

DOI 10.54596/2958-0048-2023-1-122-128

УДК 621.221

МРНТИ 44.09.33

**ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕКИ ЕСИЛЬ  
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСК****Штейванд Ж.Е.<sup>1\*</sup>, Кашевкин А.А.<sup>2</sup>***\*НАО «Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева», Петропавловск,  
Республика Казахстан**\*E-mail: zhumanovazhanell9@gmail.com***Аннотация**

Возобновляемые источники энергии являются одним из актуальных вопросов для правительства Республики Казахстан. Анализ гидроэнергетического потенциала реки Есиль на территории города Петропавловск способствует оценке перспектив развития малой гидроэнергетики в регионе. Исследованы многолетние характеристики реки Есиль, рассчитаны энергетические параметры водного потока. Дана оценка теоретической максимальной мощности данного водоема. По полученным данным, проведен анализ возможного электрооборудования.

**Ключевые слова:** возобновляемая энергетика, гидроэнергетика, гидроэнергетический потенциал, расход воды, мощность водного потока, энергетические параметры.

**ПЕТРОПАВЛ ҚАЛАСЫНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ЕСІЛ ӨЗЕНІНІҢ  
ГИДРОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ӘЛЕУЕТІ****Штейванд Ж.Е.<sup>1\*</sup>, Кашевкин А.А.<sup>2</sup>***\*КЕАҚ «М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті», Петропавл,  
Қазақстан Республикасы**\*E-mail: zhumanovazhanell9@gmail.com***Аңдатпа**

Жаңартылатын энергия көздері Қазақстан Республикасының Үкіметі үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Петропавл қаласының аумағында Есіл өзенінің гидроэнергетикалық әлеуетін талдау өңірдегі шағын гидроэнергетиканың даму перспективаларын бағалауға ықпал етеді. Есіл өзенінің көпжылдық сипаттамалары зерттелді, су ағынының энергетикалық параметрлері есептелді. Бұл резервуардың теориялық максималды қуатына баға беріледі. Алынған мәліметтер бойынша ықтимал электр жабдықтарына талдау жүргізілді.

**Негізгі сөздер:** жаңартылатын энергия, гидроэнергетика, гидроэнергетикалық әлеует, су шығыны, су ағынының қуаты, энергетикалық параметрлер.

**THE HYDROPOWER POTENTIAL OF THE YESIL RIVER  
IN THE CITY OF PETROPAVLOVSK****Shteivand Z.E.<sup>1\*</sup>, Kashevkin A.A.<sup>2</sup>***\*Non-profit limited company "M. Kozybayev North Kazakhstan University", Petropavlovsk,  
Republic of Kazakhstan**\*E-mail: zhumanovazhanell9@gmail.com***Abstract**

Renewable energy sources are one of the urgent issues for the Government of the Republic of Kazakhstan. The analysis of the hydropower potential of the Yesil River on the territory of the city of Petropavlovsk contributes to the assessment of the prospects for the development of small hydropower in the region.

The long-term characteristics of the Yesil River are investigated, the energy parameters of the water flow are calculated. An estimate of the theoretical maximum capacity of this reservoir is given. According to the data obtained, an analysis of possible electrical equipment was carried out.

**Key words:** renewable energy, hydropower, hydropower potential, water consumption, water flow capacity, energy parameters.

### Введение

В настоящее время, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все больше интереса к себе со стороны мирового сообщества. Основной причиной этому является всемирный рост потребностей населения и исчерпаемость энергоносителей.

О проблеме энергетической безопасности говорили уже в 60-х годах прошлого века. Тогда речь шла о проблеме поставок дешевых ископаемых источников энергии. Но по прошествию лет, данная проблема преобразовалась, и основной вектор внимания уже прикован к вопросам обеспечения разных категорий населения безопасными источниками энергии, а также ограничение негативного влияния теплоэнергетических комплексов на окружающую среду и климатические условия.

Решением многих проблем связанных с энергобезопасностью является, «Зеленая» энергетика – бездонный источник, такого важного для человечества ресурса, как электроэнергия. Такие природные явления, как солнечное излучение, ветер, поток водных масс представляют собой неисчерпаемое сырье для энергетики.

