

УДК 551.521.31

## Радиационный режим и гелиоэнергетические ресурсы юго-восточной части Республики Алтай

В.В. Севастьянов, Ю.А. Мишенина\*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Поступила в редакцию 14.02.2016 г.

Рассмотрены средние месячные и годовые суммы прямой, рассеянной, суммарной солнечной радиации и потенциальные гелиоэнергетические ресурсы для юго-востока Республики Алтай. Исследования проведены в различных формах рельефа: в Чуйской котловине (Кош-Агач) и в Северо-Чуйском хребте (долина Актру). Приход суммарной радиации значителен, особенно в Чуйской котловине ( $1495 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$  за год). Под влиянием облачности существенно уменьшаются продолжительность солнечного сияния и приход суммарной солнечной радиации. За период 1965–2013 гг. в регионе наблюдалась тенденция к уменьшению месячных и годовых сумм суммарной радиации. Составлены кадастры потенциальных гелиоэнергетических ресурсов для станций Кош-Агач и Актру, в которые включены 12 основных показателей. Наибольшие средние месячные суммы суммарной радиации отмечаются при использовании следящей за Солнцем системы. Эффективная работа солнечных установок при ясном небе в Чуйской котловине возможна в течение всего года, в долине Актру – в течение 6 мес. Исследуемая территория является перспективной для работы солнечных установок различной мощности.

*Ключевые слова:* солнечная радиация, суммарная радиация, возобновляемая энергетика, гелиоэнергетика, Республика Алтай; solar radiation, total radiation, renewable energy, solar energy, Altay Republic.

### Введение

Изучение современного изменения климата, происходящего при взаимодействии естественных и антропогенных факторов, – одна из важнейших задач современности. Одним из главных факторов, влияющих на глобальный и региональный климат, является изменение составляющих радиационного баланса, в частности приходящей солнечной радиации. К настоящему времени накоплен большой объем сведений об основных закономерностях поступления солнечной радиации, об ее роли в фотохимических и биохимических процессах. Постоянно возрастают требования к прогностическим расчетам составляющих радиационного баланса. Большое практическое значение имеет исследование потенциальных гелиоэнергетических ресурсов в России и в Сибири в частности. Республика Алтай является энергодефицитным регионом. Энергия поступает из Алтайского края по высоковольтным линиям электропередач. Низкая плотность населения, труднодоступность горных местностей затрудняют создание централизованного энергоснабжения. Практическое использование возобновляемых источников энергии в Республике Алтай начинает реализовываться быстрыми темпами. Республика Алтай является лидером среди российских регионов по количеству и суммарной мощности объектов солнечной

генерации. Дальнейшее развитие гелиоэнергетики в регионе должно быть связано с оценкой их потенциальных ресурсов с учетом мезо- и микроклиматических условий в горах. Предлагаемое исследование показывает особенности распределения солнечной радиации в горах; даются рекомендации по их эффективному использованию.

### Материалы и методы исследования

Для исследования радиационного режима и потенциальных гелиоресурсов были использованы материалы наблюдений на двух актинометрических станциях – Кош-Агач и Актру. Станция Кош-Агач – единственная действующая актинометрическая станция в Республике Алтай – расположена в северной части широкой межгорной Чуйской котловины на высоте 1758 м, ее координаты –  $50^{\circ}01'$  с.ш. и  $88^{\circ}41'$  в.д. Курайский хребет, ближайший к станции, находится в 5 км к северу. Высота окружающих гор – 1800–2300 м над уровнем станции.

Метеорологическая станция Актру находится в одноименном горно-ледниковом бассейне (северный склон в восточной части Северо-Чуйского хребта) в глубокой долине на высоте 2150 м. Координаты станции –  $50^{\circ}05'$  с.ш. и  $87^{\circ}49'$  в.д. Перепад высот в бассейне Актру очень большой – от 4045 м (главная вершина Актру-Баш) до 2150 м – высота замыкающего створа и метеорологической станции. Комплексные гляциогидрометеорологические наблюдения начались в период выполнения программы

\* Владимир Вениаминович Севастьянов (vvs187@mail.ru); Юлия Александровна Мишенина (j.a.selezneva29@gmail.com).

