

УДК 551.581+551.586+551.584

Л.Н. Ермакова, В.А. Шкляев, А.П. Филиппова, Л.С. Шкляева
БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ И
УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Произведена биоклиматическая оценка ландшафтных областей Пермского края на основе следующих показателей: эффективно-эквивалентная температура (ЭЭТ), радиационно-эффективно-эквивалентная температура (РЭЭТ), условная температура Арнольди (T_{A}), показатель благоприятности биоклиматических условий (ПББКУ). Исследованы биометеорологические изменения погоды за 2009 г. и их взаимосвязь с заболеваемостью населения. Проведена оценка комфортности погодных условий с помощью разработанного интегрального показателя. За неимением метеостанций на территории ландшафтной области Северные Увалы данные метеорологических элементов на этой территории не рассматривались. Показаны условия формирования микроклиматических условий на примере городов Перми и Березники. Выявлена роль ветра, особенностей рельефа и подстилающей поверхности, синоптических условий. Отмечается, что при некоторых синоптических условиях микроклиматические особенности усиливаются. Приводятся оценки микроклиматических различий температуры и ветра в зависимости от времени года, времени суток и отдельных микрорайонов.

Ключевые слова: комплексный показатель комфортности погодных условий, биоклиматические районы, микроклимат, циркуляционные условия, суточный ход температуры, ветровой режим, солнечная радиация, облачность.

L.N. Ermakova, V.A. Shklyayev, A.P. Filippova, L.S. Shklyayeva
BIOCLIMATIC ASSESSMENT OF THE PERM REGION'S LANDSCAPE AND CONDITIONS
FOR ITS MICROCLIMATIC FEATURES FORMATION

Perm State University, Perm

The paper presents bioclimatic assessment of the Perm region's landscape carried out on the basis of the following indicators: effectively equivalent temperature (EET), radiation effectively equivalent temperature (REET), conditional Arnoldi temperature (T_{A}), index of favorable bioclimatic conditions. Biometeorological weather changes for 2009 and their relationship with the incidence among the population have been studied. The authors have also assessed the weather comfort with the help of the developed integral index. For lack of weather stations in the territory of Severnyye Uvaly, data on meteorological elements in this area have not been considered. The formation of microclimatic conditions is characterized by the example of such cities as Perm and Berezniki. The role of wind, terrain features, underlying surface and synoptic conditions has been identified. It is shown that microclimatic features are enhanced under certain synoptic circumstances. Estimation of microclimatic differences in temperature and wind depending on the time of year, time of the day and particular districts is presented.

Keywords: complex index of comfort weather conditions, bioclimatic areas, microclimate, circulation conditions, diurnal temperature variation, wind conditions, solar radiation, cloudiness.

doi 10.17072/2079-7877-2016-4-70-83

В связи с усилением воздействий человека на окружающую природную среду в настоящее время возросло понимание необходимости детального изучения различных элементов окружающей среды, более точной оценки их изменений в процессе хозяйственной деятельности.

Неоднородность деятельной поверхности обуславливает возникновение особенностей метеорологического режима, которые даже в близкорасположенных пунктах могут иметь различный характер. Локальные особенности климата, связанные с неоднородностью строения подстилающей

© Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Филиппова А.П., Шкляева Л.С., 2016

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант р_урал_а, № 14-05-96002

поверхности и существенно изменяющиеся уже на небольших расстояниях, обычно называют микроклиматом [1; 4; 6].

Исследование биоклиматов ландшафтов Пермского края играет большую роль в изучении и контроле экологической ситуации, представляет интерес с целью сельскохозяйственной деятельности для оптимального размещения культур на разных элементах ландшафта [8]. Большое значение при организации новых поселений, а также в связи с освоением природно-ресурсного потенциала имеет выявление территорий ландшафтов с комфортными и дискомфортными условиями для жизнедеятельности человека.

Температура воздуха как один из основных показателей, влияющих на комфортность погодных условий для человека, является одним из главных показателей оценки микроклимата. Изучение временной вариации средних температур должно лежать в основе методов геоэкологического контроля.

Биоклиматическая оценка

Территория Пермского края разделена на пять ландшафтных областей: Северные Увалы, Камско-Мещерская ландшафтная область, Высокое Заволжье, Западно-Уральская и Центрально-Уральская области.

Для оценки биоклимата ландшафтных областей использовались биоклиматические и биометеорологические показатели. Они являются косвенными индикаторами состояния окружающей среды, отражающими в той или иной степени уровень комфортности погодных и климатических условий для человека.

В процессе обработки полученных значений ЭЭТ, РЭЭТ, T_y и ПББКУ были сделаны следующие выводы.

В холодный период года на территории всех ландшафтных областей наблюдается остро дискомфортная и экстремальная погода, характеризующаяся низкими температурами воздуха и большими скоростями ветра. Однако на территории Камско-Мещерской и Центрально-Уральской областей значения температуры воздуха находятся на верхних пределах выделенных градаций. В области Высокое Заволжье отмечается некоторое ослабление экстремальности погоды.

В теплый период года на территории всех ландшафтных областей отмечается прохладный субкомфорт. На территории Высокого Заволжья и Западно-Уральской области (по ЭЭТ) наряду с прохладным субкомфортом наблюдается комфортная погода. На территории Центрально-Уральской области формируются некомфортные условия погоды для легко одетого человека в районе наиболее высоких вершин.

В переходные сезоны года во всех ландшафтных областях создаются более мягкие и комфортные условия погоды для человека, одетого в одежду, обеспечивающую тепловой комфорт в данный сезон года.

Комплексный показатель комфортности погодных условий

В процессе работы был предложен **комплексный показатель комфортности погодных условий (КПКПУ)**, сочетающий в себе два фактора – климатический потенциал самоочищения атмосферы (КПА) и радиационно-эффективно-эквивалентную температуру. Данный показатель характеризует влияние комплекса сложившихся климато-погодных условий атмосферы на жизнедеятельность и здоровье человека.

Каждой градации значений КПА и РЭЭТ были присвоены соответствующие уровню комфортности баллы отдельно для теплого и холодного периодов года (табл. 1, 2). Территория Пермского края была дифференцирована на биоклиматические районы с учетом КПКПУ согласно классификации, представленной в табл. 5, 6.

