

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ТРУДЫ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЛАВНОЙ
ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
им. А. И. ВОЕЙКОВА

Выпуск

502

МЕЗО- И МИКРОКЛИМАТОЛОГИЯ

Под редакцией
д-ра геогр. наук Е. Н. Романовой



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1986

06
778

Рассматриваются вопросы региональной микроклиматологии, мезоклиматического районирования, некоторые особенности микроклимата холодного периода. Обосновывается необходимость учета микроклимата при рациональном размещении сельскохозяйственных культур и плодовых растений. Приведены разработки по микроклиматической изменчивости радиационных характеристик в условиях сложного рельефа, по учету местных условий для целей ветроэнергетики и некоторые другие аспекты мезо- и микроклиматологии.

Сборник рассчитан на климатологов, агроклиматологов, метеорологов, географов широкого профиля.

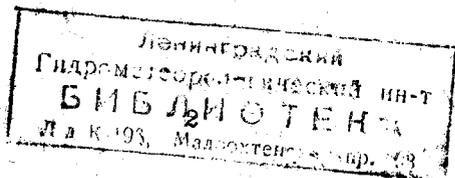
There are considered problems of regional microclimatology, mesoclimatic zoning, some distinguishing features of the microclimate of cool period. The necessity of taking into consideration microclimate for efficient location of crops and fruit-plants is proved. Developments are presented on microclimatic variation of radiation characteristics under the conditions of complex relief, consideration of local conditions for wind energetics and some other aspects of meso- and microclimatology.

The publication is meant for climatologists, agroclimatologists, meteorologists, geographers.

М 1903040000-038 44-86(I)
069(02)-86

©

Главная геофизическая
обсерватория
им. А.И.Воейкова (ГГО),
1986 г.



ФОНОВАЯ И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В МЕЖФАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ
РАЗВИТИЯ КАРТОФЕЛЯ И ОВСА
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Теплообеспеченность вегетационного периода в значительной степени определяет рост и развитие сельскохозяйственных культур. Особенно велико значение этого фактора в регионах, характеризующихся дефицитом тепла, к которым относится и Ленинградская область. В работе показан метод расчета основных термических характеристик:

- 1) для фоновых условий ровного открытого места Ленинградской области за каждый месяц вегетационного периода;
- 2) за межфазные периоды развития основных культур - картофеля и овса - в условиях ровного открытого места;
- 3) за межфазные периоды развития указанных культур на сельскохозяйственных полях, расположенных в разных условиях подстилающей поверхности Ленинградской области.

Обработка материала проводилась по данным метеостанции, расположенной на Ордовикском плато в Ленинградской области, термический режим которой можно считать фоновым для агроклиматического района, занимающего западную часть области. Этот район расположен на возвышенном месте и является в пределах Ленинградской области наиболее увлажненным. Здесь теплообеспеченность характеризуется в основном меньшей продолжительностью периода с температурой больше 10°C и увеличением безморозного периода за счет более поздних дат первых заморозков осенью / 1 /.

Для оценки фоновой минимальной температуры использованы таблицы ТМ-1 за 20-летний период (1957-1976 гг.). Обработка проводилась для каждого из пяти (с мая по сентябрь включительно) месяцев вегетационного периода по ежедневным данным за указанные месяцы и годы для ночного времени. Были выбраны все случаи с радиационным и адвективно-радиационным типом погоды. Отдельно выделены все случаи с адвекцией холода. Критерием для выделения адвекций холода является учет основных погодных признаков, сопровождающих прохождение фронтов / 2 /.

Повторяемость ясной тихой погоды, способствующей образованию радиационных и адвективно-радиационных заморозков на территории Ленинградской области, составляет: в весенний период 30-

Таблица I

Фоновые значения минимальной температуры воздуха в течение вегетационного периода при разных условиях погоды. Ленинградская область, 1958-1977 гг.

Месяц	Температура воздуха, °С															
	средняя месячная	средний минимум	абсолютный минимум	число случаев	средний минимум	абсолютный минимум	число случаев	средний минимум	абсолютный минимум	число случаев	средний минимум	абсолютный минимум	число случаев			
Май	9,1	3,9	1,6	4,8	174	1,4	-3,7	46	-1,3	-6,4	35	10,3	35	6,7	1,9	8
Июнь	14,3	8,0	6,6	0,6	158	5,3	1,3	39	3,3	-1,8	35	13,7	29	10,5	7,9	6
Июль	16,3	11,0	9,1	2,3	164	7,0	0,4	33	7,0	2,2	20	14,5	22	12,1	8,3	18
Август	14,5	9,8	8,6	1,3	147	7,4	2,6	75	5,1	0,6	37	14,2	56	11,5	9,9	6
Сентябрь	9,4	5,3	4,8	-1,6	99	3,4	-2,4	125	0,3	-5,3	78	12,0	50	10,2	7,2	13

50 %, в осенний - 20-40 %. Повторяемость пасмурной погоды с ветром весной близка к 20-30 %, осенью составляет 30-40 %. Повторяемость других типов погоды и весной и осенью не превышает 10-20 %.

В работе получены следующие показатели термического режима: средняя суточная, средняя минимальная, средняя максимальная температура, абсолютный минимум и средний из абсолютных минимумов в зависимости от типов погоды, определяющих микроклиматические различия.

В табл. I представлена средняя месячная суточная и средняя за месяц минимальная температура без учета погодных условий. На ее фоне показана изменчивость средней минимальной температуры и абсолютной ее величины для пяти основных погодных типов. Наибольшую опасность представляет понижение температуры воздуха при адвективно-радиационном типе погоды, когда на фоне холодной адвекции в ночные часы снижение температуры усиливается радиационным выхолаживанием. Эта закономерность в течение всего вегетационного периода прослеживается также и для случаев холодной адвекции и радиационного выхолаживания. В условиях радиационного типа погоды очень сильных понижений температуры не отмечается, однако этот тип погоды является не менее опасным для сельского хозяйства из всех перечисленных типов.

Сезонные особенности повторяемости атмосферных процессов четко прослеживаются в изменении числа случаев с разными типами погоды в течение вегетационного периода. В мае отмечается наибольшая повторяемость (30-50 %) ясной тихой погоды и число ночей с радиационным выхолаживанием в 2 раза больше, чем в сентябре. В течение летних месяцев число ясных тихих ночей изменяется незначительно. Количество случаев с холодной адвекцией в весенне-летний период естественно меньше, чем с радиационным выхолаживанием. В сентябре температура воздуха понижается и увеличивается число случаев холодной адвекции с сильным ветром (>5 м/с) при большой нижней облачности (8-10 баллов). Прояснения (особенно в ночные часы) после вторжения холодных масс воздуха очень сильно снижают термический фон, что приводит в начальные периоды вегетации к опасным заморозкам не только в ограниченных мезоопасных местоположениях, но и на больших площадях равнин.

За исследуемый период в этой погодной группе средняя минимальная температура в мае была отрицательная ($-1,9$ °C), а летом не выше 5-7 °C. Абсолютный минимум температуры отрицателен

и большую часть вегетационного периода и даже в июле-августе не превышает $2,2^{\circ}\text{C}$.

Так как обработка ежедневных данных за длинные периоды лет очень трудоемка, расчет термических характеристик проводился по более коротким 10- и 15-летним рядам методом скользящих средних с целью проверки возможности использования более коротких рядов. Средняя минимальная температура воздуха за 20- и 15-летний периоды различается на $0,5 \dots -0,7^{\circ}\text{C}$, в 75 % случаев эта разница не превышает $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, а в 50 % случаев различий совсем не наблюдается. Таким образом, для решения поставленной задачи можно ограничиться 15-летним периодом. Разность минимальных температур за 10- и 20-летние периоды увеличивается настолько, что ряды короче 15-летних использовать в подобных разработках нельзя.

Полученная по ежедневным значениям термических характеристик информация послужила основой для дальнейших расчетов и обработки материала по межфазным периодам конкретных сельскохозяйственных культур. Обработка фенологического материала по данным книжек КСХ-1 произведена для дат наступления и окончания основных межфазных периодов развития картофеля и овса для каждого года исследуемого 20-летнего периода. Наступление фазы сельскохозяйственной культуры считалось в том случае, когда 50 % растений на наблюдательском участке достигали этой фазы развития. Таким образом, получены даты межфазных периодов за каждый исследуемый год, а также средние даты за весь ряд лет.

Имея за весь вегетационный период ежедневные данные по термическим характеристикам и даты межфазных периодов за одни и те же годы, можно получить термические характеристики, отражающие теплообеспеченность культур в различные периоды их развития. Для картофеля обработка проводилась по пяти основным межфазным периодам (табл.2), для овса - по семи (табл.3). Для каждой из этих культур в интервале дат межфазных периодов за каждый год (начиная с 1957 г.) проводилась обработка по средней суточной, максимальной и минимальной температуре воздуха в среднем за весь период как без учета погодных условий, так и по указанным выше погодным типам. Полученные термические характеристики представляют фоновые значения для определенного временного интервала при указанных погодных условиях.

Продолжительность межфазных периодов картофеля и овса от года к году изменяется в пределах двух-трех недель. Причем

Таблица 2

Фоновые значения минимальной температуры воздуха при разных погодных условиях в основные межфазные периоды развития картофеля

Межфазный период	Температура воздуха, °С												
	Средняя да- та и продол- жительность межфазных периодов, дни	Максималь- ная	Минималь- ная	Средняя	Максималь- ная	Минималь- ная	Средняя	Максималь- ная	Минималь- ная	Средняя	Максималь- ная		
		Без учета погод- ных условий											
		Ясно, тихо											
		Ясно, тихо пос- ле холодной ад- векции											
I. Посадка-всходы	20 У-21 У1 33	12,7	17,8	6,6	13,6	5,0	-3,5	9,7	1,8	-4,8	7,6	4,3	1,0
II. Всходы-появление боковых побегов	22 У1-5 УП 14	15,0	20,0	9,6	15,2	7,3	1,0	18,4	6,0	2,5	10,8	6,8	0,4
III. Появление боковых побегов-образова- ние соцветий	6 УП-16 УП 11	16,4	21,4	11,0	16,8	9,0	3,2	14,4	6,0	5,0	10,3	7,2	6,7
IV. Образование со- цветий-цветение	17 УП-1 УП 16	16,4	21,3	11,0	16,3	9,0	2,3	14,0	6,9	3,8	10,3	7,4	1,4
V. Цветение-увяда- ние ботвы	2 УП-5 IX 35	13,8	18,2	9,2	13,9	7,9	-1,6	11,4	4,4	-0,6	11,5	7,2	2,5

Таблица 3

Фоновые значения минимальной температур воздуха при разных погодных условиях
в основные межфазные периоды развития овса

Межфазный период	Средняя температура воздуха, °С	Температура воздуха, °С						Холодная адвекция			
		Максимальная	Средняя	Минимальная	Средняя	Максимальная	Минимальная				
I. Посев-всходы	7 У-22 У 16	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		9,9	15,3	3,9	9,6	1,6	-4,8	6,0	-2,0	-6,4	5,0
II. Всходы-3-й лист	23 У-4 У 13	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		11,7	16,4	5,9	11,6	3,5	-2,0	7,7	0,4	-4,8	5,5
III. 3-й лист-выход в трубку	5 У1-16 У1 12	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		14,0	18,9	7,4	14,8	6,8	1,0	10,9	4,0	-6,3	9,5
IV. Выход в трубку-колошение	17 У1-8 УП 22	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		15,4	20,7	9,9	16,4	8,0	2,3	13,0	5,0	0,0	11,0
V. Колошение-молочная спелость	9 УП-28 УП 20	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		16,3	21,3	11,3	16,9	8,7	2,3	12,7	5,6	4,4	12,4
VI. Молочная спелость-восковая спелость	29 УП-15 УП 18	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		16,4	21,2	11,0	16,0	9,0	2,8	13,4	5,9	2,2	12,2
VII. Восковая спелость-полная спелость	16 УП-24 УП 9	Без учета годовых условий	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Ясно, тихо	Холодная адвекция			
		13,9	19,0	9,4	15,8	8,4	1,5	7,8	1,6	-2,2	9,5

уменьшение продолжительности межфазных периодов в отдельные годы по сравнению с их средней продолжительностью по обеим культурам в течение всего вегетационного периода не превышает 6-7 дней, а увеличение составляет 7-15 дней. Такое изменение продолжительности межфазных периодов обусловлено в большей степени характером погодных условий, определяющих термический режим исследуемой территории.

В условиях ровного открытого местоположения на Ордовикском плато Ленинградской области минимальная температура воздуха при трех холодных типах погоды остается довольно низкой даже в летние месяцы. Например, в середине лета в фазе образования соцветий у картофеля в период цветения в ясные тихие ночи температура воздуха понижается до 9 °С, в ночи с холодной адвекцией - до 7,5 °С, а при последующем радиационном выхолаживании до 6,9 °С. Средняя суточная температура без учета погодных условий в это время составляет 16,5 °С, средняя максимальная 21,3 °С, а средняя минимальная 11 °С. Межфазные периоды посадка - всходы и цветение - увядание ботвы картофеля, как правило, сопровождаются заморозками.

Полученные термические характеристики дали возможность получить зависимости между продолжительностью межфазных периодов развития картофеля и овса с соответствующими им по времени значениями средней, максимальной и минимальной температурой и их суммами.

Четко выражена эта зависимость для картофеля во все фазы развития за исключением последнего межфазного периода цветение - увядание ботвы (рис. I).

Подобные зависимости дают возможность показать обеспеченность культуры теплом как за сутки, так и отдельно для дневного и ночного времени для каждого межфазного периода.

Так как в условиях неоднородной подстилающей поверхности микроклиматическая изменчивость ряда термических характеристик, а в первую очередь минимальной температуры очень велика, то необходимо уметь проводить расчет для других условий местоположения, отличающихся от фоновых. Имея данные по режиму минимальной температуры за 20-летний период по межфазным периодам развития сельскохозяйственных культур для фоновых условий конкретной территории можно рассчитать изменение минимальной температуры для различных условий местоположения. Для этого к фоновым характеристикам средней минимальной, среднего из абсолютных минимумов и

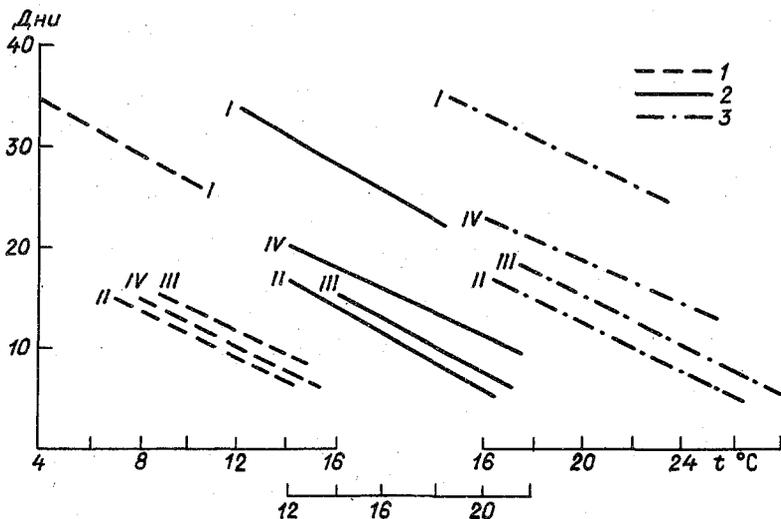


Рис. I. Связь длины межфазных периодов развития картофеля с минимальной (I), средней суточной (2) и максимальной (2) температурой воздуха. Ленинградская область, I-IV межфазные периоды (см. табл. 2).