«Международный геофизический год» (МГГ, 1956–1958 гг.) ледниковой экспедицией Томского университета под руководством профессора М.В. Тронова [1]. До 1971 г. метеорологические и теплобалансовые наблюдения на станции Актру проводились в основном в летний период. С 1971 по 1994 г. станция Актру была сетевой станцией Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) и проводила актинометрические наблюдения. Ряды наблюдений на этой станции относительно короткие. Актинометрические наблюдения в долине р. Актру представляют особый интерес, так как подобных долин в Республике Алтай очень много. С 2011 г. станция Актру работает в качестве наблюдателя в проекте Европейского союза INTERACT.

Материалом для исследования послужили данные о суточных, месячных и годовых суммах суммарной солнечной радиации  $Q$ ; прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность  $S'$ ; рассеянной радиации  $D$ ; о количестве облачности, о продолжительности солнечного сияния  $SS$  на станциях Кош-Агач (1965–2013 гг.) и Актру (1972–1994 гг.). Данные по станции Актру приведены к длинному периоду по станции Кош-Агач. Источниками получения информации были актинометрические ежемесечники, архивы данных Западно-Сибирского УГМС, научно-прикладной справочник [2], фонды ГГО, ВНИИГМИ–МЦД.

В работе использована методика приведения коротких рядов актинометрических наблюдений на станции Актру к более длинному ряду станции Кош-Агач. При анализе данных применялись методы статистической обработки результатов наблюдений. Методы корреляционного и регрессионного анализа использованы для оценки взаимных связей характеристик солнечной радиации и выявления тенденций их изменения. Оценка значимости коэффициентов корреляции и коэффициентов линейных трендов сумм суммарной радиации была проведена с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Выполнены расчеты поступающих средних месячных величин суммарной радиации согласно [3], продолжительности эффективной работы гелиоустановок, потенциальных

возможностей выработки электрической энергии в зависимости от ориентации солнечных модулей по формулам, приведенным в [4].

## Результаты исследования

Статистический анализ рядов наблюдений составляющих радиационного баланса показал, что распределение месячных и годовых сумм  $S'$ ,  $D$ ,  $Q$ , судя по коэффициентам асимметрии и эксцесса, можно считать близким к нормальному распределению. Следовательно, исследуемые эмпирические распределения можно использовать при расчетах основных статистических характеристик по известным формулам [3]. Приход суммарной радиации в юго-восточной части Республики Алтай значителен. Средние годовые значения  $Q$  на станции Кош-Агач составляют  $1495 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ , на станции Актру –  $1150 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ .

На станциях Кош-Агач и Актру, как и на всей территории юга Западной Сибири, прослеживается простой годовой ход средних месячных значений  $S'$ ,  $D$ ,  $Q$  с одним максимумом и одним минимумом (табл. 1).

Отметим, что в Чуйской котловине в течение всего года наблюдаются значительно большие суммы прямой и суммарной радиации, чем в условиях высокогорной долины, в связи с меньшим количеством облачности. Суммы рассеянной радиации большую часть года (особенно в теплый период) и за год в целом больше в долине, по сравнению с Чуйской котловиной. На увеличенные суммы рассеянной радиации в долине Актру влияет кроме увеличенных значений облачности еще и более длительный период залегания снежного покрова на дне долины и на склонах, который создает вторичное рассеяние солнечной радиации.

Показатели изменчивости потоков лучистой энергии характеризуются средним квадратическим отклонением  $\sigma$ . Показатели  $\sigma$  месячных сумм  $S'$ ,  $D$ ,  $Q$  приведены в табл. 2. Изменчивость потоков лучистой энергии наблюдается меньше в высокогорной долине, чем в котловине. В теплый период изменчивость ее больше, чем холодный период.

Таблица 1

Средние месячные и годовые суммы радиационных характеристик ( $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ ) на станциях Кош-Агач, Актру

Месяц	Кош-Агач			Актру		
	$S'$	$D$	$Q$	$S'$	$D$	$Q$
I	23,5	22,7	46,3	0	16,6	23,0
II	44,3	31,6	75,9	19,7	29,1	48,2
III	83,9	51,2	135,2	42,7	55,1	96,1
IV	106,4	61,8	168,1	75,1	68,7	137,4
V	129,9	72,0	201,9	101,7	76,2	167,9
VI	126,3	70,9	197,2	90,0	78,1	170,4
VII	125,5	69,5	195,0	93,1	68,7	161,8
VIII	117,7	55,7	173,4	79,8	59,6	141,5
IX	90,3	42,7	133,0	56,8	46,8	103,3
X	65,1	33,5	90,0	23,5	36,6	59,6
XI	28,0	23,0	51,0	12,2	21,3	26,9
XII	18,8	17,7	36,6	0	13,9	14,1
Год	959,7	46,3	1503,6	594,6	570,7	1150,2

Одним из важнейших факторов, определяющих радиационный режим, является облачность. В летние месяцы на обеих станциях наблюдается значительное увеличение облачности (табл. 3), что подтверждает вывод о смещении максимума прихода суммарной солнечной радиации на май.

