

Научная статья

УДК 621.548

doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-101-109

К оценке ветроэнергетических ресурсов Кабардино-Балкарской республики

Борис Биязуркаевич Темукуев^{✉1}, **Тимур Борисович Темукуев**²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}b.b.temukuev@mail.ru

²energoconsul@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемам ветроэнергетики в Кабардино-Балкарской республике. Для проектирования ветряной электрической станции требуется значительная подготовительная работа. Площадка подбирается в гористой местности, так как показания любой метеорологической станции, находящейся в ущелье, будут справедливы только для местности, где она установлена. В регионе местные ветровые потоки на предмет использования их энергии для нужд народного хозяйства не изучены. Для оценки ветроэнергетического ресурса в одном из боковых ущелий в долине реки Баксан ООО «ЮМЭК-Коммунальный сервис» установлена сертифицированная автоматическая временная метеорологическая станция «Былым», результаты работы которой приведены в данной статье. На протяжении 18 месяцев с часовым интервалом в частности измерялись атмосферное давление, температура и относительная влажность воздуха, максимальная и средняя скорость ветра, направление ветра, а также скорость ветра в порывах. Показания приборов обработаны и представлены в виде таблиц – направление ветра по румбам и продолжительность ветра, представленная в баллах по шкале Бофорта. Наличие подъездных путей, пригодных для перевозки лопастей турбин ветроэнергетической установки, и близость высоковольтной линии уменьшат затраты на доставку и подключение к электросети. Доказана, что площадка, находящаяся на окраине сельского поселения Былым, является перспективной.

Ключевые слова: атмосферное давление, температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра, порывы ветра, направление ветра

Для цитирования. Темукуев Б. Б., Темукуев Т. Б. К оценке ветроэнергетических ресурсов Кабардино-Балкарской республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 101–109. doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-101-109

Original article

To the assessment of wind power resources of the Kabardino-Balkarian Republic

Boris B. Temukuyev^{✉1}, **Timur B. Temukuyev**²

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

^{✉1}b.b.temukuev@mail.ru

²energoconsul@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problems of wind energy in the Kabardino-Balkarian Republic. Significant preparatory work is required to design a wind farm. The site is selected in a mountainous area, since the readings of any metrological station located in the gorge will be valid only for the area where it is installed. In the region, local wind flows have not been studied for the use of their energy for the needs of the national economy. To assess the wind energy resource in one of the side gorges in the Baksan river valley, UMEK-Communal Service LLC installed a certified automatic temporary metrological station Bylym, the results of which are given in this article. For 18 months, at hourly intervals, in particular, atmospheric pressure, temperature and relative air humidity, maximum and average wind speed, wind direction, as well as wind speed in gusts were measured. The readings of the instruments were processed and presented in the form of tables - the direction of the wind in points and the duration of the wind, presented in points on the Beaufort scale. The presence of access roads suitable for transporting wind turbine blades and the proximity of a high-voltage line will reduce the cost of delivery and connection to the power grid. It is proved that the site, located on the outskirts of the rural settlement Bylym, is promising.

Keywords: atmospheric pressure, air temperature, relative humidity, wind speed, wind gusts, wind direction

For citation. Temukuev B.B., Temukuev T.B. On the assessment of wind energy resources of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):101–109. (In Russ.) doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-101-109

Введение. В России серьезное внимание развитию ветроэнергетики стали уделять с 2009 года, после утверждения Правительством «Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года»¹. Позже в документ были внесены изменения², в соответствии с которыми общая мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе энергии ветра, к 2025 году должна быть доведена до 3383,6 МВт.

Несмотря на то, что государство выделяет значительные средства на развитие отрасли, целевые планы в срок не выполняются. По данным системного оператора Единой электроэнергетической системы России суммарная установленная электрическая мощность ветряных электростанций России на 1 января 2019 года составляла 183,9 МВт, вместо планируемых 701 МВт. По состоянию на 01.02.2022 г. установленная мощность возросла до 2035,4 МВт, что составляет 0,82% от общей мощности системы.

Правительство стимулирует использование возобновляемых источников энергии на оптовом рынке³ [1–5].

¹ Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 года № 1-р.

