой стороны, эти регионы также страдают от дефицита воды, что частично снижает их общий балл. Мангистауская область имеет самый высокий потенциал возобновляемых источников энергии, особенно по параметру плотности ветровой энергии. Однако сильный дефицит воды в этом регионе снижает его общую пригодность для производства водорода. Тем не менее, жизнеспособным решением для смягчения проблемы нехватки воды в этом регионе нам кажется опреснение воды из Каспийского моря, поскольку оно увеличивает доступность воды для производства водорода. На этом этапе анализа выявляется четкая взаимосвязь между потенциалом возобновляемых источников энергии, дефицитом воды и эволюционной пригодностью различных регионов для реализации водородных проектов (см. Рис. 2).



**Рисунок 1: В связи с существующим дефицитом воды значительные территории в центральных регионах Казахстана не относятся к числу потенциальных регионов производства зеленого водорода**

Иллюстрация авторов. Получена с помощью программы GeoBoundaries из программного комплекса ИИМП Aqueduct.



**Рисунок 2: Учитывая как существующие водные ресурсы, так и потенциал возобновляемых источников энергии (ветер, солнечная энергия), наиболее благоприятные условия для производства зеленого водорода существуют в восточных регионах Казахстана и отдельных районах других частей страны.**

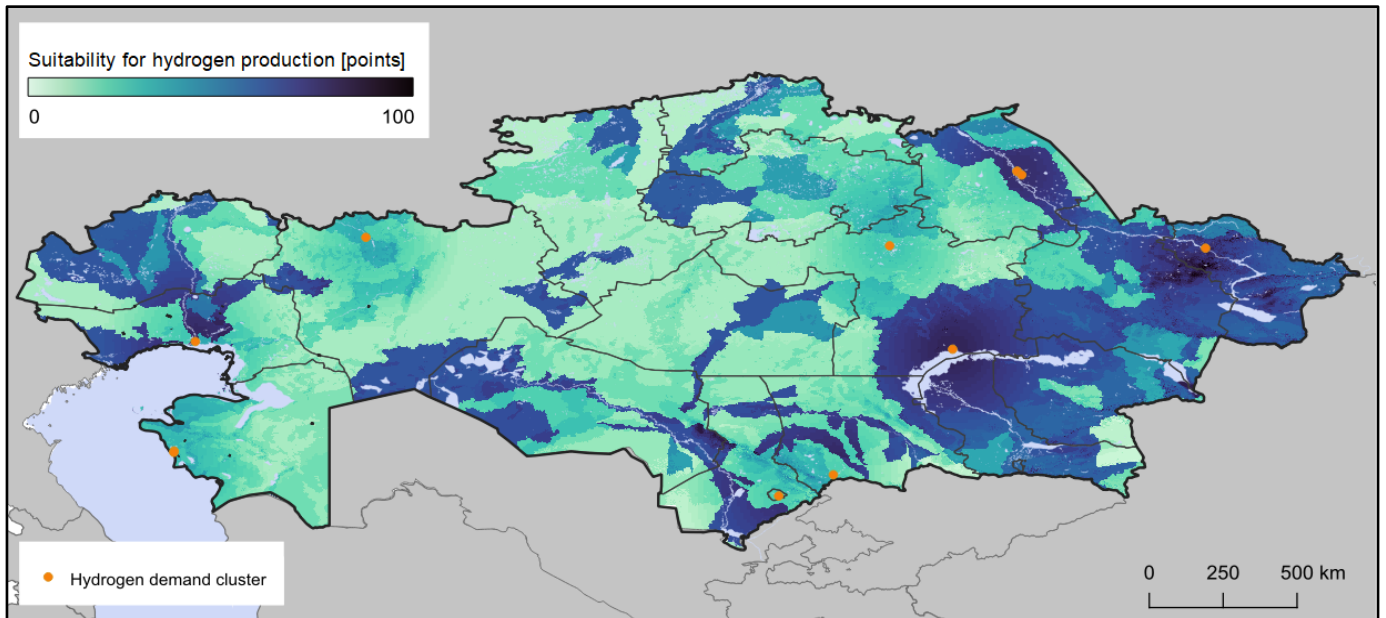
При включении кластеров спроса на водород значительный дополнительный потенциал выявляется в южных и восточных регионах Казахстана. Они не только подчеркивают и без того высокий потенциал Восточного Казахстана и региона вокруг озера Балхаш, но и распространяются на районы вокруг Усть-Каменогорска, Атырау и Павлодара. И наоборот, центральная часть Казахстана, характеризующаяся дефицитом воды, низким потенциалом возобновляемых источников энергии и отсутствием кластеров промышленного спроса, является одним из наименее подходящих регионов для производства водорода. Это наблюдение подчеркивает важность водных ресурсов, потенциала возобновляемых источников энергии и промышленного спроса при определении целесообразности проектов производства водорода. Стоит отметить, что в большинстве случаев промышленные кластеры расположены в районах с высоким потенциалом или, как минимум, в районах с потенциалом от среднего до высокого, что подчеркивает взаимосвязь между промышленным спросом и пригодностью конкретного региона (см. Рис. 3).