абсолютного минимума температуры воздуха (табл. 2 и 3) за каждый межфазный период введены соответствующие времена года, погодным условиям и характеру подстилающей поверхности поправки (табл. 4).

При введении этих поправок следует учитывать также и микроклиматическую изменчивость на влияние водоемов по времени. Например, на побережьях водоемов северной половины Нечерноземья в весенний период (апрель-май) средняя многолетняя минимальная температура воздуха ниже фонового ее значения на $-0,5^{\circ}\text{C}$. В отдельные ясные тихие ночи влияние северных водоемов проявляется более сильно и различие увеличивается до $-1,0^{\circ}\text{C}$. Следовательно, для межфазных периодов начала вегетации сельскохозяйственных культур (посадка-всходы) для расчета средней многолетней минимальной температуры воздуха включена отрицательная поправка $-0,5^{\circ}\text{C}$, а для групп ясной тихой погоды на любом термическом фоне вводится поправка $-1,0^{\circ}\text{C}$. Для межфазных периодов в летние и осенние месяцы (июнь-сентябрь) введены положительные поправки для многолетней средней минимальной температуры воздуха $0,5$ и $2,5^{\circ}\text{C}$ для

Таблица 4

Микроклиматические поправки ($^{\circ}\text{C}$) к минимальной температуре воздуха при разных условиях погоды за вегетационный период на северо-западе Европейской части СССР /3-5/

Тип местоположения	Сред- няя мно- летняя	Ясно, тихо; ясно, тихо после ко- лдов и теплой ад- векции	Холод- ная адвек- ция	Теплая адвек- ция
1. Фон - ровное, открытое место	0	0	0	0
2. Вершины, верхние части воз- вышений	1,0	2,0	-2,0	1,0
3. Замкнутые, пониженные места, низины	-1,0	-3,0	2,0	-1,0
4. Сырые низины с минеральной почвой	-2,0	-4,5	1,0	-1,0
5. Пригородная зона крупных городов	0,5	1,5	0	0
6. Побережья водоемов (не далее 2 км от уреза воды)	-0,5 [*] -0,5 ^{**}	-1,0 [*] 2,5 ^{**}	0 0	0 0
7. Сельскохозяйственные поля и их части, окруженные или граничащие с лесом	-0,5	-1,5	2,0	-1,0
8. Сырые пониженные участки, окруженные лесом	-2,0	-6,0	2,0	-1,0
9. Хорошо окультуренное болото	-1,0	-2,0	0	0

П р и м е ч а н и е. Здесь микроклиматическая поправка - разность минимальной температуры в каждом типе местоположения и ее фоновой температуры; звездочкой (*) отмечены данные для весны (май), двумя звездочками - для лета (июнь, июль, август) и осени (сентябрь).

условий ясной и тихой погоды.

В ночи с адвективным типом погоды при большой скорости ветра влияние водоемов на побережья в любое время вегетационного периода сводится к нулю. В тех случаях, когда ветер направлен с водоема на сушу как отрицательные (холодные водоемы), так и положительные (теплые водоемы), поправки несколько превышают указанные выше значения.

Таблица 5

Минимальная температура воздуха (°C) за межфазные периоды развития картофеля при опасных типах погоды в разных условиях подстилающей поверхности Ленинградской области

Межфазный период	Тип подстилающей поверхности			Холодная аэрация			Тип подстилающей поверхности			Холодная аэрация				
	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо	Лето, тихо		
I. Посадка-вход	1	5,1	1,8	4,3	4,0	5,5	7	3,0	0,0	5,5	7	3,0	0,0	5,5
	2	7,0	4,0	2,5	4,5	4,5	8	-1,0	-4,0	5,5	8	-1,0	-4,0	5,5
	3	2,0	-1,5	5,5	6,8	6,8	9	3,5	0,0	4,5	9	3,5	0,0	4,5
II. Входы-появление боковых побегов	1	7,3	6,3	5,0	5,0	8,0	8	5,5	4,0	9,0	8	1,5	0,0	9,0
	2	9,5	8,0	9,0	9,0	9,0	9	5,5	4,0	7,0	9	5,5	4,0	7,0
	3	4,5	3,0	7,2	7,2	7,2	7	7,0	4,0	8,0	7	7,0	4,0	8,0
III. Появление боковых побегов-образование соцветий	1	9,1	6,0	5,0	5,0	8,0	8	3,0	0,0	9,0	8	3,0	0,0	9,0
	2	11,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9	7,0	4,0	7,0	9	7,0	4,0	7,0
	3	6,0	3,0	7,4	7,4	7,4	7	7,0	5,0	8,5	7	7,0	5,0	8,5
IV. Образование соцветий-цветение	1	9,0	6,9	5,5	5,5	8,5	8	3,0	1,0	9,5	8	3,0	1,0	9,5
	2	11,0	9,0	9,5	9,5	9,5	9	7,0	5,0	7,5	9	7,0	5,0	7,5
	3	6,0	4,0	7,2	7,2	7,2	7	6,0	2,5	8,0	7	6,0	2,5	8,0
V. Цветение-увядание ботвы	1	7,9	4,4	5,0	5,0	6,5	8	2,0	-1,5	9,0	8	2,0	-1,5	9,0
	2	10,0	6,5	9,0	9,0	9,0	9	6,0	2,5	7,0	9	6,0	2,5	7,0
	3	5,0	1,5	9,0	9,0	9,0	9	6,0	2,5	7,0	9	6,0	2,5	7,0

Таким расчетным методом получены данные по режиму минимальных температур на сельскохозяйственных полях, расположенных в разных местоположениях Ленинградской области. Расчет проводился для девяти основных наиболее распространенных на этой территории типов подстилающей поверхности, а также для наиболее морозоопасных местоположений: 1) фон - ровное открытое место; 2) вершины, верхние части возвышений; 3) закрытые пониженные места; 4) сырые низины с минеральной почвой; 5) пригородная зона крупных городов; 6) побережья водоемов; 7) сельскохозяйственные поля среди лесных массивов и в местах, ограниченных лесом; 8) сырые пониженные места, ограниченные лесом и заболоченные поляны; 9) хорошо окультуренные болота (табл.5). Данные табл.5 можно использовать для оценки термического режима как для существующих сельскохозяйственных полей, так и для планируемых. Это в большей степени касается осваиваемых территорий с изменением водного режима (осушения болот, создания новых водохранилищ), а также пригородных зон с крупными совхозами и агропромышленными комплексами, на территории которых необходим учет влияния большого города и других изменений микроклимата под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Этим методом можно проводить расчеты термических характеристик для агроклиматических зон территории СССР практически для любых сельскохозяйственных полей. Причем учет условий погоды дает возможность получить данные по термическому режиму для конкретных межфазных периодов развития сельскохозяйственных культур с преобладанием тех или иных условий погоды за эти периоды и выделить наиболее опасные погодные ситуации для сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г о л ь ц б е р г И. А. Мезо- и микроклиматические особенности окрестностей Ленинграда. - Труды ГГО, 1974, вып.339, с.25-34.

2. В а с и л ь е в а Л. Г. Режим минимальной температуры воздуха в районе Чарской котловины при разных условиях погоды. - Труды ГГО, 1980, вып.426, с.43-54.

3. Васильева Л. Г. Особенности термического режима осушенных болот при разных условиях погоды. - Труды ИТО, 1981, вып.460, с.88-91.

4. Микроклимат СССР / Под ред И.А.Гольцберг. Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 286 с.

5. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 152 с.

Л.Г.Васильева, Е.О.Габарова

РОЛЬ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЖИМА
МИНИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
(НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ
И КИРОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)

Учет режима минимальной температуры в летние месяцы имеет большое практическое значение для подбора, размещения и выращивания сельскохозяйственных культур на территории Нечерноземной зоны РСФСР. Особое значение для сельскохозяйственного производства имеет оценка уровня минимальных температур в различных местоположениях во время наибольшего выхолаживания на поверхности почвы и в приземном слое воздуха.

В данной работе оценено влияние подстилающей поверхности на особенности формирования режима минимальной температуры воздуха при разных условиях погоды на примере территории Ленинградской и Кировской областей. В пределах Ленинградской области максимальный диапазон микроклиматической изменчивости минимальной температуры в ясные тихие ночи в течение всего вегетационного периода составляет 8-9 °С. Такие термические различия возможны лишь в отдельные ночи и крайне ограничены на площади и во времени. На большей же части территории Ленинградской области средний диапазон микроклиматической изменчивости минимальной температуры не превышает 5-6 °С. На территории Кировской области эта изменчивость несколько увеличивается за счет континентальности климата.

Для анализа пространственных изменений режима минимальных температур даже в пределах Ленинградской области необходим

Разный подход при учете местных особенностей. Например, на Карельском перешейке в условиях всхолмленного рельефа необходим совместный учет форм рельефа в сочетании с другими местными особенностями подстилающей поверхности. На северо-востоке области на обширной выровненной территории, пересеченной крупными реками, необходим учет мелiorативного эффекта польдера и водоемов в сочетании с влиянием лесных массивов, болот и других местных особенностей.

На Карельском перешейке в пределах рассматриваемой территории (рис. I) все ровные участки с минеральной почвой, свободные от леса, а также склоны крутизной менее 2° характеризуются определенным режимом минимальных температур, представляющих собой фон. В июле на всей указанной территории фоновая минимальная температура составляет 11°C . На положительных формах рельефа (вершины возвышений, краевые части террас) минимальная температура в ночные часы при ясной тихой погоде не опускается ниже 13°C . На холодных участках - в понижениях рельефа, на небольших полянах, вблизи болот - минимальная температура понижается до $9,0^{\circ}\text{C}$. В наиболее холодных замкнутых и заболоченных понижениях в ясные тихие ночи отмечается 8°C - это самая низкая минимальная температура на рассматриваемой территории. Заморозкоопасность здесь особенно велика, так как возможны интенсивные и продолжительные заморозки не только в конце весны, но и в течение всех летних месяцев.

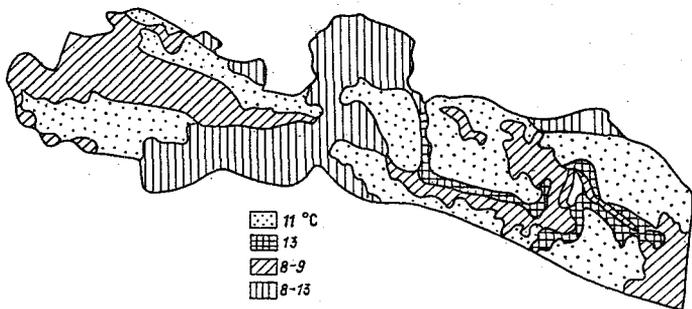


Рис. I. Распределение минимальной температуры воздуха в ясные тихие ночи на Карельском перешейке.

Ленинградская область, июль.

Влияние мелких озер и рек на Карельском перешейке незначительно, ограничено узкой прибрежной полосой и не требует учета. Только ровные, свободные от леса части побережий наиболее крупных озер при ветре со стороны озера могут быть на $1-2^{\circ}\text{C}$ теплее фона.

На северо-востоке Ленинградской области (рис.2) на обширной выровненной территории, пересеченной крупными реками, рельеф представлен в основном плавными понижениями и надпойменными террасами с базисом эрозии не более 5-10 м и не оказывает существенного влияния на минимальную температуру воздуха за исключением участков пониженной сырой поймы, удаленной за пределы влияния рек.

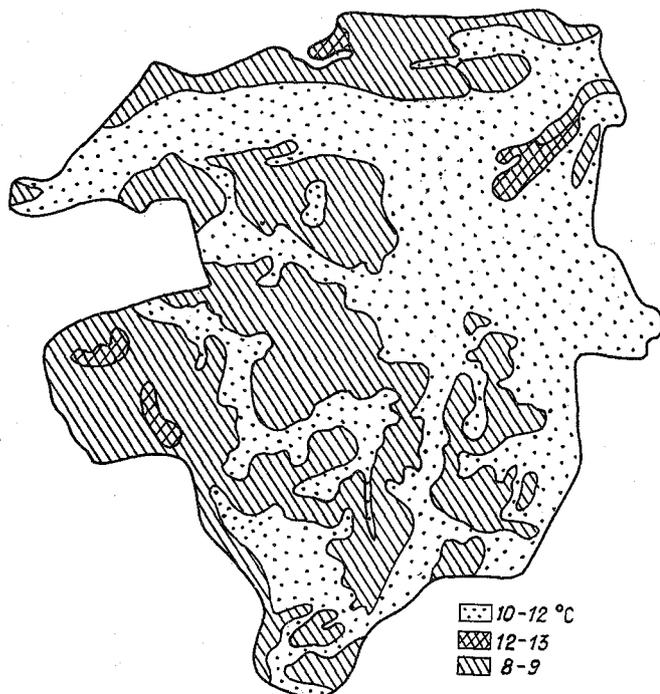


Рис.2. Распределение минимальной температуры воздуха в ясные тихие ночи на территории Волховского района. Ленинградская область, июль.

Наиболее однородным термическим режимом, представляющим фон, отличаются равнинные и плоско-равнинные участки на всей рассматриваемой территории.

Фоновая минимальная температура составляет здесь 11-12 °C. Фоновый термический режим отмечается и на ровных пойменных участках. На пониженных участках поймы, расположенных непосредственно вдоль рек, минимум понижается до 10 °C. Это обусловлено со-

вместным воздействием холодной поймы и отепляющим в иколе влиянием рек в ночные часы. Наиболее теплыми в это время суток являются надпойменные террасы вблизи рек с минимальной температурой воздуха 12-13 °C (на 1-2 °C выше фоновой).

В отдельную группу местоположений включены пониженные участки поймы, находящиеся за пределом влияния реки. На всех этих участках минимальная температура воздуха на 2 °C ниже фоновой и составляет 9 °C. Самыми холодными (на 2-3 °C ниже фона) являются обособленные понижения с торфяными почвами. К этой же группе относятся все понижения на поймах, удаленные за пределы отепляющего влияния рек, т.е. далее 200 м от уреза воды. На прибрежной речной полосе учет влияния температуры водной массы на микроклиматический режим минимальной температуры зависит от времени года. Весной, во второй половине апреля вскрываются реки и до конца мая отмечается охлаждающее влияние рек на побережья. Особенно холодными в это время оказываются сырые поймы вблизи рек. Летом, особенно осенью, в первой половине сентября, температура воздуха на побережьях выше по сравнению с другими участками. Даже в самых холодных весной сырых поймах в ночные часы летом и осенью теплее, чем на окружающей территории (12 °C).

