

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СОСТАВЕ АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК В ЭНЕРГЕТИКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИЗОЛИРОВАННЫХ ЭНЕРГОРАЙОНОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Ахметшина Г. Р., Ведущий инженер, АО «Мосгаз», Москва, Россия

Ильковский К. К., Доктор экономических наук, профессор кафедры возобновляемых источников энергии, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва, Россия

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_conf/25012021/7363

Abstract. *The article describes the energy sector of the Russian Federation as a whole (centralized and decentralized energy supply), the Far Eastern Federal District and the Khabarovsk Territory. The main problems inherent in technologically isolated energy districts (technical and technological, economic, environmental and social), as well as ways to solve them, are listed. The results of calculations of the annual solar radiation on the territory of the Khabarovsk Territory are presented. The description of the presented model of power supply of one of the settlements of the Khabarovsk Territory on the basis of an autonomous hybrid power plant, which includes a diesel generator, photovoltaic modules, and batteries, is given. The analysis of the operated solar power plants such as "Batagai" in the Republic of Sakha (Yakutia) and the station at the gold deposit "Svetloye" is presented. The statistics of existing photovoltaic stations in European countries located at the same latitudes with the Khabarovsk Territory are presented.*

Keywords: *technologically isolated energy districts, energy supply, solar power station, autonomous hybrid power plants.*

Введение. В Российской Федерации энергоснабжение разделяется на централизованное – Единая энергетическая система (ЕЭС), и децентрализованное – технологически изолированные энергорайоны (ТИЭР). ЕЭС России включает в себя такие объединенные энергетические системы (ОЭС), как Северо-Запад, Восток, Средняя Волга, Урал, Центр, Сибирь и Юг. К ТИЭР относятся Камчатский край, Магаданская и Сахалинская области, Чукотский и Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономные округа [1], а также децентрализованные энергорайоны, которые входят в состав ОЭС. Общая площадь местностей с локальной энергетикой насчитывает около 20% от площади России с населением порядка 2% численности страны [2].

Одним из примеров территорий с децентрализованным энергоснабжением является Дальневосточный федеральный округ (ДФО), где энергообеспечение районов осуществляется по большей части дизельными электростанциями (ДЭС). Данные станции генерируют электроэнергию для 400 населенных пунктов, население которых достигает одного миллиона человек. Так, энергетика Хабаровского края входит в состав ЕЭС и включает в себя децентрализованные локальные энергорайоны, где 68 ДЭС являются основным энергетическим источником. Это, в свою очередь, влечет ко многим технологическим, социальным, экономическим и экологическим проблемам.

Цель и методы исследования.

Определить перспективы солнечных электростанций в составе автономных гибридных энергоустановок для энергоснабжения децентрализованных энергорайонов Хабаровского края путем проведения анализа солнечного потенциала и его сравнения с европейскими странами.

Результаты исследования.

Для ТИЭР, в том числе для районов Хабаровского края, характерен ряд проблем [3, 4]:

- существенные технологические и коммерческие потери электроэнергии (30-50%);
- дорогое дизельное топливо (ДТ), поставляемое затрудненной логистической цепочкой и требующее минимум полуторагодового запаса;
- слабая надёжность энергоснабжения, связанная с отсутствием долговременной работы дизель-генераторных установок (ДГУ) в течение суток;

- высокие удельные расходы ДТ;
- высокая себестоимость электроэнергии, вырабатываемая ДГУ;
- в большом количестве загрязняющие вещества, возникающие вследствие сгорания ДТ в ДГУ.

Данные проблемы могут быть решены различными способами, которые зависят от географического положения, климатических условий местности и её отдаленности от сети централизованного энергоснабжения или действующей газотранспортной системы. Одним из вариантов оптимизации энергообеспечения ТИЭР Хабаровского края рассматривалась автономная гибридная энергетическая установка (АГЭУ). В её состав входит современная ДГУ, возобновляемый источник энергии (ВИЭ), система накопителей энергии.