Среднегодовое значение общей облачности на станции Кош-Агач составляет 5,9 балла, на станции Актру – 5,6 балла. Особый интерес представляет нижняя облачность, так как именно она в большей степени поглощает прямую радиацию. Ее среднее годовое значение в Кош-Агаче составляет 2,6 балла, в Актру – 3,3 балла. Следует заметить, что вопрос о влиянии облачности на радиационный режим в горах осложняется в связи с различной степенью закрытости горизонта. Закрытость горизонта в долине Актру значительно больше, чем в Чуйской котловине.

Известно, что в горах возможные суммы суммарной радиации (при отсутствии облачности и полной открытости горизонта) с высотой увеличиваются [5]. В конкретном случае в высокогорной долине Актру (2150 м) и облачность, и закрытость горизонта снижают приход годовой суммы суммар-

ной радиации на 24% по сравнению со станцией Кош-Агач (1760 м).

Важным фактором, являющимся объективным показателем облачности и степени закрытости горизонта, следует считать продолжительность солнечного сияния. Необходимо отметить, что в Кош-Агаче наблюдается наибольшее число часов солнечного сияния на территории России. Наибольшая продолжительность солнечного сияния на обеих станциях достигается в мае. Наименьшее число часов солнечного сияния на станции Кош-Агач – в декабре (134 ч). На станции Актру в декабре и январе Солнце не поднимается над гребнями гор. На рис. 1 представлены среднемесячные значения фактической продолжительности солнечного сияния для исследуемых станций. Наибольшая фактическая продолжительность солнечного сияния наблюдается на станции Кош-Агач. В среднем за год она составляет 2823 ч, но в отдельные годы увеличивается до 3081 ч (2011 г.). Эти значения в 1,3 раза больше, чем даже на территории Краснодарского края [6]. На станции Актру среднегодовая продолжительность солнечного сияния составляет лишь 1318 ч, максимальная продолжительность солнечного сияния может достигать 1469 ч (1992 г.).

Таблица 2

Среднее квадратическое отклонение месячных и годовых сумм составляющих радиационного баланса ( $\text{кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ ) на станциях Кош-Агач, Актру

Месяц	Кош-Агач			Актру		
	$\sigma_S$	$\sigma_D$	$\sigma_Q$	$\sigma_S$	$\sigma_D$	$\sigma_Q$
I	5,2	4,3	3,6	0,0	2,3	2,3
II	7,2	5,0	22,8	5,1	5,6	4,2
III	8,9	7,4	7,6	3,7	6,1	8,3
IV	9,1	8,2	14,8	12,3	10,8	10,7
V	13,6	7,8	14,2	13,0	11,3	14,4
VI	16,5	9,4	11,6	22,0	15,8	15,4
VII	20,1	7,9	16,5	13,8	13,2	15,9
VIII	10,2	7,0	9,1	12,0	12,8	9,4
IX	11,7	6,1	8,8	9,3	10,2	7,6
X	7,3	3,6	6,4	3,5	5,0	5,0
XI	5,1	3,6	3,1	4,0	3,3	4,0
XII	4,3	3,4	2,5	0,0	3,0	3,0
Год	44,7	39,5	52,8	43,6	36,6	30,1

Таблица 3

Среднемесячное и среднегодовое количество нижней и общей облачности (баллы) на станциях Кош-Агач и Актру

Станция	Облачность	Месяц						Год
		I	II	III	IV	V	VI	
Кош-Агач	Общая	5,2	5,4	5,4	6,1	6,6	6,9	
	Нижняя	1,3	1,6	1,8	2,6	3,2	4,1	
Актру	Общая	5,0	5,0	4,9	5,6	6,0	6,6	
	Нижняя	1,6	1,9	1,8	2,8	4,0	5,0	