Таблица 1

Соответствие значений РЭЭТ выделенным баллам комфортности погодных условий

Теплый период года			Холодный период года		
Балл	Градация РЭЭТ, °С	Теплоощущение	Балл	Градация РЭЭТ, °С	Теплоощущение
3	< 16,0	Не комфортно для легко одетого человека	1	> 2,0	Комфортно для одетого человека

Окончание табл. 1

Теплый период года			Холодный период года		
2	16,0–24,0	Менее комфортно (прохладный субкомфорт)	2	1,9...-4,5	Менее комфортно (холодовой субкомфорт)
1	24,1–32,0	Комфортно (тепло)	3	-4,6...-9,0	Не комфортно (холодно)
2	32,1–37,0	Жарко (тепловой субкомфорт)	4	< -9,0	Особо не комфортно (очень холодно)
3	> 37,0	Очень жарко (дискомфорт)			

Таблица 2

Соответствие значений КПА выделенным баллам комфортности условий самоочищения атмосферного воздуха

Балл	Градации K_m	Характеристика
1	< 1	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы
2	1...2	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы
3	> 2	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы

Производилось суммирование баллов и определялся набор комбинаций, соответствующих описанным в табл. 3, 4 характеристикам. Построены карты и выделены территории с указанными сочетаниями биоклиматических показателей.

Таблица 3

Классификация КПКПУ для теплого периода года

Сумма баллов	Комбинация	Характеристика
2	1+1	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового комфорта
3	1+2	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового субкомфорта
	1+2	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне прохладного субкомфорта
	2+1	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового комфорта
4	1+3	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипертермическом фоне
	1+3	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипотермическом фоне
	3+1	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне комфортных термических условий
	2+2	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового субкомфорта
	2+2	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне прохладного субкомфорта
5	2+3	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипертермическом фоне
	2+3	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипотермическом фоне
	3+2	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового субкомфорта
5	3+2	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне прохладного субкомфорта
6	3+3	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипертермическом фоне
	3+3	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на гипотермическом фоне

После выделения областей, соответствующих вышеописанным баллам, производилось их объединение в более крупные группы с разными условиями самоочищения атмосферы и термического режима (табл. 5, 6).

Таблица 4

Классификация КПКПУ для холодного периода года

Сумма баллов	Комбинация	Характеристика
2	1+1	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового комфорта
3	1+2	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного субкомфорта
	2+1	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне теплового комфорта
4	1+3	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного дискомфорта
	3+1	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне комфортных термических условий
	2+2	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного субкомфорта
5	1+4	Благоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне особо дискомфортных термических условий
5	2+3	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного дискомфорта
	3+2	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного субкомфорта
6	2+4	Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне особо дискомфортных термических условий
	3+3	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне холодного дискомфорта
7	3+4	Крайне неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы на фоне особо дискомфортных термических условий

Таблица 5

Обобщенная классификация КПКПУ для теплого периода года

Благоприятные условия для самоочищения атмосферы		Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы	
I		II	
Комфортные или менее комфортные термические условия	Дискомфортные термические условия	Комфортные или менее комфортные термические условия	Дискомфортные термические условия
I а	I б	II а	II б
Биоклиматический район с комфортными условиями	Биоклиматический район с условиями субкомфорта	Биоклиматический район с менее комфортными условиями	Биоклиматический район с некомфортными условиями

Таблица 6

Обобщенная классификация КПКПУ для холодного периода года

Благоприятные условия для самоочищения атмосферы		Неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы	
I		II	
Комфортные или менее комфортные термические условия	Некомфортные или особо некомфортные термические условия	Комфортные или менее комфортные термические условия	Некомфортные или особо некомфортные термические условия
I в	I г	II в	II г
Биоклиматический район с комфортными условиями	Биоклиматический район с условиями субкомфорта	Биоклиматический район с менее комфортными условиями	Биоклиматический район с некомфортными условиями

На территории Пермского края в разные месяцы года определена степень благоприятности погодных условий по термическому режиму. Учет значений климатического потенциала самоочищения атмосферы позволил выделить на территории Пермского края ландшафтные районы, соответствующие классификации КПКПУ (рис. 1).

В результате выполнения расчетов РЭЭТ и КПА и построения на их основе картографического материала, были сделаны следующие выводы.

Камско-Межерская ландшафтная область занята биоклиматическим районом преимущественно с комфортными и субкомфортными условиями. Лишь на крайнем северо-западе территории осенью располагается район с менее комфортными условиями. В теплый период года эту территорию занимают биоклиматические районы с субкомфортными и менее комфортными условиями.

Территория *Высокого Заволжья* характеризуется особо некомфортными и некомфортными биоклиматическими условиями, лишь осенью наблюдаются менее комфортные и комфортные условия. В теплый период года, особенно весной, происходит ухудшение условий для рассеивания примесей в атмосфере на фоне некомфортных и субкомфортных условий.



Рис. 1. Пример дифференциации ландшафтных областей Пермского края по КПКПУ в июле

однородная группа больных, характеризующаяся пенсионным возрастом и тяжестью заболевания, требующей обращения за медицинской помощью. Данные о заболеваемости были предоставлены МСЧ №11 г. Перми. Полученные результаты изменчивости погоды сравнивались с количеством зарегистрированных пациентов в каждом месяце года. Установлена тесная прямая связь между межсуточной контрастной и малоконтрастной изменчивостью погоды и количеством обращений больных с гипертонией ($r = 0,63$) и общим количеством обращений больных в отделение терапии ($r = 0,67$). Помимо гипертонии были отмечены ишемическая болезнь сердца, стенокардия, нарушение ритма сердца.

Западно-Уральская ландшафтная область в январе и апреле делится на субкомфортные и комфортные биоклиматические районы, в июле и октябре – на менее комфортные и комфортные. При этом в июле наблюдается ухудшение условий для рассеивания примесей в атмосфере.

В январе на всей территории *Центрально-Уральской ландшафтной области* распространены условия субкомфорта, в октябре – условия комфорта. В июле на крайнем северо-востоке – некомфортные биоклиматические условия, на остальной территории – менее комфортные. В апреле выделяется крайняя северо-западная часть области с условиями субкомфорта, на остальной территории – с некомфортными биоклиматическими условиями.

Зависимость уровней заболеваемости от контрастности погодных условий

Контрастные климатопогодные факторы, степень выраженности межсуточной изменчивости метеорологических величин (давление, температура и т.д.) серьезно воздействуют на организм: ухудшают самочувствие, снижают работоспособность здоровых и утяжеляют течение многих заболеваний у больных людей.