В качестве генераторов энергии на основе ВИЭ анализировались фотоэлектрические электростанции (ФЭС) и ветровые. Проведённые технико-экономические расчеты солнечного и ветрового потенциалов местностей Хабаровского края показали, что в наибольшей степени эффективным источником энергии является ФЭС. Производилась оценка суммарной годовой инсоляции для населённых пунктов Хабаровского края и его муниципальных районов в целом. Результаты представлены на рисунке 1 и в таблицах 1, 2. Солнечная радиация местностей имеет среднюю степень инсоляции (1162-1722 кВт×ч/м² в год), согласно классификатору, представленному в таблице 3.

Для проведения расчетов и построения модели энергоснабжения на основе АГЭУ выбран посёлок Хабаровского края с населением 942 человека. Гибридная установка состоит из современной ДГУ, односторонних фотоэлектрических модулей, литий-ионных аккумуляторных батарей, инвертора и прочего вспомогательного оборудования. В качестве исходных данных использовались типовые годовые графики нагрузки (рисунок 3) и суточные (рисунок 4). Принято, что ДГУ работает в постоянном номинальном режиме, ФЭС замещает 27 % от общей генерации электрической энергии. Мощность ДЭС составила 2×170 кВт, ФЭС – 123 кВт, общая ёмкость накопителей энергии 217 кВт×ч. По итогу модернизации энергообеспечения данная модель способна снизить себестоимость 1 кВт×ч электроэнергии с 41 до 35 руб., сэкономить 314 т ДТ, сократить 81,2 т загрязняющих окружающую среду веществ. Стоит отметить, что эксплуатация двусторонних солнечных панелей, приводит к генерации большего объема электричества и, следовательно, сокращению требуемого объема ДТ. Например, с увеличением капитальных затрат на панели на 7-10%, растёт выработка электроэнергии на 30% и экономия топлива на 24%.

В ДФО на сегодняшний день имеются ФЭС в эксплуатации. В конце 2015 г. в Республике Саха (Якутия) была задействована солнечная электростанция «Батагай». Установленная мощность равна 1МВт с коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ) 10%, среднегодовая выработка электроэнергии – 742 тыс. кВт×ч, что позволяет экономить порядка 179 т ДТ в год. В процессе эксплуатации было выявлено, что некачественная очистка солнечных панелей от снега и пыли приводит к низкому количеству генерируемой энергии. После устранения проблемы прогнозируется рост КИУМ на 4%.

В Охотском районе Хабаровского края находится первая в России крупнейшая автономная солнечная станция, которая снабжает золоторудное месторождение «Светлое». Построила её компания «Полиметалл» в 2019 г., мощность составила 1 МВт [5]. В первый год эксплуатации ФЭС сгенерировала 957,4 кВт×ч электроэнергии с КИУМ 11%, что, в свою очередь, сэкономило 211 т ДТ. ДГУ станции имеет переменный характер работы (загрузка-разгрузка, остановка-запуск), что связано с непостоянством солнечной радиации. В качестве решения проблемы предложено использование накопителей энергии, которые берут на себя задачу сглаживать режим работы ДЭС-ФЭС.

Хабаровский край находится между 47 и 60 градусами с.ш. На тех же широтах расположены некоторые европейские страны, в энергетике которых задействованы крупные ФЭС – от 1 МВт в Латвии до 46 ГВт в Германии (рисунок 2, таблица 4) [6]. Составленная статистика установленных мощностей солнечных станций предоставляет возможность предполагать, что у Хабаровского края есть перспективы строительства и эксплуатации ФЭС для энергоснабжения ТИЭР.