Станция	Облачность	Месяц						Год
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кош-Агач	Общая	7,0	6,2	5,7	5,7	5,6	5,3	5,9
	Нижняя	4,3	3,6	3,1	2,3	1,9	1,6	2,6
Актру	Общая	6,8	6,1	5,6	5,7	5,0	4,8	5,6
	Нижняя	5,6	5,0	3,9	3,2	2,5	2,1	3,3

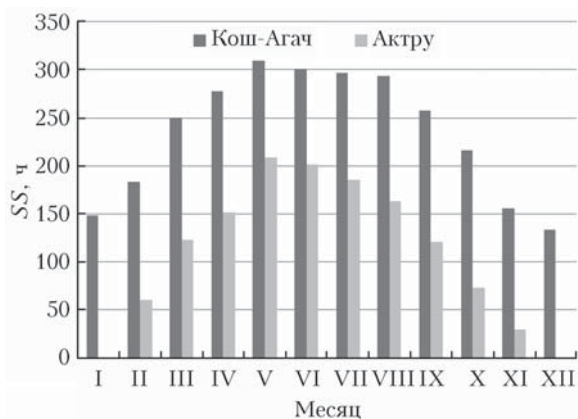


Рис. 1. Продолжительность солнечного сияния на станциях Кош-Агач и Актру

Влияние облачности на продолжительность солнечного сияния особенно отчетливо проявляется в отношении фактического числа часов солнечного сияния к возможному. В Актру действительная продолжительность солнечного сияния в среднем за год составляет лишь 26% от возможной (сказывается влияние большой закрытости горизонта), в Кош-Агаче – 63%.

Для объективной оценки гелиоэнергетических ресурсов в условиях современного изменения климата важно учитывать динамику потоков лучистой энергии. Анализ линейных трендов месячных и годовых сумм суммарной радиации показал, что на обеих станциях в период 1965–2013 гг. наблюдается тенденция к уменьшению их месячных и годовых сумм, за исключением января и июня в Актру (табл. 4).

Статистический анализ коэффициентов наклона линейных трендов месячных и годовых сумм суммарной солнечной радиации показал, что они статистически незначимы на уровне значимости 0,05, т.е. изменение солнечной радиации в исследуемый период находилось в пределах ее естественной изменчивости. Аналогичные выводы были получены и для других районов, например для Москвы [7], для большей части территории Предбайкалья [8].

Для комплексной оценки потенциальных гелиоресурсов при выполнении предпроектных работ по установке солнечных электростанций необходимо учитывать следующие климатические характеристики: суммарную радиацию при ясном небе и при средних условиях облачности, вклад прямой радиации на горизонтальную поверхность в суммарную, продолжительность солнечного сияния, число дней без Солнца, количество общей облачности, повторяемость ясного и пасмурного неба по общей облачности [4]. В соответствии с этими рекомендациями был составлен гелиоэнергетический кадастр для исследуемых станций (табл. 5 и 6).

Оценка потенциальных солнечных ресурсов показала, что на обеих станциях они велики в теплый период года (164–199 кВт·ч/м<sup>2</sup> за месяц в Кош-Агаче и 140–171 кВт·ч/м<sup>2</sup> в Актру).

Таблица 4

Коэффициенты наклона линейных трендов месячных и годовых сумм суммарной радиации на станциях Актру и Кош-Агач

Станция	Коэффициент наклона (кВт·ч/м <sup>2</sup> ) за 10 лет												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кош-Агач	-0,7	-0,9	-1,0	0,2	-0,9	-0,2	-1,0	-1,9	-0,6	-0,9	-0,8	-0,6	-1,2
Актру	0,3	-1,1	-1,5	-2,5	-2,0	0,3	-0,2	-0,4	-0,1	-0,5	-1,3	-0,4	-2,2