В данном исследовании критериями для создания зеленого водородного хаба являются наличие воды, существующий потенциал ветровой и солнечной энергии, а также местный спрос на водород. С целью определения потенциальных зон для децентрализованного производства и использования водорода в Казахстане можно отметить, что благоприятные условия для создания центров возобновляемого водорода существуют вблизи центров спроса в районе озера Балхаш, Оскемена, Павлодара и Атырау (см. рисунок 4, обозначения синим цветом). Вблизи центров спроса в Актау, Актобе, Шымкенте и Карагандинской области спрос на водород не связан с наличием достаточных водных ресурсов. Это делает производство водорода в этих районах менее целесообразным. Чтобы обеспечить эти регионы экологически чистым водородом, необходимо создать региональную сеть транспортировки водорода, которая будет эффективно соединять существующие центры спроса с производственными площадками в региональной близости. Этот факт указывает на потенциал регионов развития зеленого водорода в районе Актау, Актобе, Шымкента и Караганды (см. рисунок 4, обозначения зеленым цветом).

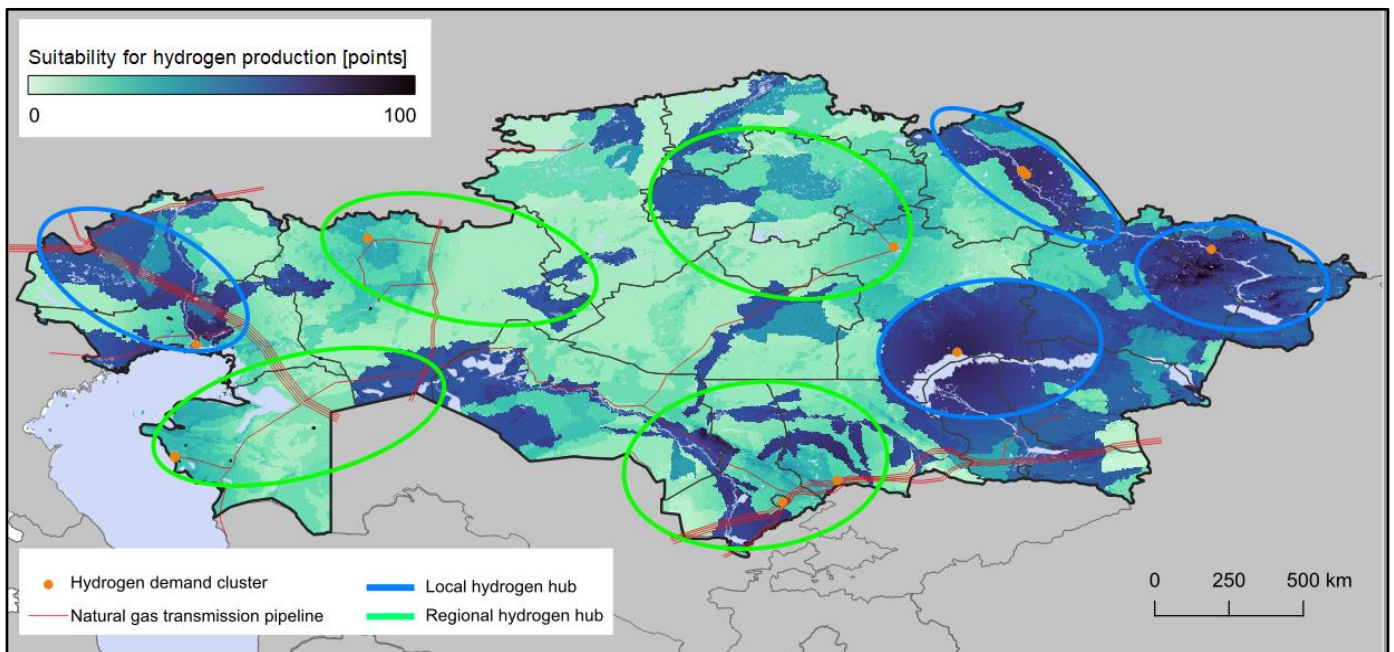
Включение газовой сети в итоговую карту показывает хорошо развитую инфраструктуру в южных и западных районах Казахстана. При этом центральная, северная и восточная части Казахстана к сети не подключены. Это связано с тем, что большая часть добываемого в Казахстане газа — это попутный газ, который является побочным продуктом добычи нефти. Свыше 75% газа в Казахстане добывается в Каспийском бассейне, где действуют Карачаганакский, Кашаганский и Тенгизский проекты<sup>12</sup>. Эта особенность особенно заметна рядом с кластерами спроса в Балхашском, Усть-Каменогорском и Павлодарском районах. В этих районах, а также в

