

Оценка перспектив использования альтернативных источников энергии для электроснабжения горнодобывающих предприятий России

© 2017 г. Е.С. Селиверстов*

Статья посвящена оценке перспектив использования альтернативных и возобновляемых источников энергии – энергии ветра и Солнца для электроснабжения горнодобывающих предприятий России. Актуальность данной оценки связана с тем, что новые, неосвоенные месторождения полезных ископаемых зачастую находятся в отдаленных и труднодоступных районах и при их освоении возникают сложности с обеспечением предприятий электрической энергией. В статье представлен анализ ограничивающих факторов при использовании альтернативных и возобновляемых источников энергии на различных территориях России (природные условия, объем капитальных вложений, себестоимость электроэнергии). Важными достоинствами собственной генерации энергии на установках, использующих альтернативные и возобновляемые источники энергии, являются экономия операционных затрат, связанных с отсутствием закупок электроэнергии, независимость от поставок электроэнергии и состояния электрических сетей, экологическая чистота производства электроэнергии. В статье проведена оценка целесообразности использования энергии ветра и Солнца для электроснабжения проектируемого ГОКа на одном из месторождений Республики Саха (Якутия). Необходимость сравнения традиционных и альтернативных способов электроснабжения была обусловлена дороговизной электрической энергии и достаточно большими затратами на строительство ВЛ необходимой длины и понижающей подстанции. Для оценки целесообразности строительства установок, использующих энергию ветра и Солнца, в данной статье приведен анализ изменения итоговых показателей экономической эффективности в рамках инвестиционного проекта строительства всего проектируемого ГОКа. В статье произведен расчет параметров, установок, использующих альтернативные и возобновляемые источники энергии, которые могли бы полностью обеспечить потребность всех подразделений ГОКа в электроэнергии.

Ключевые слова: горнодобывающие предприятия, экономическая эффективность, энергия ветра, энергия Солнца, капитальные вложения, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, тарифы на электроэнергию, ограничивающие факторы

Введение

Новые, неосвоенные месторождения полезных ископаемых зачастую находятся в отдаленных и труднодоступных районах. Как следствие, при их освоении возникают сложности с обеспечением предприятий электрической энергией. Поэтому уделяется все большее внимание выбору современного, надежного и экономически эффективного способа электроснабжения горнодобывающих предприятий.

Для электроснабжения горнодобывающих предприятий в большинстве случаев используется покупная электроэнергия, выработанная централизованным способом и переданная по электрическим сетям, либо электроэнергия, выработанная на соб-

ственных автономных энергетических установках (дизельные электростанции, мини-ТЭЦ).

Большая часть такой электроэнергии вырабатывается за счет использования традиционных исчерпаемых источников энергии – природного газа, нефтепродуктов, ископаемого угля. Технология использования этих источников хорошо изучена, надежна, но имеет следующие ограничения:

- отсутствие либо неудовлетворительное состояние электросетей при значительной удаленности предприятий от генерирующих мощностей;
- скачкообразный рост цен на энергоносители (рис. 1) и, как следствие, существенное повышение тарифов на электроэнергию;
- жесткие экологические требования, которые затрудняют использование автономных энергетических установок.

Вышеназванные ограничения не характерны для нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) [1–5].

* Экономист, seliverstov-es@ustup.ru
ООО «Научно технический центр – Геотехнология», 454080, Челябинск, просп. Ленина, д. 83.

Достоинством НВИЭ является неисчерпаемость энергетических ресурсов, а основным недостатком – низкие плотности потока энергии, которые зачастую составляют 1–2 кВт/м² и меньше, в то время как на современных крупных электростанциях достигаются тысячекратно большие плотности потока энергии [6].

Перспективы использования энергии ветра и Солнца на различных территориях России

Наиболее доступными и распространенными из НВИЭ являются энергия Солнца и энергия ветра. Технология преобразования солнечной и ветровой энергии в электрическую уже достаточно хорошо разработана. В России в настоящее время функционируют как ветровые (ВЭС), так и солнечные (СЭС) промышленные электростанции.