Таблица 5

Гелиоэнергетический кадастр. Станция Кош-Агач

Показатель	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$Q_{\text{ясно}}$	1,9	3,3	5,3	7,2	8,6	9,3	8,8	7,5	5,7	3,9	2,2	1,6	1987
$Q_{\text{обл}}$	1,7	2,9	4,6	6,0	6,7	6,7	6,5	5,8	4,6	3,1	1,9	1,3	1585
$S'/Q_{\text{обл}}$	52,2	58,8	64,3	64,6	65,0	64,9	65,1	67,5	67,9	64,7	56,0	49,4	65,3
$N$	0	0	1,5	4,5	5,5	5,6	4,8	4,0	0,8	0	0	0	810
$SS$	145	183	246	276	310	298	295	293	253	213	154	131	2797
$\sigma_{SS}$	23,7	25,3	31,3	28,4	30,3	24,7	28,5	19,9	25,8	20,7	19,0	27,1	139,7
$SS/SS_{\text{возм}}$	56	63	68	67	65	62	61	66	68	65	58	53	63
$SS_{\text{ср}}$ за день	4,6	6,5	8,1	9,2	9,8	9,8	9,4	9,3	8,6	6,9	5,3	4,5	7,8
$P$	3	2	2	1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	1	3	5	19
$U$	5,3	5,5	5,4	6,1	6,6	6,9	7,0	6,2	5,8	5,8	5,5	5,2	6,0
$W$	14	15	17	2	22	25	28	26	21	21	17	16	–
$Y$	42	44	46	19	54	54	54	48	43	45	48	48	–

Примечание. В табл. 5 и 6 приняты следующие условные обозначения:  $Q_{\text{ясно}}$  – средние за сутки суммы суммарной солнечной радиации при ясном небе (кВт·ч/м<sup>2</sup>);  $Q_{\text{обл}}$  – средние за сутки суммы суммарной солнечной радиации при средних условиях облачности (кВт·ч/м<sup>2</sup>);  $S'/Q_{\text{обл}}$  – отношение прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность к суммарной радиации (%);  $N$  – продолжительность периода за сутки с энергетической освещенностью  $Q \geq 0,60$  кВт/м<sup>2</sup> при средних условиях облачности (ч);  $\sigma_{SS}$  – среднее квадратическое отклонение числа часов солнечного сияния (часы);  $SS/SS_{\text{возм}}$  – отношение наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния к возможной (%);  $SS_{\text{ср}}$  за день – средняя продолжительность солнечного сияния за день с Солнцем (ч);  $P$  – число дней без Солнца;  $U$  – среднее месячное и годовое количество общей облачности (баллы);  $W$  – повторяемость ясного неба по общей облачности (%);  $Y$  – повторяемость пасмурного неба по общей облачности (%).

Таблица 6

## Гелиоэнергетический кадастр. Станция Актру

Показатель	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$Q_{\text{ясно}}$	0	2,9	4,6	7,1	8,2	8,7	8,3	7,0	5,4	3,2	1,5	0	1724
$Q_{\text{обл}}$	0,5	1,2	1,9	2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,4	1,2	0,7	0,5	571
$S'/Q_{\text{обл}}$	0	40,4	43,6	52,2	57,2	53,5	57,5	57,2	54,8	39,1	36,5	0	51
$N$	0	0	1,0	3,0	4,0	1,5	1,5	0,9	0	0	0	0	369
$SS$	0	61	123	152	201	209	185	163	121	73	30	0	1318
$\sigma_{SS}$	6,2	10,2	20,6	26,1	28,4	25,6	26,7	25,3	18,1	18,1	7,6	0,7	74,2
$SS/SS_{\text{возм}}$	0	19	34	37	42	42	38	36	32	22	7	0	26
$SS_{\text{ср}}$ за день	0	2,2	4,0	5,1	5,0	7,0	6,0	5,3	4,0	2,4	1,0	0	3,6
$P$	31	7	4	4	3	2	2	3	4	8	14	31	109
$U$	5	5	4,9	5,6	6	6,6	6,8	6,1	5,6	5,7	5	4,8	5,6
$W$	19,4	21,4	16,1	13,3	9,7	3,3	3,2	6,5	10,0	12,9	20,0	19,4	—
$Y$	19,4	25,0	22,6	26,7	29,0	33,3	35,5	29,0	23,3	29,0	26,7	22,6	—

Потенциальные солнечные ресурсы за год на станции Кош-Агач составляют  $1482 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ , на станции Актру —  $1171 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ . Наиболее значительные гелиоэнергетические ресурсы наблюдаются в Чуйской котловине (станция Кош-Агач) из-за уменьшенного количества облаков над этим районом. Это позволяет монтировать солнечные установки большого размера. В глубоких долинах горных хребтов (станция Актру) из-за увеличения закрытости горизонта и влияния облачности годовые суммы солнечной радиации уменьшены. Здесь можно использовать солнечные установки среднего и малого размеров. Средние суточные суммы суммарной радиации, приходящие на различно ориентированные поверхности, на станциях Кош-Агач и Актру приведены на рис. 2.