На 2021 год, по произведенному электричеству на долю ВИЭ приходится 28,1% от общемировой генерации. Наибольший процент выработки зеленой энергии наблюдается в тех странах, которые обладают крупными гидроресурсами. К примеру, такими государствами являются: Бразилия, Канада, Швеция и Норвегия [1].

В Казахстане по данным министерства энергетики РК за 2022 год, выработка электроэнергии, по средствам ВИЭ, составила 5,11 млрд. кВтч, или в процентном соотношении от общей произведенной энергии – 4,53% [2].

Казахстан использует ряд нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия, ветроэнергия, геотермальная энергия и гидроэнергетика. Основным источником энергии в стране является угольная промышленность, однако в последние годы развитие возобновляемых источников энергии стало приоритетным направлением.

Одной из самых перспективных направлений возобновляемых источников энергии в стране, и в мире в целом, является гидроэнергетика.

Гидроэнергетика — это вид возобновляемой энергии, который использует энергию воды для производства электричества. Гидроэлектростанции на сегодняшний день составляют около 63% от возобновляемой и 16,6% от всей вырабатываемой энергии в мире. Лидером по объёму производимой ГЭС энергии является Китай, на реке Янцзы расположена ГЭС называемая «Три ущелья», её установленная мощность составляет 22 500 МВт.

Гидроэнергетика имеет значительные перспективы в мировом масштабе, благодаря ряду преимуществ:

1. Возобновляемость. Гидроэнергетика - это возобновляемый источник энергии, потому что вода используется для генерации электроэнергии повторно.

2. Низкие эксплуатационные расходы. Гидроэлектростанции имеют длительный срок эксплуатации, что снижает эксплуатационные расходы и делает их конкурентоспособными в долгосрочной перспективе.

3. Низкий уровень выбросов. Гидроэнергетика не производит выбросов парниковых газов, что делает ее одним из самых чистых источников энергии.

4. Универсальность. Гидроэнергетика может использоваться как для крупных электростанций, так и для небольших микроэлектростанций, что делает ее универсальной и применимой в разных условиях.

5. Способность к хранению энергии. Гидроэнергетика может использоваться для хранения энергии в виде водохранилищ, что делает ее удобной для управления колебаниями спроса на электроэнергию.

Одним из примеров гидроэнергетики является плотина Гувера на реке Колорадо в США. Эта плотина вырабатывает электроэнергию для миллионов людей на юго-западе США и является одной из крупнейших гидроэлектростанций в мире.

В Казахстане гидроэнергетика является важным источником электроэнергии. Рассматривается возможность строительства новых гидроэлектростанций для улучшения энергетической безопасности и производства электроэнергии из возобновляемых источников.

Для оценки перспектив развития гидроэнергетики в регионе, существует такое понятие, как гидроэнергетический потенциал. Данный показатель характеризует вырабатываемую мощность и работу, совершаемую водотоком.

Гидроэнергетический потенциал Казахстана оценивается в 170 млрд кВт-ч в год. Об этом в ходе круглого стола "Возможности для развития возобновляемых источников энергии в Казахстане" сообщил министр охраны окружающей среды Нурлан Искаков [3].

Для оценки гидроэнергетического потенциала реки Есиль на территории города Петропавловск, необходимо определить основные характеристики водоема на данном участке.

Большинство городов Казахстана основаны близ различных водоемов (озера, реки), поскольку вода является основным фактором жизнедеятельности человека. Петропавловск не является исключением, город расположен на правом берегу реки Есиль (Ишим).

Река Есиль является левым и самым длинным притоком реки Иртыш. На территории Петропавловска река расширяется, вдоль нее образованы множество озер и различные мелкие водоемы. С помощью Сергеевского водохранилища, где полезный объем составляет 635 млн. м<sup>3</sup>, регулируется сток воды [5].

Преимущественно, питание реки осуществляется за счет снеговых осадков, однако в течение года, выпадение осадков неравномерно. Около 75% осадков от общего количества осадков приходится на период с апреля по сентябрь. В среднем наибольшее количество осадков выпадает в летний период, а наименьшее количество осадков наблюдается в зимний период. Проанализировав рисунок 1, можно сделать вывод, что в июле выпадает максимальное количество осадков – 83 мм, а февраль – самый засушливый месяц в году (20 мм) [4].