ВЭС представляет собой несколько ветроэнергетических установок (ВЭУ), собранных в одном или нескольких местах на определенной территории и объединенных в единую электрическую сеть [1, 7, 8].

Существует несколько типов СЭС в зависимости от способов преобразования солнечной энергии в электрическую. Наибольшее распространение получило прямое преобразование солнечной энергии в электрический ток при помощи множества объединенных между собой фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) с покрытием из кремния с добавками других элементов [3, 9–16].

Важными достоинствами собственной генерации энергии на ВЭС и СЭС являются экономия операционных затрат, связанных с отсутствием закупок электроэнергии и состояния электрических сетей, экологическая чистота производства электроэнергии [17, 18].

Недостатками и рисками строительства ВЭС и СЭС являются: большая площадь отчуждаемых земель, невысокая надежность электроснабжения вследствие сильной зависимости от природно-климатических условий, довольно высокие затраты на строительство (25–37 тыс. руб/кВт установленной мощности для ВЭС и 100–150 тыс. руб/кВт установленной мощности для СЭС [9]), необходимость создания резервных генерирующих мощностей.

Для оценки перспектив использования СЭС и ВЭС на горнодобывающих предприятиях, прежде

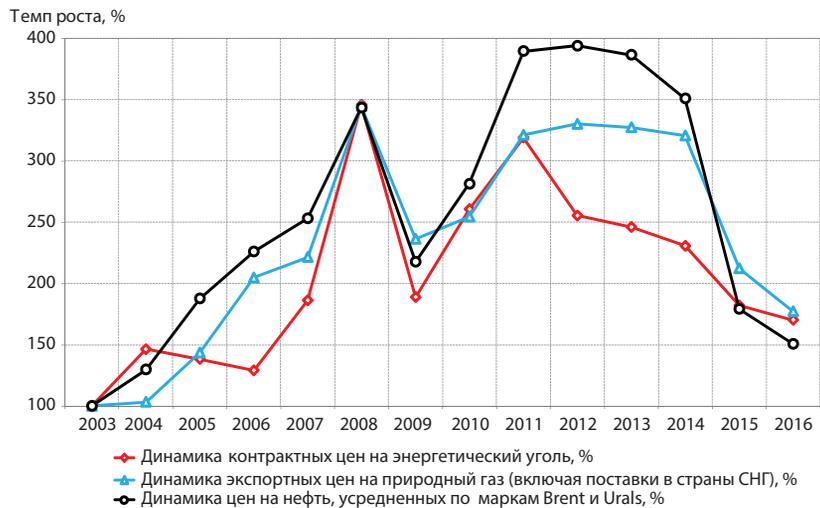


Рис. 1. Динамика изменения цен на основные энергетические ресурсы по отношению к 2003 году [1]
 [The dynamics of price changes for basic energy resources in relation to 2003]

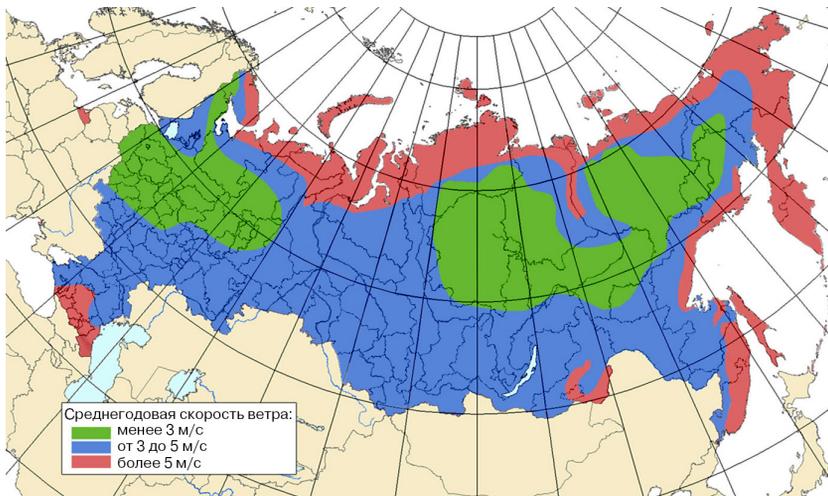


Рис. 2. Ветроэнергетические ресурсы России
 [Wind Energy Resources of Russia]

всего, необходимо оценить природно-климатические условия территорий их расположения, поскольку именно они являются наиболее важным фактором эффективности использования НВИЭ.