Роль подстилающей поверхности в формировании режима минимальной температуры воздуха существенно изменяется в зависимости от условий погоды. Так, если в ясные тихие ночи режим минимальной температуры зависит от условий стока и подтока холодного воздуха под влиянием рельефа, леса и других неровностей подстилающей поверхности, то в ночи с холодной адвекцией термический режим определяется в основном условиями защищенности (рельефом, лесными массивами, различными сооружениями и др.).

На примере части территории Кировской области покажем распределение минимальной температуры воздуха в ясную, тихую погоду и в условиях холодной адвекции при северном ветре в сложных условиях местоположения.

Имея количественные показатели изменчивости минимальной температуры /1, 2/ и скорости ветра / 3 / можно строить для определенной территории качественно различные микроклиматические картограммы в зависимости от условий погоды. Например, на рис.3, 4 представлены картограммы распределения минимальной температуры воздуха на части территории Кировской области в ясные тихие ночи и в ночи с холодной адвекцией при северном ветре. Подобные картограммы можно строить для разных территорий с учетом более характерных или опасных в данной местности погодных ситуаций.



Рис.3. Распределение минимальной температуры воздуха в ясные тихие ночи на территории совхоза Кировской области. Июль. Условные обозначения см. табл. I.

1399

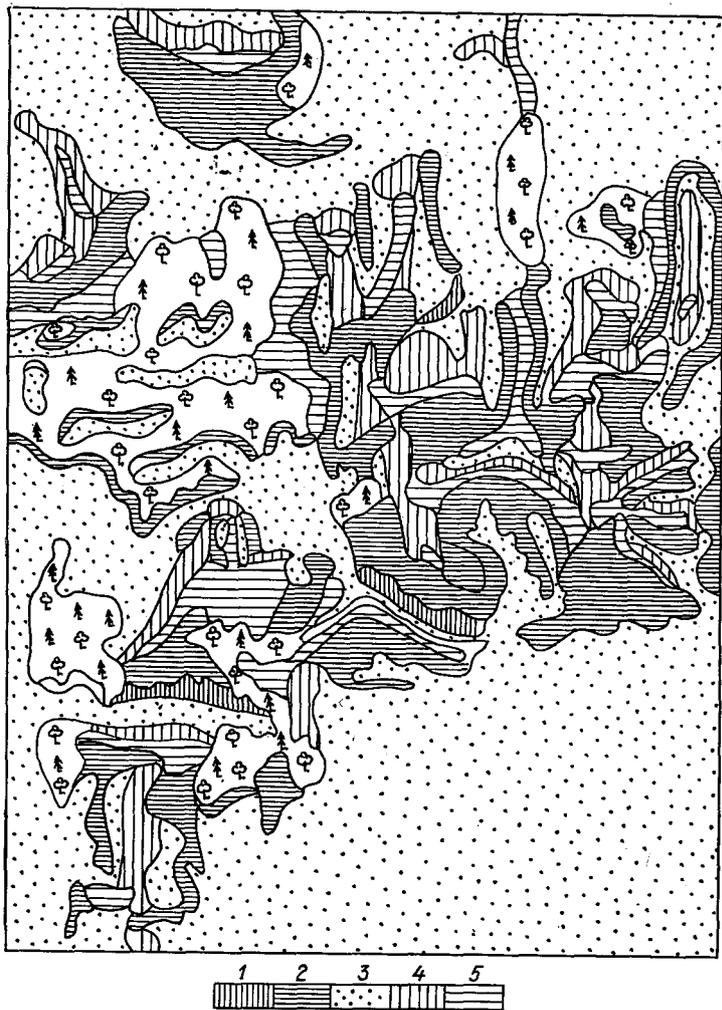


Рис. 4. Распределение минимальной температуры воздуха при холодной адвекции с северным ветром на территории совхоза Кировской области. Июль. Условные обозначения см. табл. 2.

Фоновая средняя многолетняя минимальная температура воздуха в июле на рассматриваемой территории Кировской области составляет 10,5 °С. Такая температура возможна в течение 16 дней июля при многолетней средней скорости ветра 1,5-2,0 м/с за часовой срок наблюдений. В ясные ночи без ветра в середине лета фоновая минимальная температура воздуха составляет 9,0 °С и отмечается в течение шести дней за месяц. Причем вероятность штилей в зависимости от местоположения изменяется от 24 до 69 %.

На выделенной территории Кировской области показаны восемь типов местоположений, различающихся уровнем минимальной температуры воздуха в ясные тихие ночи. Значения минимальной температуры в каждом из выделенных на картограмме типов местоположения представлены в табл. I.

Таблица I

Типизация местоположений на территории Кировской области
в зависимости от температуры воздуха в ясные тихие ночи.

Июль

Тип местоположения	Минимальная температура воздуха в ночи с радиационным выхолаживанием, °С	Средняя многолетняя минимальная температура воздуха, °С
1. Вершины	14,5	11,5
2. Верхние части склонов	12,5	11,0
3. Берега реки	12,0	11,5
4. Фон - ровное, открытое место; средние части широких долин (без притока холодного воздуха); средние части склонов; средние части полей диаметром более 1000 м	9,0	10,5
5. Поляны диаметром менее 1000 м	7,0	9,5
6. Нижние части склонов; подножия; части долин, примыкающих к склонам, с подтоком холодного воздуха	5,0	9,0
7. Открытые болота и их части, удаленные от лесных массивов более чем на 200 м	4,5	8,5
8. Небольшие болота, окруженные лесом	3,0	7,5

Полный диапазон микроклиматической изменчивости минимальной температуры воздуха в условиях неоднородной подстилающей поверхности Кировской области в тихие ясные ночи июля составляет $11,5^{\circ}\text{C}$, т.е. на $2,0-2,5^{\circ}\text{C}$ больше, чем в Ленинградской области. Это обусловлено возрастанием абсолютных высот, расчлененностью рельефа, а также увеличением континентальности в восточных районах Нечерноземья.

Для ночей с адвекцией (холодной или теплой) строятся комплексные микроклиматические картограммы с учетом термического и ветрового режимов. На рис.4 представлен пример распределения минимальной температуры воздуха в ночи с холодной адвекцией при северном направлении ветра. Фоновая минимальная температура воздуха в такие ночи в исследуемом районе Кировской области составляет 6°C . Среднее многолетнее число дней с такой температурой равно шести. Вероятность скорости северного ветра $8-9$ м/с составляет $3,6\%$ (1,1 дня в месяц).

На картограмме (рис.4) выделено пять типов местоположений с разным режимом минимальной температуры и скорости ветра для разных условий подстилающей поверхности. В такие ночи диапазон микроклиматической изменчивости минимальной температуры не превышает 2°C на всей рассматриваемой территории (табл.2). Для части сельскохозяйственных полей, защищенных от холодного северного ветра рельефом и лесной растительностью, это благоприятно сказывается на посевах, особенно в поздне-весенний период.

Таблица 2

Типизация местоположений на территории Кировской области в зависимости от температуры воздуха в ночи с холодной адвекцией при северном ветре. Июль

Тип местоположений	Минимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Скорость северного ветра, м/с
1. Дно и нижние части склонов долин, непродуваемых ветром; дно и все части склонов замкнутых долин и других понижений рельефа	7,0	5
2. Нижние части параллельных ветру склонов; все части склонов замкнутых долин, непродуваемых ветром	6,6	5-8

Тип местоположений	Минимальная температура воздуха, °С	Скорость северного ветра, м/с
3. Фон - ровное открытое место; средние части параллельных склонов; нижние части наветренных склонов; части полей диаметром более 1000 м; болота и их части, открытые ветру	6,0	8-9
4. Средние части наветренных склонов. Верхние части параллельных ветру склонов	5,5	9-10
5. Вершины и верхние части наветренных склонов; дно и все части склонов, долин, продуваемых ветром	5,0	10-12

Представленные микроклиматические картограммы показывают роль подстилающей поверхности в формировании термического режима ночи при разных условиях погоды, а также пестроту распределения минимальной температуры на местности, ее изменение в зависимости от времени года и особенностей подстилающей поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Л. Г. Влияние условий погоды на распределение минимальной температуры воздуха. - Труды ГГО, 1967, вып.248, с.119-127.
2. Микроклимат СССР / Под ред. И.А.Гольцберг, Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 286 с.
3. Романова Е. Н. Картирование ветровых характеристик в сложном рельефе на картах разного масштаба. - Труды ГГО, 1972, вып.288, с.3-11.

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СУТОЧНОГО ХОДА
ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА СКЛОНАХ

Одной из причин возникновения микроклиматических различий в пересеченной местности является неравномерное распределение солнечной радиации по склонам разной экспозиции и крутизны. Прямая радиация очень чувствительна к микроклиматическим изменениям, что дает возможность количественно оценить приход радиации в разных местоположениях. В настоящее время наиболее полно изучены суточные суммы и значительно меньше исследований посвящено изменчивости суточного хода радиации на склонах. В работах /1 - 6/ дается характеристика суточного хода прямой радиации на склонах разных экспозиций и углов наклона для конкретных дней или месяцев и определенных географических пунктов.

Суточный ход радиации на склонах можно легко получить, если использовать относительные часовые суммы, т.е. коэффициенты для пересчета средних за месяц часовых сумм с горизонтальной поверхности на склоны. Такие коэффициенты K_{τ} для прямой радиации рассчитаны в данной статье по методике К.Я.Кондратьева /7/ для склонов восьми экспозиций крутизной 10, 20, 30 и 40° за теплое полугодие (апрель-сентябрь) в пределах 36-70° с.ш. Вычисления проводились на БЭСМ-6.

По рассчитанным коэффициентам и средним за месяц часовым суммам прямой радиации на горизонтальной поверхности можно получить суточный ход радиации на склонах:

$$\sum S_c = K_{\tau} \sum S_r,$$

где $\sum S_c$ и $\sum S_r$ - часовые суммы прямой радиации, поступающей на склон и горизонтальную поверхность; K_{τ} - коэффициент для пересчета часовых сумм прямой радиации с горизонтальной поверхности на склон.

Очевидно, что различия в режиме суточного хода прямой радиации на склонах разной экспозиции и крутизны можно оценить по значениям коэффициентов K_{τ} . На рис.1 показано изменение относительных часовых сумм прямой радиации K_{τ} на северном и южном склонах крутизной 20° в зависимости от географической широты для июня. Значения коэффициентов K_{τ} для северных и южных склонов симметричны относительно полудня.

Наибольшие относительные суммы прямой солнечной радиации

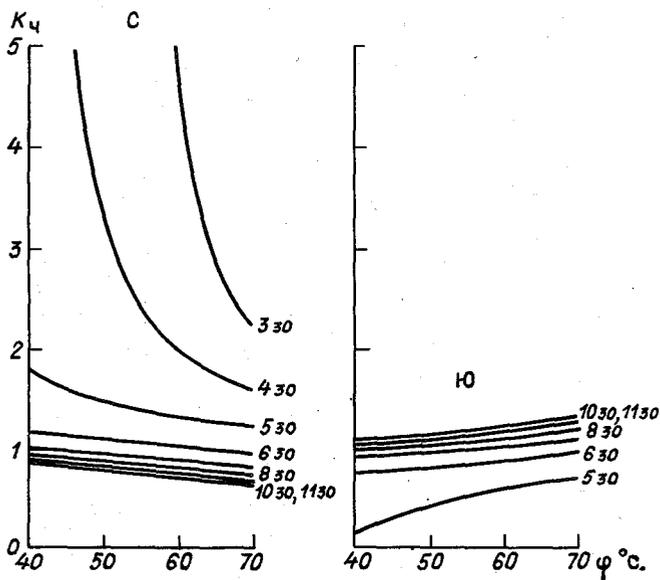


Рис.1. Изменение относительных часовых сумм прямой радиации $K_{\text{ч}}$ в зависимости от географической широты на северных и южных склонах крутизной 20° (июнь).

Здесь и на других рисунках цифры у изолиний обозначают время суток (ч мин).

на северном склоне наблюдаются утром и вечером, наименьшие - в дневное время. В утренние и вечерние часы значения $K_{\text{ч}}$ резко возрастают с севера на юг.

На южном склоне, наоборот, относительные часовые суммы прямой радиации в направлении с севера на юг уменьшаются, а часовые коэффициенты увеличиваются от утра к полудню. Летом в утренние и вечерние часы южные склоны получают меньше солнечной энергии, чем северные.

Изменение коэффициентов $K_{\text{ч}}$ по широте для склонов других экспозиций показано на рис.2. В дополуночные часы изменения $K_{\text{ч}}$ на северо-восточных, восточных и юго-восточных склонах соответствуют послеполуночным изменениям на северо-западных, западных и юго-западных склонах; изменения $K_{\text{ч}}$ в послеполуночные часы на склонах восточной ориентации (СВ, В, ЮВ) - дополуночным из-

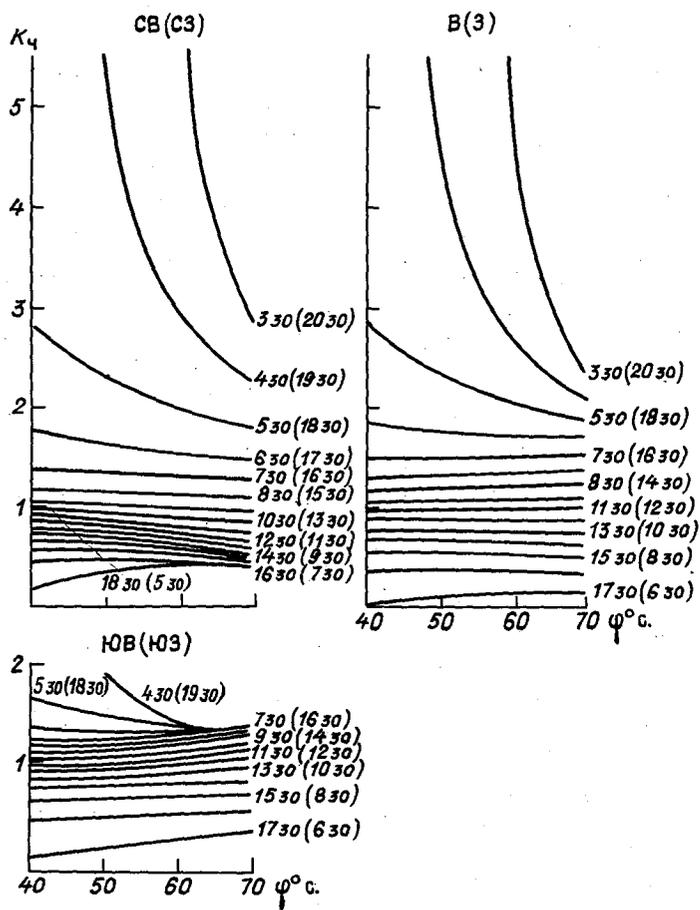


Рис.2. Изменение относительных часовых сумм прямой радиации K_q в зависимости от географической широты на склонах разной экспозиции крутизной 20° (июнь).

менениям на склонах западных ориентаций (ОЗ, З, ЮЗ).