² Распоряжение Правительства РФ от 28 мая 2013 года № 861-р.

³ Постановление Правительства РФ от 28 мая 2013 года № 449.

Ветроэнергетические ресурсы Кабардино-Балкарской Республики (КБР) в полной мере не изучены. Для систематизации характеристик ветровой обстановки в конкретном регионе и эффективного использования энергии ветра составляется ветроэнергетический кадастр, представляющий собой совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра, позволяющих определить его энергетическую ценность, а также оптимальные параметры и режимы работы ветроэнергетических установок (ВЭУ).

Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

- среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра;
- повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей;
- максимальная скорость ветра;
- распределение ветровых периодов и периодов энергетических затиший по длительности;
- удельная мощность и удельная энергия ветра;
- ветроэнергетические ресурсы региона.

Основной характеристикой ветра является его средняя скорость за определенный период времени (сутки, месяц, год). Она определяется как среднеарифметическое значение ряда замеров скорости, сделанных через равные интервалы времени в течение заданного пе-

риода. Скорость ветра возрастает с увеличением высоты над поверхностью земли. Самые мощные и наиболее постоянные потоки ветра находятся на очень большой высоте. Примерно две трети всей ветровой энергии на планете скапливается в верхних слоях тропосферы, далеко за пределами досягаемости современных ветровых электростанций. Теоретические основы ветроэнергетики довольно подробно изложены в отечественной [6–9] и зарубежной [10] научной литературе.

Суточный ход средней скорости ветра представляет собой изменение скорости ветра в течение суток, усредненное по всем суткам в определенном месяце по многолетним наблюдениям. Годовой ход средней скорости ветра – это изменение в течение года многолетней среднемесячной скорости ветра.

При определении ресурсов ветровой энергии учитываются валовый, технический и экономический потенциалы. Основным источником исходных данных для разработки ветроэнергетического кадастра являются наблюдения ветровых характеристик на опорной сети метеорологических станций. Эти наблюдения, выполняемые несколько раз в сутки, проводятся по единой методике с фиксированной классификацией мест наблюдения по степени их открытости и охватывают периоды в десятки лет. В последнее время произошло качественное изменение уровня наблюдений. Увеличилась частота регулярного получения информации о скорости и направлении ветра на опорной сети метеорологических станций с 4 до 8 раз в сутки.

На территории КБР, которая делится на три зоны – горную, предгорную и равнинную, у Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) три действующие метеорологические станции: «Нальчик», «Прохладная» и «Терскол». Если две первые обычные метеорологические станции, то у третьей иное назначение. ФГБУ «Северо-Кавказская ВС», полное название «Северо-Кавказская военная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы», входит в состав Росгидромета и находится в непосредственном его подчинении. Служба имеет подразделения без образования юридического лица на тер-

риториях обслуживания (КБР, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия-Алания и Республики Дагестан) и осуществляет операции по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы с целью защиты сельскохозяйственных культур от градобитий и обеспечению безопасности от снежных лавин на территории обслуживания.

На территории КБР вне состава Росгидромета также действуют метеорологические станции «Баксан», «Терек», «Тырныауз». Метеостанции «Баксан» и «Терек» действуют с 1956 года.

Данная работа посвящена определению возможности практического использования на территории КБР энергии местного ветра в боковом ущелье на правом берегу реки Баксан южнее сельского поселения Былым. Для этого на выбранной площадке необходимо было измерить и зафиксировать основные метеорологические показатели в установленном порядке, что позволило бы определить не только характеристики местного ветра, вызванного механическим действием горной системы. Требовалось на стандартной высоте 10 м в течение продолжительного времени сертифицированными приборами измерять атмосферное давление, температуру и относительную влажность воздуха, скорость, порывы и направление ветра, чтобы сделать соответствующие расчеты и дать рекомендации на использование площадки.

Цель исследования – установление возможности использования ветра для выработки электрической энергии в горных районах КБР с определением основных метеорологических показателей.