Если рассматриваемая территория благоприятна для использования НВИЭ, то можно проводить технико-экономическое обоснование и оценку эффективности строительства установок, использующих НВИЭ.

В большинстве случаев для обеспечения экономической эффективности строительства ВЭС минимально необходимая среднегодовая скорость ветра должна составлять 2,0–4,5 м/с. Для надежного обеспечения эффективной работы ВЭС среднегодовая скорость ветра должна находиться в диапазоне от 5 м/с до 25 м/с [7, 19–21].

Территория России по ветроэнергетическим ресурсам разделена на 3 крупные зоны (рис. 2).

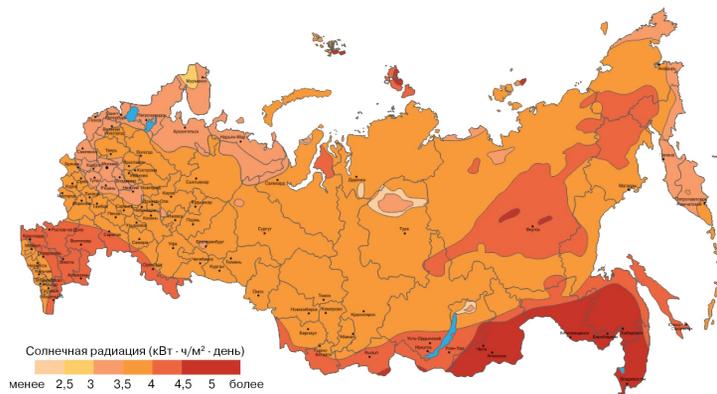


Рис. 3. Интенсивность солнечного излучения в России
[Intensity of solar radiation in Russia]

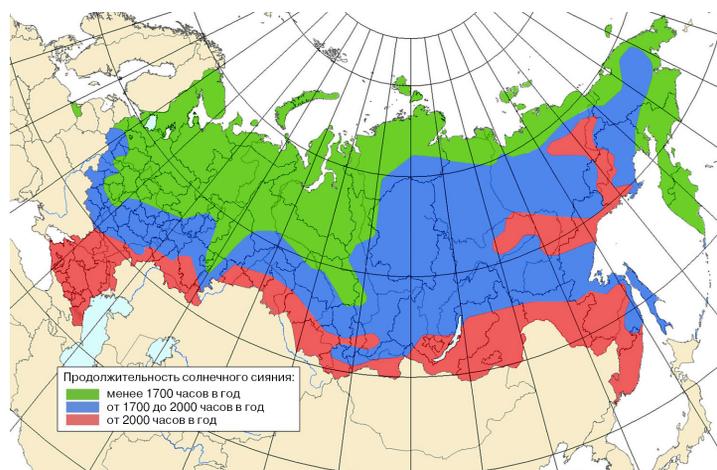


Рис. 4. Продолжительность часов солнечного сияния в России
[The duration of the hours of sunshine in Russia]

Согласно карте ветроэнергетических ресурсов России ветровые установки наиболее целесообразно размещать на Каспийском побережье, о. Сахалин, прибрежной части севера и востока страны, Крымском полуострове. На указанных территориях среднегодовая скорость ветра выше 5 м/с, часто наблюдаются ураганные ветры.

Наименее целесообразно размещать ВЭС на территориях центральной европейской части России, северо-западной части Восточной Сибири, где скорость ветра менее 3 м/с, поэтому использование ВЭС на данных территориях малоперспективно.