Рис. 2. Средние суточные суммы суммарной солнечной радиации, приходящие на различно ориентированные поверхности, на станциях Кош-Агач и Актру

Чтобы увеличить коэффициент полезного действия гелиосистем, целесообразно их приемные поверхности постоянно ориентировать перпендикулярно солнечным лучам с помощью гелиостатов. Применение поверхностей со слежением за Солнцем позволяет получать солнечной энергии на 30–38% больше, чем ее поступает на горизонтальную поверхность. Это дает возможность максимально использовать

поступающую солнечную энергию, однако использование гелиостатов существенно повышает себестоимость получаемой энергии. Солнечные гелиоэнергетические установки с неподвижной поверхностью, ориентированной под углом, равным широте места, также позволяют получать больше солнечной энергии по сравнению с горизонтальной поверхностью (за исключением периода с мая по июль).

Максимально возможная месячная продолжительность работы гелиоустановок при условии безоблачного неба и при средних условиях облачности на станциях Кош-Агач и Актру была оценена по данным о продолжительности солнечного сияния (рис. 3).

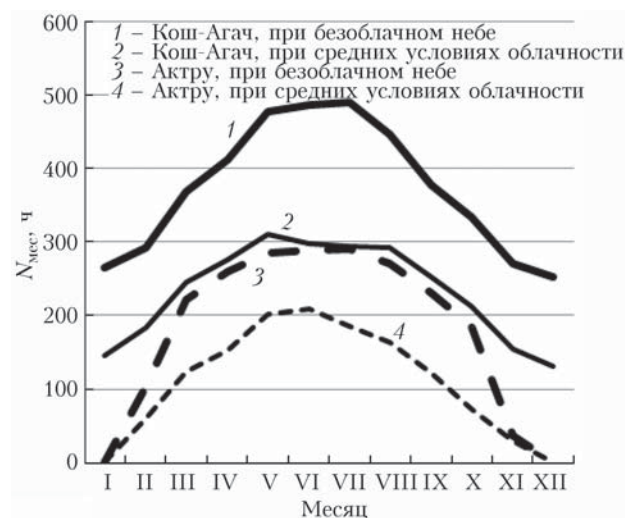


Рис. 3. Месячная продолжительность работы солнечных установок  $N_{\text{мес}}$  на станциях Кош-Агач, Актру

Оптимальная эффективность работы гелиоустановок обеспечивается при продолжительности солнечного сияния более 250 ч за месяц. Обеспеченность 80–90% от этой величины также считается удовлетворительной для их нормальной работы [9, 10]. На обеих станциях теплый период является наиболее эффективным для использования гелиоустановок. При ясном небе эффективная работа гелиоустановки на станции Кош-Агач может продолжаться в течение всего года. На станции Актру этот период продолжается с апреля по август. При средних условиях облачности на станции Кош-Агач

этот период составляет 6 мес — с апреля по сентябрь. В долине на станции Актру при облачности наблюдаются весьма ограниченные гелиоэнергетические ресурсы. В горных долинах целесообразно использовать гелиоустановки среднего и малых размеров. При этом наибольшая выработка электрической энергии возможна лишь в теплый период года (рис. 4).

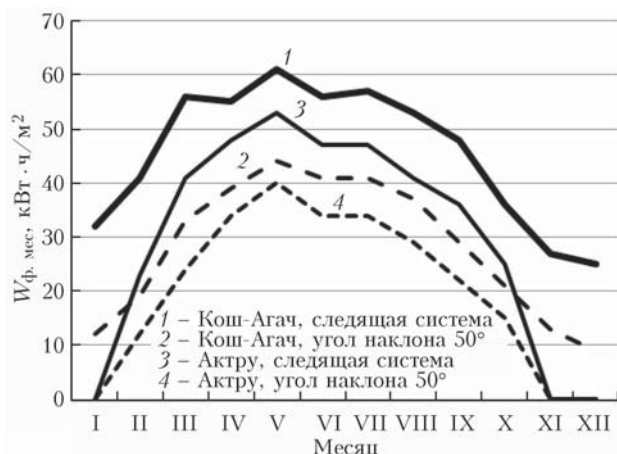


Рис. 4. Количество энергии  $W_{ф,мес}$ , вырабатываемое солнечной батареей со слепящей за Солнцем поверхностью и с неподвижной поверхностью, установленной под углом, равным широте места, при КПД = 20%

