

Academia. Архитектура и строительство, № 4, стр. 124–133.

Academia. Architecture and Construction, no. 4, pp. 124–133.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 551.50

DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-124-133

«Большие данные» при прогнозировании климатической стойкости строительных материалов. Актинометрические показатели

Низина Татьяна Анатольевна (Саранск). Доктор технических наук, профессор, советник РААСН. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва); Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21. НИИСФ РААСН). Эл. почта: nizinata@yandex.ru

Селяев Владимир Павлович (Саранск). Доктор технических наук, профессор, академик РААСН. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва). Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21. НИИСФ РААСН). Эл. почта: ntorm80@mail.ru

Низин Дмитрий Рудольфович (Саранск). Кандидат технических наук. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва). Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21. НИИСФ РААСН). Эл. почта: nizindi@yandex.ru

Чибулаев Игорь Александрович (Саранск). Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва). Эл. почта: chibulaev98@mail.ru

Спирин Илья Петрович (Саранск). Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва). Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21. НИИСФ РААСН). Эл. почта: spirinil2000@yandex.ru

Пивкин Николай Андреевич (Саранск). Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Россия, 430005, Саранск, Большевицкая, 68. НИ МГУ им. Н.П. Огарёва). Эл. почта: 5927401@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты анализа актинометрических показателей, в частности, интенсивности солнечной радиации и ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В. Рассмотрено распределение актинометрических показателей в зависимости от дня, месяца и года (2015–2022) для умеренно континентального климата (г. Саранск). Проведено сравнение рассчитанных значений суммарной солнечной радиации, полученных с помощью станции автоматического контроля, а также показателей, представленных в ГОСТ 16350-80 для умеренного климатического района (г. Москва). Проведён анализ распределения интенсивности солнечной радиации в трёх вариантах: данные только за дневной период и гражданские сумерки (вариант 1); данные без учёта ночного периода (вариант 2); все фиксируемые с частотой в 10 мин. показатели. Установлено, что несмотря на значительную протяжённость ночного и сумеречных периодов, среднее годовое снижение суммарной солнечной радиации составляет 1,3% (вариант 1) и 0,8% (вариант 2). Исходя из малых значений поправок актинометрических показателей, учитывающих продолжительность астрономических и гражданских сумерек, при разработке моделей машинного обучения принято решение использовать все фиксируемые с частотой в 10 мин. значения интенсивностей солнечной радиации и ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В.

Ключевые слова: большие данные, актинометрические показатели, солнечная радиация, ультрафиолетовые излучения диапазонов А и В, тепловая карта, умеренно континентальный климат

Для цитирования: Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Чибулаев И.А., Спирин И.П., Пивкин Н.А. «Большие данные» при прогнозировании климатической стойкости строительных материалов. Актинометрические показатели // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – №4. – С. 124–133. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-4-124-133.

"Big Data" in Predicting the Climate Resistance of Building Materials. Actinometric Indices

Nizina Tatyana A. (Saransk). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Advisor of RAACS. National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Scientific Research Institute of Building Physics RAASN (Russia, 127238, Moscow, Locomotive passage, 21. NIISF RAASN). E-mail: nizinata@yandex.ru

Selyaev Vladimir P. (Saransk). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Academician of RAACS. National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Scientific Research Institute of Building Physics RAASN (Russia, 127238, Moscow, Locomotive passage, 21. NIISF RAASN). E-mail: ntorm80@mail.ru

Nizin Dmitry R. (Saransk). Candidate of Sciences in Technology. National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Scientific Research Institute of Building Physics RAASN (Russia, 127238, Moscow, Locomotive passage, 21. NIISF RAASN). E-mail: nizindi@yandex.ru

Chibulaev Igor AL. (Saransk). National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Email address: chibulaev98@mail.ru

Spirin Ilya P. (Saransk). National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Scientific Research Institute of Building Physics RAASN (Russia, 127238, Moscow, Locomotive passage, 21. NIISF RAASN). E-mail: spirinil2000@yandex.ru

Pivkin Nikolay A. (Saransk). National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russia, 430005, Saransk, Bolshevikskaya, 68. NI Ogarev Moscow State University). Email address: 5927401@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of analyzing the actinometric indices, in particular, the intensity of solar radiation and ultraviolet radiation of A and B bands. It also considers the distribution of actinometric indices depending on the day, month and year (2015-2022) for moderately continental climate (Saransk). The calculated values of total solar radiation obtained from the automatic control station, as well as the indices given in GOST 16350-80 for the temperate climatic region (Moscow) were compared. Three options of the distribution of solar radiation intensity were analyzed: data only for the day period and civil twilight (option 1); data without taking into account the night period (option 2); all indices recorded with a frequency of 10 minutes. It was found that despite the significant duration of the night and twilight periods, the average annual decrease in total solar radiation is 1.3% (option 1) and 0.8% (option 2). Based on the small values of actinometric indices corrections, taking into account the duration of astronomical and civil twilight periods, it was decided to use all the values of solar radiation and ultraviolet radiation intensities of A and B bands, recorded with a frequency of 10 minutes, in the development of machine learning models.

Keywords: big data; actinometric indices; solar radiation, ultraviolet radiation of A and B bands; heat map, temperate continental climate

For citation. Nizina T.A., Selyaev V.P., Nizin D.R., Chibulaev I.A., Spirin I.P., Pivkin N.A. "Big Data" in Predicting the Climate Resistance of Building Materials. Actinometric Indices. In: *Academia. Architecture and construction*, 2024, no. 4, pp. 124–133, doi: 10.22337/2077-9038-2024-4-124-133.

Введение

Сегодня мы живём в эпоху больших данных (big data), что приводит цифровой трансформации многих отраслей промышленности, а также научно-исследовательской деятель-

ности [1–3]. Развитие способов работы с большими данными открывает дополнительные возможности, недоступные ещё 15-20 лет тому назад. Использование больших данных при оценке и прогнозировании разнообразных процессов, в том

числе в области материаловедения, предполагает обязательную предобработку используемых для обучения данных¹.

Метеорологические данные, фиксируемые с высокой частотой снятия показаний, без сомнений, можно отнести к источникам больших данных [4–6]. Ранее [7] авторский коллектив уже провёл анализ показателей температуры, относительной и абсолютной влажности, фиксируемых с помощью автоматических станций контроля, а также сравнил их с показателями, рассчитываемыми по ГОСТ 16350-80 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей»². Показано, что использование при прогнозировании климатической стойкости строительных композитов значений, рассчитанных по статистическим показателям, приведённым в ГОСТ 16350-80, а также средних значений, рассчитанных на основе собственного мониторинга, проведённого в предыдущие временные периоды, нецелесообразно при использовании методов машинного обучения, так как даёт сглаженные оценки, не отражающие фактического изменения факторов окружающей среды.