На большей части России среднегодовая скорость ветра составляет от 3 до 5 м/с, как следствие, здесь возможно использование ВЭС только при наличии других благоприятных факторов.

Основными определяющими факторами использования энергии Солнца являются интенсивность солнечного излучения, приходящаяся на единицу площади, – кВт·ч/м²·день или кВт/м² (Вт/м²) (рис. 3) и продолжительность часов солнечного сияния (рис. 4).

В большинстве случаев среднегодовой уровень интенсивности солнечного излучения 11–12 кВт·ч/м² является достаточным для того, чтобы строительство солнечной электростанции было экономически целесообразным.

Сопоставляя карты на рис. 3 и 4, можно сделать вывод, что в России наиболее перспективными районами для строительства солнечных электростанций являются побережья Черного, Каспийского и Азовского морей, Северный Кавказ, юг Западной Сибири, Прибайкалье и Дальний Восток. В большинстве этих регионов установлены достаточно высокие тарифы на электрическую энергию, которые достигают 4–7 руб/кВт·ч и более [22], в то время как себестоимость электроэнергии, полученной на ВЭС и СЭС, составляет примерно 3,5 и 4,5 руб/кВт·ч, соответственно. Следовательно, здесь имеется возможность эффективного использования энергии ветра и Солнца в промышленных масштабах.

Ключевой характеристикой ветровых и солнечных электростанций является электрическая мощность (N , Вт), определяемая по формулам (1) для ветровой энергетической установки и (2) для солнечной электростанции с фотоэлементами [20]:

$$N = \eta_B \cdot \eta_{ЭГ} \cdot \rho \cdot \pi \cdot L^2 \cdot \frac{w^3}{2}, \quad (1)$$

где η_B – КПД ветродвигателя (0,20–0,30 для вертикальных и 0,25–0,35 для горизонтальных ветрогенераторов); $\eta_{ЭГ}$ – электрический КПД ветрогенератора и преобразователя (в пределах 0,70–0,85); ρ – плотность воздуха, кг/м³ (при температуре +15 °С $\rho = 1,225$ кг/м³); L – длина лопасти ветроколеса, м; w – скорость ветра, м/с.

$$N = \eta_{ФЭ} \cdot F_{ФЭ} \cdot I, \quad (2)$$

где $\eta_{ФЭ}$ – КПД фотоэлектрических преобразователей (0,12–0,17); $F_{ФЭ}$ – общая площадь, м²; I – интенсивность солнечного излучения, Вт/м².

Иностранные компании уже выпускают ВЭУ мощностью до 3–5 МВт. Значительную электрическую мощность на СЭС также можно получить путем соединения фотоэлементов друг с другом.

Оценка целесообразности использования энергии ветра и Солнца для электроснабжения проектируемого ГОКа

Технико-экономическая оценка перспектив использования альтернативных и возобновляемых источников электроэнергии была проведена на примере проектируемого ГОКа на базе одного из месторождений в Республике Саха (Якутия) в рам-

ках разработки ТЭО выбора оптимального способа электроснабжения.

Необходимость сравнения традиционных и альтернативных способов электроснабжения была обусловлена дороговизной электрической энергии, с одной стороны, и с другой – достаточно большими затратами на строительство ВЛ-110 кВ необходимой длины и понижающей подстанции 110/6 кВ.

В состав ГОКа на базе рассматриваемого месторождения войдут: карьер, дробильно-обогательная фабрика, производственная база. Расчетная активная мощность электроприемников всего ГОКа составит более 4 МВт, а потребность в электроэнергии – около 29 млн кВт·ч в год.

В настоящее время существуют технические возможности строительства ВЭС и СЭС мощностью 5–10 МВт и более. Следовательно, мощности ВЭС и СЭС позволяют удовлетворить потребности ГОКа в электроэнергии.