На северо-восточных, восточных и юго-восточных склонах коэффициенты K_q уменьшаются от утренних часов к вечерним; на склонах с западной составляющей, наоборот, значения K_q увеличи-

ваются в вечерние часы. На северо-восточном склоне относительные часовые суммы прямой радиации в течение всего времени облучения возрастают с севера на юг за исключением поздних вечерних часов. На юго-восточном склоне увеличение коэффициентов $K_{\text{ч}}$ с севера на юг происходит только в ранние утренние часы, а начиная с 7-8 ч и до конца облучения склона наблюдается уменьшение относительных часовых сумм. Значительные изменения $K_{\text{ч}}$ в зависимости от широты на восточном склоне происходят только утром и вечером, в дневное время относительные часовые суммы прямой радиации почти не зависят от широты. В утренние часы приток прямой радиации к северо-восточным и восточным склонам (а в вечерние часы - к северо-западным и западным склонам) в несколько раз больше, чем к горизонтальной поверхности.

В теплый период для склонов всех ориентаций в середине дня устанавливается почти широтный характер распределения коэффициентов $K_{\text{ч}}$; относительные часовые суммы прямой радиации незначительно меняются с широтой.

На рис.3 показана зависимость коэффициентов $K_{\text{ч}}$ от крутизны α для склонов четырех основных экспозиций. В утренние часы на восточном склоне относительные часовые суммы прямой радиации резко возрастают с увеличением крутизны склона. Днем соотношения между склонами различной крутизны выравниваются, а после полудня, наоборот, с увеличением крутизны восточного склона происходит уменьшение коэффициентов $K_{\text{ч}}$. Для склонов западной экспозиции соответственно будет иметь место обратное соотношение.

На северном склоне возрастание значений $K_{\text{ч}}$ с увеличением крутизны склона происходит только в ранние утренние и поздние вечерние часы, в остальное время относительные часовые суммы прямой радиации уменьшаются с ростом крутизны склона. На южном склоне, наоборот, увеличение коэффициентов $K_{\text{ч}}$ наблюдается в середине дня, а утром и вечером происходит уменьшение значений $K_{\text{ч}}$ с ростом крутизны склона.

Изменения относительных часовых сумм прямой радиации в зависимости от угла наклона на северо-восточном склоне (рис.4) аналогичны изменениям на восточном склоне, однако уменьшение значений $K_{\text{ч}}$ на северо-восточном склоне начинается несколько раньше, чем на восточном склоне. На склоне северо-западной ориентации увеличение коэффициентов $K_{\text{ч}}$ начинается позднее, чем на западном склоне.

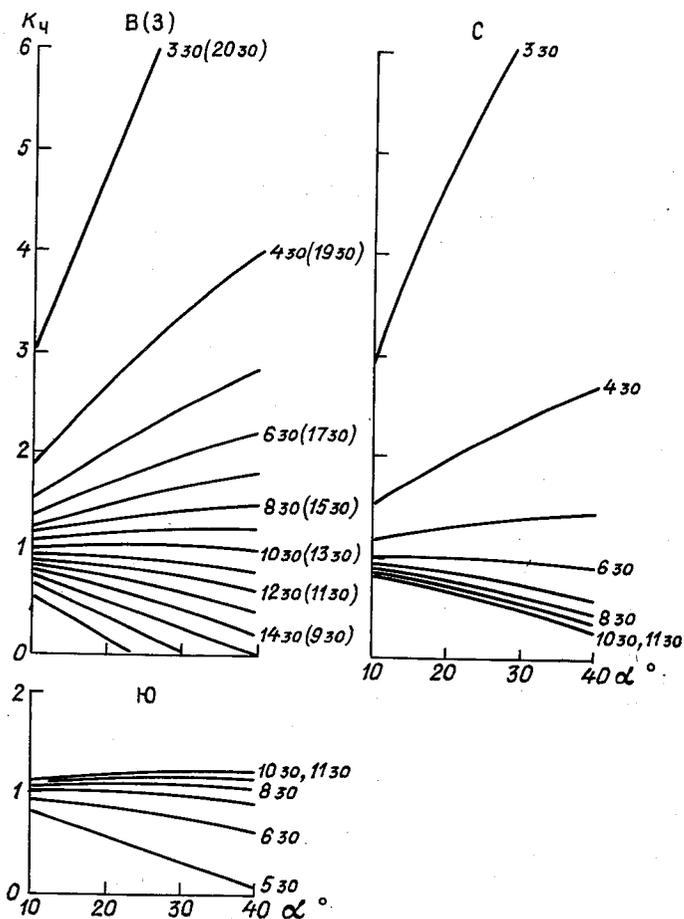


Рис.3. Зависимость относительных часовых сумм прямой радиации K_q от крутизны α для склонов восточной (западной), северной и южной экспозиции. широта 60° с., июнь.

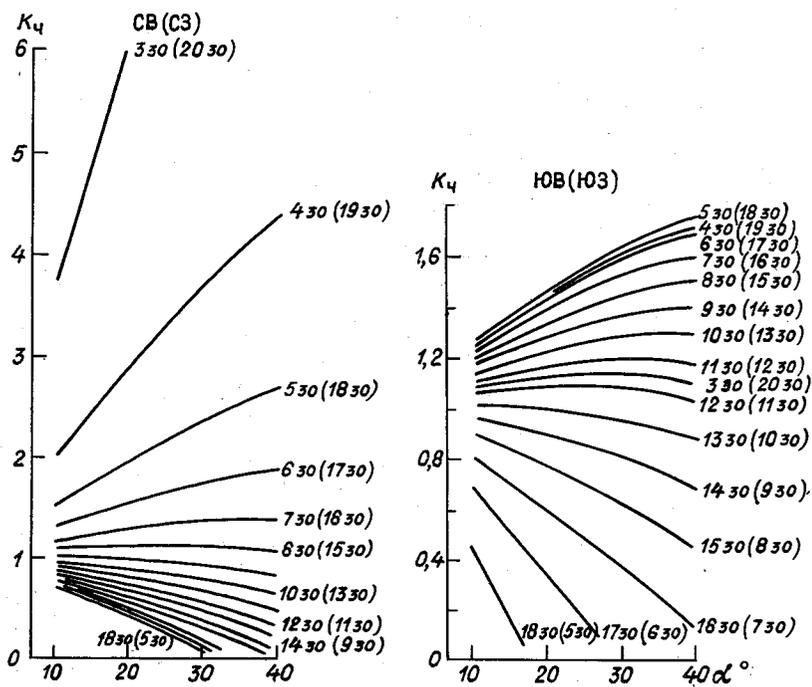


Рис. 4. Зависимость коэффициентов K_q от крутизны α для склонов промежуточных экспозиций. Широта 60° с., июнь.

На юго-восточном склоне в первую половину дня наблюдается увеличение, а после полудня – уменьшение относительных часовых сумм прямой радиации с ростом крутизны склона. Причем в ранние утренние часы (на данной широте до 5 ч 30 мин) увеличение K_q с крутизной склона происходит при общем возрастании относительных часовых сумм прямой радиации, а затем до конца облучения склона имеет место закономерное убывание K_q во времени.

Зависимость относительных часовых сумм прямой радиации от крутизны склонов для других широт в теплое полугодие аналогична приведенной на рис. 3 и 4. Различия в режиме суточного хода сводятся к различиям значений K_q .

Полученные результаты исследований изменения суточного хода прямой радиации на склонах разной экспозиции и крутизны необходимы при изучении ряда биологических и фотохимических про-

цессов, происходящих в растениях и связанных с преобразованием солнечной энергии, для различных актиноклиматологических расчетов и при решении многих других научных и прикладных задач.

СНИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А й з е н ш т а т Б.А. Тепловой баланс и микроклимат влажных горных долин. - Труды СА НИГМИ, 1967, вып.35 (50), с.3-22.
2. Д м и т р е н к о Л. В. Об особенностях радиационного режима в Украинских Карпатах. - Труды УкрНИГМИ, 1976, вып.141, с.13-19.
3. Г о л у б о в а Т. А. Прямая солнечная радиация, поступающая на восточные и западные склоны. - Труды ГГО, 1976, вып.351, с.134-145.
4. Г о л у б о в а Т. А. Расчет средних часовых сумм прямой солнечной радиации на наклонные поверхности. - Труды ГГО, 1980, вып.426, с.90-103.
5. З а х а р о в а А. Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической широты. - Уч.зап.ЛГУ, сер. геогр., 1959, вып.13, № 269, с.24-49.
6. Щ е р б а к о в Ю. А. Суточный ход углов встречи солнечных лучей и инсоляции на неодинаково ориентированные наклонные поверхности. - Уч.зап. Пермского ун-та, 1973, № 281.
7. К о н д р а т ь е в К. Я. Актинометрия. - Л.: Гидрометеоздат, 1965, с.320-324.

Г.Б.Лигольцина

ВЛИЯНИЕ ЗАКРЫТОСТИ ГОРИЗОНТА НА ИЗМЕНЕНИЕ РАССЕЯННОЙ РАДИАЦИИ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА

При оценке радиационного режима в условиях сложного рельефа необходимо учитывать влияние закрытости горизонта и распределение радиации на склонах. Определение прихода рассеянной радиации к наклонным поверхностям осложняется вследствие ее диффузности. Поступление отраженной радиации к склонам также зависит от углового распределения интенсивности отраженной радиации.

Основные закономерности прихода рассеянной и отраженной радиации к различно ориентированным наклонным поверхностям изложены в работах К.Я.Кондратьева и М.П.Маноловой /5 - 7/. Исследования показывают, что расчеты потоков рассеянной и отраженной радиации на склоны большой крутизны по формулам для изотропного приближения в большинстве случаев являются неудовлетворительными (исключая расчеты при сплошной облачности).

Только для поверхностей с азимутами, перпендикулярными к азимуту солнца, изотропное приближение дает незначительную ошибку. Наибольшие азимутальные изменения в приходе рассеянной радиации к склонам, согласно /1/, наблюдаются при небольших высотах солнца h_{\odot} . При расчете дневных сумм рассеянной и отраженной радиации влияние экспозиции склонов существенно уменьшается и использование изотропного приближения дает вполне удовлетворительные результаты /2/. Сравнение расчетов с измеренными значениями сумм рассеянной и отраженной радиации, проведенное в работе /4/, показало довольно высокую точность вычислений дневных сумм радиации по формулам изотропного приближения.

Однако для сложного рельефа при учете потерь рассеянной радиации вследствие закрытости горизонта необходимо учитывать условия распределения рассеянной радиации по небосводу. В работе /3/ экспериментальным путем получено распределение рассеянной солнечной радиации по кольцевым зонам небосвода при отсутствии облачности и приведена зависимость зональной радиации от высоты солнца. Эта зависимость для отдельных зон неба неодинакова и наиболее сильно проявляется для интегрального потока. Установлено, что потери радиации вследствие закрытости нижних кольцевых зон наибольшие при низкой высоте солнца.

Используя указанную зональную зависимость рассеянной радиации от высоты солнца, в данной статье путем численного интегрирования определены потери и дневные суммы рассеянной радиации на горизонтальной поверхности и склонах крутизной 10, 20, 30, 40° при закрытости горизонта 10, 20, 30 и 45° для территории БАМ за теплый период (апрель-сентябрь).

На рис. I показано изменение суточных сумм рассеянной радиации K_p на горизонтальной поверхности (в процентах относительно открытого ровного места) в зависимости от угла закрытости горизонта ρ . Пунктирная кривая на рис. I соответствует изменению K_p для условий равномерно яркого неба. Ясно видно, что изотропное приближение дает завышенные значения относитель-

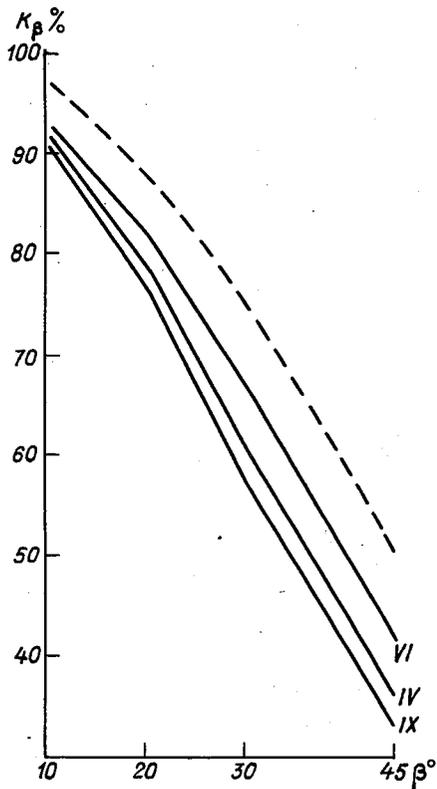


Рис. I. Изменение относительных суточных сумм рассеянной радиации K_β в зависимости от угла закрытости горизонта β для различных месяцев. Широта 54° с.

ных суточных сумм рассеянной радиации, т.е. потери рассеянной радиации вследствие закрытости горизонта в этом случае будут сильно занижены. И чем больше угол закрытости горизонта, тем больше расхождение с действительными значениями потерь, тем значительнее ошибка в определении прихода рассеянной радиации.

За рассматриваемый период наибольшие потери в приходе рассеянной радиации наблюдаются в сентябре, наименьшие — в июне. Это связано с меньшими высотами солнца в сентябре. С увеличением угла закрытости горизонта β потери радиации резко возрастают и при закрытости горизонта 20° составляют в июне 18 %, в сентяб-

ре 23 %, а при закрытости 45° соответственно 58 и 67 %. Если считать рассеянную радиацию изотропной, то потери вследствие закрытости горизонта составили бы только 12 % при $\beta = 20^\circ$ и 50 % при $\beta = 45^\circ$. Таким образом, ошибка неучета анизотропии рассеянной радиации составит при закрытости горизонта 20° для июня 6 % и для сентября 11 %, при закрытости 45° - соответственно 8 и 17 %.

При небольшой закрытости горизонта (10°) относительные суточные суммы рассеянной радиации почти не зависят от широты, значения K_β изменяются всего на 2 % (рис.2). С увеличением

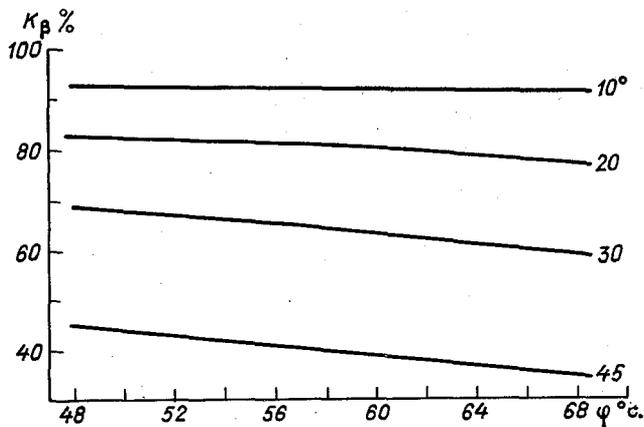


Рис.2. Зависимость относительных суточных сумм рассеянной радиации K_β от широты при различных углах закрытости горизонта. Июнь.

Здесь и на рис.3 цифры у изолиний - угол закрытости горизонта.

