

# ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ (05.14.08)

УДК 620.92.001.2

DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-58-65

## Метод выбора оптимальных мест строительства электростанций на основе возобновляемых источников энергии в Республике Союз Мьянма

Ту Рейн Мин, Т.А. Шестопалова, М.Г. Тягунов, Хе Хайян

Энергия — главный и самый универсальный показатель всей деятельности человека и природы. Она — важный вклад в процесс экономического, социального и промышленного развития. Поскольку ископаемые ресурсы истощаются день ото дня, проблема использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится все более актуальной. Использование ископаемого топлива вызывает год от года растущее загрязнение окружающей среды, поэтому в основу концепции использования ВИЭ положены принципы устойчивости, возобновляемости и углеродной нейтральности.

Наличие или отсутствие первичного энергетического ресурса является не единственным условием эффективного использования ВИЭ. В значительной степени на возможность использования ВИЭ влияют природные условия (сейсмичность), развитость инфраструктуры (наличие линий электропередачи, дорог, местных материалов для строительства и т. д.), политическая стабильность (отсутствие военных конфликтов в зонах освоения ВИЭ) и ряд других факторов, ограничивающих возможность эффективного использования имеющегося валового энергетического потенциала источников. Все это делает крайне важной задачу оценки возможности и эффективности сооружения электростанций на основе ВИЭ в различных регионах Земли, уточнения позиций при определении технического потенциала ВИЭ. Обсуждению указанной задачи и посвящена настоящая работа, в которой показаны выбор оптимальных мест для строительства электростанций на основе ВИЭ с использованием метода аналитических иерархий и его апробация на примере Республики Союз Мьянма.

*Ключевые слова:* аналитический иерархический процесс, возобновляемые источники энергии.

*Для цитирования:* Ту Рейн Мин, Шестопалова Т.А., Тягунов М.Г., Хе Хайян. Метод выбора оптимальных мест строительства электростанций на основе возобновляемых источников энергии в Республике Союз Мьянма // Вестник МЭИ. 2022. № 1. С. 58—65. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-58-65.

## A Method of Selecting the Optimal Sites for Construction of RES-Based Power Plants in the Republic of the Union of Myanmar

Thu Yein Min, T.A. Shestopalova, M.G. Tyagunov, He Haiyang

Energy is the main and most universal indicator of the entire human and nature activity. Energy is an important contribution to the economic, social and industrial development processes. Given that fossil energy resources are depleting day by day, the problem of using renewable energy sources (RES) is becoming increasingly more urgent. The use of fossil fuels causes pollution of the environment, which increases from year to year. Therefore, the concept of using renewable energy sources is based on the principles of sustainability, renewability and carbon neutrality.

However, the presence or absence of a primary energy resource is not the only condition for efficient use of renewable energy sources. The feasibility of using RES depends to a significant extent on natural conditions, such as seismicity, infrastructural facilities (the availability of power lines, roads, local materials for construction, etc.), political stability (the absence of military conflicts in the RES development zones), and a number of other factors that limit the possibility of efficiently using the available gross energy potential of these sources. In view of the above-mentioned circumstances, it is extremely important to assess the feasibility of constructing RES-based power plants in different regions of the Earth and to clarify various aspects connected with determining the technical potential of RES. The article addresses the above-mentioned problem, and shows how to select the optimal places for construction of RES-based power plants using the method of an analytical hierarchical process with aprobatating it on the example of the Republic of the Union of Myanmar.

*Key words:* nalytical hierarchical process, renewable energy sources.

*For citation:* Thu Yein Min, Shestopalova T.A., Tyagunov M.G., He Haiyang. A Method of Selecting the Optimal Sites for Construction of RES-Based Power Plants in the Republic of the Union of Myanmar. Bulletin of MPEI. 2022;1:58—65. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2022-1-58-65.

## Введение

Задача учета факторов, влияющих на оценку возможности и целесообразности строительства той или иной станции, использующей различные типы возобновляемых источников энергии (ВИЭ), крайне важна для выбора мест и очередности возведения подобных сооружений. В значительной степени известный для отдельных регионов мира валовый потенциал того или иного вида ВИЭ еще не дает оснований для утверждения о том, что это наиболее целесообразное для строительства станции место. Широко распространено мнение о том, что технический потенциал ВИЭ различных территорий определяется видом и свойствами используемого оборудования, установленного на станции, а экономический потенциал — величиной затрат на сооружение станций в заданный период времени. Однако оно не отражает в полной мере ситуацию, в которой следует оценивать возможность, реализуемость и привлекательность для инвестиций каждого из рассматриваемых регионов [1].