Расчет параметров ВЭС, которая могла бы полностью обеспечить потребность всех подразделений ГОКа в электроэнергии, производился исходя из значения среднегодовой скорости ветра по данным ближайшей метеостанции – 2,3 м/с и длины лопасти ветроэнергетической установки, исходя из транспортных ограничений. При указанной среднегодовой скорости ветра и принятой длине лопасти ВЭУ 26 м мощности одного ветрогенератора составит около 4,7 кВт. Следовательно, потребуется установка 890 ВЭУ. Для обеспечения эффективной работы на площади в 1 км² можно разместить около 60–70 ВЭУ. Таким образом, для размещения необходимого количества ВЭУ потребуется площадь 12–14 км². По укрупненным расчетам инвестиционные затраты на строительство ВЭС мощностью 4–5 МВт составят не менее 300–350 млн руб. (в т. ч. оборудование 200–250 млн руб., а также затраты на СМР, которые могут достигать до 25–30 % от стоимости оборудования). Основные затраты на СМР связаны с необходимостью ведения большого объема земляных и бетонных работ для установки опор.

Расчет параметров СЭС проводился исходя из интенсивности солнечного излучения, которое является основным фактором, определяющим мощность фотоэлемента. В районе месторождения интенсивность солнечного излучения достигает 4,0–4,5 (кВт·ч)/м² день, что эквивалентно 170–190 Вт/м². Количество часов солнечного сияния достигает 1700–2000 в год. С учетом указанных параметров для обеспечения ГОКа электроэнергией потребуется площадь фотоэлементов около 0,17–0,18 км². Объем капитальных вложений в строительство такой СЭС составит не менее 550–600 млн руб. (в т. ч. оборудование 450–500 млн руб.) Затраты на СМР, как правило, составляют около 20 %.

При оценке эффективности варианты электроснабжения рассматриваются с точки зрения снижения величины затрат, так как выработанная электроэнергия не является конечным продуктом, а включается в затраты на производство продукции [23, 24].

При тарифе на электроэнергию, действующем в районе расположения месторождения (5,2 руб/кВт·ч), экономия составит около 1,5 руб/кВт·ч для ВЭС и 0,5 руб/кВт·ч для СЭС. При использовании ВЭС итоговые показатели экономической эффективности в рамках инвестиционного проекта строительства всего проектируемого ГОКа улучшаются по отношению к способу электроснабжения от воздушной линии электропередачи напряжением 110 кВ с понижающей подстанцией: чистый дисконтированный доход (**ЧДД**) возрастает на 17 %, внутренняя норма доходности (**ВНД**) – на 2 %, индекс доходности (**ИД**) – на 1 %. При использовании СЭС итоговые показатели экономической эффективности в рамках строительства всего проектируемого ГОКа снижаются по отношению к способу электроснабжения от воздушной линии электропередачи напряжением 110 кВ с понижающей подстанцией: ЧДД снижается на 80 %, ВНД – на 10 %, ИД – на 5 %. Резкое снижение показателей экономической эффективности при использовании СЭС связано с большими капитальными вложениями (в 1,7–1,8 раза по отношению к ВЭС), а также меньшей экономией на эксплуатационных затратах.

В рамках выполнения ТЭО оценки перспектив использования альтернативных и возобновляемых источников электроэнергии была выполнена укрупненная экспертная оценка технологических, организационных и экономических рисков (поскольку в настоящее время не накоплено достаточно опыта применения ВЭС и СЭС для электроснабжения горнодобывающих предприятий).

Использование ВЭС и СЭС характеризуется высокими технологическими рисками ввиду недостаточной распространенности данной технологии преобразования энергии, низкого КПД и неблагоприятных природно-климатических условий.

Организационный риск также оценен как высокий из-за отсутствия опыта применения ВЭС и СЭС для электроснабжения опасных производственных объектов, к которым относятся большинство подразделений ГОКа.

Экономические риски оценены как средние в связи с меньшими эксплуатационными затратами, но зависимостью стоимости иностранного оборудования от курсов валют. Кроме того, существенным недостатком строительства ВЭС и СЭС является большая площадь отчуждаемых земель, что может привести к снижению эффективности проекта при росте платежей за землю.