<sup>12</sup> <https://economy.kz/ru/Mnenija/id=139>

Атырауской области существуют благоприятные условия для производства зеленого водорода, включая наличие воды, существующий потенциал ветровой и солнечной энергии, а также локальный спрос на водород. В связи с этим Балхашский, Усть-Каменогорский, Атырауский и Павлодарский районы благоприятны для создания местных водородных узлов. Вблизи кластеров спроса в Актауской, Актыубинской, Шымкентской и Карагандинской областях спрос на водород по сути не связан с обильными водными ресурсами. Необходимо создавать региональную сети водородопроводов, которая эффективно соединит районы спроса с районами производства в непосредственной близости от этого региона. Это указывает на необходимость развития региональных хабов в Актауской, Актыубинской, Шымкентской и Карагандинской областях (см. Рис. 4).



**Рисунок 3: Только 4 из 9 кластеров спроса расположены в районах с благоприятными условиями для производства зеленого водорода.**



**Рисунок 4: Имеющиеся данные по Казахстану указывают на четыре местных хаба производства водорода, где спрос на зеленый водород и благоприятные производственные зоны находятся в непосредственной близости друг от друга, и четыре региональных хаба производства водорода, где потребуются региональная транспортная сеть, соединяющая потребителей водорода с удобными производственными площадками.**

---

## 4. Ограничения

---

Хотя в представленном анализе дается представление о потенциальных районах производства водорода в Казахстане, важно отдавать себе отчет в определенных ограничениях, которые присущие выбранной методологии и использованным данным. Эти ограничения побуждают к осторожности в формулировании окончательных выводов и подчеркивают необходимость дальнейших исследований и доработок. Преодоление проблем с этими ограничениями путем более детальной оценки участков, анализа особенностей спроса на водород и учета современных данных об экологических факторах позволит повысить точность и надежность планирования будущего производства водорода в Казахстане.

Важно понимать, что метод, используемый для определения подходящих для производства водорода районов, позволяет осуществить лишь первоначальную оценку. В ходе анализа учитываются такие факторы, как водные ресурсы, потенциал ветра и солнца, и дается широкий обзор перспективных участков. Однако для определения реального технико-экономического потенциала создания ветряных или фотоэлектрических парков на этих участках необходима более глубокая оценка. Для этого потребуются комплексный анализ, в котором учитываются дополнительные факторы, включая топографию, состав почвы, доступность инфраструктуры и оценку воздействия на окружающую среду. Кроме того, оценка кластеров спроса на водород — это сложная задача, которая требует более тонкого количественного анализа. Предлагаемый метод дает предварительное представление о районах, где существует спрос на водород, но не может обеспечить достаточной детализации, необходимой для точной оценки нужного количества водорода. Продолжение исследований позволит выявить конкретные потребности каждого кластера с учетом промышленных процессов, потребностей в транспорте и других факторов в каждом конкретном секторе, и таким образом более точно понять объемы спроса. Кроме того, данные, используемые для оценки дефицита воды в некоторых регионах, относятся к периоду с 1960 по 2014 годы. Учитывая динамичные изменения в экологической обстановке, опора на данные за прошедшие периоды может привести к неточностям при определении будущих уровней дефицита воды. Для получения реалистичной картины текущего сценария дефицита воды необходимо провести более глубокую оценку с использованием более свежих или даже прогнозных данных и с учетом последствий изменения климата. Это позволит гарантировать, что любые стратегии, предлагаемые для решения проблемы нехватки воды, такие как проекты опреснения, будут соответствовать текущим условиям.