В анализе задачи оценки возможности использования валового потенциала для каждого региона в отдельности задействованы три задачи:

- техническая возможность сооружения, определяемая топографическими и геологическими характеристиками местности;
- безопасность функционирования проектируемого объекта во всем периоде его жизненного цикла;
- экономическая целесообразность с точки зрения величины рисков природного, политического или социального характеров.

Все это делает задачу оценки технического и экономического потенциалов конкретно относимыми к рассматриваемым территориям, придавая новым оценкам не только количественные характеристики (больше-меньше, дороже-дешевле), но и качественные (есть возможность использовать рассматриваемую местность на заданном горизонте планирования или нет).

Примером подобного подхода служит включение в перечень факторов, влияющих на техническую и организационную реализуемость, политической стабильности региона, что крайне важно для Мьянмы, где местами идут военные действия.

Аналогичным образом учитываются факторы влияния внешнеполитической ситуации, например, недружественных экономических или политических ограничений, накладываемых иностранными государствами.

Изменчивость факторов для различных регионов мира, и, в то же время, их завидное постоянство при использовании на международной арене, делает задачу построения среды реализации проектов ВИЭ в разных странах мира весьма актуальной.

Общая задача оценки привлекательности мест сооружения объектов ВИЭ тесно связана с проблемой выбора значимых для каждого региона факторов, влияющих на возможность и целесообразность размеще-

ния в них объектов ВИЭ на заданный горизонт планирования, устанавливающий период, на который могут быть построены достоверные оценки технического и экономического потенциалов ВИЭ.

На примере энергетики возобновляемых источников Мьянмы показана применимость представленного подхода, разделяемого на несколько отдельных взаимосвязанных задач:

- выбора наиболее существенных для анализа факторов, влияющих на возможность и целесообразность сооружения объекта ВИЭ;
- определения метода, позволяющего формально, и, в то же время допуская вмешательство человека в процесс принятия решения, ранжировать эти факторы для изучаемого региона;
- формирования процедуры метода и критериев правильности получаемых результатов;
- оценки влияния выявленных факторов на каждый из рассматриваемых видов ВИЭ (для Мьянмы — солнечной, ветровой, гидравлической, приливной энергетики);
- подтверждения сходства полученных решений с решениями, получаемыми иными способами (например, с использованием только наиболее значимых критериев, установленных в первой задаче).

Главные топографические особенности Мьянмы — горы и долина реки Иравади. Горы расположены полукругом, на севере которого находится высочайшая вершина страны и всей Юго-Восточной Азии — гора Хкакабо-Рази (5881 м). Западный хребет Аракан-Йома (высотой до 2740 м) формирует природный барьер между Мьянма и субконтинентом Индии. На территории страны находится часть плато Шан, средняя высота которого около 910 м. Мьянма — преимущественно горная страна с субтропическими и тропическими ландшафтами.

Мьянма состоит из 7 административных областей: Янгон, Иравади, Баго, Магве, Мандалай, Загайнг, Танинтари и 7 национальных округов: Ракхайн (Аракан), Карен, Кая, Качин, Мон, Чин и Шан. Общая административная карта страны дана на рис. 1.

## Алгоритм выбора площадки для строительства станций на основе возобновляемых источников энергии методом аналитической иерархии процессов (АИП)

В каждой стране существуют удаленные и труднодоступные места. Труднодоступность связана либо с физическими трудностями достижения конкретной территории, либо с постоянно действующими условиями жизни или возможностью появления тех или иных факторов, делающих жизнь на этой территории невозможной или затруднительной.

Все факторы обусловлены географическими, геологическими, сейсмическими, гидрологическими, хозяйственными, политическими и другими причинами, по которым освоение территорий в течение рассматриваемого



Рис. 1. Общая административная карта Республики Мьянма

мого периода времени будет связано со значительными трудностями, преодоление которых вызовет неоправданно завышенные время или стоимость их освоения. Не все причины и условия имеют ясно формулируемые показатели качества, оцениваемые количественно или качественно при сравнении вариантов реализации проектов развития энергетики страны.

Особый фактор, требующий учета, — наличие на рассматриваемой территории объектов национальной электрической сети.

Важными являются вопросы развития транспортной и логистической инфраструктуры, обеспеченности территории или страны местными материалами для строительства и эксплуатации объектов энергетики, материальными и человеческими ресурсами. Связать воедино представленные факторы достаточно сложно, Подобные вопросы чаще решаются на уровне обсуждения в фокус-группах с последующим выбором из множества обсуждаемых альтернатив. Однако, получаемые решения далеко не всегда имеют достаточное формальное обоснование.

Один из путей и достаточно эффективный метод получения решения представленной задачи — метод аналитической иерархии процессов (АИП), предложенный достаточно давно, но используемый крайне редко [2, 3].