Известно, что солнечная радиация (лучистая энергия солнца) является главным источником всех физико-географических процессов, протекающих как на земной поверхности, так и в атмосфере [8; 9]. Солнечная радиация – это электромагнитное излучение, сосредоточенное в основном в диапазоне волн длиной 280÷3000 нм. Солнечный спектр можно разделить на три основные области [9; 10]:

- ультрафиолетовые волны длиной 280÷400 нм, невидимые для человеческого глаза и составляющие около 2% солнечного спектра;
- световые волны в диапазоне 400÷780 нм, составляющие приблизительно 49% спектра;
- инфракрасные волны длиной 780÷3000 нм, на долю которых приходится большая часть оставшихся 49% солнечного спектра.

Большая часть волн длиной менее 280 нм поглощается атмосферой и не достигает поверхности земли. При дальнейшем прохождении через атмосферу солнечного излучения имеет место его дополнительное поглощение и рассеивание вследствие наличия в атмосфере различных газов и твёрдых частиц. В результате рассеивания прямого солнечного излучения в атмосфере образуется рассеянное небесное излучение. Таким образом, солнечная энергия, достигающая поверхности земли в определённом месте, является суммой прямого и рассеянного солнечного излучений, которое рассматривается как интегральное излучение всего диапазона.

Солнечная радиация измеряется мощностью переносимой ею энергии на единицу площади поверхности (Вт/м²). Соотношение между прямой, рассеянной и суммарной радиацией имеет вид [8; 9]:

$$S = S_N \cdot \sin \gamma + S_d = S_D + S_d, \quad (1)$$

где S_N – прямая солнечная радиация на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам; S_D – прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность; S_d – рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность; γ – высота Солнца над горизонтом.

В СП 131.13330 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»³ в качестве актинометрических показателей приводятся значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) при безоблачном небе в зависимости от месяца и географической широты (от 40 до 68 градуса с. ш.) на горизонтальную поверхность. Для вертикальных поверхностей распределение суммарной солнечной радиации реализовано также в зависимости от ориентации – север, северо-восток/северо-запад, восток/запад, юго-восток/юго-запад, юг.

Согласно ГОСТ 9.906-83 «Единая система защиты от коррозии и старения. Станции климатические испытательные. Общие требования»⁴, при проведении натурных климатических испытаний в качестве фиксируемых актинометрических показателей выделяют дозу суммарного солнечного излучения (МДж/м²), фиксируемую ежесуточно, еженедельно и ежемесячно, а также дозу УФ-составляющей солнечного излучения (МДж/м²) в диапазоне 300–385 нм (ежесуточно). В качестве рекомендуемого оборудования указываются пиранометр универсальный [ПП-1 (М-80)] и ультрафиолетовый радиометр типа TUVB (фирма Eppley, США) в комплектах с интегрирующими устройствами. При этом никаких рекомендаций по частоте фиксации показаний не приводится – рекомендуется использовать техническое описание применяемого прибора.

В данной работе проанализировано изменение актинометрических показателей, фиксируемых с помощью станции автоматического контроля, а также проведено сравнение накопленных уровней солнечной радиации с данными ГОСТ 16350 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей».

Результаты анализа

Согласно разделу 4 ГОСТ 16350-80, оценку климатических районов по солнечному излучению осуществляют по средней месячной интегральной поверхностной плотности потока прямого и суммарного солнечного излучения у поверхности земли для 12 час. 30 мин. местного времени (вне зависимости от облачности) и по энергетической экспозиции прямого и суммарного солнечного излучения за месяц и год для каждого

¹ Машинное обучение (machine learning, ML) – это совокупность методов искусственного интеллекта, с помощью которых можно создавать самообучающиеся компьютерные системы.

² <https://vsegost.com/Catalog/78/7890.shtml>

³ <https://docs.cntd.ru/document/573659358>

⁴ <https://vsegost.com/Catalog/76/7624.shtml>

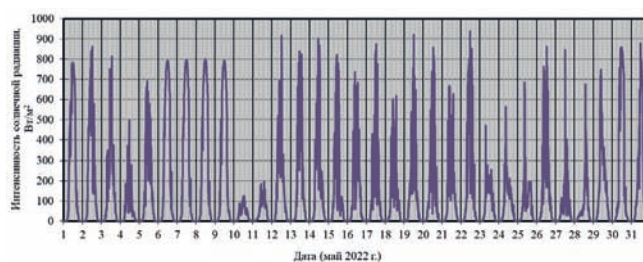
представительного пункта климатических районов. Числовые значения вышеуказанных показателей для умеренного климатического района (г. Москва) представлены в таблице 1. Также в вышеуказанном ГОСТ приводятся таблицы повторяемости сочетаний интегральной поверхностной плотности потока суммарного солнечного излучения и температуры воздуха в 12 час. 30 мин. местного времени за год, полученные за семилетний период наблюдений.

Используемый авторским коллективом актинометрический комплекс, входящий в состав автоматической станции контроля загрязнения атмосферного воздуха МР-28 [10], позволяет в круглосуточном режиме с частотой в 10 мин. фиксировать интенсивность ($\text{Вт}/\text{м}^2$) солнечной радиации и ультрафиолетовых излучений диапазонов А ($400\div320$ нм) и В ($320\div28$ нм). В качестве оборудования актинометрического комплекса использовались: актинометр С511R; пиранометры С502 UVA и С502 UVB; пиранометр СМ6В; преобразователи измерительные АЦП ЛА-70М.

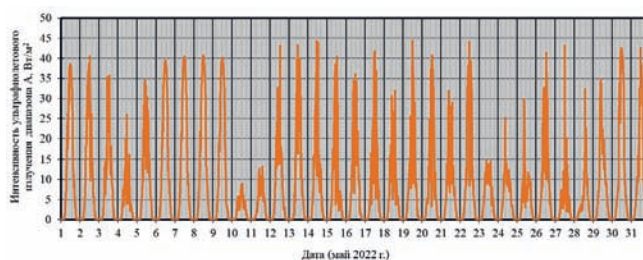
Графическая интерпретация актинометрических показателей на примере мая 2022 года представлена на рисунке 1. Накопленные за сутки (май 2022 года) значения суммарной солнечной радиации, ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В приведены на рисунке 2.