угла закрытости горизонта широтная зависимость K_β проявляется более четко, относительные суточные суммы уменьшаются с юга на север; при закрытости горизонта 45° это уменьшение составляет 10 %. Изменения K_β в течение теплого периода отличаются достаточной стабильностью, их диапазон в различные месяцы при соответствующих углах закрытости горизонта практически одинаков.

При определении приходов рассеянной радиации на поверхность

склонов различной ориентации и крутизны в условиях закрытого горизонта можно исходить из следующего. Так как максимальная интенсивность рассеянной радиации наблюдается в околосолнечной зоне, то при небольшой высоте солнца самая яркая часть небосвода, которая вносит наибольший вклад в неоднородность распределения интенсивности рассеянной радиации, экранирована у горизонта. Поэтому остальную (открытую) часть небосвода можно считать более или менее равномерно яркой и ошибка неучета анизотропии рассеянной радиации, поступающей на различно ориентированные склоны значительно уменьшается. При большой высоте солнца азимутальное распределение рассеянной радиации мало зависит от экспозиции склона $/I/$. Таким образом, в условиях закрытого горизонта на приход рассеянной радиации к склонам будет оказывать влияние только крутизна склона; при этом зависимость потоков рассеянной радиации (а тем более суточных сумм) от экспозиции существенно уменьшается.

В связи с этим приход рассеянной радиации, поступающей на склоны при некоторой закрытости горизонта β можно рассчитать по формуле

$$\sum D_{c\beta} = \cos^2 \frac{\alpha}{2} \sum D_{r\beta}, \quad (I)$$

где $\sum D_{c\beta}$ и $\sum D_{r\beta}$ - суммы рассеянной радиации, поступающей на склон и горизонтальную поверхность при закрытости горизонта β ; α - крутизна склона.

Изменение суточных сумм рассеянной радиации в зависимости от крутизны склона при различных углах закрытости горизонта относительно открытого ровного места ($K_{c\beta} = \frac{\sum D_{c\beta}}{\sum D_r}$) показано на рис.3. Поступление рассеянной радиации к склонам с ростом угла наклона уменьшается при любой закрытости горизонта. С увеличением угла закрытости горизонта различия в поступлении рассеянной радиации на склоны разной крутизны сглаживаются, т.е. влияние крутизны склонов на приход рассеянной радиации уменьшается.

Кроме рассеянной на склоны также поступает радиация, отраженная от горизонтальной поверхности в направлении к склону. Влияние закрытости горизонта на приход рассеянной радиации к склонам (относительно анизотропии распределения последней) в равной мере относится и к отраженной радиации, поэтому расчет суточных сумм отраженной радиации, поступающей на склоны в усло-

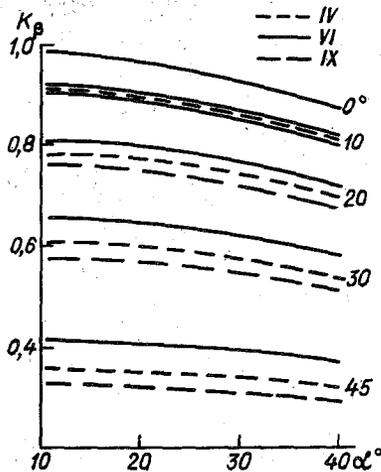


Рис.3. Изменение относительных суточных сумм рассеянной радиации K_p в зависимости от крутизны склона α при различных углах закрытости горизонта.

вях закрытого горизонта, можно проводить, используя изотропное приближение. Тогда суммарный приход рассеянной и отраженной радиации на поверхность склона можно рассчитать по формулам

$$\Sigma(D+r)_{c\beta} = \cos^2 \frac{\alpha}{2} \Sigma_{r\beta} + \sin^2 \frac{\alpha}{2} \Sigma r_{r\beta}, \quad (2)$$

$$\Sigma r_{r\beta} = (\Sigma S_{r\beta} + \Sigma D_{r\beta})A, \quad (3)$$

где $\Sigma(D+r)_{c\beta}$ - сумма рассеянной и отраженной радиации, поступающей на склон при закрытости горизонта β ; $\Sigma D_{r\beta}, \Sigma r_{r\beta}, \Sigma S_{r\beta}$ - соответственно суммы рассеянной, отраженной и прямой радиации на горизонтальную поверхность при угле закрытости горизонта β ; A - альбедо, принимаемое для склонов и горизонтальной поверхности одинаковым.

Приход отраженной радиации к склонам с ростом угла наклона

увеличивается и при ясном небе с избытком компенсирует убывание рассеянной радиации, в результате чего величина $\sum (D+\tau)_c$ на склонах больше $\sum D_r$ на горизонтальной поверхности и чем круче склоны, тем превышение значительнее. Под влиянием закрытости горизонта суммарное поступление рассеянной и отраженной радиации к склонам уменьшается, при этом сохраняется тенденция роста радиации с крутизной склона. Однако при больших углах закрытости горизонта (особенно весной и осенью), когда склоны вообще не облучаются прямыми солнечными лучами, отраженная радиация очень мала и не может компенсировать убывание рассеянной радиации с крутизной, в результате чего величина $\sum (D+\tau)_{c\beta}$ уменьшается с ростом угла наклона склонов.

Изменение режима рассеянной радиации под влиянием закрытости горизонта приводит к значительному уменьшению прихода солнечной энергии к деятельной поверхности, которое необходимо учитывать при детальной оценке энергетических ресурсов пересеченной местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А й з е н ш т а т Б. А. О поступлении рассеянной радиации на склоны и дно горной долины. - Труды ГГО, 1961, вып. 107, с.84-104.
2. А й з е н ш т а т Б. А., З у е в М. В. Некоторые черты теплового баланса песчаной пустыни. - Труды Ташкентской геофиз.обс., 1952, вып.5, с.52-64.
3. Г а р а д ж а М. П., Е в н е в и ч Т. В., Н е э в а л ь Е. И. Распределение рассеянной солнечной радиации по зонам неба для различных участков спектра при отсутствии облачности. - Метеорология и гидрология, 1972, № II, с.50-56.
4. К о н д р а т ь е в К. Я., М а н о л о в а М. П. Дневной ход и дневные суммы рассеянной и суммарной радиации на различно ориентированных склонах. - Вестник ЛГУ, сер. физ. и хим., 1958, № 4, с.5-16.
5. К о н д р а т ь е в К. Я., М а н о л о в а М. П. Приход рассеянной и суммарной радиации на наклонные поверхности при наличии снежного покрова. - Вестник ЛГУ, сер. физ. и хим., 1960, № 16, с.67-73.
6. К о н д р а т ь е в К. Я., М а н о л о в а М. П. Приход рассеянной радиации на поверхность склона при безоблачном небе и сплошной облачности. - Уч.зап.ЛГУ, сер. физ., 1956,

вып. 9, с. 40-46.

7. Кондратьев К. Я., Манолова М. П. Радиационный баланс склонов. - Вестник ЛГУ, сер. физ. и хим., 1958, № 10, с. 43-70.

Е. Н. Романова, Г. Б. Лигольцина

УЧЕТ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Решение Продовольственной программы тесно связано с рациональным использованием климатических ресурсов, в связи с чем очевидна необходимость получения максимально полной информации о климатических ресурсах страны, соответствующей микроклиматическому уровню исследований. Учет микроклиматических вариаций в пределах отдельных регионов важен для рационального использования земельных угодий при внедрении программирования урожаев. Отметим, что проблема программирования урожаев, целью которой является получение заранее рассчитанного высокого урожая, возможного в данных природных условиях при максимально высоком уровне организации комплекса агротехнических мероприятий и максимально возможном использовании ресурсов климата, не может быть осуществлена без учета особенностей микроклимата территории отдельных хозяйств. Оценка микроклимата основана на комплексном учете важнейших элементов климата, четко реагирующих на влияние неоднородностей подстилающей поверхности. В этот комплекс входят показатели радиационного и ветрового режима, термического режима воздуха и почвы, условий увлажнения. При оценках микроклимата сельскохозяйственных полей широко используются показатели термического режима воздуха и почвы, условий увлажнения. Радиационные характеристики при микроклиматических оценках территории ранее не находили прямого приложения, несмотря на то, что именно различия в радиационном балансе обуславливают неоднородность тепловых ресурсов северных и южных склонов. Для оценки тепловых ресурсов конкретных территорий необходимо использовать данные расчетов радиационных характеристик.

На выровненных территориях радиационный режим определяется климатическими условиями и особенностями почвенно-растительного покрова. В условиях холмистого рельефа радиационный режим, кроме указанных факторов, зависит от местоположения отдельных участков. К числу основных показателей, четко реагирующих на влияние неоднородностей подстилающей поверхности и отражающих микроклиматические особенности отдельных частей хозяйства, относятся радиационный баланс и суммы фотосинтетически активной радиации (ФАР), рассчитанные за безморозный период. Изменение сумм радиационного баланса и ФАР за безморозный период в пересеченной местности в пределах отдельных хозяйств происходит под влиянием двух факторов: 1) изменения средней длительности безморозного периода, 2) изменения радиационных характеристик.

Изменение этих факторов в рельефе неоднозначно: длительность безморозного периода мало зависит от экспозиции и крутизны склона (влияние экспозиции проявляется только при вторжениях холодной адвекции) и очень сильно — от относительных превышений. Изменения радиационных характеристик полностью определяются экспозицией и крутизной склонов, относительные превышения не имеют значения. В связи с этим микроклиматическая изменчивость радиационного баланса и ФАР, рассчитанная за безморозный период, будет иная, чем при расчетах за календарные отрезки времени. Так, на протяжении одного склона прямого профиля, т.е. одинаковой крутизны на всем протяжении, при расчетах за безморозный период будут иметь место микроклиматические различия радиационного баланса и ФАР, а при расчетах за одинаковые календарные отрезки значения радиационных характеристик будут одинаковы. Если сравнивать контрастные экспозиции и разные части склонов, то суммы радиационного баланса и ФАР за безморозный период будут различаться существенно, чем суммы, рассчитанные за единый календарный отрезок.

Длительность безморозного периода конкретного участка (поля) определяется с помощью известных данных о микроклиматической изменчивости этого показателя I/I_0 . Вводя коррективы (в днях) к датам первого и последнего заморозка в воздухе на открытом ровном месте, определенном по данным климатического справочника, можно получить даты начала и конца безморозного периода и его продолжительность для конкретного местоположения.

Суммы радиационного баланса и ФАР для склонов заданной ориентации и крутизны находятся с помощью коэффициентов для пере-

счета средних за месяц суточных сумм составляющих радиационного баланса с горизонтальной поверхностью на склоны /I - 4/.

По изложенной методике были получены количественные значения сумм радиационного баланса и ФАР за безморозный период в разных местоположениях в различных агроклиматических районах Нечерноземья. В основу районирования Нечерноземной зоны РСФСР положено изменение условий тепло- и влагообеспеченности территории и выделено четыре агроклиматических района (рис.1).

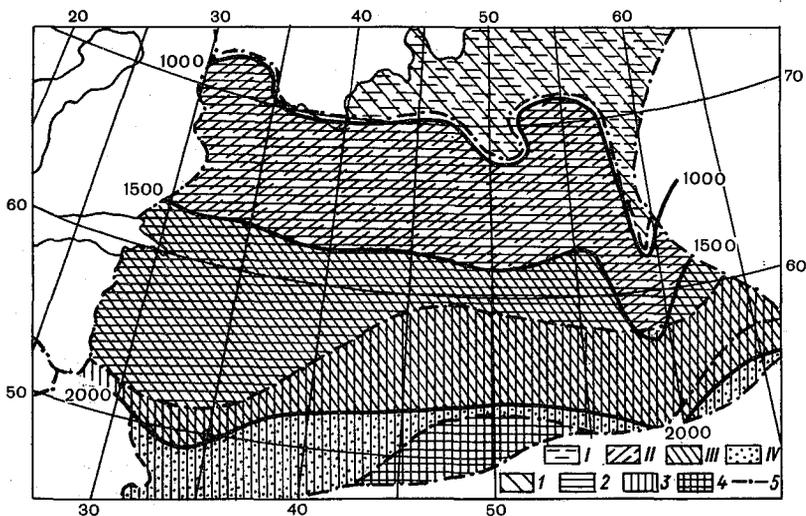


Рис.1. Агро- и микроклиматические ресурсы Нечерноземной зоны. Термические районы: I - сумма температур выше 10-1000 °С, II - 1000-1500 °С, III - 1500-2000 °С, IV - больше 2000 °С. Зоны увлажнения: I - избыточно влажная холодного пояса, 2 - избыточно влажная умеренного пояса, 3 - достаточно влажная, 4 - слабо засушливая, 5 - граница зон.

В пределах каждого агроклиматического района имеют место значительные вариации энергетических ресурсов, обусловленные микроклиматическими различиями. На рис.2 для всех четырех районов представлен диапазон изменчивости сумм радиационного баланса $\sum R$ за безморозный период под влиянием ведущих форм рельефа с учетом экспозиции, крутизны и профиля склонов. Расчеты прове-

дены для пологих склонов (крутизной 10°), которые наиболее часто используются под сельскохозяйственные поля.

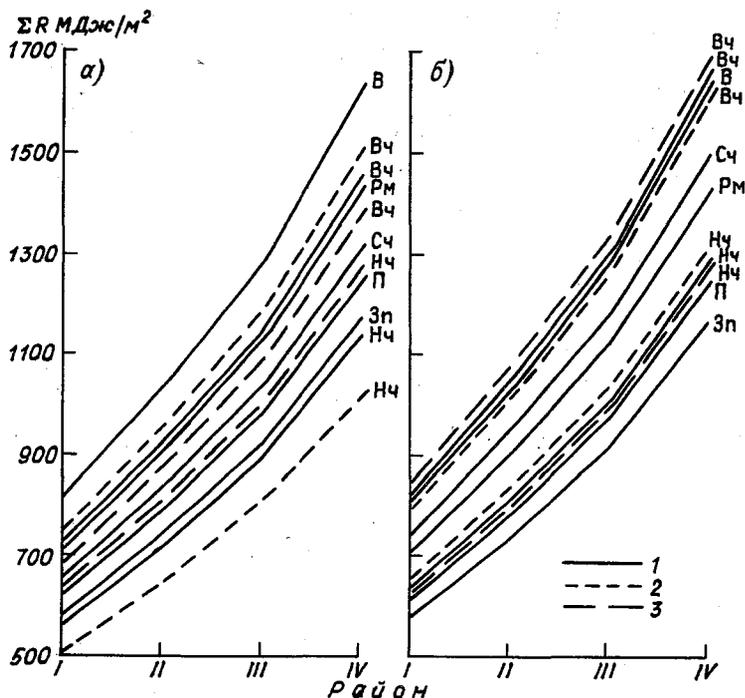


Рис. 2. Микроклиматическая изменчивость сумм радиационного баланса за безморозный период в зависимости от местоположения в различных агроклиматических районах Нечерноземья.

а - северный склон крутизной 10° ; б - южный склон крутизной 10° ;

Профиль склонов: I - прямой, 2 - выпуклый, 3 - вогнутый.