Примем правило: в качестве альтернативных мест размещения энергетических объектов ВИЭ в стране выбраны такие, где нет национальной сети.

Для большей ясности процедуры продемонстрируем возможности метода на примере размещения солнечных электростанций на территории Мьянмы.

Построение иерархии начнем с выбора факторов, важных для принятия решений [4]:

- ресурсы — валовый потенциал энергоресурса;
- окружающая среда, условия — в некоторых регионах страны идет гражданская война, следовательно, в них, вне зависимости от наличия валового энергетического ресурса и отсутствия национальной электрической сети, строительство новых объектов временно невозможно;
- транспорт — учтены два основных варианта: дороги плохого качества в безопасном районе и любые дороги в опасном районе;
- природный потенциал — погодные явления, оползни, наводнения и т. д.;
- стоимость — показатель относится к экономическим и часто меняется по различным причинам;
- специалисты (кадровое обеспечение) — наличие необходимого количества инженеров, опытных рабочих и механизаторов, обладающих требуемыми для работы компетенциями;
- безопасность — меры по обеспечению безопасности проведения работ и эксплуатации сооружаемых объектов, в том числе, с привлечением армии;
- страхование — требуется уточнение условий страхования для объектов, расположенных в разных районах страны.

Процедура метода основана на парных сравнениях значимости анализируемых факторов при оценке места предполагаемого размещения объекта ВИЭ. Для этого построим диаграмму, показывающую характер связи между факторами для разных провинций Мьянмы (рис. 2).

Используя попарные сравнения, выстроим иерархию относительной важности выделенных критериев с помощью следующей процедуры.

Зададим значения критериев в виде отношений их взаимозначимости: 1 — равная значимость (равнозначны); 2 — умеренное превышение значимости; 3 — сильное превышение значимости; 4 — очень сильное превышение значимости; 5 — предельное превышение значимости.

Используя указанные критерии, построим матрицу парных сравнений. Последовательность строк и столбцов соответствуют порядку следования учитываемых факторов. Видно, что диагональ матрицы образована отношениями каждого из факторов самого к себе.

$$\begin{matrix}
 & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\
 \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1/1 & 2/1 & 2/1 & 3/1 & 1/1 & 2/1 & 1/1 & 2/1 \\ 1/2 & 2/2 & 2/1 & 2/1 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/2 & 2/1 & 3/3 & 2/1 & 1/3 & 1/1 & 1/3 & 1/3 \\ 1/2 & 2/2 & 1/3 & 4/4 & 1/4 & 1/3 & 1/4 & 1/4 \\ 1/1 & 3/1 & 3/1 & 2/1 & 5/5 & 1/1 & 1/1 & 1/1 \\ 1/2 & 2/1 & 2/1 & 2/1 & 1/1 & 6/6 & 1/1 & 1/1 \\ 1/1 & 3/1 & 2/1 & 2/1 & 1/2 & 1/1 & 7/7 & 1/1 \\ 1/2 & 2/1 & 1/1 & 2/1 & 1/1 & 1/1 & 1/1 & 8/8 \end{pmatrix}
 \end{matrix} \quad (1)$$