Материалы, методы и объекты исследования. Для исследования была выбрана площадка размером около 10 га, имеющая подъездной путь, позволяющий перемещать крупногабаритные детали ВЭУ. Там на мачте высотой 10 метров Обществом с ограниченной ответственностью «ЮМЭК – Коммунальный сервис» из г. Пятигорска была установлена автоматическая метеорологическая станция «СОКОЛ-М1», которая в течение 18 месяцев с интервалом в один час передавала на сервер следующий пакет информации: дату (число, месяц, год, час, минута)

замера, количество осадков, атмосферное давление, температуру окружающего воздуха, направление ветра, относительную влажность, мгновенную скорость ветра, скорость ветра усредненную, уровень принимаемого сигнала GSM, порыв ветра, накопленное значение освещенности, уровень ультрафиолетового излучения, накопленное значение ультрафиолетового излучения, накопленное значение видимого излучения.

Результаты исследования. *Направление (роза) ветров.* Роза ветров характеризует про-

должительность времени, как правило, в процентном выражении, в течение которого ветер дует в данном направлении. Направление ветра характеризуется румбами. Различают 8-ми и 16-ти румбовые розы ветров, которые определяются по данным многолетних наблюдений за направлением ветра. Эти данные публикуются в справочной литературе в виде таблиц или карт повторяемости направлений ветра и штилей. Проведенные исследования розы ветров на площадке южнее с. п. Былым представлены табл. 1 и 2.

Таблица 1. Направление ветра по румбам в 2020 году
Table 1. Wind direction by points in 2020

Месяцы										
Румбы	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Количество замеров, единиц									
С	0	61	125	225	257	252	48	49	23	56
СВ	24	18	117	87	77	65	210	252	138	202
В	6	91	24	23	30	30	140	139	197	267
ЮВ	9	7	8	7	12	12	37	76	164	139
Ю	0	6	14	8	8	11	23	30	53	24
ЮЗ	3	109	298	204	173	152	114	85	79	37
З	3	42	135	116	125	194	118	109	60	15
СЗ	8	5	21	49	37	15	5	2	2	0
Всего	53	339	742	719	726	731	695	742	716	740
	Количество замеров, %									
С	0,00	17,99	16,85	31,29	35,40	34,47	6,91	6,60	3,21	7,57
СВ	45,28	5,31	15,77	12,10	10,61	8,89	30,22	33,96	19,27	27,30
В	11,32	26,84	3,23	3,20	4,13	4,10	20,14	18,73	27,51	36,08
ЮВ	16,98	2,06	1,08	0,97	1,65	1,64	5,32	10,24	22,91	18,78
Ю	0,00	1,77	1,89	1,11	1,10	1,50	3,31	4,04	7,40	3,24
ЮЗ	5,66	32,15	40,16	28,37	23,83	20,79	16,40	11,46	11,03	5,00
З	5,66	12,39	18,19	16,13	17,22	26,54	16,98	14,69	8,38	2,03
СЗ	15,09	1,47	2,83	6,82	5,10	2,05	0,72	0,27	0,28	0,00

Относительная влажность атмосферного воздуха существенно влияет на мощность ветрового потока, которая определяется по формуле:

$$N_n = 0,5\rho \cdot A \cdot V^3,$$

где:

- ρ – плотность воздуха, кг/м³;
- A – площадь сечения воздушного потока, м²;
- V – скорость ветра, м/с.

Плотность атмосферного воздуха определяется по формуле:

$$\rho = \frac{P}{RT},$$

где:

- p – атмосферное давление, Па;
- R – газовые постоянные атмосферного воздуха, Дж/(кг·К);
- T – температура атмосферного воздуха, К.

Таблица 2. Направление ветра по румбам в 2021 году
Table 2. Wind direction by points in 2021