---

## 5. Заключение

---

В заключение следует отметить, что геопространственный анализ производства и спроса на водород в Казахстане позволил определить характерные особенности и возможности в различных регионах страны. Были выявлены локальные хабы поблизости вокруг озера Балхашском, Усть-Каменогорска, Атырау и Павлодара, где наблюдается совпадение благоприятных условий, в т.ч. наличие воды, существующий потенциал ветровой и солнечной энергии и локальный спрос на водород. Эти районы являются перспективными для создания предприятий по производству водорода, что заложит основу для децентрализованного производства водорода в Казахстане. И наоборот, анализ показал, что есть региональные хабы в Актау, Актобе, Шымкенте и Караганде, где спрос на водород по своей природе не связан с обильными водными ресурсами. Такое несовпадение требует развития региональной водородной сети, которая эффективно соединит районы спроса с производственными площадками.

Одной из наиболее значимых проблем, которую выявил проведенный анализ, является дефицит воды в ветреных районах Улытауской, Жамбылской и Мангистауской областей, что не позволяет в полной мере использовать потенциал производства водорода. Для Мангистауской области жизнеспособным решением проблемы нехватки воды в этом регионе является опреснение воды из Каспийского моря, поскольку это повышает доступность воды для производства водорода.

Представляется, что для полной реализации потенциала Казахстана по экспорту водорода необходимо разработать специальную концепцию транспортной инфраструктуры. Возведение такой предполагаемой инфраструктуры может включать в себя переоборудование существующих газопроводов, что станет демонстрацией прагматичного и эффективного использования существующих ресурсов. Эта стратегия развития будет способствовать эффективной транспортировке водорода от производственных центров до экспортных терминалов, что будет позволит укрепить статус Казахстана как игрока на мировом рынке водорода.

Несмотря на описанные в анализе многообещающие перспективы очевидно, что для точного определения потенциальных пилотных проектов необходима дальнейшая оценка. Для оценки реальной осуществимости предлагаемых проектов жизненно необходимо добиться более глубокого понимания технико-экономических аспектов выявленных водородных хабов. Для преодоления любых непредвиденных проблем и обеспечения успешной реализации водородных инициатив необходимы продолжать исследования, осуществлять сотрудничество между заинтересованными сторонами отрасли и стремиться к инновациям.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (Publisher) (2023) 'The Role of Water for Sustainable Hydrogen Production in Kazakhstan – Part I: Water management for the production of sustainable hydrogen'.

Deutsche Energie-Agentur (dena) and Delegation German Economy in Central Asia (AHK Central Asia) (Publishers) (2022) 'Hydrogen in Kazakhstan: potential development areas', Available at: <https://filehub.admiralcloud.com/v5/deliverFile/64898cbb-f2bb-4b7a-9c4c-74bfc9eb33a8> (Accessed: 29 December 2023).

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2023) 'Green Hydrogen Transport Scenarios: From Kazakhstan to Europe', Available at: [https://www.h2diplo.de/fileadmin/user\\_upload/Green\\_Hydrogen\\_Transport\\_Scenarios\\_from\\_Kazakhstan\\_to\\_Europe\\_Final\\_report.pdf](https://www.h2diplo.de/fileadmin/user_upload/Green_Hydrogen_Transport_Scenarios_from_Kazakhstan_to_Europe_Final_report.pdf) (Accessed: 30 December 2023).

Droogers, P.; Murari L. (2018): 'Kazakhstan Irrigation Rehabilitation Sector Project: Climate Risk and Vulnerability Assessment Report', Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/50387-001-sd-05.pdf> (Accessed: 12 October 2023).

Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (2014): 'KAZAKHSTAN: Concept for the Development of the Fuel and Energy Sector until 2030' Asia Pacific Energy Portal, Available at: Concept for the Development of the Fuel and Energy Sector until 2030 | ESCAP Policy Documents Management ([asiapacificenergy.org](http://asiapacificenergy.org)) (Accessed: 30 May 2023).

GeoBoundaries (2023): 'Simplified Country Files', Available at: <https://docs.google.com/document/d/1K-jCivgY3fPNZUzXWMSDmyYGon1fSh4bqAEcTltPjI/edit> (Accessed: 7 September 2023).

Hofste, R.W et al. (2023): 'Aqueduct 3.0: Updated Decision-relevant Global Water Risk Indicators', World Resource Institute, Available at: [https://files.wri.org/d8/s3fs-public/aqueduct-30-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators\\_1.pdf](https://files.wri.org/d8/s3fs-public/aqueduct-30-updated-decision-relevant-global-water-risk-indicators_1.pdf) (Accessed: 30 October 2023).