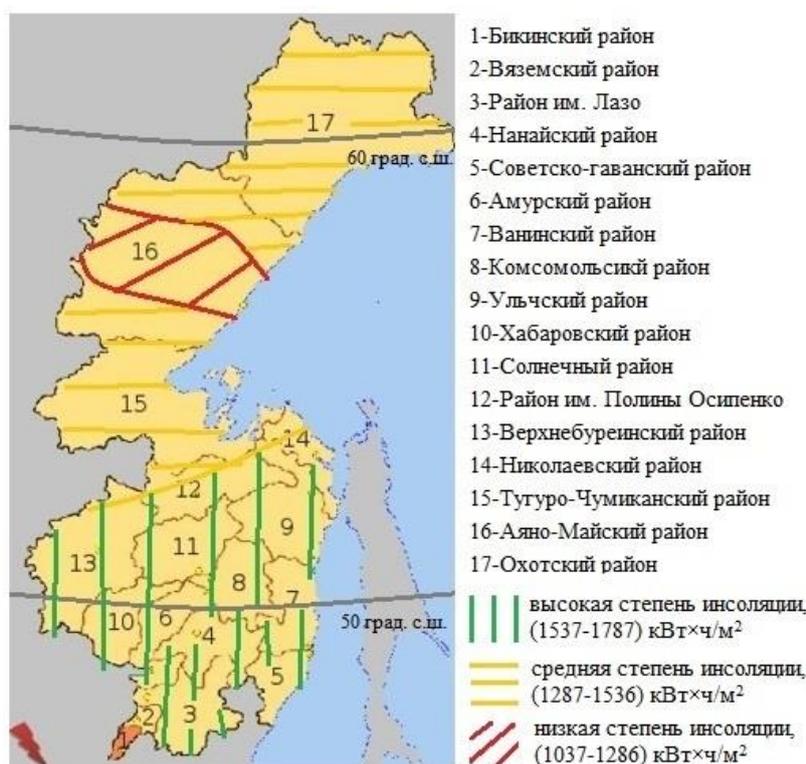


Рис. 1. Карта Хабаровского края с обозначением степени инсоляции (составлено авторами)

Таблица 1. Годовая инсоляция по районам Хабаровского края (составлено авторами)

Обозначение района на карте	Наименование муниципального района	Суммарная инсоляция в год, кВт×ч/м²	Обозначение района на карте	Наименование муниципального района	Суммарная инсоляция в год, кВт×ч/м²
1	Бикинский	н/д	10	Хабаровский	5046
2	Вяземский	3202	11	Солнечный	н/д
3	им. Лазо	7719	12	им. Полины Осипенко	4766
4	Нанайский	4842	13	Верхнебуреинский	3180
5	Советско-гаванский	н/д	14	Николаевский	10711
6	Амурский	н/д	15	Тугуро-Чумиканский	7525
7	Ванинский	3248	16	Аяно-Майский	5456
8	Комсомольский	9248	17	Охотский	11379
9	Ульчский	21336			

Таблица 2. Годовая инсоляция по населённым пунктам ДЭС Хабаровского края (составлено авторами)

№ п/п	Населенные пункты ДЭС	Наименование муниципального района	Годовая инсоляция, кВт×ч/м²	№ п/п	Населенные пункты ДЭС	Наименование муниципального района	Годовая инсоляция, кВт×ч/м²
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Наумовка	Хабаровский	1722	33	Удское	Тугуро-Чумиканский	1524
2	Константиновка	Николаевский	1716	34	Катэн	им. Лазо	1523
3	Кукан	Хабаровский	1705	35	Озерпах	Николаевский	1519
4	Шахтинский	Верхнебуреинский	1674	36	Алгазея	Тугуро-Чумиканский	1517
5	им. Полины Осипенко	им. Полины Осипенко	1664	37	Ухта	Ульчский	1515
6	Мариинское	Ульчский	1637	38	Тыр	Ульчский	1514
7	Тулучи	Ванинский	1628	39	Чильба	Ульчский	1513
8	Славянка	Нанайский	1622	40	Софийск	Ульчский	1508
9	Тумнин	Ванинский	1620	41	Софийск	Верхнебуреинский	1506
10	Догордон	Хабаровский	1619	42	Дуди	Ульчский	1506