Местоположения: Рм - ровное место (равнины); В - вершины; Вч, Сч, Нч - соответственно верхние, средние и нижние части склонов; П - подножия; Зп - замкнутые понижения.

В первом районе (I), принадлежащем к холодному поясу, суммы радиационного баланса изменяются от 510 МДж/м² в нижних частях северных склонов до 850 МДж/м² в верхних частях южных склонов, при фоновом значении 710 МДж/м². При переходе из района I в район II разность фоновых значений ΣR составляет 200 МДж/м², а микроклиматические вариации в районе I достигают 340 МДж/м², т.е. различия ΣR за счет местоположения внутри района в 1,7 раза превышают изменчивость этого показателя от района к району.

Районы II и III также характеризуются большой изменчивостью энергетических ресурсов. Суммы радиационного баланса в зависимости от местоположения в районе II варьируют от 650 до 1100 МДж/м² при фоновом значении 910 МДж/м², а в районе III - от 800 до 1350 МДж/м² при фоновом значении 1130 МДж/м².

Район IV характеризуется самым высоким энергетическим потенциалом. Рассматриваемые суммы радиационного баланса изменяются от 1000 до 1700 МДж/м² при значении ΣR на ровном месте 1440 МДж/м². При переходе из района I к району IV происходит увеличение микроклиматической изменчивости ΣR в пределах одного агроклиматического района от 340 до 700 МДж/м².

Микроклиматические различия в приходе ФАР на рассматриваемой территории также весьма значительны (табл. I). Суммы суммарной ФАР за безморозный период на ровном месте в пределах Нечерноземной зоны РСФСР возрастают в направлении с севера на юг в 2 раза. Диапазон микроклиматической изменчивости в суммах ФАР увеличивается от 380 МДж/м² в агроклиматическом районе I до 680 МДж/м² в районе IV.

Таблица I

Суммы ФАР (МДж/м²) за безморозный период

ΣQ_{ϕ}	Агроклиматическая зона			
	I	II	III	IV
Фоновая	840	1050	1300	1680
Наименьшая	600	800	1010	1250
Наибольшая	980	1180	1470	1930

Выполненные разработки позволяют провести сравнение энергетических ресурсов в различных агроклиматических районах с учетом микроклиматических вариаций и оценить эффективность выбора оптимальных местоположений при размещении сельскохозяйственных культур. Так, оптимальные местоположения в районе I (вершины, верхние части южных склонов) характеризуются примерно одинаковыми радиационными условиями с замкнутыми понижениями и нижними частями северных склонов в районе III. А в замкнутых понижениях и нижних частях северных склонов умеренного района (II) условия хуже, чем на равнине холодного района (I).

Изменения сумм радиационного баланса и ФАР за безморозный период за счет микроклимата даже на небольших территориях (в одном конкретном хозяйстве) могут достигать значительных величин. В табл.2 представлены количественные значения изменчивости ΣR и ФАР в зависимости от местоположения для одного хозяйства Ленинградской области.

Таблица 2

Суммы (МДж/м²) радиационного баланса ΣR и суммарной ФАР ΣQ_{ϕ} за безморозный период в зависимости от местоположения

Форма рельефа	ΣR	ΣQ_{ϕ}
Вершины	1127	1144
Южные склоны, крутизна 10°:		
верхняя часть	1169	1156
средняя часть	1060	1078
нижняя часть	943	959
Северные склоны, крутизна 10°:		
верхняя часть	989	1037
средняя часть	930	971
нижняя часть	800	864
Подножия	884	934
Замкнутые понижения	846	892
Торфяные почвы	884	934
Ровное место	1022	1050

Амплитуда колебаний ΣR и ФАР относительно открытого ровного места составляет соответственно 36 и 28 %.

Результаты исследования позволяют детализировать радиационные ресурсы в сложном рельефе на ограниченной территории и оце-

нить различную степень ценности участков с целью рационального их использования при размещении сельскохозяйственных культур.

Известно, что вариации микроклиматических условий в пределах сельскохозяйственных полей приводят к изменению урожайности сельхозкультур. Изменение условий теплообеспеченности в зависимости от местоположений в агроклиматических районах Нечерноземья весьма существенно (рис.1). Урожайность теплолюбивых овощных культур (огурцов и томатов) изменяется следующим образом /5/. В агроклиматическом районе II, характеризующимся значительным дефицитом тепла, в холодных местоположениях снижение урожайности составляет 100 %, а в наиболее теплых (верхние части южных склонов) - 55 % для томатов и 65 % для огурцов (рис.3).

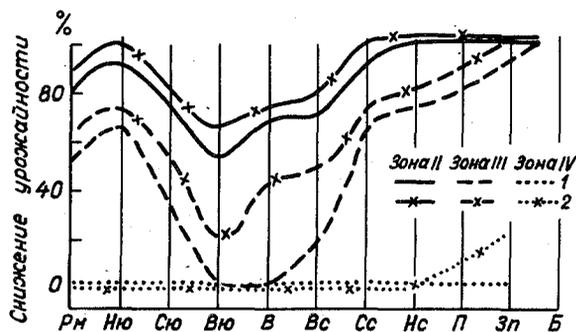


Рис.3. Снижение урожая томатов (1) и огурцов (2) в зависимости от теплообеспеченности различных местоположений в агроклиматических зонах Нечерноземья.

Местоположения: Рм - ровные участки; Ию, Ся, Вю - нижняя, средняя, верхняя части склонов южной экспозиции; В - вершины; Нс, Сс, Вс - нижняя, средняя, верхняя части склонов северной экспозиции; П, Зп, Б - подножия склонов, замкнутые понижения, болота.

Еще большие контрасты урожайности этих культур в зависимости от местоположения имеют место в агроклиматическом районе III, где на сельскохозяйственных полях, приуроченных к наиболее холодным местоположениям, таким, как замкнутые понижения, осушенные болота, снижение урожайности составляет 100 %, а на наиболее теплых

участках, на возвышениях и верхних частях южных склонов, возможен полный сбор, т.е. снижение урожая не наблюдается. Четвертый (IV) агроклиматический район характеризуется большой теплообеспеченностью и снижение урожайности огурцов на 10-20 % возможно только у подножий склонов и в замкнутых понижениях. Рис. 3 показывает, что внутризональные изменения урожайности теплолюбивых овощных культур значительно превышают межзональные. Так, при переходе от района II к району III зональные изменения составляют 25-30 %, а микроклиматические вариации достигают 45-35 %, а при переходе от района III к району IV микроклиматические изменения урожайности составляют 80-100 %, а зональные 50-65 %.

Несмотря на то что большая изменчивость энергетических ресурсов в зависимости от местоположения несомненно оказывает влияние на продуктивность растительного покрова, этот вопрос до настоящего времени в литературе не затрагивался. Математическая теория продукционного процесса, разработанная Х.Г.Тоомингом /6/, позволяет в первом приближении оценивать урожайность отдельных сельскохозяйственных полей в зависимости от изменения энергетических ресурсов.

В данной статье для оценки возможной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур использован комплекс показателей, предложенный Х.Г.Тоомингом.

Потенциальный урожай, который по Х.Г.Тоомингу определяется как значение урожая, которое обеспечивается приходом энергии фотосинтетически активной радиации (ФАР) при оптимальном в течение вегетационного периода режиме метеорологических факторов, рассчитывался по формуле

$$Y_{\text{пот}} = \frac{\eta_{\text{пот}} \sum Q_{\text{ф}}}{q}$$

где $\eta_{\text{пот}}$ - средний за вегетационный период потенциальный КПД посевов; q - калорийность растений; $\sum Q_{\text{ф}}$ - сумма ФАР за вегетационный период; $Y_{\text{пот}}$ - биологический урожай общей сухой фитомассы.

По приведенной формуле рассчитано возможное изменение потенциального урожая картофеля в зависимости от местоположения в пределах одного географического пункта. За период вегетации был принят период со средней суточной температурой воздуха выше 10 °С.

Увеличение $Y_{\text{пот}}$ относительно открытого ровного места со-

ставляет на южных склонах крутизной 10° и 20° соответственно 6 и 13 %. На северных склонах величина $U_{\text{пот}}$ уменьшается при крутизне склонов 10° на 12 %, при крутизне 20° - на 21 %.

Таким образом, в контрастных местоположениях вследствие изменения притока ФАР в пределах единого хозяйства возможно изменение потенциальной урожайности сельскохозяйственных культур до 18-34 %.

Полученные данные являются только началом работ по выявлению зависимости урожайности от микроклиматической изменчивости энергетических факторов на близких расстояниях. Значимость таких исследований очевидна. Особенно важен учет микроклиматических вариаций энергетического режима в неблагоприятных климатических условиях, в частности, во вновь осваиваемых в настоящее время территориях, расположенных в сравнительно суровых климатических условиях, где возможно в оптимальных местоположениях выращивать сельскохозяйственные культуры и получать достаточно высокий урожай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р у к о в о д с т в о по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 152 с.
2. М и к р о к л и м а т СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 286 с.
3. Г о л у б о в а Т. А. Прямая солнечная радиация, поступающая на восточные и западные склоны. - Труды ИГО, 1976, вып.351, с.134-145.
4. Г о л у б о в а Т. А., М и ш е н к о З. А., П и г о л ь ц и н а Г. Б. Микроклиматическая изменчивость суммарной и фотосинтетически активной радиации на склонах. - Труды ИГО, 1977, вып.385, с.3-12.
5. Р о м а н о в а Е. Н., М о с о л о в а Г. И., Б е р е с н е в а И. А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. - Л.: Гидрометеиздат, 1983, с.202-212.
6. Т о о м и н г Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 200 с.

ВЛИЯНИЕ МЕСТНЫХ УСЛОВИЙ НА ВЕТРОВЫЕ РЕСУРСЫ

Известно, что скорость ветра в приземном слое воздуха очень существенно изменяется на близких расстояниях под влиянием неоднородностей подстилающей поверхности, в особенности рельефа местности и крупных водоемов /3/.

Пространственная неоднородность поля ветра должна быть принята во внимание при оценках ветроэнергетических ресурсов. При проектировании ветроэнергетических установок (ВЭУ) во всех странах одним из главных условий ставится цель минимизации стоимости единицы производимой энергии /1, 5, 6/.

Очевидно, более экономичными будут ВЭУ, которые сооружены в пунктах с более высокими скоростями ветра. Определение таких точек в районах, намеченных для создания ВЭУ, вполне возможна. Разработанные методы пространственной интерполяции скорости ветра в условиях неоднородной подстилающей поверхности позволяют с большой степенью точности прогнозировать эти изменения на основании данных метеостанций, морфометрического анализа местности и обобщенных данных о коэффициентах изменения скорости ветра /3/. Следует подчеркнуть, что в зарубежной литературе факт большой изменчивости ветрового режима на близких расстояниях отмечается довольно часто, но систематизированных обобщений нет /1/.

Указанные обобщения были выполнены на основании обширных экспедиционных исследований за изменением параметров ветра в разных формах рельефа. Но по данным наблюдений метеорологической сети тоже возможно выявление изменения скорости и направления ветра вследствие различий в местоположениях станций.

Такой анализ был выполнен для южных районов ЕЧС и Западного Казахстана. В соответствии с /2/ оценивалось местоположение станций, их репрезентативность.

Рельеф данной территории весьма разнообразный: на юге находятся Крымские горы высотой до 1545 м, на юго-востоке Украины расположен Донецкий край, большую площадь занимает Прикаспийская низменность, которая характеризуется плоским рельефом, к западу от нее находятся Ергени, к востоку Мугоджары, к юго-западу от Аральского моря расположено плато Устюрт. Разнообразие ландшафтных условий обуславливает неоднородность ветрового режима в пре-

делах рассматриваемой территории.

Рассмотрено направление и скорость ветра. Анализ местоположений метеостанций позволил выделить следующие типы: ровное место, повышенные равнины, долины рек, предгорья, вершины и склоны гор, холмов, побережья морей и озер. Параметры ветрового режима были рассмотрены как в зависимости от региональных особенностей, так и от типа местоположений.

В холодное время года ветрораздельная ось Воейкова - Брунова, проходящая в направлении Кишинев - Луганск, в значительной степени определяет особенности ветрового режима.

В это время года к югу от оси на равнинах и возвышениях преобладают ветры восточных и северо-восточных направлений, повторяемость которых в сумме составляют 40-55 %. К северу от оси направление ветра менее устойчиво, здесь преобладают юго-восточные, южные, юго-западные, восточные и северо-восточные ветры и составляют в среднем 15-18 % каждый.

На юго-востоке ЕЧС зимой преобладающими ветрами являются ветры восточных румбов, повторяемость которых составляет 20-35 %.

На территории Западного Казахстана режим ветра в холодное время года складывается в основном уже под влиянием западного отрога сибирского антициклона. В этот период здесь наблюдается наибольшая повторяемость ветров восточных и юго-восточных направлений, которые составляют в сумме 40-50 %.

В теплый период на всей территории Украины, юго-востоке ЕЧС господствуют северные и северо-западные ветры, повторяемость которых составляет 30-35 %. На территорию Западного Казахстана летом поступают воздушные массы северных, северо-западных и западных направлений (55-60 %).

На побережьях Черного, Каспийского и Азовского морей направление ветра разнообразно. В холодный период в Крыму на побережьях преобладает ветер с северной составляющей, повторяемость которого примерно 30-40 %.

На побережье Азовского моря повторяемость северного направления уменьшается до 10 %, а восточного возрастает до 25 %. К западу от Крымского полуострова на побережье Черного моря преобладает ветер с северной и восточной составляющей, повторяемость этих ветров составляет около 20 %.

В теплый период на побережье Черного моря часто наблюдается юго-западный ветер (15-25 %), однако повторяемость северного и северо-западного направления довольно большая (20-25 %). В пе-

редходные периоды направление воздушного потока менее устойчиво.

Осенью на северо-востоке Украины, на территории Западного Казахстана ветер неустойчивый, более устойчивый ветер на юго-востоке Украины, где преобладают ветры восточных и северо-восточных румбов, которые в сумме составляют 30-45 %, на юго-востоке ЕЧС отмечается преобладание восточного ветра (25-30 %).

Весной на всей территории Украины, юго-востоке ЕЧС преобладают ветры восточных и северо-восточных направлений.

На территории Западного Казахстана ветер неустойчивый. На рис. I приводятся розы ветров по станциям, расположенным в разных местоположениях. На метеостанциях, находящихся на ровном месте, повторяемость направления ветра по всем румбам примерно одинаковая.

Существенное влияние на ветровой режим оказывают моря. Это влияние выражается прежде всего в смене направлений ветра ночью и днем вследствие наличия бризовой циркуляции на побережьях. В зависимости от конфигурации и ориентации побережий изменяется направление ветра. На западном побережье Черного моря ночной бриз, дующий с суши на море, имеет восточное направление и составляет 46 %, на восточном побережье отмечается ветер западного направления (повторяемость 57 %).

