

Научная статья  
УДК 338.2: 662.323.012  
DOI 10.18101/2304-4446-2024-3-106-115

### КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© Салько Мирослава Геннадьевна  
кандидат экономических наук, доцент  
salkomg@tyuiu.ru

© Милорадов Артем Романович  
обучающийся  
artem23364@mail.ru

Тюменский индустриальный университет  
Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена ростом числа автономных нефтегазовых месторождений, находящихся далеко от центральных систем энергоснабжения. В настоящее время все большую популярность приобретают альтернативные источники энергии как ресурса обеспечения тепло-, электроэнергией удаленных нефтегазовых месторождений. Вместе с тем экономическая оценка сравнения различных вариантов энергоснабжения ограничена и не в полной мере оценивает потенциал использования возобновляемых источников энергии. Целью настоящего исследования является разработка методического подхода к комплексной оценке экономического потенциала и обоснования выбора системы автономного энергоснабжения нефтегазовых месторождений. В статье приведена сравнительная характеристика различных видов источников энергии, их достоинства и недостатки. Авторами представлен алгоритм комплексной оценки, включающий этапы обоснованности выбора оптимального варианта энергоснабжения автономного месторождения. С целью повышения аргументированности выбора источника энергоресурсов авторами предложен комплекс показателей, учитывающий результаты макроэкономического анализа использования альтернативных источников энергии уровень инновационного развития технологий, степень влияния стейкхолдеров, природно-географические особенности размещения объекта энергоснабжения и др. Представлен фрагмент комплексной оценки вариантов энергоснабжения нефтегазового месторождения, размещенного в Арктической зоне.

**Ключевые слова:** энергоснабжение, альтернативные источники энергии, автономное нефтегазодобывающее предприятие, комплексная оценка, интегральный показатель.

#### Для цитирования

Салько М. Г., Милорадов А. Р. Комплексная экономическая оценка выбора технологии энергоснабжения автономного нефтегазодобывающего месторождения // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2024. № 3. С. 106–115.

Нефтегазовая отрасль играет ключевую роль в экономике нашей страны по сей день. Основная часть российских запасов нефти и газа сосредоточена в районах Крайнего Севера со сложно организованной инфраструктурой. Так, в Арк-

тике добывается около 80% природного газа и 60% нефти<sup>1</sup>. При освоении новых месторождений со значительной удаленностью от инфраструктурных объектов актуальным вопросом является энергоснабжение производственных объектов. Выбор и применение на практике оптимального метода энергоснабжения для конкретного месторождения являются залогом успешности проводимых на месте работ и стабильного функционирования производственного объекта в целом.

Разработка новых нефтегазовых месторождений в условиях значительной удаленности от транспортных магистралей и электрических сетей решается путем строительства электростанций для собственных нужд (ЭСН) непосредственно в районе месторождения [9].

Наибольшее распространение ЭСН для производственных объектов Арктического региона получили такие как [5; 8]:

- дизельные электростанции — наиболее распространенный тип автономных электростанций на нефтегазовых месторождениях;
- ветрогенераторы, которые становятся все более популярными на автономных электростанциях на месторождениях;
- гелиоэнергетика — еще один популярный вид автономных электростанций на нефтегазовых месторождениях;
- газотурбинные установки — используются за счет добываемых углеводородов.

Сравнительная характеристика наиболее популярных способов автономного энергоснабжения и альтернативных источников энергии представлена в таблице 1.

Таблица 1

*Сравнительная характеристика вариантов энергообеспечения автономного месторождения за счет различных источников*

Вид	Достоинства	Недостатки
Гелиоэнергетика	<ul style="list-style-type: none"><li>– высокая доступность и устойчивость возобновления энергоресурса;</li><li>– относительная экономичность используемых технологий добычи энергоресурса по сравнению с традиционными топливными источниками;</li><li>– экономичность обслуживания техники гелиоэнергетики по сравнению с традиционной технологией получения энергии;</li><li>– низкие показатели загрязнения окружающей среды</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– периодичность добычи солнечной энергии в светлое время суток;</li><li>– требует использования аккумуляторов для накопления электроэнергии в светлое время суток, утилизация которых дорогостоящая;</li><li>– влияние погодных условий на наличие солнечного света;</li><li>– для высокой производительности требуются значительные открытые территории (без возможных теней) для размещения солнечных батарей;</li><li>– относительно высокие первоначальные инвестиции;</li><li>– размещение солнечных батарей на больших площадях может привести к изменению ландшафта территорий и среды флоры и фауны</li></ul>

<sup>1</sup> Инфографика о геологоразведке на нефть и газ / Lifejournal. Изображение: электронное // [iv-g.livejournal.com](https://iv-g.livejournal.com/1455064.html) = Карта геологоразведки: [сайт]. URL: <https://iv-g.livejournal.com/1455064.html> (дата обращения: 09.03.24). Текст: электронный.