Румбы	Месяцы								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	Количество замеров, единиц								
С	231	71	80	113	214	153	253	294	155
СВ	105	19	26	61	65	42	27	50	39
В	8	7	5	18	8	7	4	1	3
ЮВ	5	2	4	6	0	2	1	2	1
Ю	19	0	3	5	4	1	1	3	3
ЮЗ	140	110	232	246	205	232	192	173	287
З	71	77	155	168	125	164	130	134	163
СЗ	39	21	35	64	50	55	60	67	68
Всего	618	307	540	681	671	656	668	724	719
	Количество замеров, %								
С	37,38	23,13	14,81	16,59	31,89	23,32	37,87	40,61	21,56
СВ	16,99	6,19	4,81	8,96	9,69	6,40	4,04	6,91	5,42
В	1,29	2,28	0,93	2,64	1,19	1,07	0,60	0,14	0,42
ЮВ	0,81	0,65	0,74	0,88	0,00	0,30	0,15	0,28	0,14
Ю	3,07	0,00	0,56	0,73	0,60	0,15	0,15	0,41	0,42
ЮЗ	22,65	35,83	42,96	36,12	30,55	35,37	28,74	23,90	39,92
З	11,49	25,08	28,70	24,67	18,63	25,00	19,46	18,51	22,67
СЗ	6,31	6,84	6,48	9,40	7,45	8,38	8,98	9,25	9,46

Атмосферный воздух – это смесь сухого воздуха и водяных паров. Следовательно, газовая постоянная атмосферного воздуха будет зависеть от количества водяных паров в нем. На практике приборы измеряют относительную влажность.

Среднее значение относительной влажности воздуха за расчетный период определяется по формуле:

$$\varphi_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i,$$

где:

$\sum_{i=1}^n \varphi_i$ – суммарное значение показаний измерений относительной влажности за расчетный период, %;

φ_i – значение i -го измерения относительной влажности, %;

n – число измерений за расчетный период.

Среднее значение относительной влажности воздуха за расчетный период, вычисленная на основании показаний временной метеорологической станции «Былым», $\varphi_{cp} = 63,71\%$.

По аналогичной методике вычислялись средние значения температуры, скорости ветра и атмосферного давления воздуха за расчетный период.

Абсолютная температура всегда положительная, а нулевое значение ее соответствует состоянию полного покоя молекул. Шкала, в которой температура отсчитывается от этого состояния, называется шкалой Кельвина (ТК). В технике же принята международная стоградусная шкала Цельсия ($t^{\circ}\text{C}$), в которой отсчет ведется от состояния тающего льда при нормальном давлении ($T = 273,15 \text{ K}$). Величина градуса в обеих шкалах одинакова, поэтому пересчет с одной шкалы в другую производится по формуле:

$$T = t + 273,15 \text{ K}.$$

Среднее значение температуры воздуха за расчетный период определяется по формуле:

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i,$$

где:

$\sum_{i=1}^n t_i$ – суммарное значение измерений

температуры за расчетный период, °С;

t_i – значение i -го измерения температуры, °С;

n – число измерений за расчетный период.

Среднее значение температуры воздуха за расчетный период $t_{cp} = 11,8^{\circ}\text{C}$.

Среднее значение атмосферного давления за расчетный период определяется по формуле:

$$p_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i,$$

где:

$\sum_{i=1}^n p_i$ – суммарное значение показаний

измерений атмосферного давления за расчетный период, гПа;

p_i – значение i -го измерения атмосферного давления, гПа;

n – число измерений за расчетный период.

Среднее значение атмосферного давления за расчетный период $p_{cp} = 889,7$ гПа.

Средняя скорость ветра за расчетный период:

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i,$$

где:

$\sum_{i=1}^n V_i$ – суммарное значение показаний

скорости ветра за расчетный период, м/с;

V_i – мгновенная скорость ветра, м/с;

n – число измерений за расчетный период.

Среднее значение скорости за расчетный период $V_{cp} = 4,31$ м/с.

Временная автоматическая метеорологическая станция «Былым» скорость ветра у земной поверхности (на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью) измеря-

ла в м/с. С целью классификации и словесного определения скорости ветра была использована шкала Бофорта, см. табл. 3, соответствующие данные представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 3. Шкала Бофорта
Table 3. Beaufort Scale

Баллы	Словесное определение	Скорость ветра, м/с
0	Штиль	0–0,2
1	Тихий	0,3–1,5
2	Легкий	1,6–3,3
3	Слабый	3,4–5,4
4	Умеренный	5,5–7,9
5	Свежий	8,0–10,7
6	Сильный	10,8–13,8
7	Крепкий	13,9–17,1
8	Очень крепкий	17,2–20,7
9	Шторм	20,8–24,4
10	Сильный шторм	24,5–28,4
11	Жесткий шторм	28,5–32,6
12	Ураган	32,7 и более

Максимальная скорость ветра в порывах является важной характеристикой для оценки надежности работы ВЭУ, прочности ее конструкции. В справочной литературе по результатам многолетних наблюдений приводится максимальная скорость ветра, возможная один раз в: 1 год, 5, 10, 15 и 20 лет.