Нами была исследована зависимость изменчивости погоды в г. Перми с различными заболеваниями. Выбрана

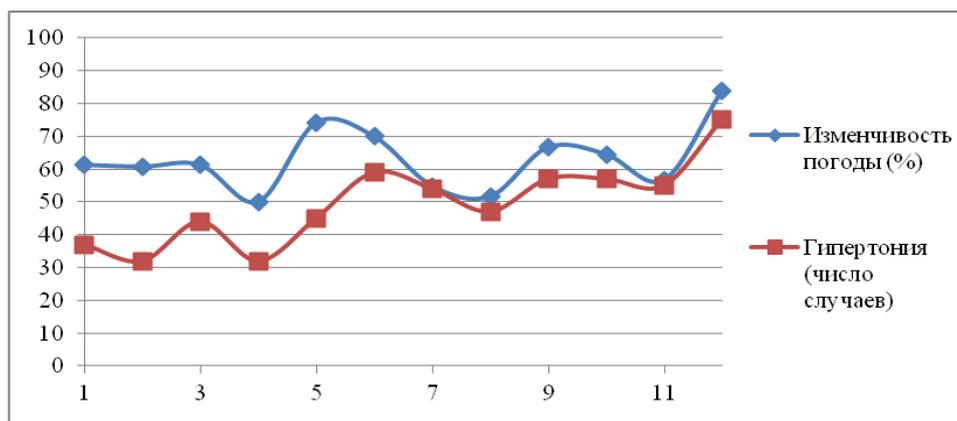


Рис. 2. Зависимость заболеваемости населения от изменчивости погодных условий

Последнее время по Пермскому городскому округу отмечается рост впервые выявленной патологии сердечно-сосудистой системы вследствие повышения числа случаев болезней, характеризующихся повышенным давлением. В структуре общей заболеваемости взрослого населения г. Перми болезни системы кровообращения стоят на первом месте. Изучение причин возникновения гипертонической болезни позволило выявить, что резкому повышению артериального давления способствует множество факторов, среди которых отмечается метеочувствительность людей, испытывающих симптомы на фоне магнитных бурь и резких погодных колебаний.

Микроклиматическая оценка

Наиболее характерное деление климата на составляющие представлено Е. Н. Романовой [7]. Ей были предложены критерии, отличающие микроклимат в зависимости от масштаба горизонтальных и вертикальных возмущений. Микроклиматические особенности будут проявляться на отдельных участках горного рельефа размерами менее 10 км, на отдельно стоящих холмах, вблизи рек шириной более 1 км, на массивах почвенно-растительного покрова площадью менее 100 км², в элементах городской застройки. Вертикальная протяженность возмущений, вызванных неоднородностью подстилающей поверхности, может составлять 100–200 м.

Микроклиматические различия территории проявляются, прежде всего, в особенностях радиационного баланса на конкретном участке подстилающей поверхности, создавая при этом различия и других метеорологических элементов [10]. Изменения климатических характеристик при наличии микроклиматических неоднородностей на небольших расстояниях могут быть значительнее, чем при изменении климатических зон. Широтные изменения таких радиационных характеристик, как прямая радиация, радиационный баланс и другие, намного меньше различий, наблюдаемых на южных и северных склонах крутизной порядка 10° [3]. Для показателей термического режима воздуха подобные соотношения также сохраняются, несколько меньше различий отмечается в температуре почвы [6; 7].

Для города наиболее активными действующими климатическими факторами являются инсоляционное и радиационное воздействие солнечной энергии [3; 9]. Вследствие загрязнения воздушного бассейна на территории города понижено эффективное излучение и, следовательно, затруднено ночное выхолаживание. В совокупности с измененными свойствами подстилающей поверхности это приводит к возникновению разности температур между городом и пригородными территориями [12].

В работе [5] сформулировано мнение о том, что определяющую роль в повышении температуры воздуха в городе, т.е. в формировании острова тепла, играют метеорологические факторы, в первую очередь, уменьшение эффективного излучения за счет увеличения содержания водяного пара. Влияние же прямых выбросов тепла более чем на порядок меньше влияния метеорологических факторов.

Оке отмечает, что для моделирования потоков влаги и тепла над однородными поверхностями (асфальтированные и водные поверхности, лесные насаждения) возможно использование ограниченного описания подстилающей поверхности на уровне теплофизических свойств и шероховатости [13].

Например, исследуя микроклиматические особенности Перми, использовались данные наблюдений на метеостанции (м/с) Пермь-«Опытная» и АМСГ «Б.Савино» за 2002–2008 гг. Данные первой представлены по 8 срокам наблюдений, а для второй – проведена выборка значений температуры по основным 8 срокам наблюдений. Оказалось, что значения температуры на м/с Пермь-«Опытная» t_1 в зимний период, а именно с декабря по март, превышают значения температуры на АМСГ «Б.Савино» t_2 (табл. 7). Максимум разности приходится на февраль (0,8°). С апреля по ноябрь значения температуры на АМСГ «Б.Савино» оказываются выше. Минимум разности приходится на июль (-1,0°).

Таблица 7

Годовой ход разности температур 2 метеостанций с учетом и без учета синоптической обстановки

Характеристика	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta t_{б.с.о.}$	0,1	0,9	0,3	-0,1	-0,5	-1,2	-0,1	-0,3	-0,3	-0,5	-0,2	0,2
$\Delta t_{с.о.}$	0,5	0,2	0	0,4	-0,2	-0,5	-0,1	-0,4	-0,1	-0,5	-0,5	-0,4
N_a	9,3	8	10,7	7	11	6,3	6,7	12,7	9,3	13	6	11

Примечание: $\Delta t_{б.с.о.}$ –разность температур t_1-t_2 без учета синоптической обстановки; $\Delta t_{с.о.}$ –разность температур t_1-t_2 с учетом синоптической обстановки; N_a – среднее число дней с антициклоном

При исследовании микроклимата территории необходимо учитывать и особенности метеорологических, в первую очередь, синоптических процессов, оказывающих воздействие на рассматриваемую территорию [9]. Это связано с тем, что поступление солнечной радиации в значительной степени определяется количеством и вертикальной протяженностью облачности. Например, при прохождении циклонов микроклиматические особенности, связанные с различием температуры воздуха, сглаживаются, но различия ветрового режима могут усилиться.

Микроклиматические особенности наиболее ярко проявляются при антициклональном режиме погоды. Поэтому была сформирована выборка дат, в которые наблюдалась центральная часть длительно разрушающегося малоподвижного антициклона. После проведения анализа полученных данных с учетом синоптической ситуации выводы о распределении разности температур изменились. Как видно из табл. 1, максимальная положительная разность значений температуры отмечается в январе (0,5°), а максимальная отрицательная – в июне, октябре, ноябре (-0,5°). Наибольшая положительная разность в январе указывает на существование «острова тепла» в городе, который проявляется наиболее ярко в этот месяц. В теплый период года разница температур может определяться другими факторами, например, изменением потоков прямой солнечной радиации на наклонную поверхность (рис. 3, 4).