В долинах гор возникает горно-долинная циркуляция. Повторяемость дневной и ночной ветви в долинах Крымских гор примерно одинакова (38-40 %). В юго-западных предгорьях Крыма ночью отмечается увеличение северо-восточного направления ветра, который направлен вниз по склону. На подветренных восточных склонах Донецкого кряжа и Приднепровской возвышенности летом под влиянием местных циркуляций повторяемость преобладающих северных и северо-западных ветров снижается на 10 % по сравнению с ровными территориями. На вершинах гор преобладают направления, обусловленные общей циркуляцией атмосферы.

Скорость ветра на рассматриваемой территории изменяется в широких пределах: от 2 до 8 м/с зимой, от 1,5 до 5 м/с летом.

На северо-востоке Украины скорость ветра на ровном месте составляет летом 2,5-3,0 м/с, зимой 4,0 м/с, т.е. этот район не перспективен для сооружения ВЭУ.

К югу скорость ветра увеличивается. На рассматриваемой части ЕЧС на ровном месте средняя годовая скорость ветра составляет 4,5-5,5 м/с, максимум в феврале (5,0-7,0 м/с) и минимум в июле-августе (3,5-4,5 м/с).

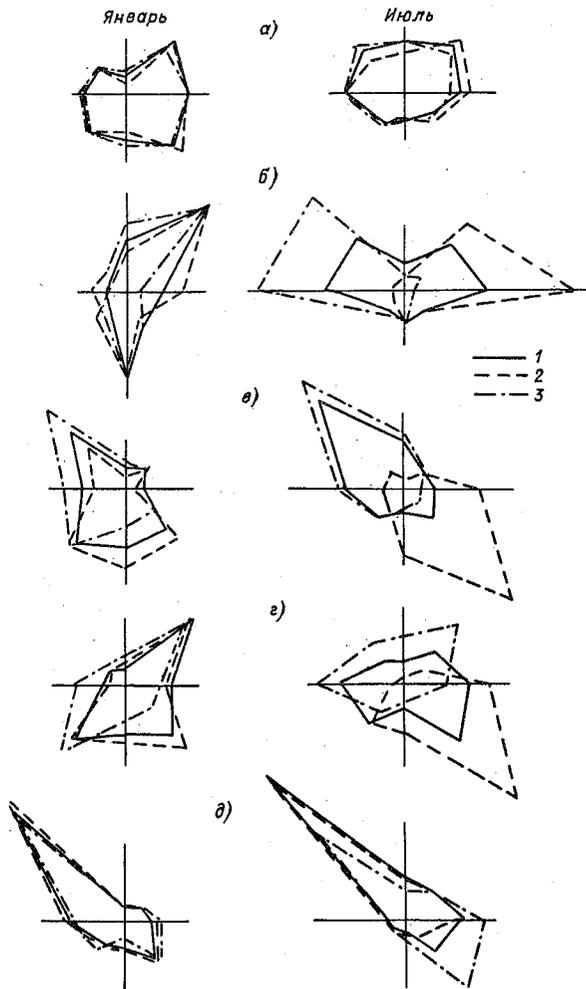


Рис. I. Розы ветров в разных местоположениях.
 а) ровное место, б) Черноморское побережье, в) горная долина, г) предгорье, д) горная вершина; I - средняя за сутки; 2 - за I ч, 3 - за I3 ч.

Распределение в годовом ходе скорости ветра на территории Западного Казахстана особенно заметно в основные сезоны – зимой и летом. На рассматриваемой части Казахстана минимум наблюдается летом (3,5–4,0 м/с), максимум зимой (4,5–5,0 м/с).

Существенное влияние на скорость ветра оказывают неоднородности подстилающей поверхности: рельеф, водоемы, лесная растительность и антропогенная защищенность.

На рис.2 представлены характерные типы годового хода скорости ветра.

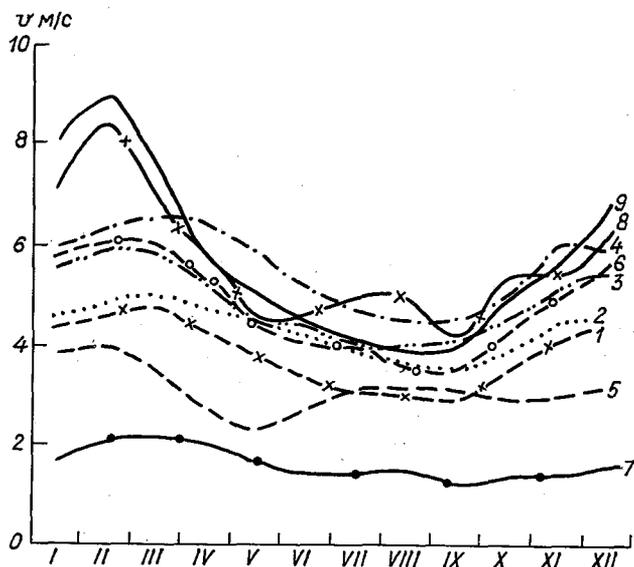


Рис.2. Годовой ход скорости ветра.

1 – ровное место (Никополь), 2 – ровное место (Яшкуль), 3 – возвышенная равнина (Кривой Рог), 4 – плато (Элиста), 5 – Южный берег Крыма (Алушта), 6 – степная часть Крыма (Воронки), 7 – горная долина (Крымские горы), 8 – вершина горы (Крымские горы), 9 – вершина горы (Мугоджары).

Усиление скорости ветра, по данным метеостанций, отмечается на возвышенностях. Так, средняя годовая скорость ветра на станции Кривой Рог, расположенной на открытой возвышенной равнине составляет 5,0 м/с, на станции Никополь, находящейся на ровном месте, — 3,9 м/с. На станции Элиста, которая находится на Ергенской возвышенности, средняя годовая скорость ветра составляет 5,6 м/с, а на равнинной станции Яшкуль, расположенной ниже Элисты на 170 м, — 4,3 м/с. Максимум скорости ветра наблюдается в марте и составляет: в Элисте 6,6 м/с, в Яшкуле 5,0 м/с. В летние месяцы скорость ветра составляет соответственно 4,5 и 3,6 м/с. На северных склонах Донецкого края средняя скорость ветра зимой составляет 5,0 м/с, летом 4,0 м/с, а на южных склонах зимой 6,0 м/с, летом 4,5–5,0 м/с.

Изменение скорости ветра в различных частях возвышенностей находится в соответствии с преобладающими направлениями ветра. На восточных наветренных склонах Приднепровской возвышенности зимой наблюдается увеличение скорости ветра по сравнению с ровным местом ($K = 1,1 \dots 1,2$). Летом склоны оказываются в основном подветренными и отмечается такая же скорость ветра, как на ровном месте ($K = 1,0$). Увеличение скорости ветра наблюдается на побережьях южных морей и составляет 5,0–6,5 м/с зимой и 4,0–6,0 м/с летом.

На островах и полуостровах скорость ветра достигает в среднем 7,0 м/с зимой и 6,0 м/с летом.

Пестрая картина распределения скорости ветра наблюдается в Крыму. Большое влияние здесь оказывает Черное море и горы, которые закрывают южный берег Крыма от проникновения северных ветров и являются преградой для южных ветров в степные районы Крыма.

Наиболее слабая скорость ветра на Черноморском побережье наблюдается на южном берегу Крыма (Алушта) и в северных предгорьях Крымских гор. Средняя месячная скорость ветра здесь не превышает 4 м/с.

В степной части Крыма (Воронки), где рельеф представляет собой плоскую равнину, средняя годовая скорость ветра такая же, как на побережьях морей, и изменяется от 4,0 до 5,0 м/с. Минимальная скорость ветра наблюдается в сентябре–октябре (3,5–4,0 м/с), максимальная — в феврале–марте (5,0–6,0 м/с).

В защищенных горных долинах и котловинах Крыма имеет место уменьшение скорости ветра: средняя годовая скорость обычно мень-

ше 2,0 м/с. Максимальная скорость наблюдается зимой и несколько превышает 2,0 м/с, минимальная - летом (1,5 м/с).

Наибольшая скорость ветра, как следовало ожидать, отмечается на вершинах гор (Крымские горы и Мугоджары), средняя годовая скорость ветра составляет 5-6 м/с, максимум в феврале (8-9 м/с) и минимум в сентябре (3,5-4,5 м/с).

В защищенных речных долинах на всей рассматриваемой территории скорость ветра меньше, чем на ровном месте зимой приблизительно на 1,0 м/с, летом - на 0,5 м/с.

Методика учета влияния форм рельефа на ветровой режим, разработанная в /3, 4/, также применима для целей ветроэнергетики. В работах /3, 4/ приводятся микроклиматические коэффициенты изменения скорости ветра в различных условиях рельефа по сравнению с открытым ровным местом, согласно которым в определенных формах рельефа скорости ветра могут изменяться на близких расстояниях в 1,5-2,0 раза. Таким образом, при скорости ветра на равнинных территориях порядка 3 м/с, не представляющих интереса для ветроэнергетики, в верхних частях открытых наветренных склонов и на вершинах скорость увеличивается до 4,5-6 м/с, а ветровой напор соответственно до 20-36 м²/с² по сравнению с 9 м²/с² на ровном месте. Это указывает на рациональность расположения ВЭУ в указанных местоположениях.

Данные метеостанций не отражают полностью пространственной изменчивости поля ветра, в связи с чем при отсутствии данных микроклиматических исследований целесообразен картографический анализ местности.

На основании проведенного анализа ветрового режима южных районов ЕЧС и Западного Казахстана можно оценить степень перспективности отдельных районов и различных местоположений для целей ветроэнергетики.

Можно считать, что сооружение ВЭУ целесообразно на склонах и плоских вершинах Донецкого кряжа, возвышенностей Ергени и Мугоджары, на побережье южных морей (за исключением Южного берега Крыма), в степной части Крыма и на территории Западного Казахстана.

Наибольшими ресурсами ветра характеризуются открытые возвышения и горные вершины.

К неперспективным для ВЭУ регионам в пределах рассматриваемой территории, кроме Южного берега Крыма, следует отнести северные предгорья и защищенные долины Крымских гор, а также равнинные понижения.

Выполненные исследования показали, что по данным метеорологических станций возможна оценка влияния неоднородностей подстилающей поверхности на режим ветра. Влияние рельефа и водных объектов прослеживается даже на средней годовой скорости ветра и на осредненных розах ветров.

При исследованиях такого плана необходима правильная оценка репрезентативности метеостанций как в широком, так и в более узком смысле /2/, и группировка этих станций по определенным типам местоположений. Коэффициенты изменения средней годовой скорости ветра K_r для регионов и местоположений, отнесенных к перспективным для сооружения ВЭУ, варьируют в диапазоне 1,3-1,5. Такое изменение существенно для увеличения ветроэнергетического потенциала. В табл. I приведены данные по влиянию скорости ветра на энергию ВЭУ.

Таблица I

Влияние скорости ветра на энергию ВЭУ (кВт) /I/

Диаметр колеса, м	Скорость ветра, м/с			
	4,5	9,0	13,5	18,0
15	14,4	35	119	283
30	18	140	470	1120

По данным табл. I можно рассчитать, какое увеличение энергии дает изменение K_r от 1,3 до 1,5 при разной скорости ветра.

В литературе также имеются сведения о том, что в диапазоне скорости ветра 3-7 м/с увеличение скорости на 1 м/с дает приращение энергии от 50 до 100 % /1, 6/.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что учет изменения скорости ветра на близких расстояниях обязателен при оценках ветроэнергоресурсов в регионах. Такие оценки должны осуществляться на стадии проектирования.

Выбор местоположений с наибольшей скоростью ветра для сооружения ВЭУ средней и малой мощности будет способствовать достижению минимальной стоимости единицы производимой энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветроэнергетика. Пер. с англ. под ред. Я.И.Шейфер. М.: Энергоатомиздат, 1982. - 271 с.
2. Методические указания по применению кода характеристик местоположений метеорологических станций. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 58 с.
3. Романова Е. П., Мосолова Г. Ф., Береснева И. А. Микроклиматология и ее значения для сельского хозяйства. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 245 с.
4. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 151 с.
5. Состояние, научно-технические и экономические основы развития ветроэнергетики и рекомендации по применению ветродвигателей / Под ред. Я.И.Шейфер, М.: Энергоиздат, 1966.

С.Н.Соколова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЮГА УКРАИНЫ

Анализ публикаций по ветроэнергетике позволил выделить следующие показатели ветрового режима, с помощью которых можно оценить степень перспективности какого либо района для размещения ветроэнергетических установок:

1. Среднегодовые скорости ветра /3, 4, 8/;
2. Годовой и суточный ход скорости ветра /5, 6, 8/;
3. Оценка гололедности /2, 3/;
4. Повторяемость скорости ветра ≥ 5 м/с /8/.

Для этих целей использовались материалы "Справочника по климату СССР", а также данные наблюдений (ТМ-1) за период 1961-1975 гг.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми ветроэнергетиками по экономному использованию ветровых турбогенераторов /9/, подбирались станции, на которых значения $\bar{U}_{год} \geq 5$ м/с.

На территории УССР расположено 425 континентальных станций, только на 10 из них (2 %) средняя годовая скорость равна 5 м/с;

39 станций расположены вдоль побережья Черного и Азовского морей, из которых на 13 станциях (33 %) отмечается средняя годовая скорость ≥ 5 м/с, т.е. на континентальных станциях в пределах УССР ветер со скоростью ≥ 5 м/с наблюдается значительно реже (на одной из 50 станций), чем на прибрежных (на каждой третьей).

Для определения пространственной изменчивости таких характеристик ветрового режима, как суточный ход и расчетные скорости ветра в зависимости от удаления от морских побережий в глубь континента подбирались (по принципу наименьшего удаления друг от друга) пары станций континентальная - прибрежная.

Из 13 прибрежных станций с $\bar{V}_{\text{год}} \geq 5$ м/с были отобраны 12, на которых наблюдается наименьшее количество штилей 1-12 % /7/. Рассмотрим суточный ход скорости ветра в среднем по 8 континентальным и 12 прибрежным станциям, полученный для разных периодов (рис.1) при неодинаковом числе сроков наблюдений в сутки. Пределы изменчивости средней суточной скорости ветра на континентальных станциях ниже (3,2-5,4 м/с), чем на прибрежных (4,7 м/с - 5,6 м/с), но амплитуда суточного хода скорости ветра на континентальных станциях больше ($A_K = 2,3$ м/с), чем на прибрежных ($A_M = 0,9$ м/с). Кроме того, на рис.1 прослеживаются три

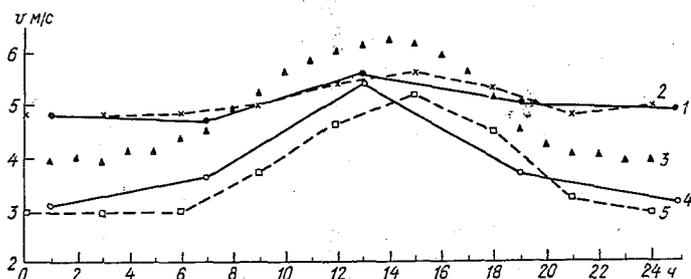


Рис.1. Суточный ход скорости ветра на континентальных и прибрежных станциях.

Прибрежные станции: 1 - 1961-1965 гг., 2 - 1966-1975 гг., 3 - ст.Одесса, 1936-1960 гг.; континентальные станции: 4 - 1961-1965 гг., 5 - 1966-1977 гг.