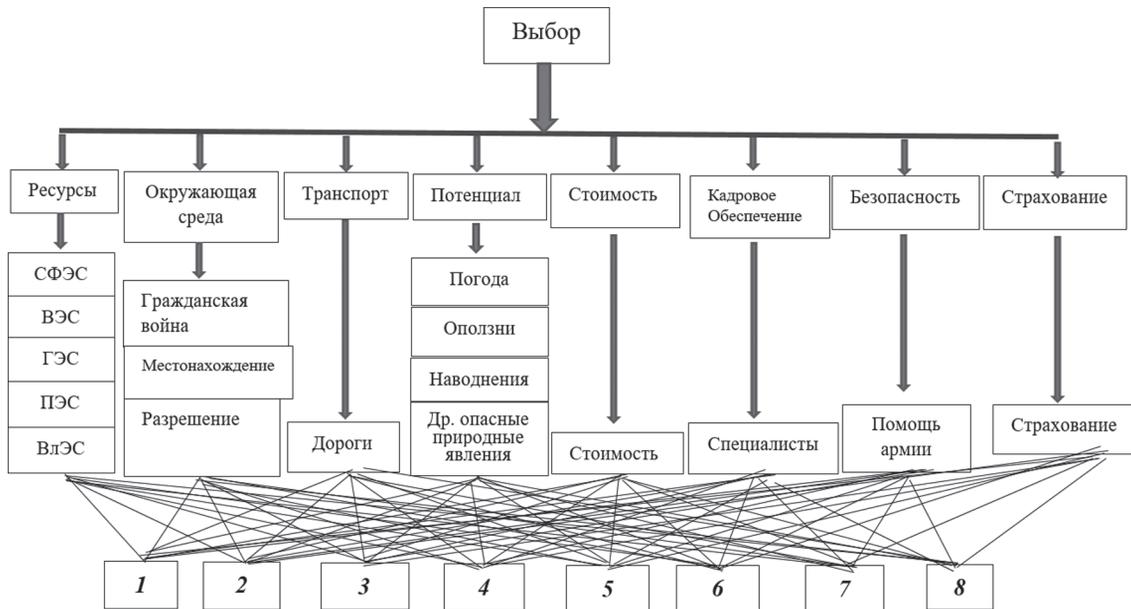


Рис. 2. Выбор оптимального места для размещения солнечной станции в Мьянме с помощью аналитического иерархического процесса:

1 — Нейпидо; 2 — Янгон; 3 — Мандалай; 4 — Мьичина; 5 — Лашо; 6 — Таунджи; 7 — Калемь; 8 — Паго

Выполним следующие последовательные шаги процедуры.

**Шаг 1.** Возведем матрицу (1) в квадрат и преобразуем простые дроби в десятичные:

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 0,5 & 1 & 2 & 2 & 0,3333 & 0,3333 & 0,3333 & 0,3333 \\ 0,5 & 2 & 1 & 2 & 0,3333 & 1 & 0,3333 & 0,3333 \\ 0,5 & 0,5 & 0,3333 & 1 & 0,25 & 0,3333 & 0,25 & 0,25 \\ 1 & 3 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 2 & 2 & 0,5 & 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \cdot (2)$$

**Шаг 2.** Вычислим первый собственный вектор матрицы (2) (до четырех знаков после запятой):

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 3 & 1 & 2 & 1 & 2 \\ 0,5 & 1 & 2 & 2 & 0,3333 & 0,3333 & 0,3333 & 0,3333 \\ 0,5 & 2 & 1 & 2 & 0,3333 & 1 & 0,3333 & 0,3333 \\ 0,5 & 0,5 & 0,3333 & 1 & 0,25 & 0,3333 & 0,25 & 0,25 \\ 1 & 3 & 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 2 & 2 & 0,5 & 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 2 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \cdot (3)$$

**Шаг 3.** Умножим матрицу (3) на себя:

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 8,5 & 23,5 & 19,9999 & 26 \\ 3,9999 & 10,333 & 8,333 & 12,1664 \\ 4,33325 & 106664 & 10,6664 & 13,4998 \\ 2,2083 & 5,3332 & 4,8332 & 6,3332 \\ 8 & 22 & 19,6666 & 25 \\ 6,5 & 18 & 15,6666 & 19,5 \\ 7 & 18,5 & 17,1666 & 22 \\ 6 & 16 & 14,6666 & 17,5 \\ 8,5832 & 11,6665 & 9,0832 & 10,0832 \\ 3,16645 & 5,3331 & 3,3331 & 3,8331 \\ 3,83315 & 5,3331 & 3,9998 & 4,4998 \\ 1,98603889 & 2,91655 & 2,111039 & 2,611039 \\ 6,9998 & 10,6665 & 7,4998 & 8,4998 \\ 5,8332 & 8,3332 & 6,3332 & 6,8332 \\ 6,1665 & 9,1665 & 6,6665 & 7,6665 \\ 5,4999 & 7,3332 & 5,9999 & 6,4999 \end{pmatrix} \end{matrix} \cdot (4)$$

Сумма столбцов матрицы (4) образует матрицу-столбец (5):

$$\begin{matrix} \begin{matrix} 117,416 \\ 50,49805 \\ 56,8317 \\ 28,33257 \\ 108,3325 \\ 86,9994 \\ 94,3326 \\ 79,4995 \end{matrix} \end{matrix} \cdot (5)$$

Сумма элементов матрицы-столбца (5) дает число  $S = 622,2423$ .

Разделив матрицу-столбец (5) на ее сумму  $S$ , получим матрицу-столбец значений относительной важности критериев  $k_i$ , причем наиболее значимым является тот критерий, величина которого больше.

$$\begin{pmatrix} 0,1887 \\ 0,0811 \\ 0,0913 \\ 0,0455 \\ 0,1741 \\ 0,1382 \\ 0,1517 \\ 0,1280 \end{pmatrix} \cdot \quad (6)$$

Иными словами, рейтинг критериев  $r_i$  соответствует важности критерия (6)

$$\begin{matrix} r_i \\ \Rightarrow \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \\ 6 \\ 8 \\ 2 \\ 4 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \begin{matrix} k_i \\ \Rightarrow \end{matrix} \begin{pmatrix} 0,1887 \\ 0,0811 \\ 0,0913 \\ 0,0455 \\ 0,1741 \\ 0,1382 \\ 0,1517 \\ 0,1280 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

или рейтинг взаимного предпочтения критериев для рассматриваемой задачи будет соответствовать виду в табл. 1.