Наличие острова тепла и шероховатость подстилающей поверхности являются причиной возникновения особенностей ветрового режима в городских условиях.

Для анализа микроклиматических особенностей ветрового режима были использованы данные срочных наблюдений по скорости и направлению ветра метеостанции (м/с) Пермь–«Опытная» и АМСГ «Б. Савино» за период с 2002 по 2008 г.

В табл. 8 представлены среднемесячные значения разности направления и скорости ветра. Наибольшие отличия в направлениях ветра на 2 метеостанциях отмечаются в период с мая по август, максимум приходится на июль, это связано с малыми скоростями ветра летом. Минимальные же отличия отмечаются в холодный период года – с декабря по март с минимумом в марте.

Таблица 8

Годовой ход разности скоростей и направлений ветра 2 метеостанций, м/с

Характеристика	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Разность направления ветра	7	6	1	17	28	31	52	41	13	9	14	3	18
Разность скорости ветра	1,9	1,7	2	1,6	1,7	1,5	1,3	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	1,7
Скорость ветра на м/с «Опытная»	2,5	2,7	2,8	2,5	2,4	2,2	1,8	2	2,4	2,8	2,6	2,2	2,4
Скорость ветра на АМСГ «Б.Савино»	4,4	4,4	4,8	4,1	4,1	3,7	3,1	3,4	4	4,3	4,3	4,1	4,1

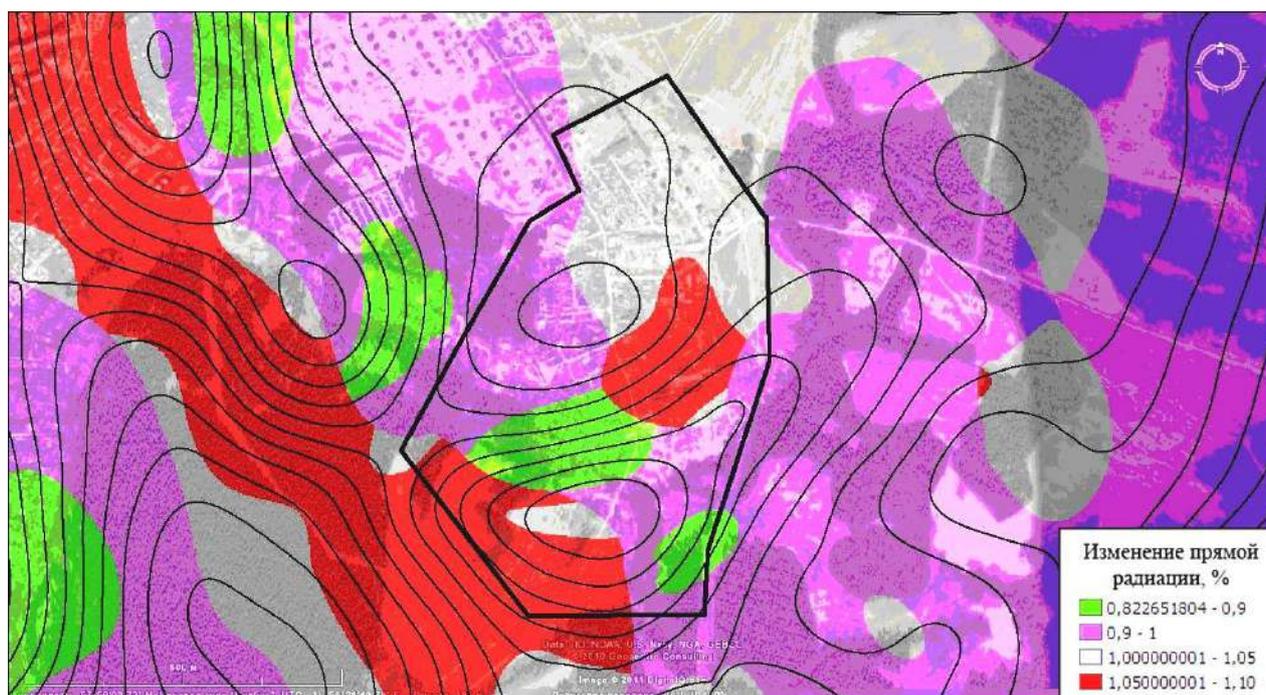


Рис. 3. Расчетное распределение прямой солнечной радиации (в процентах от радиации на ровном месте) в районе м/с «Опытная»

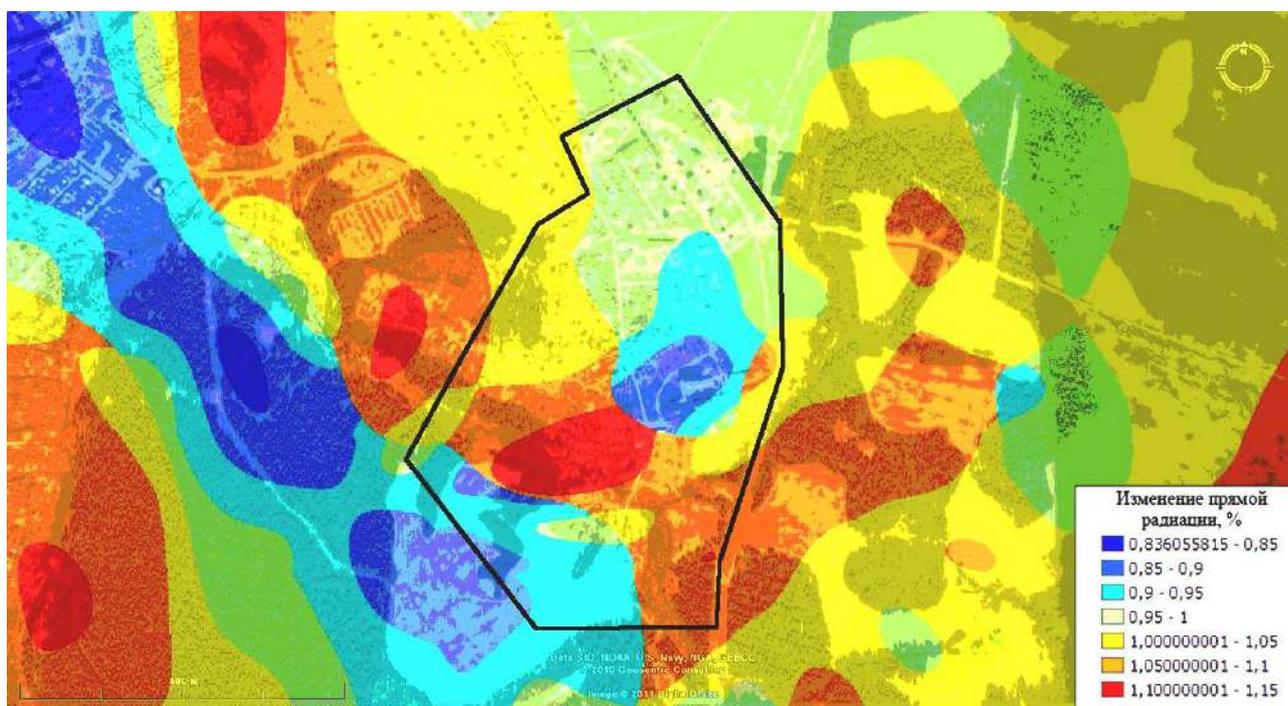


Рис. 4. Изменение прямой солнечной радиации в астрономический полдень, 21 июня (доли единицы от радиации на ровном месте) в районе м/с «Опытная»