Максимальная величина технически реализуемых солнечных ресурсов установкой со слепящей системой достигается в мае (61 кВт·ч/м² за месяц на станции Кош-Агач и 53 кВт·ч/м² за месяц на станции Актру), когда наблюдаются максимальные величины суммарной радиации. Годовая выработка электрической энергии слепящей за Солнцем поверхностью составляет 546 кВт·ч/м² в Кош-Агаче и 360 кВт·ч/м² в Актру. При постоянном угле наклона выработка электрической энергии уменьшается. Однако она достаточно велика и составляет 338 и 245 кВт·ч/м² в год соответственно. Принято считать [6], что наиболее благоприятными районами для строительства солнечных электростанций являются такие, где удельная выработка электроэнергии составляет не менее 200 кВт·ч/м² за год.

Значения потенциальных гелиоэнергетических ресурсов показывают, что юго-восточная часть Республики Алтай является перспективной для эксплуатации гелиоустановок не только с системой слежения за Солнцем, но и с неподвижной поверхностью.

*V.V. Sevastyanov, Y.A. Mishenina. The regime of solar radiation and solar energy for the south-east of the Altay republic.*

Monthly and annual average values of direct, diffuse, and total radiation and potential solar resources in the south-east of the Altay Republic were considered. The research for different forms of relief was conducted: Chuiskaya basin (Kosh-Agach) and Severo-Chuiskyi ridge (Aktru valley). Total radiation is considerable, especially in Chuiskaya basin (5398 MJ/m² per year). The sunshine duration and total solar radiation are essentially decreased under the influence of a cloudiness. There is a decreasing trend in monthly and annual values of the total radiation in this region from 1965 to 2013. Cadasters of potential solar resources contained 12 basic indices for Kosh-Agach and Aktru stations. The highest monthly average values were registered when a sun-tracking system was used. The work of the solar systems in clear sky in Chuiskaya basin is effective all the year round, but in Aktru valley only during six months. The territory is perspective for using solar installations of different capacities.

## Заключение

Исследование ресурсов солнечной радиации на юго-востоке Республики Алтай показало, что данная территория обладает достаточным количеством суммарной солнечной радиации для развития гелиоэнергетики. Особенно велики ресурсы гелиоэнергетики в высокогорных котловинах. Значительные ресурсы солнечной радиации наблюдаются в горных долинах. Особенности радиационного режима в горной местности очень затрудняют оценку потенциальных гелиоресурсов и требуют обязательного учета влияния орографии. В настоящее время солнечную энергию экономически целесообразно использовать для горячего водоснабжения сезонных потребителей (спортивно-оздоровительных сооружений, баз отдыха, а также для обогрева открытых и закрытых плавательных бассейнов и других сооружений). Дальнейшее развитие гелиоэнергетики в труднодоступных горных районах Алтая будет способствовать развитию туристско-рекреационной, производственной деятельности и улучшению социальных условий жизни сельского населения.

1. Тронов М.В. Горно-ледниковый бассейн Актру как показатель характерных свойств ороклиматической базы оледенения // Проблемы гляциологии Алтая. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1973. С. 7–20.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, вып. 20: Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 716 с.
3. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 245 с.
4. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: Гидрометеоздат, 2008. 336 с.
5. Алисов А.П., Полтараус Б.В. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 185 с.
6. Дробышев А.Д. Энергия солнца и ветра в Краснодарском крае, условия ее утилизации. СПб.: РГМУ, 2014. 276 с.
7. Абакумова Г.М. Тенденция многолетних изменений прозрачности атмосферы, облачности, солнечной радиации и альбедо подстилающей поверхности в Москве // Метеорол. и гидрол. 2000. № 9. С. 39–63.
8. Густокашина Н.Н. Многолетние изменения основных элементов климата на территории Предбайкалья. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. 107 с.
9. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1998. 202 с.
10. Севастьянова Л.М., Севастьянов В.В. Радиационный режим Чуйской котловины в Горном Алтае // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2005. Вып. 2. С. 150–155.