Исходя из этого, максимальные объёмы стока и расход воды приходятся на фазу весенне-летнего половодья.

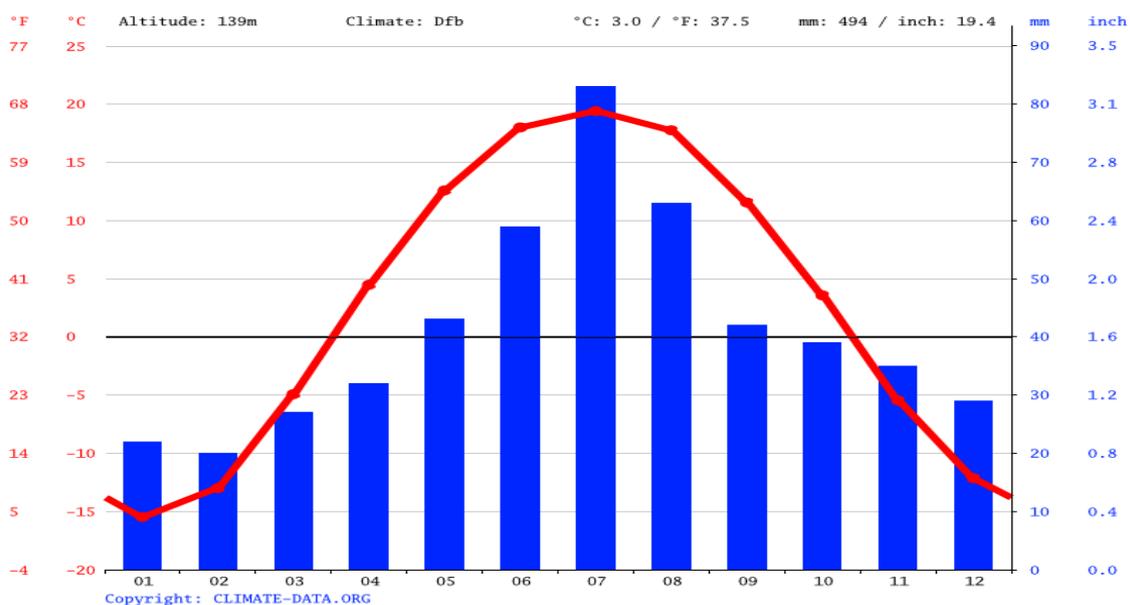


Рисунок 1. Климатограмма города Петропавлоск за 2020 год.

Расход воды – это один из основных параметров энергетического потенциала водоема. В гидроэнергетике расход воды определяется количеством воды, которое протекает через турбину гидроэлектростанции в единицу времени. Этот расход определяется гидравлическими характеристиками реки или водохранилища, на которых расположена гидроэлектростанция, и конструктивными особенностями турбины, и ее режимом работы. Расход воды оказывает прямое влияние на мощность, производимую гидроэлектростанцией. Чем больше расход воды, тем большую мощность можно получить.

По предоставленным данным КАЗГИДРОМЕТА, среднемесячным расходам воды за период 2019-2021 гг. (таблица 1), составлен график (рисунок 2) среднемесячного расхода воды за 2019-2021 гг. на реке Есиль на территории города Петропавловск [6].

Таблица 1. Расход воды р. Есиль г. Петропавловск

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2019, м <sup>3</sup> /с	12,35	12,53	14,08	311,25	390,77	79,63	55,22	24,9	18,56	17,52	15,09	13,5
2020, м <sup>3</sup> /с	14,4	14,5	17	474	439	112	50,6	21,9	19,3	15,9	14,9	14,9
2021, м <sup>3</sup> /с	13,9	13,9	15,0	178	197	60,3	28,9	21,5	19,9	15,2	14,0	14,6
Средний расход воды 2019- 2021 гг.	13,55	13,64	15,36	321,08	342,26	83,98	44,91	22,77	19,25	16,21	14,66	14,33