Примечателен тот факт, что среднее значение направления ветра формируется преимущественно за счет пиковых минимальных и максимальных значений. Различия среднемесячных значений направления ветра зависят от преобладающей синоптической ситуации. Так, при малых скоростях ветра его направлению свойственна значительная вариативность. Это четко прослеживается в сравнении показаний 2 метеостанций.

Существует довольно тесная обратная связь между разностью скоростей и направлений ветра, она значима при 5%-ном уровне значимости, а величина коэффициента корреляции составила – 0,82.

При увеличении скорости ветра направление воздушного потока принимает более постоянные значения и меньше изменяется по территории, но в пониженных формах рельефа эти изменения могут быть существенны. Это хорошо иллюстрирует коэффициент изменения скорости ветра, представляющий собой отношение скорости в определенной форме рельефа к скорости на ровной поверхности (рис. 5, 6).

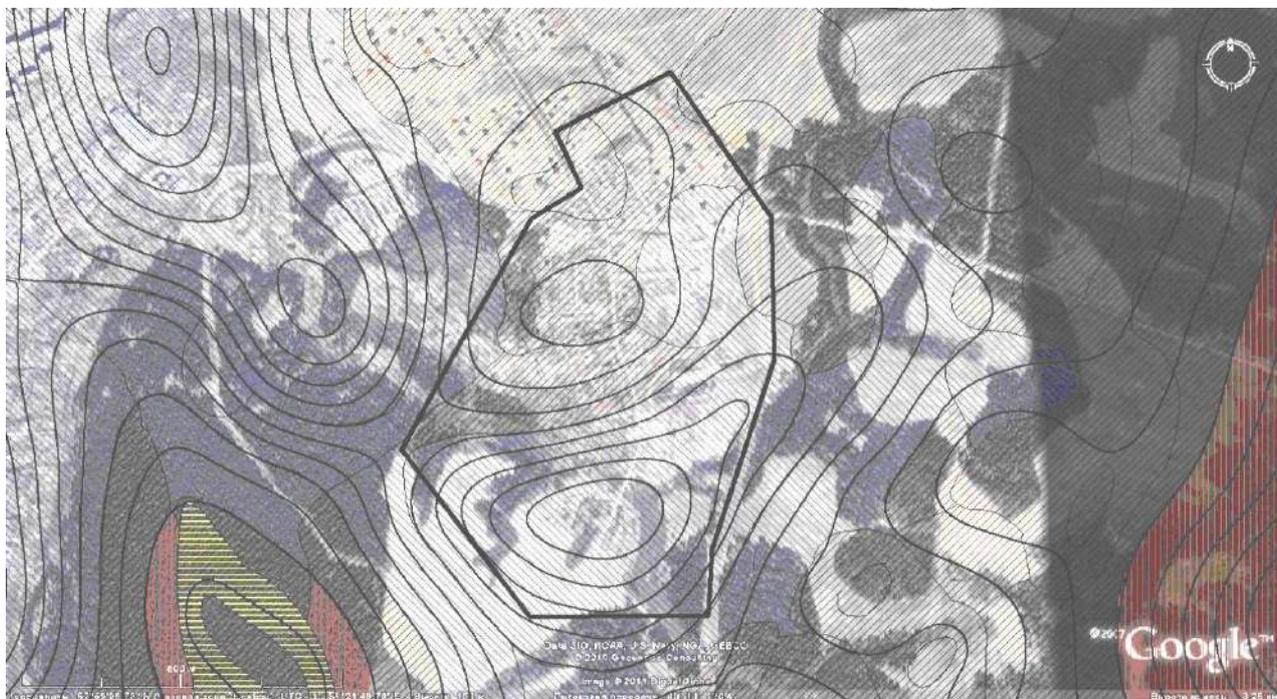


Рис. 5. Коэффициенты изменения скорости ветра при южном воздушном потоке (2-4 м/с) в районе МС Опытная