Ветроэнергетика	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;</li> <li>– неисчерпаемость природного ресурса;</li> <li>– низкие эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной энергетикой.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– зависимость от наличия и силы ветра;</li> <li>– использование аккумуляторных батарей для накопления энергии в периоды безветрия, утилизация которых дорогостоящая;</li> <li>– значительный уровень шума, при работе ветряков, которая приводит к изменению экосистемы фауны в регионе;</li> <li>– технологическая ограниченность наращивания энергоэффективности установок;</li> <li>– стоимость оборудования и соответственно электроэнергии намного выше, чем цена сетевого электричества;</li> <li>– окупаемость оборудования с ростом его мощности значительно снижается. Наиболее производительные станции полностью не окупаются</li> </ul>
Энергия морских волн и океанов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие выбросов вредных веществ в окружающую среду;</li> <li>– возможность прогнозирования получаемой энергии в долгосрочной перспективе;</li> <li>– низкие эксплуатационные затраты технологических установок;</li> <li>– длительный срок эксплуатации технологических установок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– цикличность работы и зависимость от силы волны;</li> <li>– использование аккумуляторных батарей для накопления энергии в периоды штиля, утилизация которых дорогостоящая;</li> <li>– низкий показатель энергоэффективности технологических установок;</li> <li>– высокие первоначальные инвестиции</li> </ul>
Гидроэнергетика малых рек	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использование на малых реках и ручьях с низким уровнем воды;</li> <li>– низкие инвестиционные затраты на установку гравитационно-вихревых устройств;</li> <li>– высокая энергоэффективность технологических установок по сравнению с традиционной гидроэнергетикой;</li> <li>– отсутствие выбросов вредных веществ в окружающую среду;</li> <li>– отсутствие необходимости затопления земель и нарушения экосистемы региона</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сложная конструкция технологических установок и дорогостоящее сервисное обслуживание;</li> <li>– нарушение нереста рыб в реках и экосистемы флоры и фауны в месте размещения гравитационно-вихревых устройств</li> </ul>

Водородная энергетика	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неисчерпаемость ресурсов для производства энергии (вода);</li> <li>- возможность использования водорода на идентичных технологических установках, работающих на топливе;</li> <li>- отсутствие токсичности;</li> <li>- высокий уровень энергоэффективности по сравнению с другими топливными энергоресурсами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие трудностей с хранением и транспортировкой водорода (особые требования к таре);</li> <li>- взрывоопасность водорода;</li> <li>- высокие инвестиционные затраты;</li> <li>- – высокие эксплуатационные затраты на производство водорода</li> </ul>
Биоэнергетика	<ul style="list-style-type: none"> <li>– использование вторичных энергетических ресурсов;</li> <li>– сокращение загрязнения окружающей среды за счет переработки биоотходов;</li> <li>– низкая себестоимость получаемой энергии;</li> <li>– значительная экономическая эффективность биоэнергетических установок по сравнению с другими технологиями ликвидации загрязнения окружающей среды биологическими отходами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– наличие выброса вредных веществ в окружающую среду за счет сжигания биогаза;</li> <li>– зависимость места размещения установки от территории нахождения источников сырья (крупные животноводческие комплексы и т. п.);</li> <li>– высокие первоначальные инвестиционные затраты</li> </ul>
Энергетика вторичных ресурсов (газотурбинные, дизельные электростанции и т. п.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возможность совмещения выработки энергии за счет традиционных топливных источников энергии;</li> <li>– сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду за счет их вторичной переработки;</li> <li>– низкие инвестиционные и эксплуатационные затраты технологических установок вторичных ресурсов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– абсолютная зависимость первичных источников энергии, вырабатывающих избыточные газы и тепло;</li> <li>– ограниченность использования вторичных ресурсов для вторичной переработки (не все отходы возможно сжигать);</li> <li>– исчерпаемость вторичных ресурсов;</li> <li>– выбросы CO<sub>2</sub> в окружающую среду, при сжигании вторичных ресурсов;</li> <li>– низкий уровень энергоэффективности, зависящий от первичных источников</li> </ul>

Вместе с тем все большую популярность набирают инновационные проекты по автономному энергоснабжению производственных объектов нефтегазодобывающих комплексов [1; 2; 4].