Проведён анализ накопленных за каждый месяц 2015–2022 годов актинометрических показателей, графическая интерпретация которых представлена на рисунке 3. Коэффициент вариации изменения накопленной за год суммарной солнечной радиации составляет 5,6%; ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В соответственно 4,0 и 3,0%. Анализ

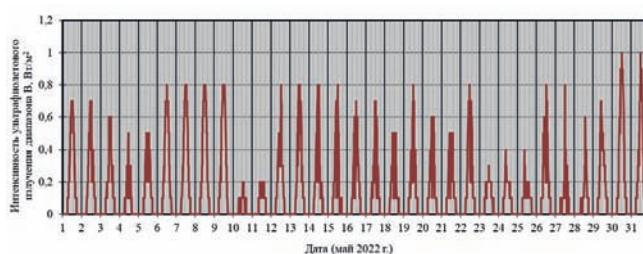
⁵ Статья проиллюстрирована рисунками, выполненными авторами статьи.



а)



б)



в)

Рис. 1⁵. Изменение интенсивности актинометрических показателей в условиях умеренно континентального климата (г. Саранск) в мае 2022 года: а) солнечная радиация; б) ультрафиолетовое излучение диапазона А; в) ультрафиолетовое излучение диапазона В

Таблица 1. Характеристики умеренного климатического района (г. Москва) по солнечному излучению (согласно ГОСТ 16350-80)

Месяц	Средняя месячная интегральная поверхностная плотность потока прямого S и суммарного Q солнечного излучения в 12 часов 30 минут местного времени, Вт/м²				Энергетическая экспозиция прямого S и суммарного Q солнечного излучения, МДж/м²	
	вне зависимости от облачности		при отсутствии облаков			
	S	Q	S	Q	S	Q
Январь	55,8	188,5	509,5	209,4	33,5	58,7
Февраль	111,7	230,3	670,1	356,0	108,9	125,7
Март	300,1	376,9	809,7	558,4	272,4	289,1
Апрель	349	481,6	830,6	691,0	356,2	402,2
Май	383,9	565,4	802,7	788,7	502,8	578,2
Июнь	314,1	516,5	816,7	844,6	532,1	595,0
Июль	300,1	509,5	767,8	781,8	494,4	595,0
Август	258,3	425,8	788,7	725,9	402,2	469,3
Сентябрь	188,5	300,1	816,7	579,3	268,2	301,7
Октябрь	146,6	209,4	732,9	397,9	138,3	150,8
Ноябрь	153,6	118,7	635,2	244,3	96,4	67,0
Декабрь	90,7	83,8	544,4	160,5	37,7	41,9
За год	–	–	–	–	3243,1	3674,6

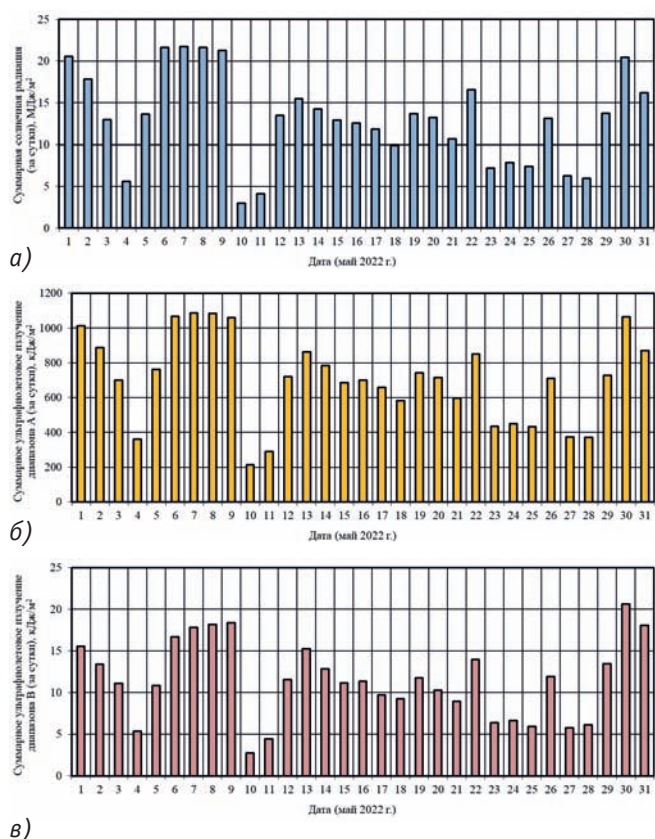


Рис. 2. Значения накопленной суммарной солнечной радиации (а), ультрафиолетовых излучений диапазонов А (б) и В (в) за каждые сутки мая 2022 года (г. Саранск)

изменения коэффициента вариации суммарной солнечной радиации в зависимости от исследуемого месяца варьируется в интервале от 5,3 до 21,8%, причём наибольший разброс показателей для периода сентябрь – март, а наименьший – для июня и июля (таблица 2).

Коэффициент вариации ультрафиолетового излучения диапазона А меняется в интервале 4,7÷17,3% в зависимости от года рассматриваемого месяца. Наибольший разброс показателей также наблюдается для месяцев с сентября по март (табл. 2). Коэффициент вариации ультрафиолетового излучения диапазона В в декабре месяце достигает 106%, что свидетельствует о высокой изменчивости данного актинометрического показателя на фоне низких значений в данный период в целом. Для всех других месяцев коэффициент вариации находится в интервале 5,2÷31,4%.

Сравнение средних месячных значений суммарной солнечной радиации, рассчитанных по накопленным авторским коллективом результатам в течение 2015–2022 годов (табл. 2), и приведённых в ГОСТ 16350-80 (см. табл. 1) свидетельствует о превышении представленных в ГОСТ величин на 4,1÷23,0 %. При этом наибольшее различие выявлено для месяцев с мая по июль.

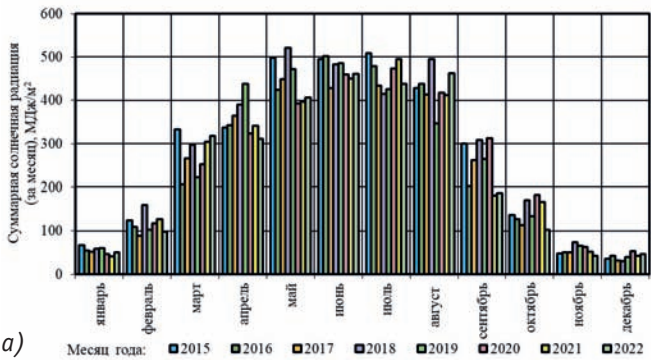
Проведём сравнение значений средней месячной интегральной поверхностной плотности потока суммарного солнечного излучения в 12 час. 30 мин., представленных в таблице 15 ГОСТ 16350-80, а также рассчитанных по значениям, фиксируемым с помощью автоматической станции контроля