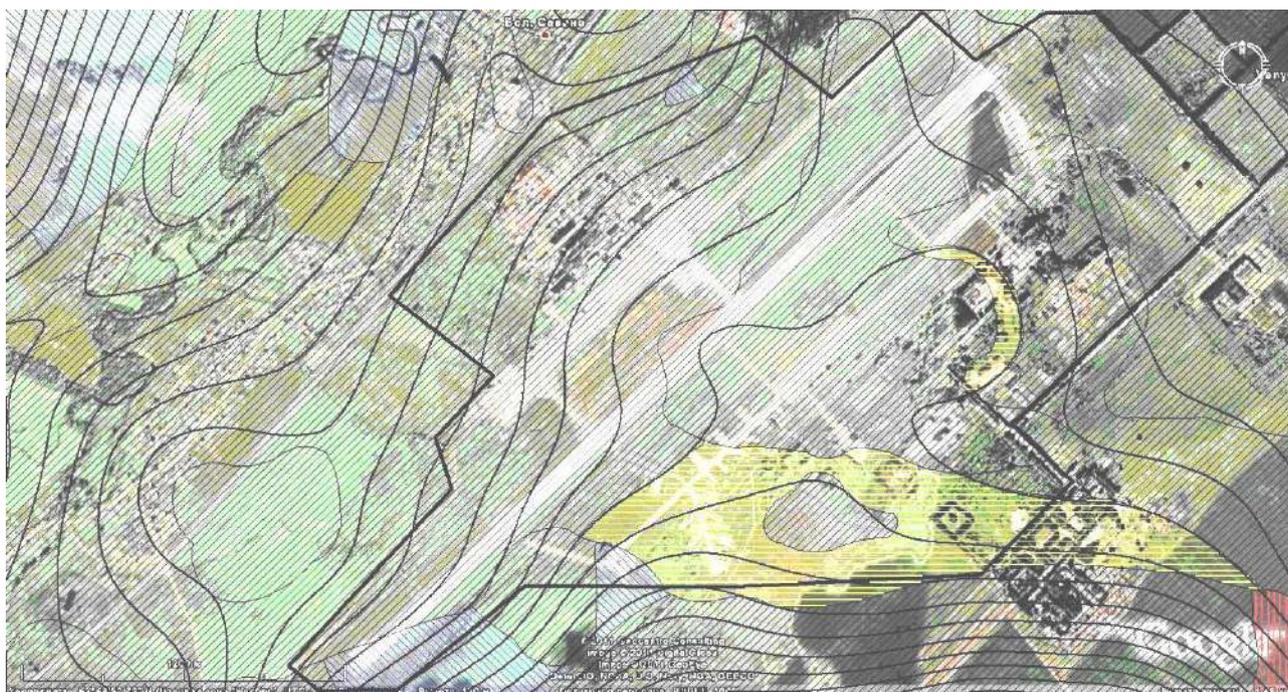


Рис. 6. Коэффициенты изменения скорости ветра при южном воздушном потоке (2-4 м/с) в районе МС Б.Савино

Использование геоинформационных слоев с коэффициентами изменчивости скорости ветра при различных направлениях ветрового потока позволяет оценить соответствие значений среднемесячной и среднегодовой скорости ветра на м/с «Опытная» и АМСГ «Б. Савино».

Верификация карт проводилась путем сравнения фактических показаний метеостанций. За эталон для сравнения принято показание АМСГ «Б. Савино», имеющий поправочный коэффициент, равный 1 ($K=1,0$). После этого осуществлялся расчет скорости ветра в других условиях рельефа, в данном случае на м/с «Опытная» с использованием соответствующего расчетного коэффициента. Так, с конечных геоинформационных слоев снимались значения коэффициентов изменчивости ветрового потока для 2 метеостанций. На территории м/с «Опытная» датчик ветра находится на южном склоне замкнутой ложбины с уклоном менее 7° , следовательно, $K=0,6$. Используя данные о скорости ветра АМСГ «Б. Савино» и коэффициент для м/с «Опытная», были получены расчетные значения скорости ветра. Вычисленная разница (табл. 9) между фактическими и расчетными значениями (Δ) находится в пределах от 0% до 4% для среднегодовых значений скорости ветра.

Известно, что направленный воздушный поток, натекая на препятствие, будет огибать его либо перетекать через само препятствие. В районе АМСГ «Б. Савино» складывается наиболее благоприятные условия для огибания препятствия, расположенного на юго-западе, что подтверждают фактические данные.

Таблица 9

Оценка сходимости значений среднемесячной скорости ветра, м/с

Характеристика	Месяц												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
АМСГ «Б.Савино»	4,4	4,4	4,8	4,1	4,1	3,7	3,1	3,4	4	4,3	4,3	4,1	4,1
м/с «Опытная»	2,5	2,7	2,8	2,5	2,4	2,2	1,8	2	2,4	2,8	2,6	2,2	2,4
м/с «Опытная», расчетные значения	2,6	2,6	2,9	2,5	2,5	2,2	1,9	2	2,4	2,6	2,6	2,5	2,4
Разность скоростей, ветра	-0,1	0,1	-0,1	0	-0,1	0	-0,1	0	0	0,2	0	-0,3	0

Для м/с «Опытная» ситуация несколько иная. Суммарная площадь южных и северных склонов составляет 73%. Преобладание противоположных экспозиций свидетельствует о том, что данная территория имеет сложную орографию. Таким образом, возвышенности и ложбины будут преобладающими формами рельефа. Следовательно, на данной территории имеются благоприятные участки местности для застоев воздуха.

Для территории р. Данилиха однозначный вывод сделать нельзя (рис. 7). Так, непосредственно у реки всегда будет отмечаться ослабление скорости ветра, на востоке от реки – нормальные скорости, на западе – усиление скорости ветра. Наибольшее ослабление скорости ветра в долине реки относительно измерений на АМСГ «Б. Савино» будет наблюдаться при циклоническом поле и западном и юго-западном, т.е. при направлении потока по нормали к долине.

Наибольшее усиление скорости ветра в долине реки относительно измерений на АМСГ «Б. Савино» будет отмечаться уже при антициклоническом поле и северном и северо-западном направлениях ветра.

Для выявления микроклиматических особенностей температуры в г. Березники использовались метеоданные постов наблюдений за загрязнением атмосферы (ПНЗ) и данные метеостанции. Было установлено, что интенсивность острова тепла подвержена как периодическим, так и непериодическим флуктуациям. В табл. 10 помещены контрасты температур между постами, расположенными в городе и его пригороде (метеостанция) за утренний (07 ч), дневной (13 ч) и вечерний (19 ч) сроки наблюдений местного времени.

Таблица 10

Разность температуры (Δt °C) между ПНЗ и метеостанцией в различное время суток

ПНЗ	Утро	День	Вечер
7	1,2	0,0	0,9
5	0,8	-0,2	0,6
3	1,3	0,4	1,1

Как видно из таблицы, центр города, где расположены посты 3, 5, 7, является самым теплым. Температурные контрасты ярче всего выражены в утренние и вечерние сроки, днем температура на всех постах выравнивается.