Для выбора мест размещения солнечных электростанций используем описанную процедуру с учетом рис. 2. В результате расчета получим результат, представленный в табл. 2.

Процедура выбора может считаться правильно организованной, если сумма значений  $k_i = 1$ .

Таблица 1

### Весовые коэффициенты критериев

Критерии	$k_i$	$r_i$
Ресурсы	0,1887	1
Окружающая среда	0,0811	7
Транспорт	0,0913	6
Потенциал	0,0455	8
Стоимость	0,1741	2
Специалисты	0,1382	4
Безопасность	0,1517	3
Страхование	0,1280	5

Таблица 2

### Весовые коэффициенты критериев

Город	$k_i$	Рейтинг $r_i$
Нейпидо	0,203288	1
Янгон	0,159138	2
Мандалай	0,156988	3
Мьичина	0,079550	7
Лашо	0,113563	5
Таунджи	0,116138	4
Калемьо	0,065738	8
Паго	0,105600	6

#### Рекомендация

Солнечная энергия в Мьянме хорошо улавливается как на наземных, так и на крышных установках. Однако на данный момент доминируют крупные солнечные электростанции. Тем не менее, это может измениться, поскольку солнечная энергия — бизнес будущего, и мир движется к более экологичным и чистым источникам энергии. Использование солнечной фермы не похоже на работу обычной фермы или обычной электростанции. Это требует более обширных знаний о работе схемы электропитания, а также о принципах получения энергии от солнечного света.

По итогам расчета лучшим местом для строительства солнечной станции стал город Нейпидо (0,203288).

#### Выбор площадок для размещения гидроэлектростанций

Расчет выполнен аналогичным образом, поэтому, исключив промежуточные результаты, приведем результирующую таблицу оптимальных мест размещения гидроэлектрических станций (рис. 3, табл. 3).

#### Рекомендация

Полученный результат показал, что лучшим местом для размещения гидроэлектростанций в Мьянме является приморская часть страны (Енанджаун).

Таблица 3

### Весовые коэффициенты критериев

Город	$k_i$	Рейтинг $r_i$
Мавлайк	0,093188	6
Калемьо	0,092438	8
Моуньюа	0,099063	4
Мьинджан	0,092625	7
Пакхоуку	0,098500	5
Енанджаун	0,183625	1
Магуэ	0,177063	2
Таемьо	0,163500	3