Проведенный экспертный анализ рисков показал, что при применении ВЭС и СЭС высока вероятность снижения показателей эффективности проекта на 25–30 %.

Таким образом, с учетом всех факторов окупаемость строительства ВЭС ориентировочно составит около 6–9 лет, СЭС – 10–15 лет.

В целях уменьшения затрат на строительство, сокращения площадей отчуждаемых земель, а также снижения требований к надежности электроснабже-

ния можно рассмотреть использование ВЭС и СЭС для объектов, относящихся к III категории надежности электроснабжения (где перерывы в электроснабжении потребителей допустимы на срок до суток), а также для электроснабжения вспомогательной инфраструктуры ГОКа, где имеются потребители небольшой мощности (модульные здания, АБК, складские помещения, нарядные, гаражи и пр.).

Применение ВЭС и СЭС также возможно в дополнение к основному способу электроснабжения (ВЛ, ДЭС, мини-ТЭЦ и пр.) для частичной экономии операционных затрат на покупку электроэнергии или традиционных видов топлива (нефтепродуктов, угля, природного газа). Помимо частичной экономии операционных затрат использование ВЭС и СЭС позволит улучшить экологическую обстановку. По данным ТЭО, применение ВЭС и СЭС в качестве генераторов позволит добиться экономии около 350–450 г твердого топлива, которые необходимы на выработку 1 кВт·ч традиционными способами.

Заключение

Ограниченность традиционных источников энергии приводит к необходимости все более широкого применения для целей электроснабжения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, в том числе энергии ветра и Солнца.

В настоящее время в связи с повышенным вниманием к разработкам в сфере энергоэффективности активно ведутся работы по повышению КПД фотоэлектрических преобразователей и ветродвигателей, что в конечном счете приведет к сокращению занимаемых ими площадей, снижению стоимости используемых материалов и, как следствие, к повышению их инвестиционной привлекательности.

Библиографический список

1. Отчеты «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации»: Информационно-аналитический центр «Минерал», 2013. URL: <http://www.mineral.ru/Facts/russia/index.html>
2. Соловьев А., Дегтярев К. Ветреная ветряная энергетика // Наука и жизнь. 2013. № 7. С. 42–47.
3. Горбенко О.Н., Рожкова А.А. Проблемы использования солнечной энергии // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5 (ч. 2). С. 38–39.
4. Калинин Ю.Я., Дубинин А.Б. Нетрадиционные способы получения энергии. Саратов: СПИ, 1983. 70 с.
5. Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. М.: Знание, 1988. 44 с.
6. Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 294 с.
7. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. М.: Сельхозгиз, 1948. 544 с.
8. Анисимов М.Ю., Бирюк В.В., Угланов Д.А. Методики технико-экономического обоснования вариантов размещения возобновляемых источников энергии, их целесообразного количества с учетом расположения на территории Самарской области. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева, 2012. 117 с.
9. Андерсон Б. Солнечная энергия: Основы строительного проектирования. М.: Стройиздат, 1982. 375 с.
10. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. СПб.: Наука, 1989. 310 с.
11. Свен У. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. М.: Знание, 1980. 88 с.
12. Умаров Г.Я., Ершов А.А. Солнечная энергетика. М.: Знание, 1974. 64 с.
13. Баскаков А.П., Муц В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебник для вузов. М.: Издательский дом «БАСТЕТ», 2013. 368 с.
14. Валов М.И. Системы солнечного теплоснабжения. М.: Изд-во МЭИ, 1991. 137 с.
15. Бринкворт Б. Солнечная энергия для человека. М.: Мир, 1976. 291 с.
16. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. М.: Энергоиздат, 1982. 79 с.
17. Дьяков А.Ф. Малая энергетика России. Проблемы и перспективы. М.: НТФ; Энергопрогресс, 2003. 128 с.
18. Данилов Н.И., Щеклеин С.Е., Велкин В.В., Шестак А.Н., Малетин А.П. Возобновляемая энергетика – альтернативная в электрификации удаленных районов. Эффективная энергетика. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2001.
19. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. СПб.: СЗТУ, 2003. 79 с.
20. Калашников Н.П. Альтернативные источники энергии. М.: Знание, 1987. 46 с.
21. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. М.: Энергоатомиздат, 1990. 392 с.
22. Федеральная служба по тарифам. URL: <http://www.fstrf.ru/tariffs>.
23. Бернс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций (методика UNIDO). М.: ИНФРА-М, 1995. 527 с.
24. Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 2000. 421 с.