Таблица 2. Статистические характеристики (среднее арифметическое $\bar{X}$ и коэффициент вариации V) изменения актинометрических показателей по месяцам в зависимости от года натурного экспонирования (умеренно континентальный климат, г. Саранск, 2015–2022)

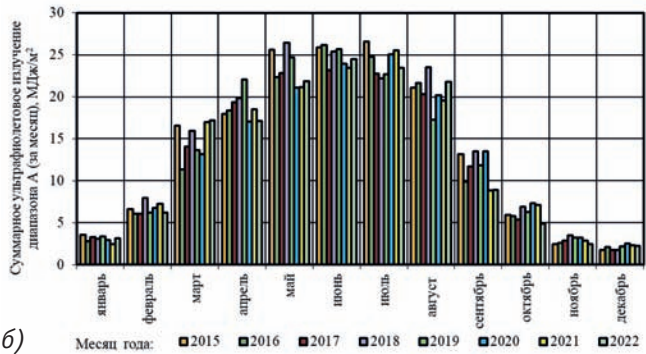
Месяц	Статистические характеристики актинометрических показателей					
	Суммарная солнечная радиация		Суммарное ультрафиолетовое излучение диапазона А		Суммарное ультрафиолетовое излучение диапазона В	
	$\bar{X}$, МДж/м ²	V, %	$\bar{X}$, МДж/м ²	V, %	$\bar{X}$, МДж/м ²	V, %
Январь	53,9	15,2	3,1	11,2	9,2	24,5
Февраль	115,7	18,9	6,7	10,0	48,4	6,4
Март	274,6	16,7	14,9	14,3	156,3	15,2
Апрель	355,6	11,5	18,8	8,8	269,1	11,3
Май	445,0	10,8	23,2	8,9	430,0	11,0
Июнь	470,6	5,3	24,8	4,7	517,5	5,2
Июль	458,4	7,6	24,1	6,5	512,9	7,5
Август	426,6	10,1	20,7	8,9	422,2	10,7
Сентябрь	252,4	21,8	11,4	17,3	189,6	20,8
Октябрь	141,6	20,5	6,2	14,0	75,2	19,0
Ноябрь	55,4	19,4	2,9	13,5	16,9	31,4
Декабрь	40,2	19,7	2,1	14,5	2,9	106,0
За год	3090,0	–	158,7	–	2650,1	–

(рис. 4). Коэффициент вариации вышеуказанного показателя, рассчитанный по 240÷248 значениям (в зависимости от месяца) для восьми лет натурных испытаний, варьируется в интервале 43,7÷78,6%. Разница между рассчитываемыми показателями и представленными в ГОСТ 16350-80 варьируется от –100,7 до 104,4 Вт/м² (рис. 4, б), что соответствует –53,4÷24,5% (рис. 4, б).

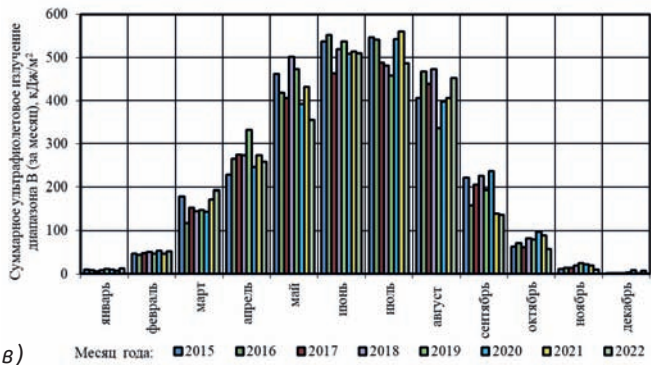
Несмотря на подобный характер столбчатых гистограмм, иллюстрирующих изменение средних месячных плотностей потока суммарного излучения в 12 час. 30 мин. (рис. 4 б), различие между реально фиксируемыми и приведёнными в ГОСТ 16350-80 значениями существенно отличается, что подтверждает ранее сделанные выводы [7, 11, 12] о необходимости контроля всего комплекса метеорологических показателей при проведении натурных климатических испытаний.



а)



б)

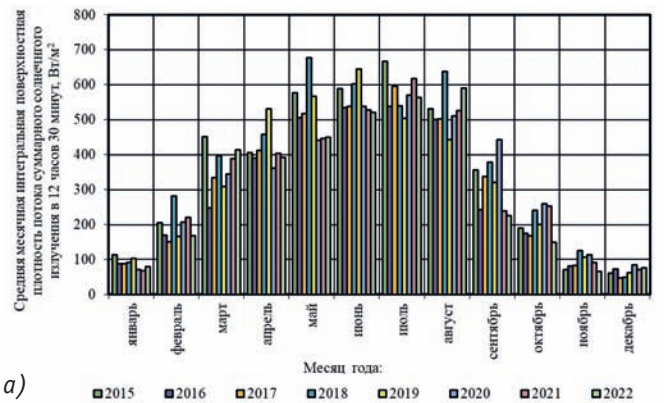


в)

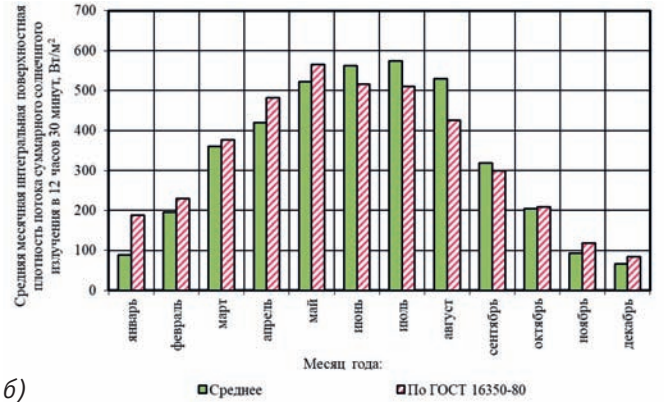
Рис. 3. Значения накопленной суммарной солнечной радиации (а), ультрафиолетовых излучений диапазонов А (б) и В (в) за каждый месяц 2015–2022 годов (г. Саранск)

Проведём анализ интенсивности солнечной радиации в 2022 году, используя тепловые карты (рис. 5) и кривые распределения (рис. 6), на основе данных, фиксируемых в круглосуточном режиме с частотой снятия показаний каждые 10 мин. (более 52 тыс. знач. за каждый календарный год). Из представленных графических зависимостей видно, что наибольшая частота фиксации показаний суммарной солнечной радиации лежит в интервале до 50 Вт/м².