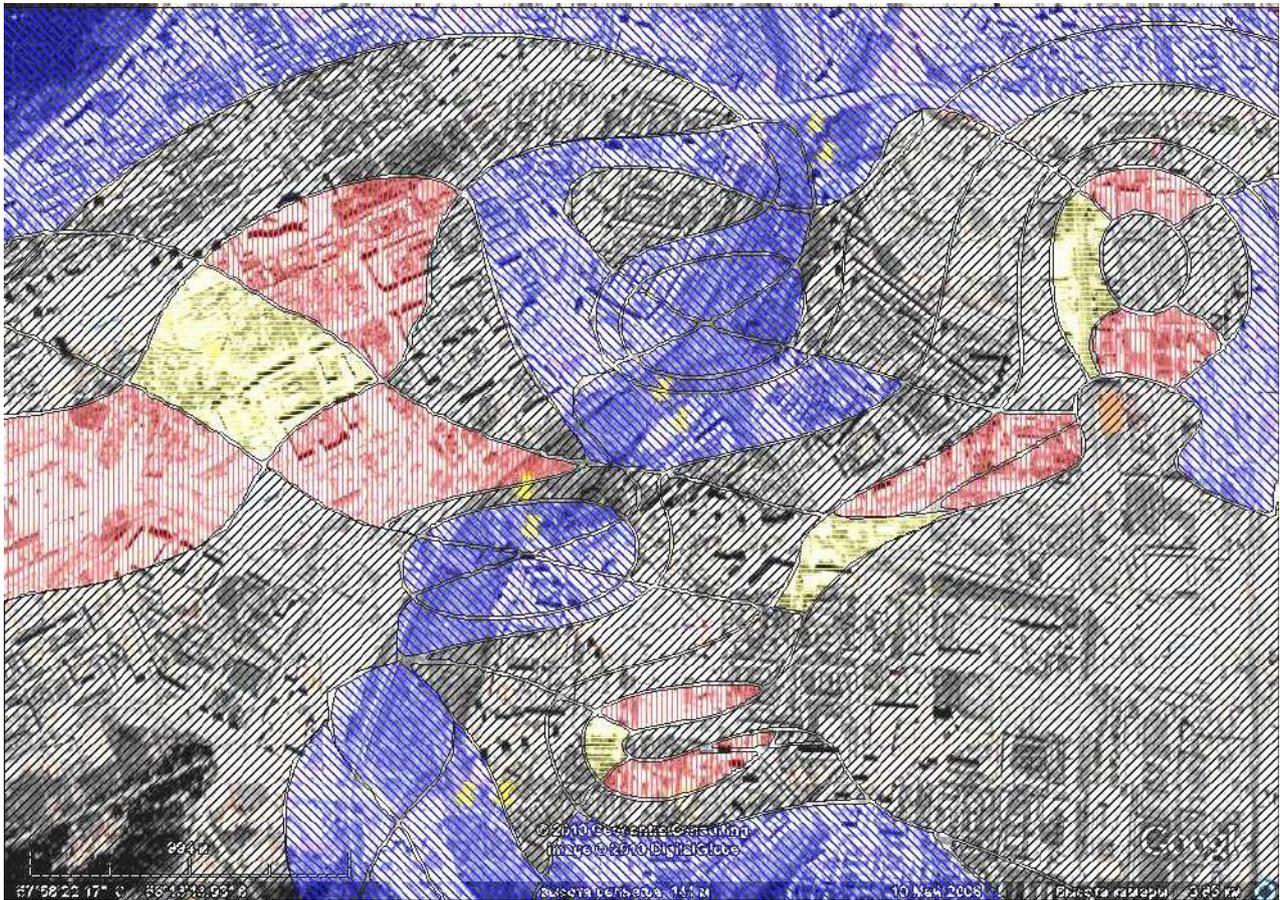


Рис. 7. Коэффициенты изменения скорости ветра при южном воздушном потоке (2-4 м/с) в районе р. Данилиха

Многочисленными исследованиями обнаружено ослабление скорости ветра среди городской застройки. Это подтверждают и данные наблюдений (табл. 11). На постах № 5 и 7 отмечается значительное (20–40%) ослабление скорости ветра, особенно в вечерние и утренние сроки. На ПНЗ № 3 оно слабее, а на посту № 2 наблюдается усиление ветра. Оно, вероятно, произошло вследствие сгущения ветровых потоков вдоль улиц с домами, расположенными на склоне.

Таблица 11

Отношения скоростей ветра ($n=V_{\text{пост}}/V_{\text{гмс}}$) по данным наблюдений

ПНЗ	Утро	День	Вечер
7	0,6	0,8	0,6
5	0,6	0,6	0,6
3	0,9	0,9	1,0
2	1,1	1	1,2

В некоторых случаях погодные условия приводят к накоплению примесей в атмосфере. К таким типам погоды относятся центр антициклона, барический гребень. Как правило, такие региональные погодные условия проявляются при низкой интенсивности крупномасштабных атмосферных процессов.

Одна из причин, приводящая к переносу примесей от предприятий на город, связана с бризовой циркуляцией и склоновым ветром. Такой тип переноса хорошо проявляется в летний период при соответствующих синоптических условиях: малоградиентное поле либо барический гребень. При таких условиях наблюдаются небольшие скорости ветра. Наличие р. Камы на западе, ширина которой составляет 2,5–3 км, а также заболоченная пойменная часть способствуют установлению дневного

бриза. В этом случае в приземном слое ветер направлен с реки на восток, что способствует переносу вредных веществ с предприятий, расположенных вдоль р. Кама. Далее на этот поток воздуха накладывается другой бриз, дующий с Семинского пруда, в результате чего над городом устанавливается юго-западный ветер в нижней части пограничного слоя атмосферы. Это хорошо прослеживается по данным наблюдений за ветром на постах в различные сроки. Например, в июле, когда наиболее вероятно установление погодных условий, формирующих бриз, на посту № 7 днем преобладает западный ветер, утром – северо-восточный и восточный.

Восточнее Березников расположена долина р. Быгель, ориентированная с севера на юг. Глубина её доходит до 70-80 м. Установлено, что меридиональная ориентация долин способствует максимальному развитию долинной циркуляции. В этом случае днем появляется анабатический ветер, направленный вверх по склону к городу. Над его центральной частью оба встречных потока приводят к вынужденному подъему воздуха и его перемешиванию. Это способствует увеличению концентрации вредных веществ над центром города и её снижению в восточной части. Более подробно этот механизм описан в [11].

Выводы

Наиболее некомфортными биоклиматическими условиями характеризуется территория Высокого Заволжья. В пределах Камско-Мещерской, Западно-Уральской и Центрально-Уральской ландшафтных областей выделяются, в основном, биоклиматические районы с субкомфортными и комфортными условиями.

Экспозиция склонов играет существенную роль в нагревании поверхности за счет поступающей солнечной радиации. Поскольку изменения радиации определяются экспозицией и крутизной склона, для построения карты прямой радиации в условиях изрезанного рельефа необходимо совместить карты уклонов местности и карты экспозиций склонов. Предложен вариант расчетов потоков солнечной радиации для реализации в геоинформационной среде.

Ветровой коэффициент, указывающий на микроклиматические различия территории, может быть найден с помощью цифровой модели рельефа. Восстановленная с помощью такого метода скорость ветра хорошо согласуется с данными наблюдений.

В г. Березники при определенных метеорологических условиях появляется зона повышенного загрязнения воздуха. Условия, способствующие застою воздуха в этом районе следующие.

Отличаются сильное выхолаживание центральной части города и сток охлажденного воздуха в долину реки (ночь зимой при антициклональном режиме погоды). В этом случае «остров тепла» располагается западнее.

При западном и северо-западном ветрах при обтекании воздушным потоком возвышенной части города в долине реки и прилегающих к ней жилых районах обмен воздухом не происходит, что обуславливает застойные ситуации. Скорость ветра при этом должна быть умеренной.

Все перечисленные особенности распространения примесей в г. Березники приводят к формированию весьма неоднородного в пространстве поля загрязнения. В сочетании с повторяемостью того или иного типа погодных условий все это, в конечном итоге, сказывается на поле средних концентраций загрязняющих веществ.