Ekonomika v promyshlennosti = Economy in the industry
 2017, vol. 10, no. 4, pp. 344–350
 ISSN 2072-1633 (print)
 ISSN 2413-662X (online)

Estimation of prospects of use of alternative sources of energy for power supply mining enterprises of Russia

E.S. Seliverstov – seliverstov-es@ustup.ru
 STC Geotechnology LLC, 83 Prospect Lenina, Chelyabinsk 454080, Russia

Abstract. The article is devoted to assessing the prospects of alternative and renewable energy sources – wind power and solar power mining enterprises of Russia. The relevance of this assessment is that a new, untapped mineral deposits often located in remote and inaccessible areas and, during development, of the difficulty of supplying electric energy. The article presents the analysis of the limiting factors in the use of alternative and renewable energy sources in different regions of Russia – natural conditions, the volume of capital investments, the cost of electricity. An important advantage of self-generating energy installations that use alternative and renewable sources of energy is the savings in operating costs associated with a lack of purchase power, independence from the electricity supply, the state of electrical networks, ecological clean production of electricity. The article evaluated the feasibility of using wind energy and solar power projected Mining on one of the fields of the Republic of Sakha (Yakutia). The necessity of comparison of traditional and alternative methods of power supply was due to the high cost of electric power and a large enough cost of construction power line of necessary length and of stepdown substation. For assess the feasibility of constructing installations using wind and solar energy within the framework of this article, an analysis is given of the change in the final indicators of economic efficiency in the framework of the investment project for the construction of the entire projected mine. In the article the calculation of the parameters, settings, using alternative and renewable sources of energy, which could fully meet the needs of all departments of the GOK's electricity.

Keywords: mining enterprise, economic efficiency, Wind Energy, Solar Energy, capital investment, alternative and renewable energy sources, electricity tariffs, limiting factors