Проведём анализ представленных на рисунке 5 данных, используя только дневной период и гражданские сумерки (вариант 1, рис. 7), а также отбрасывая значения интенсивности солнечной радиации, входящие только в ночной период



а)



б)

Рис. 4. Значения средней месячной интегральной поверхностной плотности потока суммарной солнечной радиации в 12 час. 30 мин. (умеренно континентальный климат, г. Саранск): а) распределение по месяцам 2015–2022 годов; б) средние показатели 2015–2022 годов и данные ГОСТ 16350-80

Таблица 3. Разделение суток по позиции Солнца [15]

Название	Позиция Солнца (угол к горизонту в градусах)
Ночь	>18°
Астрономические сумерки	12–18°
Навигационные сумерки	6–12°
Гражданские сумерки	0–6°
День	Солнце выше горизонта

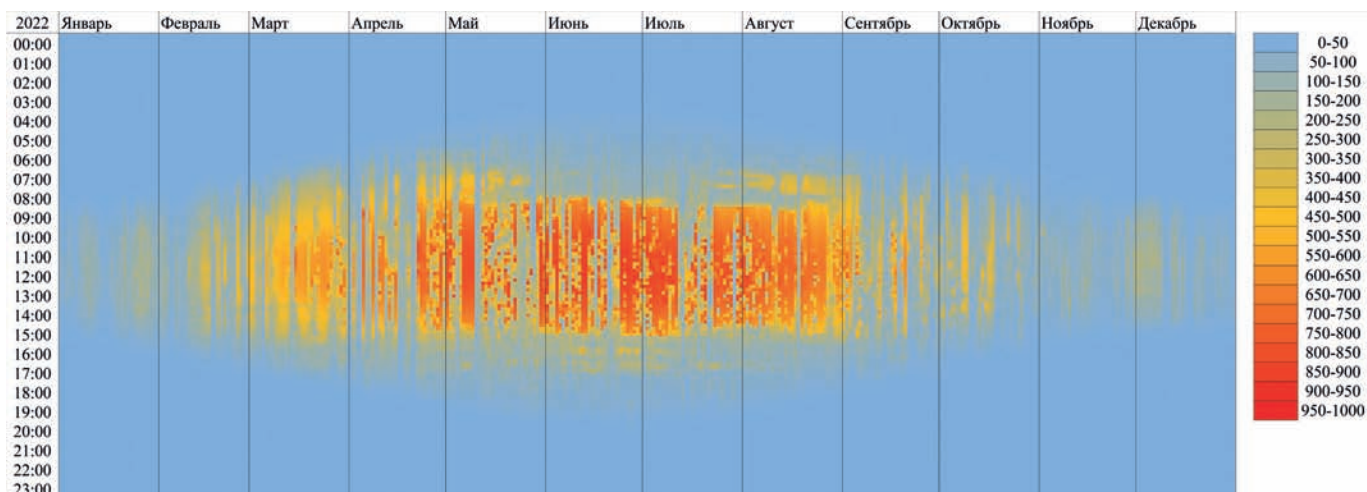


Рис. 5. Тепловая карта распределения интенсивности солнечной радиации ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в условиях умеренно континентального климата (г. Саранск) в 2022 году

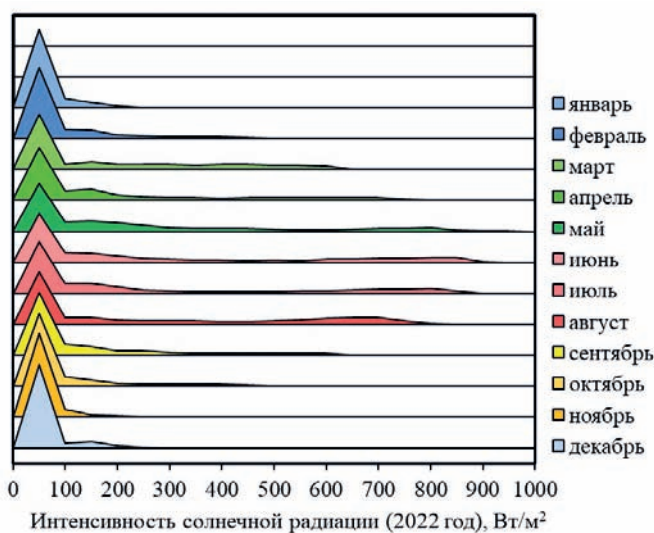


Рис. 6. Кривые распределения интенсивности солнечной радиации, рассчитанные по данным 2022 года (умеренно континентальный климат, г. Саранск)

(вариант 2, рис. 8). Сумерки – это часть суток, когда Солнце находится ниже горизонта, но из-за рассеяния солнечного света в атмосфере Земли нет полной темноты (табл. 3). Сумерки наблюдаются сразу после захода Солнца (вечерние сумерки) или перед восходом Солнца (утренние сумерки). Гражданские сумерки длятся между моментом касания горизонта верхней точкой диска Солнца и моментом погружения центра Солнца на 6° ниже горизонта. Навигационные сумерки – часть сумерек, когда центр Солнца находится ниже горизонта от 6° до 12° ; астрономические – от 12° до 18° . Временная граница, соответствующая астрономическим сумеркам, является также границей ночного времени [13–15].

Кривые распределения интенсивности солнечной радиации, рассчитанные для 2022 года по данным для дневного времени и гражданских сумерек (вариант 1), а также без учёта ночного периода (вариант 2) представлены на рисунке 9. Выявлено перераспределение частоты появления событий в зависимости от дополнительно наложенных условий. В частности, для варианта 1 наблюдается снижение частоты