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Шумный	Вяземский	1617	43	Тором	Тугуро-Чумиканский	1500
12	Верхняя Манома	Нанайский	1616	44	Чумикан	Тугуро-Чумиканский	1500
13	Верхний Нерген	Нанайский	1604	45	Кизи	Ульчский	1495
14	Медвежий	Вяземский	1585	46	Санники	Ульчский	1495
15	Киселевка	Ульчский	1579	47	Тугур	Тугуро-Чумиканский	1484
16	Долми	им. Лазо	1573	48	Аэропорт	Охотский	1483
17	Солонцы	Ульчский	1573	49	Пуир	Николаевский	1477
18	Князево	им. Полины Осипенко	1565	50	Савинское	Ульчский	1475
19	Новоильиновка	Комсомольский	1563	51	Новая Иня	Охотский	1471
20	Нижнее Пронге	Николаевский	1563	52	Орель-Чля	Николаевский	1448
21	Циммермановка	Ульчский	1555	53	Нелькан	Аяно-Майский	1447
22	Виданово	Николаевский	1547	54	Тахта	Ульчский	1446
23	Среднехорский	им. Лазо	1543	55	Новое Устье	Охотский	1443
24	Южный	им. Лазо	1542	56	Охотск	Охотский	1443
25	Нижнетамбовское	Комсомольский	1541	57	Оремиф	Николаевский	1441
26	Боктор	Комсомольский	1540	58	Вострецово	Охотский	1439
27	Нижние Халбы	Комсомольский	1540	59	Джигда	Аяно-Майский	1429
28	Солонцовый	им. Лазо	1538	60	Аим	Аяно-Майский	1418
29	Оглонги	им. Полины Осипенко	1537	61	Морской	Охотский	1412
30	Ягодное	Комсомольский	1533	62	Булгин	Охотский	1382
31	Верхнетамбовское	Комсомольский	1531	63	Арка	Охотский	1306
32	Булава	Ульчский	1525	64	Аян	Аяно-Майский	1162

Таблица 3. Классификация годовой суммарной инсоляции на горизонтальную поверхность (составлено авторами)

Степень инсоляции	Группа	Годовая суммарная инсоляция, кВт×ч/м ²
низкая	1	менее 803
	2	803-949
средняя	3	950-1095
	4	1096-1241
	5	1242-1387
	6	1388-1534
	7	1535-1680
	8	1681-1826
	9	1827-1972
	10	1973-2118
высокая	11	2119-2264
	12	2265-2410
сверхвысокая	13	2411-2556
	14	2557-2702
	15	более 2702



Рис. 2. Установленные мощности ФЭС европейских стран на 2018 г. (составлено авторами на основе [6])

Таблица 4. Установленные мощности ФЭС европейских стран на 2018 г. (составлено авторами на основе [6])

№ п/п	Страна	Установленная мощность, МВт	№ п/п	Страна	Установленная мощность, МВт
1	Германия	45930	9	Венгрия	665
2	Великобритания	13108	10	Словакия	531
3	Франция	9483	11	Польша	487
4	Нидерланды	4150	12	Беларусь	154
5	Чехия	2078	13	Литва	84
6	Украина	2003	14	Ирландия	29
7	Австрия	1431	15	Эстония	11
8	Дания	998	16	Латвия	1

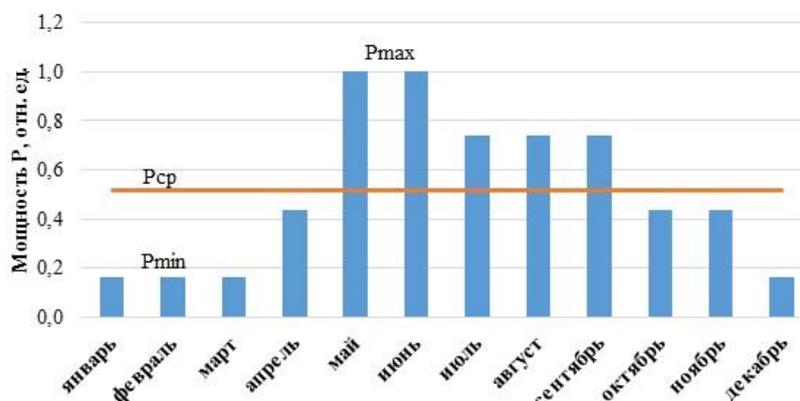


Рис. 3. Типовой годовой график нагрузки потребителя технологически изолированных энергорайонов (составлено авторами)