References

1. Reports on «The Status and use of mineral resources of the Russian Federation» Information-analytical center «Mineral», 2013. Available at: <http://www.mineral.ru/Facts/russia/index.html> (In Russ.)
2. Solov'ev A., Degtyarev K. Blustery wind energy. *Nauka i zhizn' = Science and life*. 2013. No. 7. Pp. 42–47. (In Russ.)
3. Gorbenko O.N., Rozhkova A.A. Problems of using solar energy. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2014. No. 5 (part 2). Pp. 38–39. (In Russ.)
4. Kalinin Y.I., Dubinin A.B. *Netraditsionnye sposoby polucheniya energii* [Nonconventional methods of producing energy]. Saratov: SPI, 1983. 70 p. (In Russ.)
5. Ahmedov R.B. *Netraditsionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii* [Alternative and renewable sources of energy]. Moscow: Znanie, 1988. 44 p. (In Russ.)
6. Gorodov R.V., Gubin V.E., Matveev A.S. *Netraditsionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii* [Alternative and renewable energy sources]. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo Universiteta, 2009. 294 p. (In Russ.)
7. Fateev E.M. *Vetrodyvigateli i vetroustanovki* [Windmills and wind turbines]. Moscow: Selkhozgiz, 1948. 544 p. (In Russ.)
8. Anisimov M.Y., Biryuk V.V., Uglanov D.A. *Metodiki tekhniko-ekonomicheskogo obosnovaniya variantov razmeshcheniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii, ikh telesoobraznogo kolichestva s uchetom raspolozheniya na territorii Samarskoi oblasti* [Methodology of the feasibility study of the accommodation of renewable energy sources, their appropriate number given the location on the territory of Samara region]. Samara: Samarskii gosudarstvennyi aerokosmicheskii universitet imeni akademika S.P. Koroleva, 2012. 117 p. (In Russ.)
9. Anderson B. *Solnechnaya energiya: Osnovy stroited'nogo proektirovaniya* [Solar energy: Building basics design]. Moscow: Stroyizdat, 1982. 375 p. (In Russ.)
10. Andreev V.M., Griliches V.A., Rumyantsev V.D. *Fotoelektricheskoe preobrazovanie kontsentririrovannogo solnechnogo izlucheniya* [Photovoltaic conversion of concentrated solar radiation]. St. Petersburg: Nauka, 1989. 310 p. (In Russ.)
11. Sven U. *Solnechnaya energiya i drugie al'ternativnye istochniki energii* [Solar energy and other alternative sources energy]. Moscow: Znanie, 1980. 88 p. (In Russ.)
12. Umarov G.Y., Yershov A.A. *Solnechnaya energetika* [Solar energy]. Moscow: Znanie, 1974. 64 p. (In Russ.)
13. Baskakov A.P., Munts V.A. *Netraditsionnye i vozobnovlyaemye istochniki energii: uchebnik dlya vuzov* [Alternative and renewable energy sources»: textbook for universities]. Moscow: Izdatel'skii Dom «BASTET», 2013. 368 p. (In Russ.)
14. Valov M.I. *Sistemy solnechnogo teplosnabzheniya* [Solar heating]. Moscow: Izdatel'skii Dom MEI, 1991. 137 p. (In Russ.)
15. Brinkworth B. *Solnechnaya energiya dlya cheloveka* [Solar energy for man]. Moscow: Mir, 1976. 291 p. (In Russ.)
16. Beckman W., Klein S., Duffy J. *Raschet sistem solnechnogo teplosnabzheniya* [Calculation of solar heating systems]. Moscow: Energoizdat, 1982. 79 p. (In Russ.)

17. Dyakov A.F. *Malaya energetika Rossii. Problemy i perspektivy* [Small energy of Russia. Problems and prospects]. Moscow: NTF, Energoprogress, 2003. 128 p. (In Russ.)

18. Danilov N.I., Shcheklein S.E., Velkin V.V., Shestak A.N., Maletin A.P. *Vozobnovlyаемая energetika – al'ternativnaya v elektrifikatsii udalennykh raionov. Effektivnaya energetika* [Renewable energy alternative in the electrification of remote areas. Efficient energy]. Ekaterinburg: UGTU, 2001. (In Russ.)

19. Labesh V.G. *Netraditsionnye i vozobnovlyаемые istochniki energii* [Alternative and renewable sources of energy]. St. Petersburg: SZTU, 2003. 79 p. (In Russ.)

20. Kalashnikov N.P. *Al'ternativnye istochniki energii* [Alternative sources of energy]. Moscow: Znanie, 1987. 46. p. (In Russ.)

21. Tvaydell J., Weir A. *Vozobnovlyаемые istochniki energii* [Renewable energy]. Moscow: Energoatomizdat, 1990. 392 p. (In Russ.)

22. The Federal tariff service. Available at: <http://www.fstrf.ru/tariffs> (In Russ.)

23. Burns V., Havranek P.M. *Rukovodstvo po otsenke effektivnosti investitsii (metodika UNIDO)* [A Guide to evaluating the effectiveness of investment (UNIDO methodology)]. Moscow: Intereksperit «Infra-M», 1995. 527 p. (In Russ.)

24. Kossov V.V., Livshits V.N., Shakhnazarov A.G. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov* [Methodical recommendations on estimation of effectiveness of investment projects]. Moscow: NPO «Izdatel'stvo «Ekonomika», 2000. 421 p. (In Russ.)

Information about the author: Economist.