Каждый вид энергоснабжения обладает различными достоинствами и недостатками и с целью обоснованного выбора требуется учесть ряд условий их использования. Например, принять к рассмотрению энергетику морских волн и океанов представляется возможным в случае близкого расположения нефтегазового месторождения к морю или океану. Высокие инвестиции и длительный пе-

риод окупаемости будут зависеть от спроса и цен на конечный продукт (нефть и природный газ). Использование вторичных энергоресурсов зависит от технологии добычи нефти и типа оборудования, применяемого в производстве.

С целью обоснованности выбора системы автономного энергоснабжения нефтегазового месторождения авторами сформирован алгоритм выбора источников электроэнергии с учетом условий их использования (рис. 1).

Каждый этап алгоритма обеспечивается методическим инструментарием, позволяющим повысить надежность и аргументированность принимаемых решений. Вместе с тем большинство измеряемых показателей является разноизмеримыми и разнонаправленными. Например, предприятия заинтересовано в росте природно-географической доступности различных энергоресурсов — увеличение показателя, а сокращение уровня выбросов вредных веществ в окружающую среду — снижение показателя [3].

С целью выравнивания различных оцениваемых критериев авторами предложено использование комплексного интегрального показателя. Для его расчета необходимо выполнить нормирование значений полученных первичных данных по формуле [6]:

$$z_{ij} = \frac{a_{ij} - \bar{a}_j}{a_j^{\max} - a_j^{\min}}, \quad (1)$$

где:  $z_{ij}$  — нормированное значение измеряемого показателя  $a_{ij}$ ;

$\bar{a}_j$  — среднее значение показателя по  $j$ -тому периоду наблюдения;

$a_j^{\max}$ ,  $a_j^{\min}$  — соответственно наибольшее, наименьшее значение измеряемого показателя.

Нормированные значения измеряются от 0 до 1. Полученные нормативные значения показателей переводятся в баллы по шкале от 0 до 5, где лучшему значению показателя присваивается 5 баллов, наихудшему — 0 баллов. Впоследствии значение баллов суммируется по отдельным этапам (1–5) и подсчитывается итоговая сумма с целью получения интегральной оценки.

На 6-м этапе после получения интегральной оценки выполняется технико-экономическое обоснование двух наиболее перспективных вариантов энергоснабжения месторождения и выбирается лучший. На данном этапе производится расчет объема генерации тепло- и электроэнергии, чистый дисконтируемый доход по проекту, срок его окупаемости и внутренняя норма доходности [7; 8]. Выбирается тот вариант энергоснабжения, который получил лучшие значения по проекту.



Рис. 1. Алгоритм выбора оптимального варианта системы автономного энергоснабжения нефтегазового месторождения

После полученных результатов расчетов оценки обоснованности варианта автономного энергоснабжения осуществляется подготовка к его реализации и осуществление выбранного проекта. В процессе его реализации выполняется контроль и мониторинг текущих показателей и в случае необходимости вносятся корректировки, дополнения и/или модернизация проекта с целью повышения его эффективности с учетом изменения факторов и условий его исполнения [11].

Фрагмент интегральной оценки альтернативных вариантов энергоснабжения нефтегазового месторождения «Х» по этапам 1–5 представлен в таблице 2.

По итогам интегральной оценки наиболее перспективными вариантами энергоснабжения выбранного нефтегазового месторождения являются гелиоэнергетика ветроэнергетика. Причем наилучшие оценки были получены на этапе оценки инновационного развития технологий, влияния стейкхолдеров и доступности ресурсов.

Сравнительная характеристика экономических показателей оценки проектов энергоснабжения нефтегазового месторождения по двум вариантам представлена на рисунке 2.

По результатам экономической оценки двух проектов наиболее эффективным является строительство ветроэлектростанции, что в основном обусловлено более низкими объемами капитальных вложений и эксплуатационными затратами.

Предложенный авторами методический подход к комплексной экономической оценке позволил повысить обоснованность выбора вида энергоснабжения нефтегазового месторождения.