Kaliszeski, I., Podkoppaev, D. (2016): 'Simple additive weighting - A metamodel for multiple criteria decision analysis methods', Expert Systems with Applications, 54(2016), pp 155-161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.042> (Accessed: 01 December 2023).

Kaleji, V. (2023): 'Decreasing Water Levels in the Caspian Sea: Causes and Implications', The Central Asia-Caucasus ANALYST - Analytical Articles, Available at: <https://www.cacianalyst.org/publications/analytical-articles/item/13769-decreasing-water-levels-in-the-caspian-sea-causes-and-implications.html#:~:text=The%20Caspian%20Sea%20level%20is,results%20would%20clearly%20be%20disastrous> (Accessed: 23 October 2023).

QazaqGreen (2023a): 'Kazakhstan to increase the share of electricity production from renewables in total generation to 12.5% by 2029', 7th February. Available at: <https://qazaqgreen.com/en/news/kazakhstan/976/> (Accessed: 25 May 2023).

QazaqGreen (2023b): 'Kazakhstan to create the most attractive conditions for investors in renewable energy projects', 17th January, Available at: <https://qazaqgreen.com/en/news/kazakhstan/918/> (Accessed: 25 May 2023).

QazaqGreen (2023c): 'Kazakhstan to commission 10 RES projects in 2023 with a capacity of 276 MW - Energy Ministry', 1st February, Available at: <https://qazaqgreen.com/en/news/kazakhstan/962/> (Accessed 25 May 2023).

QazaqGreen (2023d): 'Kazakhstan to launch 41 renewable energy projects by 2025', 17th February, Available at: <https://qazaqgreen.com/en/news/kazakhstan/1008/> (Accessed: 25 May 2023).

QGIS (2023a): 'QGIS - The Leading Open Sources Desktop GIS', Available at: <https://qgis.org/en/site/about/index.html> (Accessed: 24 November 2023).

QGIS (2023b): 'Multi Criteria Overlay Analysis (QGIS3)', Available at: [https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/multi\\_criteria\\_overlay.html](https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/multi_criteria_overlay.html) (Accessed: 09 October 2023).

Sanchez, W.A. (2023): 'Kazakhstan Aims to Protect the Blue while Going Green', Geopolitical Monitor - Situation Reports, Available at: <https://www.geopoliticalmonitor.com/kazakhstan-aims-to-protect-the-blue-while-going-green/> (Accessed: 24 October 2023).

Sarsenbekov, T.T.; Ahmetov, S.K. (2016): 'Republic of Kazakhstan - Country Report', Available at: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cacena\\_files/en/pdf/kazakhstan.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cacena_files/en/pdf/kazakhstan.pdf) (Accessed: 10 July 2023).

Syzdykov, B. (2023): 'Текущее состояние газовой отрасли в Казахстане', Economic Research Institute - Chairman's Blog, 26th May. Available at: <https://economy.kz/ru/Mnenija/id=139> (Accessed: 15 September 2023).

United Nations Development Programme (2022): 'Landscape planning – a guardianship for safeguarding ecosystem', 5th July, Available at: <https://www.undp.org/kazakhstan/stories/landscape-planning-guardianship-safeguarding-ecosystem#:~:text=Today%2C%20degraded%20lands%20occupy%20an,to%20wind%20and%20water%20erosion> (Accessed: 16 October 2023).

World Bank Group (2023): 'Global Solar Atlas'. Available at: <https://globalsolaratlas.info/map> (Accessed: 15 December 2023).

World Bank Group (2023a): 'Global Wind Atlas'. Available at: <https://globalwindatlas.info/en> (Accessed: 15 December 2023).

World Resource Institute (2019): 'Aqueduct Global Maps 3.0 - Data', Available at: [https://wri-projects.s3.amazonaws.com/Aqueduct30/finalData/Y2019M07D12\\_Aqueduct30\\_V01.zip](https://wri-projects.s3.amazonaws.com/Aqueduct30/finalData/Y2019M07D12_Aqueduct30_V01.zip) (Accessed: 13 September 2023).

Zholdayakova, Saul; Abuov, Yerdaulet; Zhakupov, Daulet, Suleimenova, Botakoz; Kim, Alisa (2022): 'Toward Hydrogen Economy in Kazakhstan', ADBI Working Paper Series, No. 1344, Available at: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/836516/adbi-wp1344.pdf> (Accessed: 15 July 2023).