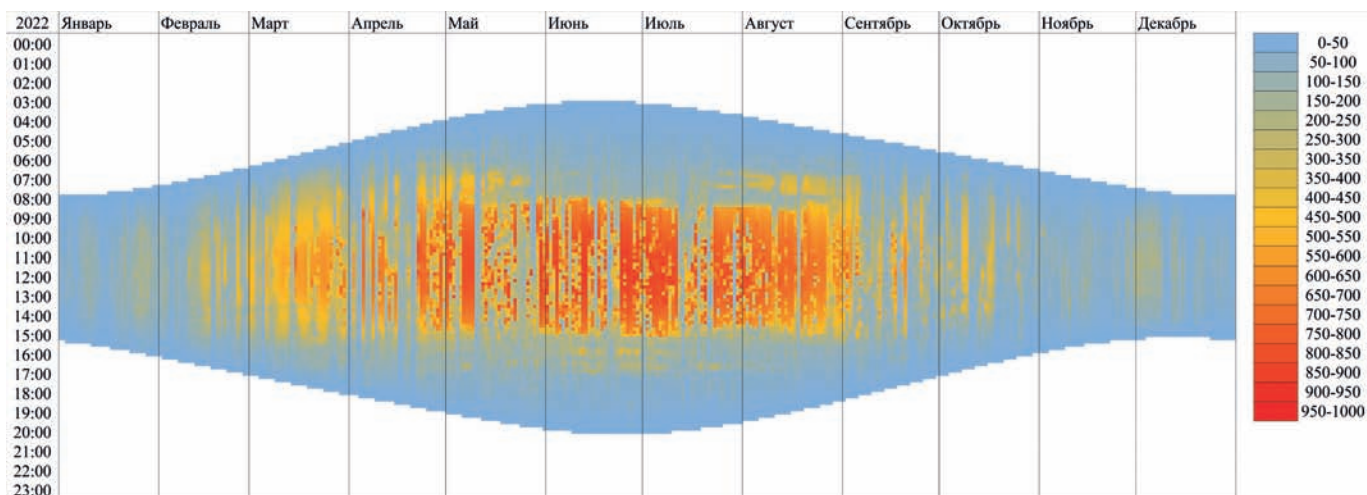


Рис. 7. Тепловая карта распределения интенсивности солнечной радиации ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в условиях умеренно континентального климата (г. Саранск) в 2022 году (дневной период и гражданские сумерки)

фиксируемых показателей солнечной радиации в интервале от 0 до 50 Вт/м² с 52,7÷89,9% до 21,3÷71,7%, для варианта 1 – до 41,2÷81,0%.

Проведём расчёт длительности временных интервалов вариантов 1 (дневное время и гражданские сумерки) и 2 (без учёта ночного периода), а также суммарной солнечной радиации (в МДж/м² и % от общего накопленного уровня). Установлено, что несмотря на значительную длительность ночного и сумеречных периодов (табл. 4), среднее годовое снижение суммарной солнечной радиации составляет 1,3% (вариант 1) и 0,8% (вариант 2). Наиболее значительное снижение доли накопленной солнечной радиации при учёте только дневного периода и гражданских сумерек в зависимости от месяца варьируется в интервале 0,3÷12,2%; для ночного периода – не более 8,7%. В абсолютных единицах уровень снижения суммарной солнечной радиации составляет 1,5÷5,2 и 0,0÷3,8 МДж/м² для вариантов 1 и 2 соответственно.

Заключение

Учитывая возможность автоматического контроля изменения метеорологических показателей с помощью современных станций, а также исходя из малых значений поправок актинометрических показателей, учитывающих продолжительность астрономических и гражданских сумерек, при разработке моделей машинного обучения принято решение использовать все фиксируемые с частотой в 10 мин. значений интенсивности солнечной радиации и ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В. При этом в качестве дополнительных исследуемых факторов при учёте влияния актинометрических показателей будет целесообразно учитывать время начала и окончания астрономических и гражданских сумерек, что будет реализовано авторским коллективом в дальнейших исследованиях.

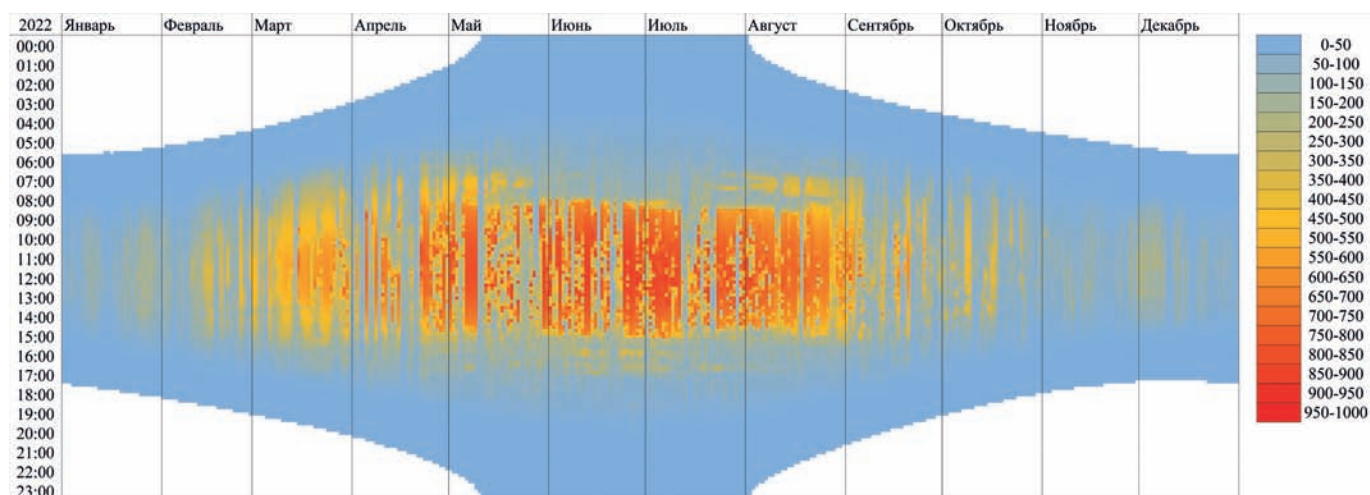


Рис. 8. Тепловая карта распределения интенсивности солнечной радиации (Вт/м²) в условиях умеренно континентального климата (г. Саранск) в 2022 году (без учёта периода астрономических сумерек)