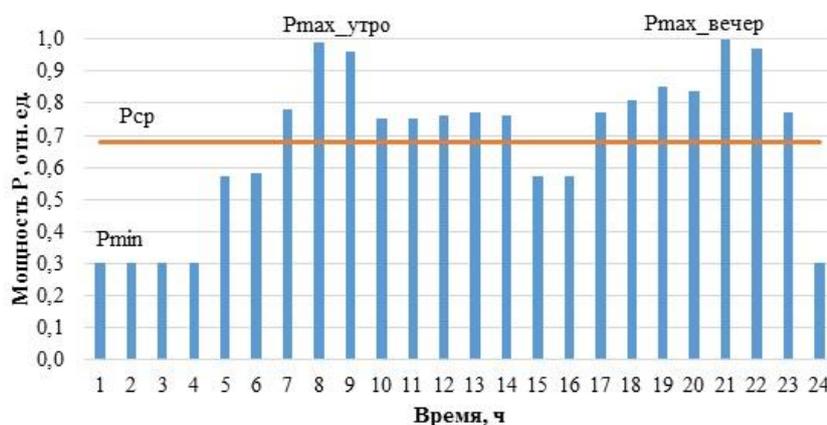


Рис. 4. Типовой суточный график нагрузки потребителя в зимнее время [7]

Выводы. Солнечные электростанции в составе автономных гибридных энергоустановок с современными и эффективными дизельными генераторами и аккумуляторными батареями способны приводить к таким эффектам, как экономический – снижаются эксплуатационные затраты на обслуживание ДЭС, на покупку дорогого ДТ и выплат за его токсичность; экологический эффект – снижаются выбросы загрязняющих веществ; социальный эффект – растет надежность энергоснабжения; технологический эффект – уменьшаются потери электроэнергии в распределительных сетях. Хабаровский край имеет существенный потенциал инсоляции для эксплуатации ФЭС. В программе оптимизации энергоснабжения региона предлагается строительство 47 единиц АГЭУ с двусторонними солнечными панелями.

REFERENCES

1. List of technologically isolated territorial electric power systems and relevant subjects of operational dispatch management [Electronic resource]: Resolution of the Government of the Russian Federation of 27.12.2004 No. 854 (ed. of 08.12.2018) "On approval of the Rules of operational dispatch management in the electric power industry". - Access from the legal reference system "ConsultantPlus".
2. Berdin V. Kh., Kokorin A. O., Yulkin G. M., Yulkin M. A. Renewable energy sources in isolated settlements of the Russian Arctic. Moscow: World Wildlife Fund (WWF), 2017. 80 p.
3. Akhmetshina G. R., Ilkovskiy K. K., Kusimov M. R. Analysis of the features of technologically isolated energy districts taken into account when developing Programs for optimizing local energy // Scientific and Practical Journal "Microeconomics. 2019. No. 5 (88). pp. 64-68.
4. Ilkovskiy K. K., Tulchinskaya Ya. I. Distributed power engineering – one of the main factors for reducing the effects of depopulation on the example of the Republic of Sakha (Yakutia) // Electronic Scientific Journal "Oil and Gas Business" No. 4 (2012). URL: www.ogbus.ru.
5. A solar power plant has been launched at the Svetloye field of the Polymetal company // Khabarovsk Krai Segodnya News Agency. [Electronic resource]. URL: <https://www.todaykhv.ru/news/economics-and-business/19284/>.
6. Renewable capacity statistics 2019 // IRENA, 2019. [Electronic resource]. URL: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>
7. Elistratov V. V. Renewable energy / V. V. Elistratov. - 3rd ed., add. - St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University. un-ta, 2016. - p. 394.