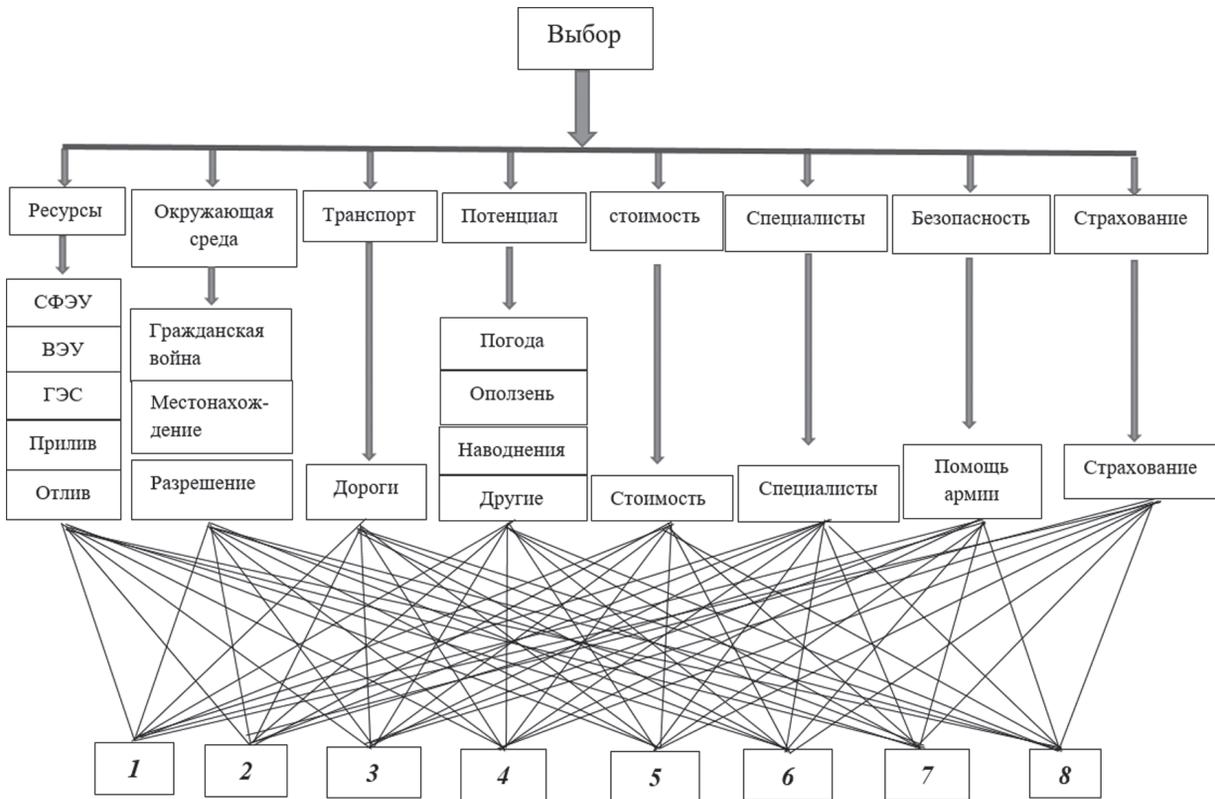


Рис. 3. Выбор оптимального места сооружения гидроэлектрических станций в Мьянме с помощью аналитического иерархического процесса

1 — Мавлайк; 2 — Калемьо; 3 – Моуньюа; 4 – Мьинджа; 5 — Пакхоуку; 6 — Енанджаун; 7 — Магуэ; 8 — Таемьо

**Выбор площадок для размещения оффшорных ветроэлектростанций**

Результаты расчета даны на рис. 4 и в табл. 4.

*Рекомендация*

Доказано, что лучшим местом для размещения оффшорных ветроэлектростанций в Мьянме считается Моламайн (1).

**Выбор площадок для размещения приливных электростанций**

Итоги вычислений представлены на рис. 5 и в табл. 5.

Таблица 4

**Рейтинг возможных городов и провинций для размещения ветровых электростанций**

Город	$k_i$	Рейтинг $r_i$
Пон Наа Куйн	0,086175	7
Каук Пью	0,088875	6
Таунг Гок	0,082575	8
А Ток	0,093375	5
П Тейн (1)	0,162038	3
П Тейн (2)	0,164713	2
Моламайн (1)	0,164825	1
Моламайн (2)	0,157425	4

*Рекомендация*

Наиболее благоприятна для строительства приливных электростанций Мьянмы точка б в акватории страны.

**Выводы**

Задача определения оптимального распределения электрических станций по территории актуальна для любой страны, особенно это относится к размещению электростанций на основе ВИЭ.

Проблема определения условий, способствующих и препятствующих освоению энергетических ресур-

Таблица 5

**Рейтинг точек для размещения приливных электростанций**

Точка	$k_i$	Рейтинг $r_i$
1	0,1019	6
2	0,0944	8
3	0,0954	7
4	0,1028	5
5	0,1532	2
6	0,1577	1
7	0,1500	3
8	0,1448	4