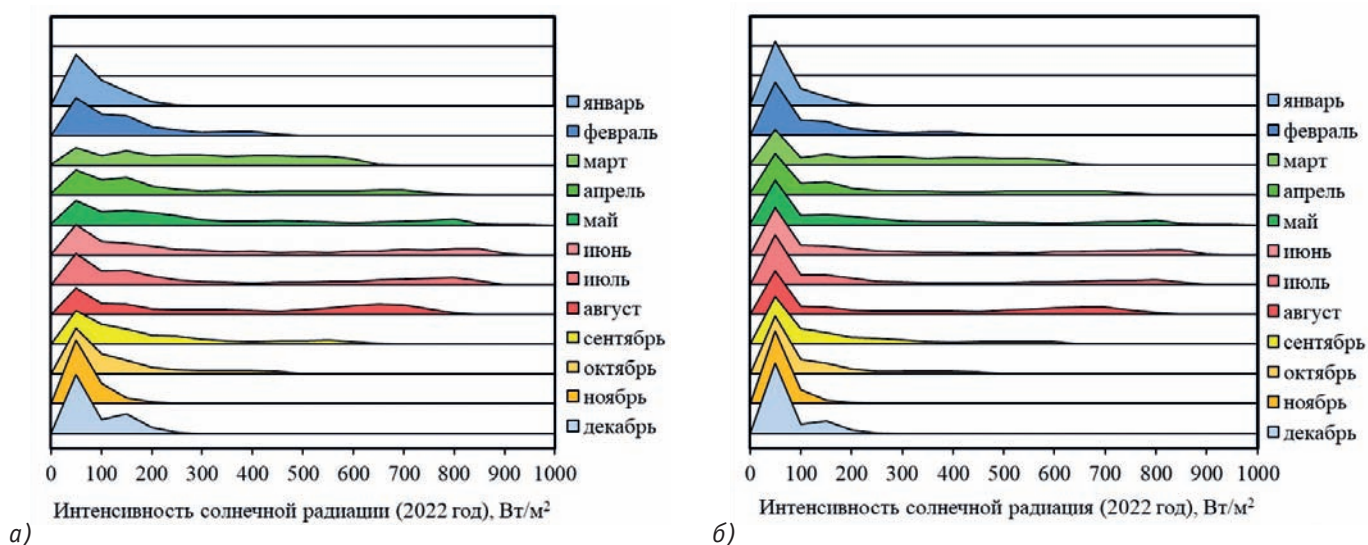


Рис. 9. Кривые распределения интенсивности солнечной радиации, рассчитанные по данным 2022 года (умеренно континентальный климат, г. Саранск): а) дневной период и гражданские сумерки; б) без учёта ночного периода

Таблица 4. Изменение длительности временных интервалов (%) и суммарной солнечной радиации (в МДж/м² и % от общего накопленного уровня) для различных вариантов расчёта (1 – дневное время и гражданские сумерки; 2 – без учёта ночного периода)

Месяц 2022 года	Доля длительности временных интервалов, %		Суммарная солнечная радиация Q, МДж/м ²			Доля Q, % от суммарной солнечной радиации	
	вар. 1	вар. 2	все значения	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2
Январь	33,6	51,3	50,6	45,4	46,8	89,8	92,5
Февраль	40,7	57,5	97,8	93,8	95,0	95,9	97,1
Март	49,6	66,4	317,7	315,3	316,1	99,2	99,5
Апрель	58,8	79,0	310,7	308,4	309,5	99,3	99,6
Май	66,8	97,3	406,5	405,0	406,4	99,6	100,0
Июнь	71,2	100,0	460,8	459,2	460,8	99,7	100,0
Июль	69,0	100,0	438,3	436,3	438,3	99,5	100,0
Август	61,7	85,1	462,4	460,4	461,6	99,6	99,8
Сентябрь	52,9	70,3	187,0	183,7	185,0	98,3	98,9
Октябрь	43,7	60,3	102,5	98,1	99,5	95,7	97,1
Ноябрь	35,6	53,1	41,8	36,7	38,1	87,8	91,3
Декабрь	31,1	49,3	46,8	41,9	43,3	89,7	92,5
За год	51,2	72,5	2922,9	2884,3	2900,3	98,7	99,2

Список источников

1. Ершова, Т.В. Методология мониторинга развития и использования технологий работы с большими данными / Т.В. Ершова, Ю.Е. Хохлов, С.Б. Шапошник. – Текст : электронный // Информационное общество. – 2021. – № 4–5. – С. 2–32. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47161813> (дата обращения 23.06.2024).
2. Sætra, H.S. Science as a Vocation in the Era of Big Data: the Philosophy of Science behind Big Data and Humanity's Continued Part in Science / H.S. Sætra. – DOI: 10.1007/s12124-018-9447-5. – Текст : электронный // Integrative Psychological and Behavioral Science. – 2018. – Vol. 52. – № 4. – P. 508–522. – URL: https://www.researchgate.net/publication/326201343_Science_as_a_Vocation_in_the_Era_of_Big_Data_the_Philosophy_of_Science_behind_Big_Data_and_humanity's_Continued_Part_in_Science (дата обращения 23.06.2024).
3. Малахов, В.А. Использование технологий работы с большими данными в российской науке / В.А. Малахов, Ю.Е. Хохлов, С.Б. Шапошник. – Текст : электронный // Информационное общество. – 2021. – № 4-5. – С. 200–219. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47161825> (дата обращения 26.06.2024).
4. Большие данные в геофизике и других науках о Земле / А.Д. Гвишиани, М.Н. Добровольский, Б.В. Дзеранов, Б.А. Дзедоев. – Текст : непосредственный // Физика земли. – 2022. – №1. – С. 3–34.

5. Big Data Analytics for Earth Sciences: The EarthServer Approach / P. Baumann, P. Mazzetti, J. Ungar [et al.]. – DOI: 10.1080/17538947.2014.1003106. – Текст : электронный // International Journal of Digital Earth. 2016. Vol. 9. Iss. 1. pp. 3-29. URL: https://www.researchgate.net/publication/273126396_Big_Data_Analytics_for_Earth_Sciences_The_EarthServer_Approach (дата обращения 26.06.2024).

6. Guo, H. Big Earth data: A New Frontier in Earth and Information Sciences / H. Guo. – DOI: 10.1080/20964471.2017.1403062. – Текст : электронный // Big Earth Data. – 2017. – Vol. 1, Iss. 1-2. – P. 4–20. – URL: https://www.researchgate.net/publication/321953344_Big_Earth_data_A_new_frontier_in_Earth_and_information_sciences (дата обращения 26.06.2024).

7. Большие данные при прогнозировании климатической стойкости строительных материалов. I. Температура и влажность воздуха / Т.А. Низина, Д.Р. Низин, В.П. Селяев [и др.]. – DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-3-18-30. – Текст : электронный // Строительные материалы и изделия. – 2023. – Том 6, № 3. – С. 18–30. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_54226572_23354928.pdf (дата обращения 26.06.2024).

8. Алисов, Б.П. Климатология / Б.П. Алисов, Б.В. Полтаураус ; Изд. 2-е, переработ. и дополн. – Москва : Изд-во Московского университета, 1974. – 299 с. – Текст : непосредственный.

9. Климатология / О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева [и др.]. – Москва : Гидрометеиздат, 1989. – 568 с. – Текст : непосредственный.

10. Низина, Т.А. Материальная база вуза как инновационный ресурс развития национального исследовательского университета / Т.А. Низина, В.П. Селяев. – Текст : непосредственный // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций : Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2014. – С. 115–121.

11. Низин, Д.Р. Климатическая стойкость защитно-декоративных покрытий на основе модифицированных эпоксидных связующих : дис. ... канд. техн. Наук / Д.Р. Низин. – Казань, 2017. – 216 с. – Текст : непосредственный.

12. Низина, Т.А. Климатическая стойкость эпоксидных полимеров в умеренно континентальном климате: монография / Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.Р. Низин. – Саранск : Издательство Мордовского университета, 2020. – 188 с. – Текст : непосредственный.

13. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / гл. ред. А.Ф. Трёшников. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. – 432 с. – Текст : непосредственный.

14. Всё о сумерках: закат и рассвет, золотой час и режимное время / Текст : электронный // Star Walk 2. – URL: <https://starwalk.space/ru/news/difference-between-twilight-dusk-dawn> (дата обращения 28.08.2024)

15. Определение и оценка конкретной видимости в тёмное время суток / В.В. Белов, Е.Л. Белов, В.А. Иванов [и др.]. – Текст : непосредственный // Фундаментальные основы ин-

новационного развития науки и образования : Монография.
– Пенза : Наука и просвещение, 2019. – С. 202–212.

Reference

1. Ershova T.V., Khokhlov Yu.E., Shaposhnik S.B. Metodologiya monitoringa razvitiya i ispol'zovaniya tekhnologii raboty s bol'shimi dannymi [Methodology for Monitoring Big Data Technologies Development and Use]. In: *Informatsionnoe obshchestvo* [Information Society], 2021, no. 4-5, pp. 2–32. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47161813> (Accessed 06/23/2024). (In Russ., abstr.in Engl.)
2. Sætra H.S. Science as a Vocation in the Era of Big Data: In: *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 2018, Vol. 52, no. 4, pp. 508–522. DOI: 10.1007/s12124-018-9447-5. URL: https://www.researchgate.net/publication/326201343_Science_as_a_Vocation_in_the_Era_of_Big_Data_the_Philosophy_of_Science_behind_Big_Data_and_humanity's_Continued_Part_in_Science (Accessed 06/23/2024).
3. Malakhov V.A., Khokhlov Yu.E., Shaposhnik S.B. Ispol'zovanie tekhnologii raboty s bol'shimi dannymi v rossiiskoi nauke [The Use of Big Data Technologies in Russian Science]. In: *Informatsionnoe obshchestvo* [Information Society], 2021, no. 4-5, pp. 200–219. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47161825> (Accessed 06/26/2024). (In Russ., abstr.in Engl.)
4. Gvishiani A.D., Dobrovol'skii M.N., Dzeranov B.V., Dzeboev B.A. Bol'shie dannye v geofizike i drugih naukakh o Zemle [Big Data in Geophysics and Other Earth Sciences]. In: *Fizika zemli* [Izvestiya, Physics of the Solid Earth], 2022, no. 1, pp. 3–34. (In Russ., in Engl.)
5. Baumann P., Mazzetti P., Ungar J. [et al.]. Big Data Analytics for Earth Sciences: The Earth Server Approach. In: *International Journal of Digital Earth*, 2016, Vol. 9, Iss. 1, pp. 3–29. DOI: 10.1080/17538947.2014.1003106. URL: https://www.researchgate.net/publication/273126396_Big_Data_Analytics_for_Earth_Sciences_The_EarthServer_Approach (Accessed 06/26/2024). (In Engl.)
6. Guo H. Big Earth Data: A New Frontier in Earth and Information Sciences. In: *Big Earth Data*, 2017, Vol. 1, Iss. 1-2, pp. 4–20. DOI: 10.1080/20964471.2017.1403062. URL: https://www.researchgate.net/publication/321953344_Big_Earth_data_A_new_frontier_in_Earth_and_information_sciences (Accessed 06/26/2024). (In Engl.)
7. Nizina T.A., Nizin D.R., Selyaev V.P., Spirin I.P., Stankevich A.S. Bol'shie dannye pri prognozirovanii klimaticheskoi stoikosti stroitel'nykh materialov. I. Temperatura i vlazhnost' vozdukh [Big Data in Predicting the Climatic Resistance of Building Materials. I. Air Temperature and Humidity]. In: *Stroitel'nye materialy i izdeliya* [Construction Materials and Products], 2023, Vol. 6, no. 3, pp. 18–30. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-3-18-30. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_54226572_23354928.pdf (Accessed 06/26/2024). (In Russ., abstr. In Engl.)
8. Alisov B.P. Poltaraus B.V. Klimatologiya [Climatology]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta [Moscow University Publishing House], 1974, 299 p. (In Russ.)
9. Drozdov O.A., Vasiliev V.A., Kobysheva N.V., Rayevsky A.N., Smekalova L.K., Shkolny V.P. Klimatologiya [Climatology]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1989, 568 p. (In Russ.)
10. Nizina T.A., Selyaev V.P. Material'naya baza vuza kak innovatsionnyi resurs razvitiya natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta [The Material Base of the University as an Innovative Resource for the Development of a National Research University]. In: *Dolgovechnost' stroitel'nykh materialov, izdelii i konstruksii* [Durability of Building Materials, Products and Structures], Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference. Saransk, Izdatel'stvo Mordovskogo universiteta [Publishing house of the Mordovian University], 2014, pp. 115–121. (In Russ.)
11. Nizin D.R. Klimaticheskaya stoikost' zashchitno-dekorativnykh pokrytii na osnove modifitsirovannykh epoksidnykh svyazuyushchikh [Climatic Resistance of Protective and Decorative Coatings Based on Modified Epoxy Binders], Cand. of Sci in Technology diss. Kazan', 2017, 216 p. (In Russ.)
12. Nizina T.A., Selyaev V.P., Nizin D.R. Klimaticheskaya stoikost' epoksidnykh polimerov v umerenno kontinental'nom klimate: monografiya [Climatic Resistance of Epoxy Polymers in a Temperate Continental Climate], Monograph. Saransk, Izdatel'stvo Mordovskogo universiteta [Publishing house of the Mordovian University], 2020, 188 p. (In Russ.)
13. Treshnikov A.F. (chief ed.). Geograficheskii entsiklopedicheskii slovar'. Ponyatiya i terminy [Geographical Encyclopedic Dictionary. Concepts and Terms]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1988, 432 p. (In Russ.)
14. Vse o sumerkakh: zakat i rassvet, zolotoi chas i rezhimnoe vremya [All about Twilight: Sunset and Dawn, Golden Hour and Regime Time]. Star Walk 2. URL: <https://starwalk.space/ru/news/difference-between-twilight-dusk-dawn> (Accessed 08/28/2024) (In Russ.)
15. Belov V.V., Belov E.L., Ivanov V.A., Lukina D.V., Belov S.V. Opredelenie i otsenka konkretnoi vidimosti v temnoe vremya sutok [Definition and Assessment of Specific Visibility in the Dark]. In: *Fundamental'nye osnovy innovatsionnogo razvitiya nauki i obrazovaniya* [Fundamental Principles of Innovative Development of Science and Education], Monograph. Penza, NAUKA i prosveshchenie Publ., 2019, pp. 202–212. (In Russ., abstr. In Engl.)