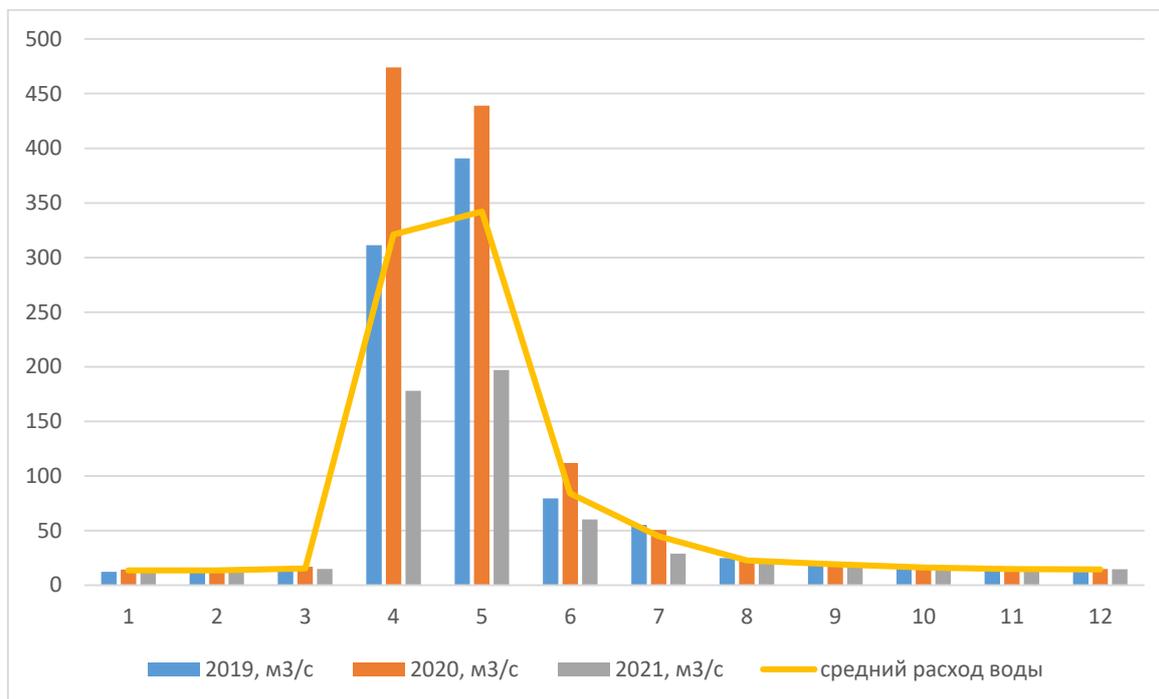


Рисунок 2. Расход воды в период 2019-2021 гг.

Проанализировав полученную диаграмму, можно подтвердить вышеизложенные утверждения о том, что максимальный расход воды приходится на весенне-летний период. Следовательно, наибольшая возможная мощность водотока будет наблюдаться в это время. Максимально пиковое значение наблюдается в апреле 2020 года и составляет  $439 \text{ м}^3/\text{с}$ , а минимальный показатель –  $12,35 \text{ м}^3/\text{с}$  в январе 2019 года. Также по полученной диаграмме, можно наблюдать, что в весенне-летнее время за 2021 год расход воды был в два раза меньше, чем за аналогичные периоды 2019-2020 гг.

На итоговую мощность речного потока влияют различные факторы. Энергия потока в природной среде расходуется на противодействие силам трения между частицами воды внутри самого потока, а также между руслом и водотоком. Основными факторами, влияющими на мощность являются: рельефы местности (перепады высот), продольные уклоны рек, погодные условия (заледенение, засуха, обильные осадки и т.д.), хозяйственные нужды и т.д.

Весь гидроэнергетический потенциал реки реализовать невозможно, поскольку из-за вышеописанных факторов возникают неизбежные потери расходов воды и изменение напоров воды, а также потери электроэнергии в электромеханическом оборудовании.

Для оценки потенциала гидроресурсов, необходимо определить мощность водотока:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H = 9,81 \cdot Q \cdot \Delta H, \quad (1)$$

где  $N$  – мощность водотока, кВт,  $\rho$  – плотность воды,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ,  $Q$  – расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\Delta H$  – разность уровней в начале и в конце участка.