Максимальная скорость ветра в порывах, зафиксированная временной автоматической метеорологической станцией «Былым», м/с:

в 2020 году: апрель – 11,65, май – 23,96, июнь – 16,24, июль – 15,79, август – 14,24, сентябрь – 16,49, октябрь – 14,77, ноябрь – 12,49, декабрь – 11,65;

в 2021 году: январь – 16,40, февраль – 22,08, март – 19,97, апрель – 17,07, май – 18,81, июнь – 14,77, июль – 15,00, август – 25,38, сентябрь – 22,53.

За период наблюдения максимальная скорость ветра в порывах находилась в пределах от 11,65 м/с до 25,38 м/с, т. е. от шести до десяти баллов по шкале Бофорта или при словесном определении силы ветра от «сильного» до «сильного шторма».

Таблица 4. Продолжительность ветра в 2020 году, измеренная в баллах по шкале Бофорта
Table 4. Wind duration in 2020, measured in points on the Beaufort scale

		Месяцы									
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Баллы	Количество замеров, единиц										
	0	10	116	51	6	63	12	45	75	160	268
1	0	15	66	49	68	43	52	69	92	60	
2	2	43	186	132	291	125	183	142	187	216	
3	0	67	167	242	304	297	203	260	198	176	
4	0	63	128	150	0	155	82	129	51	19	
5	0	33	107	118	0	98	105	61	26	1	
6	0	2	37	22	0	1	25	6	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
Всего	53	339	742	719	726	731	695	742	716	740	
Баллы	Количество замеров, %										
	0	18,87	34,22	6,87	0,83	8,68	1,64	6,47	10,11	22,35	36,22
1	0,00	4,42	8,89	6,82	9,37	5,88	7,48	9,30	12,85	8,11	
2	3,77	12,68	25,07	18,36	40,08	17,10	26,33	19,14	26,12	29,19	
3	0,00	19,76	22,51	33,66	41,87	40,63	29,21	35,04	27,65	23,78	
4	0,00	18,58	17,25	20,86	0,00	21,20	11,80	17,39	7,12	2,57	
5	0,00	9,73	14,42	16,41	0,00	13,41	15,11	8,22	3,63	0,14	
6	0,00	0,59	4,99	3,06	0,00	0,14	3,60	0,81	0,00	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	

Таблица 5. Продолжительность ветра в 2021 году, измеренная в баллах по шкале Бофорта
Table 5. Wind duration in 2021, measured in points on the Beaufort scale

		Месяцы								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Баллы	Количество замеров, единиц									
	0	75	27	46	59	39	93	103	85	165
1	86	37	50	64	44	55	30	27	50	
2	187	77	129	187	131	145	93	135	140	
3	220	100	138	146	197	139	230	253	184	
4	44	33	84	96	116	101	122	133	93	
5	6	26	66	97	111	106	86	89	78	
6	0	7	27	32	32	17	4	2	9	
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Всего	618	307	540	681	671	656	668	724	719	
Баллы	Количество замеров, %									
	0	12,14	8,79	8,52	8,66	5,81	14,18	15,42	11,74	22,95
1	13,92	12,05	9,26	9,40	6,56	8,38	4,49	3,73	6,95	
2	30,26	25,08	23,89	27,46	19,52	22,10	13,92	18,65	19,47	
3	35,60	32,57	25,56	21,44	29,36	21,19	34,43	34,94	25,59	
4	7,12	10,75	15,56	14,10	17,29	15,40	18,26	18,37	12,93	
5	0,97	8,47	12,22	14,24	16,54	16,16	12,87	12,29	10,85	
6	0,00	2,28	5,00	4,70	4,77	2,59	0,60	0,28	1,25	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	

Выводы. Материалы, приведенные в данной работе, позволяют в первом приближении оценить возможность практического использования энергии ветрового потока на площадке в районе сельского поселения Былым. Проведенных исследований недостаточно для однозначного вывода о целесообразности возведения ветроэнерге-

тической установки, поскольку продолжительность работы временной автоматической метеорологической станции «Былым» составила полтора года, а все показатели относятся к высоте 10 метров. Необходимо проведение дополнительных исследований, предусмотренных нормативными документами в подобных случаях.