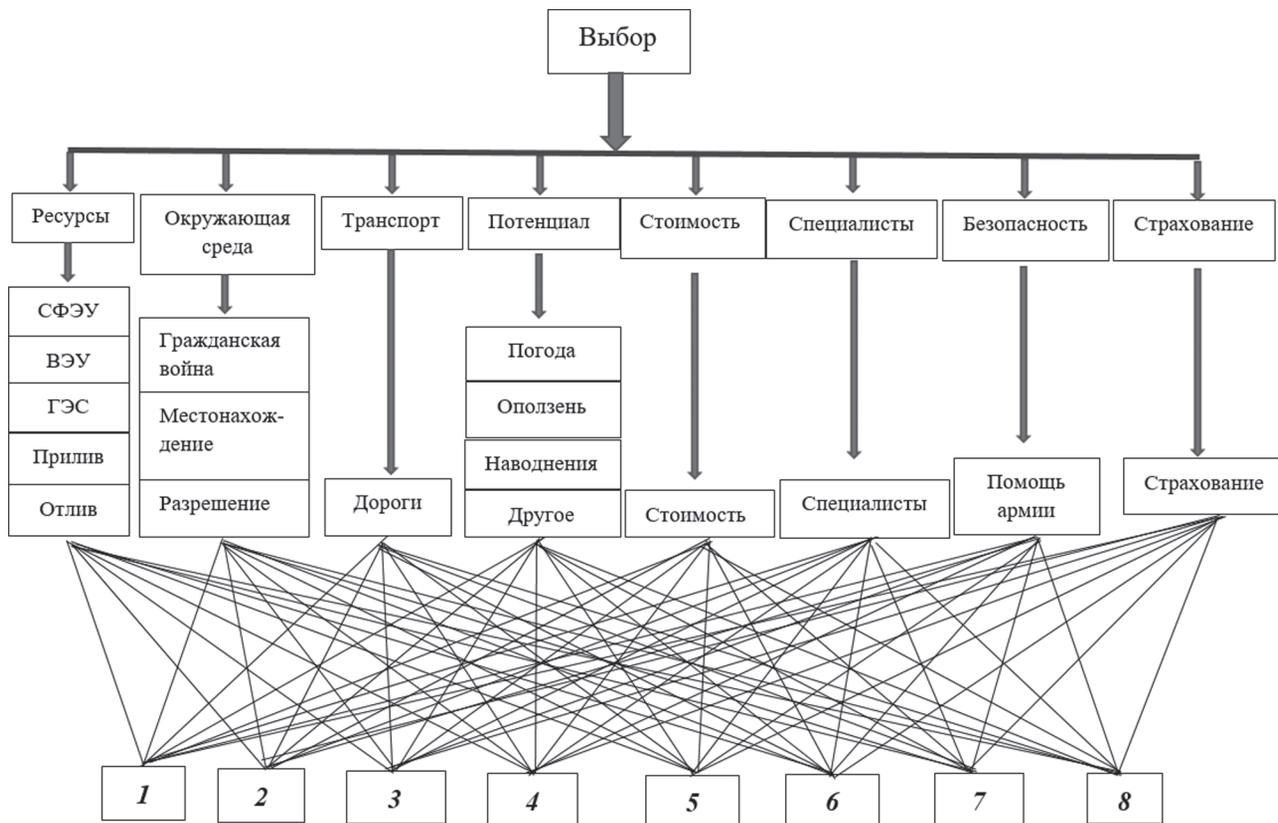


Рис. 4. Выбор оптимального места для установки ветровых электростанций на шельфе Мьянмы с использованием аналитического иерархического процесса

1 — Пон Наа Куйн; 2 — Каук Пью; 3 — Таунг Гок; 4 — А Ток; 5 — П Тейн (1); 6 — П Тейн (2); 7 — Моламайн (1); 8 — Моламайн (2)