Работа, выполняемая водотоком за определенное время ( $\tau$ , с), рассчитывается по следующей формуле:

$$A = \frac{9,81 \cdot Q \cdot \Delta H \cdot \tau}{3600} = \frac{W \cdot \Delta H}{367}, \quad (2)$$

где  $W = Q \cdot \tau$  – объём стока за определенный временной интервал, м<sup>3</sup>.

По данным формулам произвели расчет мощности и работы, совершаемой водным потоком по среднемесячным показателям расхода воды из таблицы 1, результаты расчетов занесены в таблицу 2.

Таблица 2. Расчет основных параметров гидроэнергетического потенциала

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднегодовой расход воды	13,55	13,64	15,36	321,08	342,26	83,98	44,91	22,77	19,25	16,21	14,66	14,33
Разность уровней, м	1,01	0,99	1,10	4,80	7,03	3,20	1,98	1,20	1,00	1,00	0,94	0,93
Мощность, МВт	0,13	0,13	0,17	15,12	23,60	2,64	0,87	0,27	0,19	0,16	0,14	0,13
Работа, МВт*ч	99,89	92,22	123,32	10885,8	17561,0	1898,06	648,96	199,40	135,99	118,29	97,36	97,29

Режим эксплуатации ГЭС в энергетических системах характеризуется непрерывной работой на полную мощность, обычно только во время наводнений, 24 часа в сутки. В другие сезоны года ГЭС работает в режиме покрытия пиковой нагрузки, работая в среднем 3-5 часов в сутки, в режиме покрытия полупиковой нагрузки - 5-15 часов в сутки, и также используется в качестве чрезвычайных и частотных резервов. При необходимости обеспечения постоянных санитарных и экологических выбросов, часть агрегатов ГЭС работает непрерывно.

Исходя из полученных данных, максимальная теоретическая мощность составляет 23,6 МВт в мае, а выработка энергии в данный период времени при этом составляет 17561 МВт\*ч в месяц. Для рек, имеющих такие показатели, применимы следующие виды гидротурбин: поперечная, радиально-осевая, пропеллерная, поворотной-лопастная.

#### Выводы:

1. Гидроэнергетика в Казахстане является основным, стабильным источником энергии, поскольку действующие гидроэлектростанции успешно работают с 2007 года.

2. Расход воды имеет стохастическую характеристику и нестабильна из года в год. Данный показатель коррелирует с количеством осадков, в зависимости от того, засушливый год или же наоборот. Однако в весенне-летний период он относительно других сезонов резко увеличивается.

3. Река Есиль на исследуемой территории является низконапорной рекой, исходя из данных таблицы 2. По данной причине выбор гидротурбины ограничен.

4. Максимальная вырабатываемая мощность составляет 23,6 МВт и приходится на май. Однако в остальной период мощность значительно ниже, по данной причине оптимальным вариантом является установка МиниГЭС, мощностью до 10 МВт.

5. Изучив возможные виды гидроустановок, пришла к тому, что при имеющихся параметрах водотока, наиболее подходящим вариантом для данной реки является пропеллерная, поворотной-лопастная турбина.

**Литература:**

1. <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>.
2. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/403997?directionId=4910&lang=ru>.
3. Информационная система "ПАРАГРАФ". Документ: Гидроэнергетический потенциал Казахстана оценивается в 170 млрд кВт-ч в год – Искаков.
4. <https://ru.climate-data.org/азия/казахстан/северо-казахстанская-область/петропавловск-6107/>.
5. Казахстан. Национальная энциклопедия. - Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005.
6. Гидрологическая база данных РГП «Казгидромет». 2022 г.

**References:**

1. <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>.
2. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/documents/details/403997?directionId=4910&lang=ru>.
3. Informacionnaya sistema "PARAGRAF". Dokument: Hidroenergeticheskij potencial Kazahstana ocenivaetsya v 170 mlrd kVt-ch v god – Iskakov.
4. <https://ru.climate-data.org/азия/казахстан/северо-казахстанская-область/петропавловск-6107/>.
5. Kazakhstan. Nacional'naya enciklopediya. - Almaty: Қазақ enciklopediyasy, 2005.
6. Hidrologicheskaya baza dannyh RGP «Kazgidromet». 2022 g.