Библиографический список

1. Дроздов О.А., Кобышева Н.В. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
2. Исаков С.В., Шкляев В.А. Определение суммарного влияния антропогенноизмененных поверхностей на возникновение эффекта «городского острова тепла» с использованием геоинформационных систем // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. №1. С. 178–182.
3. Исаков С.В., Шкляев В.А. Оценка поступления солнечной радиации на естественные поверхности с применением геоинформационных систем // Географический вестник. 2012. № 1. С. 72–80.
4. Микроклимат СССР / под ред. И.А. Гольцберг. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 285 с.
5. Переведенцев Ю.П., Матвеев Ю.Л. Экология атмосферы. Казань: Изд-во Казан.ун-та, 2000. 130 с.
6. Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л. Методы мезо- и микроклиматического районирования для целей оптимизации размещения сельскохозяйственных культур с применением технологии автоматизированного расчета. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. 104 с.

7. Романова Е.Н., Мосолова Р.И. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 320 с.
8. Тудрий В.Д., Хайруллин Р.Р., Переведенцев Ю.П., Яцык В.С. Исследование микроклиматов ландшафта. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1993. 99 с.
9. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Исследование микроклимата города с целью оценки биометеорологических показателей селитебной территории // Географический вестник. 2010. №3(14). С. 47–56.
10. Шкляев В.А., Исаков С.В. Оценка баланса коротковолновой радиации территории с применением геоинформационных систем // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. 6. Биология, Науки о Земле. 2014. №2. С. 122–133.
11. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Особенности загрязнения воздуха в г. Березники // Вестник Пермского государственного университета. Экология. 1996. Вып.4. С.141–154.
12. Landsberg H. E. Atmospheric changes in a growing community // Inst. Fluid Dynamics Appl. Math. Tech. Note, N BN 823. Univ. of Maryland. College Park, Maryland, 1975. 54 p.
13. Oke T.R. Boundary Layer Climates. 2nd edition. Routledge, 1987: P. 250.

References

1. Drozdov, O.A. and Kobysheva, N.V. (1989), “*Klimatologiya*” [Climatology], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR
2. Isakov, S.V. and Shklyayev, V.A. (2014), “The determination of the cumulative effects of anthropogenously surfaces on the occurrence of effect of "urban heat Islands" with the use of geographic information systems”, *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, no. 1, Orenburg, Russia, pp. 178–182.
3. Isakov, S.V. and Shklyayev, V.A. (2012), “Assessment of the intensity of the solar radiation on a natural surface using geographic information systems”, *Geograficheskij vestnik* [Geographical bulletin], no. 1, Perm, Russia. pp. 72–80.
4. Gol'cberg, I.A. (1967), “*Mikroklimat SSSR*” [Microclimate of the USSR], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.
5. Perevedencev, Yu.P. and Matveev, Yu.L. (2000), “*Ehkologiya atmosfery*” [Ecology of the atmosphere], Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, Kazan', Russia.
6. Romanova, E.N., Gobarova, E.O. and Zhil'cova, E.L. (2003), “*Metody mezo- i mikroklimaticheskogo rajonirovaniya dlya celej optimizacii razmeshcheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur s primeneniem tekhnologii avtomatizirovannogo rascheta*” [Methods for meso - and micro-climatic zoning for the purpose of optimizing the placement of crops with the use of technology for automated calculation], Gidrometeoizdat, St-Petersburg, Russia.
7. Romanova, E.N. and Mosolova, R.I. (1983), “*Mikroklimatologiya i ee znachenie dlya sel'skogo hozyajstva*” [Microclimatology and its importance for agriculture], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.
8. Tudrij, V.D., Hajrullin, R.R., Perevedencev, Yu.P. and Yacyk, V.S. (1993), “*Issledovanie mikroklimatov landshafta*” [A study of the microclimates of the landscape], izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, Kazan', Russia.
9. Shklyayev, V.A., Ermakova, L.N. and Shklyayeva, L.S. (2010), “Study of the microclimate of the city to assess biometeorological indicators residential areas”, *Geograficheskij vestnik* [Geographical bulletin], no. 3 (14), Perm, Russia, pp. 47–56.
10. Shklyayev, V.A. and Isakov, S.V. (2014), “The balance of short-wave radiation area using geographic information systems”, *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, vol. 6, Biologiya, Nauki o Zemle, no. 2, Izhevsk, Russia, pp. 122–133.
11. Shklyayev, V.A. and Shklyayeva, L.S. (1996), “Features of air pollution in the city of Berezniki” *Vestnik Permskogo universiteta*, no. 4, Ehkologiya, Perm, Russia, pp. 141–154.
12. Landsberg, H. E. (1975), Atmospheric changes in a growing community, Inst. Fluid Dynamics Appl. Math. Tech. Note, N BN 823, Univ. of Maryland. College Park, Maryland, 54 p.
13. Oke, T.R. (1987), Boundary Layer Climates, 2nd edition, Routledge,

Поступила в редакцию: 01.07.2016

Сведения об авторах**Ермакова Людмила Николаевна**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы, заместитель декана географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
e-mail: lnermak@psu.ru

Шкляев Владимир Александрович

кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы, Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
e-mail: shklyaev@psu.ru

Филиппова Анастасия Павловна

магистр направления «Гидрометеорология», Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Шкляева Людмила Сергеевна

доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы, Пермский государственный национальный исследовательский университет;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

About the authors**Ludmila N. Ermakova**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Department of Meteorology and Protection of an Atmosphere, the Assistant to the Dean of Geographical Faculty, Perm State University;
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia
e-mail: lnermak@psu.ru

Vladimir A. Shklyaev

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of Department of Meteorology and Protection of an Atmosphere, Perm State University;
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia
e-mail: shklyaev@psu.ru

Anastasiya P. Filippova

Master of a Direction «Hydrometeorology», Perm State University;
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia

Ludmila S. Shklyaeva

Associate Professor of Department of Meteorology and Protection of an Atmosphere, Perm State University;
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Филиппова А.П., Шкляева Л.С. Биоклиматическая оценка ландшафтных областей Пермского края и условий формирования микроклиматических особенностей // Географический вестник = Geographical bulletin. 2016. № 4 (39). С. 70–83. doi 10.17072/2079-7877-2016-4-70-83

Please cite this article in English as:

Ermakova L.N., Shklyaev V.A., Filippova A.P., Shklyaeva L.S. Bioclimatic assessment of the Perm region's landscape and conditions for its microclimatic features formation // Geographical bulletin. 2016. № 4(39). P. 70–83. doi 10.17072/2079-7877-2016-4-70-83