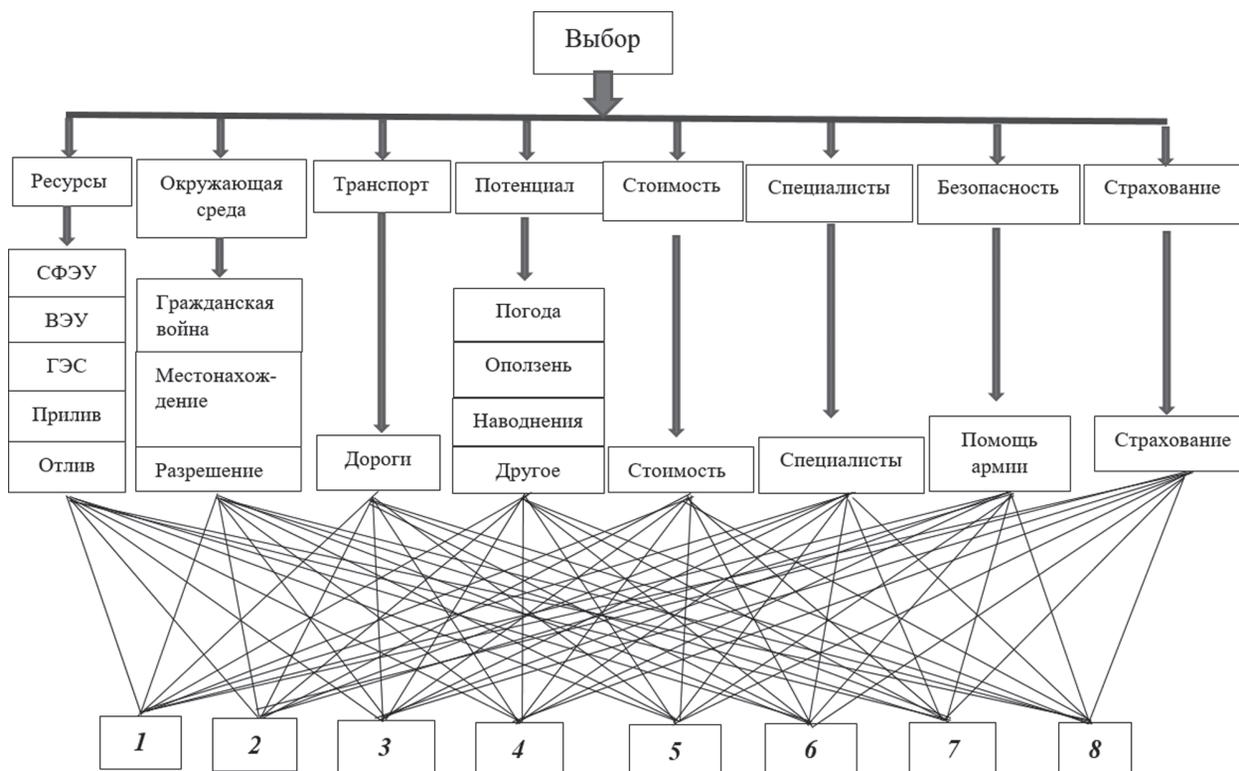


Рис. 5. Выбор наиболее оптимального места для строительства приливных станций с помощью аналитического иерархического процесса на шельфе Мьянмы:

1 — 5 — точки размещения приливных электростанций

сов, крайне важна для планирования стратегии развития энергетики.

Использование метода аналитического иерархического процесса позволяет грамотно согласовать методы формальной оптимизации и принятия решений.

### Литература

1. **Ресурсы** и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002.

2. **Саати Т., Кернес К.** Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.

3. **Гриценко С.А., Храмов В.Ю.** Косвенные методы построения функций принадлежности систем поддержки принятия решений с нечеткой логикой // Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия «Системный анализ и информационные технологии». 2017. № 4. С. 126—133.

4. **Солнечная энергия в Мьянме** [Электрон ресурс] [www.ru.abcdef.wiki/wiki/Solar\\_power\\_in\\_Myanmar](http://www.ru.abcdef.wiki/wiki/Solar_power_in_Myanmar) (дата обращения 25.10.2021).

5. **Thu Yein Min, He Haiyang, Tyagunov M.G.** Selection of Optimal Places for Constructions of Renewable Energy Stations in Myanmar Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Method // Proc. E3S Web Conf. 2021. V. 270. P. 01022.

### Сведения об авторах:

**Ту Рейн Мин** — аспирант кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ»

**Шестопалова Татьяна Александровна** — кандидат технических наук, заведующая кафедрой гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ», e-mail: Tatyana64.08@mail.ru

**Тягунов Михаил Георгиевич** — доктор технических наук профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ», e-mail: mtyagunov@mail.ru

**Хе Хайян** — магистр техники и технологий по направлению «Электроэнергетика и электротехника»

### Information about authors:

**Thu Yein Min** — Ph.D.-student of Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources Dept., NRU MPEI

**Shestopalova Tatyana A.** — Ph.D. (Techn.), Head of Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources Dept., NRU MPEI, e-mail: Tatyana64.08@mail.ru

**Tyagunov Mikhail G.** — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Hydro Power Engineering and Renewable Energy Sources Dept., NRU MPEI, e-mail: mtyagunov@mail.ru

**He Haiyang** — Master of Engineering and Technology in the Direction of «Electric Power and Electrical Engineering»

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Статья поступила в редакцию:** 28.11.2021

**The article received to the editor:** 28.11.2021

Метод оптимизации основан на попарном переборе вариантов, что позволяет избежать трудностей, связанных с видом целевой функции, опробован при решении задач размещения электростанций на основе ВИЭ на территории Мьянмы и показал хорошее совпадение с исследованиями других авторов для отдельных видов ВИЭ.

### References

1. **Resursy i Effektivnost' Ispol'zovaniya Vozobnovlyemykh Istochnikov Energii v Rossii.** SPb.: Nauka, 2002. (in Russian).

2. **Saati T., Kernes K.** Analiticheskoe Planirovanie. Organizatsiya Sistem. M.: Radio i Svyaz', 1991. (in Russian).

3. **Gritsenko S.A., Khramov V.Yu.** Kosvennye Metody Postroeniya Funktsiy Prinadlezhnosti Sistem Podderzhki Prinyatiya Resheniy s Nechetkoy Logikoy. Vestnik Voronezhskogo Gos. Un-ta. Seriya «Sistemnyy Analiz i Informatsionnye Tekhnologii». 2017;4:126—133. (in Russian).

4. **Solnechnaya Energiya v M'yanme** [Elektron Resurs] [www.ru.abcdef.wiki/wiki/Solar\\_power\\_in\\_Myanmar](http://www.ru.abcdef.wiki/wiki/Solar_power_in_Myanmar) (Data Obrashcheniya 25.10.2021). (in Russian).

5. **Thu Yein Min, He Haiyang, Tyagunov M.G.** Selection of Optimal Places for Constructions of Renewable Energy Stations in Myanmar Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Method. Proc. E3S Web Conf. 2021;270:01022.