Список литературы

1. Кудаев З. Р., Кумахов А. А. К вопросу энерго- и ресурсосбережения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 4(34). С. 48–52.
2. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Экономическое обоснование внутрихозяйственного производства и применение биотоплива на основе рапсового масла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 1(31). С. 104–107.
3. Фиापшев А. Г., Хамоков М. М., Кильчукова О. Х. Проблемы энергообеспечения предприятий Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 63–68.
4. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Особенности перевода дизеля на работу на смеси дизельного и биодизельного топлива // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 4(30). С. 65–69.
5. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Шекихачева Л. З. Использование биотоплива в качестве альтернативного источника энергии в сельском хозяйстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 2(24). С. 100–105.
6. Елистратов В. В., Кузнецов М. В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона: методические указания. СПб.: СПбГПУ, 2003. 49 с.
7. Харитонов, В. П. Основы ветроэнергетики. Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2010. 340 с.
8. Безруких П. П., Безруких П. П. (мл.), Грибков С. В. Ветроэнергетика: справочно-методическое издание. Москва: «ИнтехэнергоИздат», «Теплоэнергетик», 2014. 304 с.
9. Бастрон А. В. и др. Ветроэнергетика Красноярского края. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2015. 252 с.
10. Альдо Виейра да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие; пер. с англ. под ред. С. П. Малышенко, О. С. Попеля. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. 704 с.

References

1. Kudaev Z.R., Kumahov A.A. On the issue of energy and resource conservation. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;4(34):48–52. (In Russ.)
2. Shekihachev Yu.A., Batyrov V.I. Economic justification of domestic production and application of biofuels based on rape seed oil. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;1(31):104–107. (In Russ.)
3. Fiapshhev A.G., Hamokov M.M., Kil'chukova O.H. Problems of energy support of the enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;1(27):63–68. (In Russ.)
4. Batyrov V.I., Shekihachev Yu.A. Regularities of transfer of a diesel to work on a mixture of diesel and biodiesel fuels. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2020;4(30):65–69. (In Russ.)
5. Shekihachev Yu.A., Batyrov V.I., Sekihacheva L.Z. Use of biofuel as the alternative energy source in agriculture. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2019;2(24):100–105. (In Russ.)
6. Elistratov V.V., Kuznecov M.V. Teoreticheskie osnovy netradicionnoj i vozobnovlyaemoj energetiki. Ch. 1. Opredelenie vetroenergeticheskikh resursov regiona. Metodicheskie ukazaniya. SPb.: SPbGPU, 2003. 49 p.

7. Haritonov V.P. *Osnovy vetroenergetiki*. Moscow: GNU VIESKH, 2010. 340 p. (In Russ.)
8. Bezrukih P.P., Bezrukih P.P. (ml.), Gribkov S.V. *Vetroenergetika* [Wind Energy]: Spravochno-metodicheskoe izdanie. Moscow: "IntekhenergoIzdat", "Teploenergetik", 2014. 304 p. (In Russ.)
9. Bastron A.V. [et al.] *Vetroenergetika Krasnoyarskogo kraya* [Wind power industry of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskii GAU, 2015. 252 p. (In Russ.)
10. Aldo Vieira da Roza. *Fundamentals of Renewable Energy Processes*. Elsevier Science. 2010. 704 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Темукуев Борис Биязуркаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2190-4749, Author ID: 449591.

Темукуев Тимур Борисович – кандидат экономических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6773-9151, Author ID: 449593

Information about the authors

Boris B. Temukuyev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2190-4749, Author ID: 449591.

Timur B. Temukuyev – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6773-9151, Author ID: 449593

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 04.04.2022;
одобрена после рецензирования 20.04.2022;
принята к публикации 25.04.2022.*

*The article was submitted 04.04.2022;
approved after reviewing 20.04.2022;
accepted for publication 25.04.2022.*