Таблица 2

*Интегральная оценка альтернативных вариантов автономного энергоснабжения нефтегазового месторождения\* (фрагмент)*

Показатель	Гелиоэнергетика		Ветроэнергетика		Энергия морских волн и океанов		Гидроэнергетика малых рек		Водородная энергетика		Биоэнергетика		Энергетика вторичных ресурсов	
	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл	$z_{ij}$	Балл
1.1.	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2
1.2.	0,2	1	0,3	2	0,1	1	0,2	2	0,3	2	0,1	1	0,3	1
Всего по 1	x	3	x	4	x	36	x	4	x	4	x	3	x	3
2.1.	0,3	2	0,7	4	0,4	2	0,4	2	0,8	4	0,1	1	0,3	2
2.2.	0,6	3	0,3	1	0,1	1	0,2	1	0,4	2	1	1	0,7	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего по 2	x	10	x	9	x	10	x	8	x	11	x	6	x	10
3.1.	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,3	3	0,3	3	0,2	4	0,8	3
3.2.	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,4	2	0,2	4	0,3	3	0,9	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего по 3	x	14	x	13	x	10	x	8	x	10	x	12	x	10
4.1.	0,9	4	0,7	3	0,3	2	0,3	2	0,2	1	0,1	1	0,6	3
4.2.	0,1	5	0,1	5	0,2	4	0,4	2	0,3	3	0,6	2	0,9	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего по 4	x	14	x	13	x	11	x	9	x	9	x	8	x	8

М. Г. Салько, А. Р. Милорадов. Комплексная экономическая оценка выбора технологии энергоснабжения автономного нефтегазодобывающего месторождения

5.1.	0,8	4	0,8	4	0,4	2	0,6	3	0,7	4	0,6	3	0,7	4
5.2.	0,2	1	0,3	2	0,1	1	0,2	2	0,3	2	0,1	1	0,3	3
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Всего по 5	x	10	x	11	x	8	x	7	x	8	x	5	x	12
ИТОГО	x	51	x	50	x	43	x	36	x	42	x	34	x	41

\* нефтегазовое месторождение в Арктическом регионе находится около 300 км от ближайшего населенного пункта, располагается вблизи моря и нескольких рек. В районе месторождения сильные ветра, короткое прохладное лето, длительные периоды полярного солнца и полярной ночи.

Рекомендуемый алгоритм и система оцениваемых показателей дает возможность всестороннего анализа традиционных и альтернативных источников энергии. Такой подход создает предпосылки для развития методического инструментария оценки эффективности использования различных энергоресурсов промышленных предприятий [10]. В этом случае допускается дополнение и расширение системы оцениваемых показателей на каждом этапе.

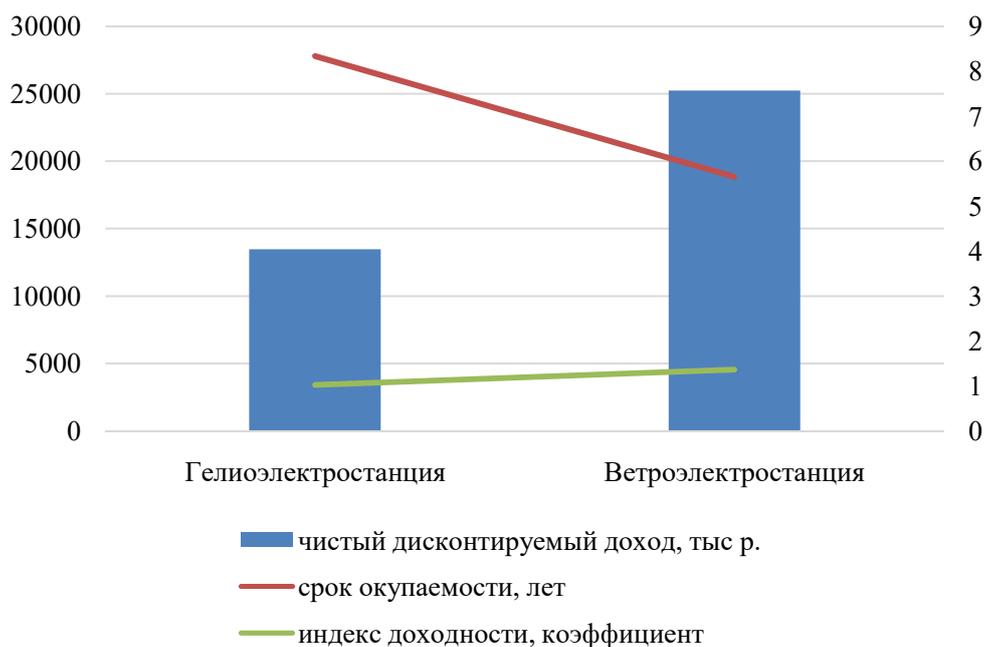


Рис. 2. Сравнительная характеристика экономических показателей проектов энергоснабжения нефтегазового месторождения

В целом, авторские рекомендации позволили расширить спектр методических инструментов обоснования реализации проектов в области энергообеспечения автономных нефтегазовых месторождений и повысить доказательность принимаемых управленческих решений по выбору видов энергоресурсов.

### Литература

1. Marcon Nora G. A., Alberton A., Ayala D. H. F. Stakeholder theory and actor-network theory: The stakeholder engagement in energy transitions. *Business Strategy and the Environment*. 2023; 32. 1: 673–685.
2. The future of Green energy: A panel study on the role of renewable resources in the transition to a Green economy / B. Li, J. Wang, A. A. Nassani [et al.]. *Energy Economics*. 2023; 127: 107026.
3. Бардаханова Т. Б., Мункуева В. Д. Использование DPSIR для сравнения методологических подходов к измерению эколого-экономической информации // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2020. № 3. С. 12–21. Текст: непосредственный
4. Белан С. И., Бадавов Г. Б., Гусейнов Н. М. Оценка современного состояния и потенциала использования возобновляемых источников энергии в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 3–1. С. 284–298. Текст: непосредственный
5. Иванников В. П. Исследование возможностей использования современных технологий производства энергоресурсов в нефтегазовой отрасли на основе возобновляемых источников энергии // Управление техносферой. 2019. Т. 2, № 1. С. 106–115. Текст непосредственный.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В. В. Бухмиров, Н. Н. Нурахов, П. Г. Косарев [и др.]. Томск: ИД ТГУ, 2014. 96 с. Текст: непосредственный.
7. Михайлова Э. А., Орлова Л. Н. Экономическая оценка инвестиций. Рыбинск: Изд-во РГАТА, 2018. 176 с. Текст: непосредственный.
8. Нечитайло А. Р., Маринина О. А. Анализ технологических направлений электрификации объектов добычи углеводородов на слабоосвоенных территориях // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. Т. 25, № 2(76). С. 45–57. Текст: непосредственный.
9. Орлов А. Оптимальное энергоснабжение нефтегазовых месторождений // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 10. С. 66–68. Текст: непосредственный
10. Согачева О. В. Методика и результаты комплексной оценки рыночного потенциала экономического субъекта // Регион: системы, экономика, управление. 2022. № 3(58). С. 76–83. Текст: непосредственный.
11. Эффективность использования современных источников энергии / О. А. Чеботарев, Е. С. Костеренко, Е. Д. Киричек, В. И. Карякин // Экологические проблемы региона и пути их разрешения: материалы XVI Международной научно-практической конференции (Омск, 12–13 мая 2022 г.). Омск: Изд-во Омского гос. техн. ун-та, 2022. С. 184–187. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 19.04.2024; одобрена после рецензирования 26.08.2024; принята к публикации 27.08.2024.

COMPREHENSIVE ECONOMIC EVALUATION OF THE CHOICE OF ENERGY SUPPLY TECHNOLOGY FOR AN AUTONOMOUS OIL AND GAS FIELD

*Miroslava G. Salko*  
Cand. Sci. (Econ.), A/Prof.  
salkomg@tyuiu.ru

*Artem R. Miloradov*  
Student  
artem23364@mail.ru

Industrial University of Tyumen  
38 Volodarskogo St., 625000 Tyumen, Russia

*Abstract.* The relevance of the study is due to the increasing number of autonomous oil and gas fields located far from central energy supply systems. Currently, alternative energy sources are gaining popularity as a means of providing heat and electricity to remote oil and gas fields. However, economic evaluations comparing different energy supply options are limited and do not fully assess the potential of using renewable energy sources. The aim of this research is to develop a methodological approach for a comprehensive assessment of the economic potential and justification of the choice of autonomous energy supply systems for oil and gas fields. The article provides a comparative analysis of various types of energy sources, outlining their advantages and disadvantages. The authors present a comprehensive evaluation algorithm, including stages for justifying the optimal choice of energy supply for an autonomous field. To enhance the justification of the energy resource choice, the authors propose a set of indicators that consider macroeconomic analysis of alternative energy sources, the level of technological innovation development, stakeholder influence, natural-geographic characteristics of the energy supply location, and other factors. A fragment of the comprehensive evaluation of energy supply options for an oil and gas field located in the Arctic zone is presented.

*Keywords:* energy supply, alternative energy sources, autonomous oil and gas production enterprise, comprehensive evaluation, integral indicator.

*For citation*

Salko M. G., Miloradov A. R. Comprehensive Economic Evaluation of the Choice of Energy Supply Technology for an Autonomous Oil and Gas Field. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2024; 3: 106–115 (In Russ.)

*The article was submitted 19.04.2024; approved after review 26.08.2024; accepted for publication 27.08.2024.*