пика скорости, отмечавшиеся днем в различное время, что обусловлено неодинаковыми сроками наблюдений в различные годы, а именно при 4 срочных наблюдениях (1961-1965 гг.) максимум скорости ветра отмечен в 13 ч, при ежечасных наблюдениях (1936-1960 гг.) в 14 ч, при 8 срочных наблюдениях (1966-1975 гг.) - в 15 ч. Приведенные материалы могут быть полезны для выбора оптимальных сроков наблюдений, отражающих реальный суточный ход скорости ветра. По материалам станции, расположенной на береговом мысу, были построены графики суточного хода скорости ветра по сезонам (рис.2). В холодный период (октябрь - февраль), когда необходимость в энергии максимальная, амплитуда суточного хода скорости ветра минимальная (около 1 м/с), а средняя скорость за зимний период самая большая (6-7 м/с). В теплый период (март - сентябрь) амплитуда суточного хода возрастает до 2 м/с, а скорость ветра уменьшается до 5-6,5 м/с. В течение суток наибольшее потребление энергии приходится на 7-19 ч. Как в холодный, так и в теплый сезоны, колебания скорости ветра в это время суток не превышают 1 м/с (рис.2).

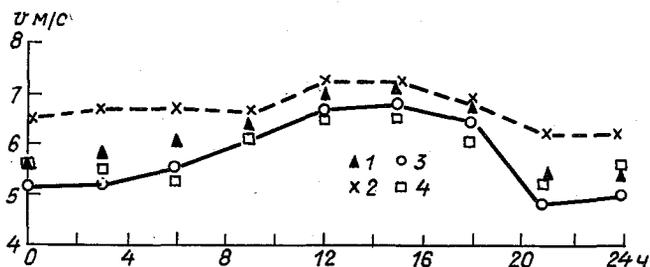


Рис.2. Суточный ход скорости ветра на побережной и горной станциях.

1 - суточный ход средней годовой скорости ветра (побережная станция, 1966-1975 гг.); 2 - то же за холодный период (побережная станция); 3 - то же за теплый период (побережная станция); 4 - суточный ход средней годовой скорости ветра (горная станция, 1966-1975 гг.).

Показатели суточного хода скорости ветра на континентальных и прибрежных станциях обычно существенно различны. И лишь на одной континентальной станции, расположенной в Крымских горах ($H = 987$ м), характеристики суточного хода ветра аналогичны полученным для прибрежных метеостанций (рис.2). Однако прибрежная станция имеет несомненное преимущество для ВЭУ, поскольку в горах отмечается большое число дней в году с гололедно-изморозевыми отложениями (22 дня с гололедом и 58 дней с изморозью), в то время как на побережьях отмечается лишь 3-5 дней в году с гололедом.

При проектировании ветроагрегатов необходимо знать расчетную скорость ветра, чтобы учесть нагрузки, которые могут испытывать ветроагрегаты в результате действия сильных ветров. По методу, разработанному в ГГО /1/, были построены графики интегральных повторяемостей скорости ветра за 5-летний период наблюдений по 4-срочным данным (1961-1965 гг.) и за десятилетний период (1966-1975 гг.) по 8-срочным данным (рис.3).

В табл. I приводятся данные ряда исследуемых метеостанций УГКС УССР. Сравним расчетные значения скорости за 1936-1960 гг., полученные по данным "Справочника по климату СССР", с расчетной скоростью за период 1966-1975 гг., полученными по таблицам ТМ-I. Значения расчетной скорости ветра на 13 станциях (табл. I) из 20 уменьшаются за период 1966-1975 гг. по сравнению с периодом 1936-1960 гг. На 4 станциях расчетная скорость ветра осталась неизменной, на двух станциях - она увеличилась.

Расчетные скорости ветра как на континенте, так и на побережьях отличаются незначительно, что связано с особенностями методики их расчета.

На некоторых континентальных станциях при меньшей средней годовой скорости ветра и большой суточной амплитуде расчетные значения бывают равны или даже превышают скорость ветра на прибрежных станциях. Расчетная скорость ветра на прибрежных станциях с большой средней годовой скоростью ветра и незначительной суточной амплитудой такая же или несколько отличается от континентальной.

Повторяемость различных скоростей ветра были сняты с графиков, построенных на номограммах Гудрича (табл. I). Повторяемость нерабочей скорости ($U < 5$ м/с) для 8 континентальных станций в среднем составляет 68 %, а для 12 прибрежных - 54 %. Средняя повторяемость наиболее благоприятной скорости ветра для работы

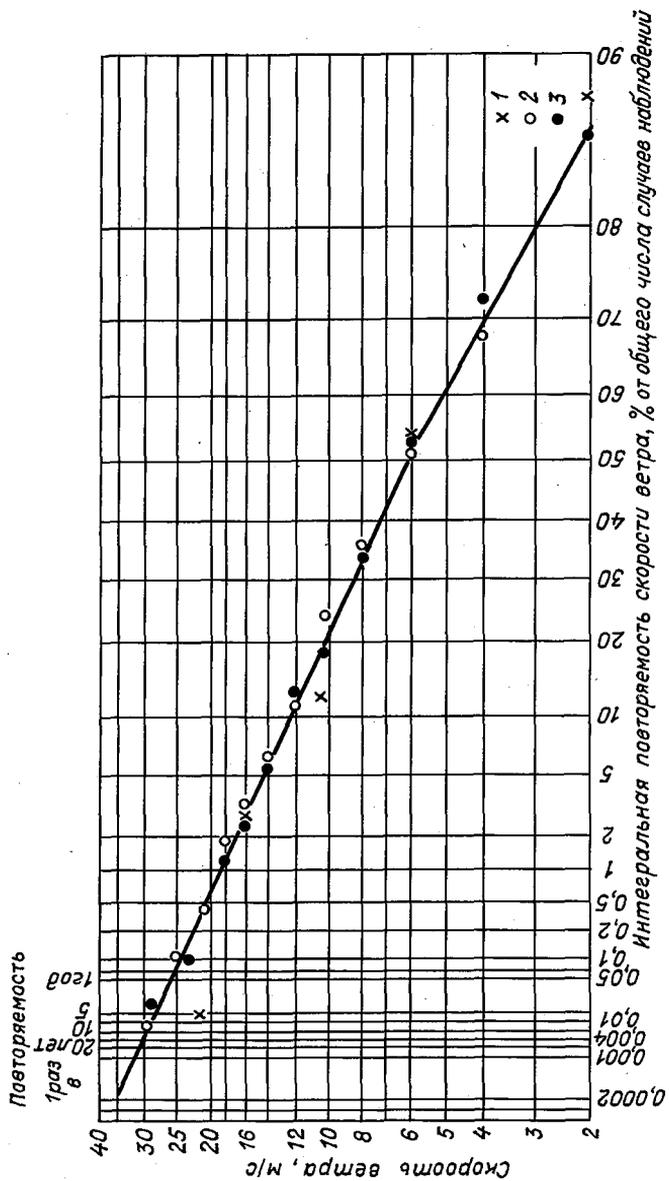


Рис. 3. Интегральная повторяемость скорости ветра на прибрежной станции. 1—1961—1965 гг.; 2—1966—1975 гг.; 3—1936—1941, 1944—1960 гг.

Таблица I

Сводная таблица параметров ветра

Станция	№ от М	Средняя годовая скорость ветра, м/с	Повторяемость (%) различной скорости ветра, ти ветра	Расчетная скорость ветра по данным Справочника, м/с	Расчетная скорость ветра за период 1966-1975 гг., м/с														
					v ₁	v ₅	v ₁₀	v ₂₀	v ₅₀										
		v _{спр}	v ₆₁₋₆₅	v ₆₆₋₇₀	5-10 м/с	15 м/с	20 м/с	25 м/с	30 м/с	v ₁	v ₅	v ₁₀	v ₂₀	v ₅₀					
Тилигуло-Березанка	46	4,7	4,5	4,3	6-II	37	45	55	8	24	26	27	28	30	19	21	22	23	25
Одесса ¹	42	5,4	4,4	4,2	I-2	32	41	59	9	22	24	25	26	27	17	19	20	21	23
Аскания Нова	31	4,9	4,3	4,7	4-8	33	42	58	9	22	25	27	28	30	22	25	27	28	30
Бехтер ¹	6	3,9	3,8	3,3	8-17	16	20	80	4	19	23	24	25	26	18	22	23	24	25
Генгеск ¹	14	5,2	4,8	4,2	2-4	34	41	59	7	22	25	26	27	29	20	23	24	25	27
Бердянск ¹	1	5,2	3,9	4,0	6-II	31	35	64	4	31	36	39	41	44	16	18	19	20	21
Мланов порт ¹	3	4,6	4,7	5,6	7-13	32	50	50	18	20	24	25	26	27	29	33	36	38	40
Евпатория	2	5,4	4,7	4,5	I-6	28	39	61	11	29	34	36	38	41	23	25	26	27	28
Воронки	92	4,9	4,9	4,5	5-II	34	43	57	9	24	28	30	31	33	24	28	30	31	33
Клепинино	37	4,5	3,9	3,3	12-24	24	29	71	5	21	23	24	25	26	19	21	23	24	25
Ай-Петри ¹	1180	5,7	5,6	5,0	5-15	25	42	58	15	35	42	45	47	50	34	41	44	46	50
Керчь ¹	2	5,5	5,0	4,8	4-9	29	51	49	22	25	28	30	31	32	22	25	26	27	28
Владиславовка	35	4,4	4,1	4,2	6-12	25	29	71	4	18	21	22	23	24	24	24	27	30	33

1 Прибрежные станции

ветроагрегатов ($v = 5 \dots 10$ м/с) для континентальных станций составляет 26 %, для прибрежных 33 %. Представляет интерес также повторяемость скорости ветра при регулировании работы ВА ($v > 10$ м/с). Повторяемость такой скорости ветра для континентальных станций составляет 6 %, для прибрежных 13 %.

В табл.2 приведены климатические характеристики ветра прибрежных районов Азовского и Черного морей. На основании выполненного исследования можно сделать заключение, что для строительства ветроагрегатов наиболее предпочтительны прибрежные районы.

Таблица 2
Климатические характеристики ветра открытых прибрежных метеостанций

Показатель ветрового режима	Побережье	
	Азовского моря	Черного моря
1. Средняя годовая скорость ветра $\bar{v}_{\text{год}}$ м/с	6,2 (по Справочнику) 6,4 (1961-1965 гг.) 6,2 (1966-1975 гг.)	5,5 5,5 5,8
2. Пределы изменения средней годовой скорости ветра, м/с	5,1 - 7,6	3,9-7,4
3. Амплитуда $\bar{v}_{\text{год}}$ м/с	2,5	3,1
4. Среднесуточное значение скорости ветра $\bar{v}_{\text{сут}}$ м/с	6,3 (1961-1965 гг.) 6,2 (1966-1975 гг.)	5,5 5,8
5. Пределы изменения среднесуточной скорости ветра, м/с	5,6 - 6,9	5,3 - 6,7
6. Амплитуда $\bar{v}_{\text{сут}}$ м/с	1,3	1,4
7. Повторяемость (%) $v \geq 5$ м/с	60	56

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анапольская Л. Е. и др. Методика определения расчетных скоростей ветра для проектирования ветровых нагрузок на строительные сооружения. - Метеорология и гидрология, № 10, 1958, с.9-17.

2. Анапольская Л. Е. и др. Ветроэнергетические ресурсы и методы их использования, № 7, 1978, с.11-17.
3. Борисенко М. М., Соколова С. Н. О климатических параметрах ветроэнергетики на побережье морей. Труды ЗСРНИИ, 1981, вып.50, с.75-81.
4. Красовский Н. В. Как использовать энергию ветра. 1936. - 170 с.
5. Сапожникова С. А. Изменение скорости ветра с высотой в нижнем слое воздуха. - Труды НИУ, сер. Метеорология, 1946, вып.3. - 103 с.
6. Симонов Н. В. Запасы энергии ветра в СССР. 1933, 64 с.
7. Справочник по климату СССР, вып.10, ч.3, 1967. Ветер. - 700 с.
8. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 200 с.
9. Энергетика мира. М.; Энергия, 1979, с.89-98.

З.И.Воеводова

МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОГО ТПК В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Формирование на Северо-Востоке Европейской части СССР в соответствии с правительственными решениями Тимано-Печорского территориально-производственного комплекса (ТПК) делает весьма актуальной проблему рационального природопользования в этом регионе.

Развитие промышленного производства в связи с освоением уникальных природных богатств на территории Коми АССР и Ненецкого автономного округа, составляющих Тимано-Печорский ТПК, во многом обусловлено природными и климатическими характеристиками региона.

Территория ТПК располагает естественными ландшафтами, придающими оригинальное своеобразие региону в целом и определяющими его ценность с точки зрения нравственных и эстетических категорий.

Мезоклиматическое районирование имеет целью выявление общих

и специфических климатических особенностей региона, учет которых дает возможность рационально подойти к проблеме природопользования в процессе формирования Тимано-Печорского ТПК.

Освоение этого региона затрудняется сложными физико-географическими условиями, в том числе и большой его протяженностью (с севера на юг более 1000 км и с запада на восток около 900 км).

Исследуемая территория по рельефу носит преимущественно равнинный характер /5/, который нарушается лишь Тиманским кряжем, а на востоке Уральским хребтом. На севере эта система выделяется среди тундровых равнин несколькими параллельными грядами, высотой около 300 м. На Среднем Тимане южнее р.Цильмы гряды сливаются в единый массив Четласский камень (463 м), служащий водоразделом рек Мезени и Печоры.

Южный Тиман проявляется в виде отдельных массивов Поп-Чурк (324 м) и Джеджим-Парма (312 м), располагающихся среди болотистых равнин.

Юг и юго-восток региона занимает невысокий водораздел бассейнов рек Северной Двины и Волги, называемый Северными Увалами (около 200 м). Вдоль восточной границы региона тянутся довольно высокие горные хребты Урала, переходящие в увалы (пармы). Между Тиманом и Уралом располагается Печорская равнина, имеющая общий уклон к северу. К западу от Тимана находится обширная Вычегодско-Мезенская низменность, представляющая собой волнистую равнину.

Территория Тимано-Печорского ТПК характеризуется суровыми климатическими условиями.

Одним из необходимых условий хозяйственного освоения территории является детальное знание климата региона, который мало изучен.

Для получения необходимой климатической информации нами было проведено мезоклиматическое районирование по методике, предложенной в работах /6 - 8/. При выделении мезоклиматических районов использовались данные метеорологической сети станций, типизированные по местоположениям согласно /5/, учитывались и физико-географические условия, отражающие климато- и микроклиматообразующие факторы, к которым относятся широта и долготы местности, близость к океану, циркуляционные и орографические особенности, характер подстилающей поверхности. При мезоклиматическом районировании отражается доминирующий по площади тип микроклимата /6, 8/.

На территории Тимано-Печорского территориально-производственного комплекса выделены следующие мезоклиматические районы и подрайоны (рас. I, табл. I, 2).

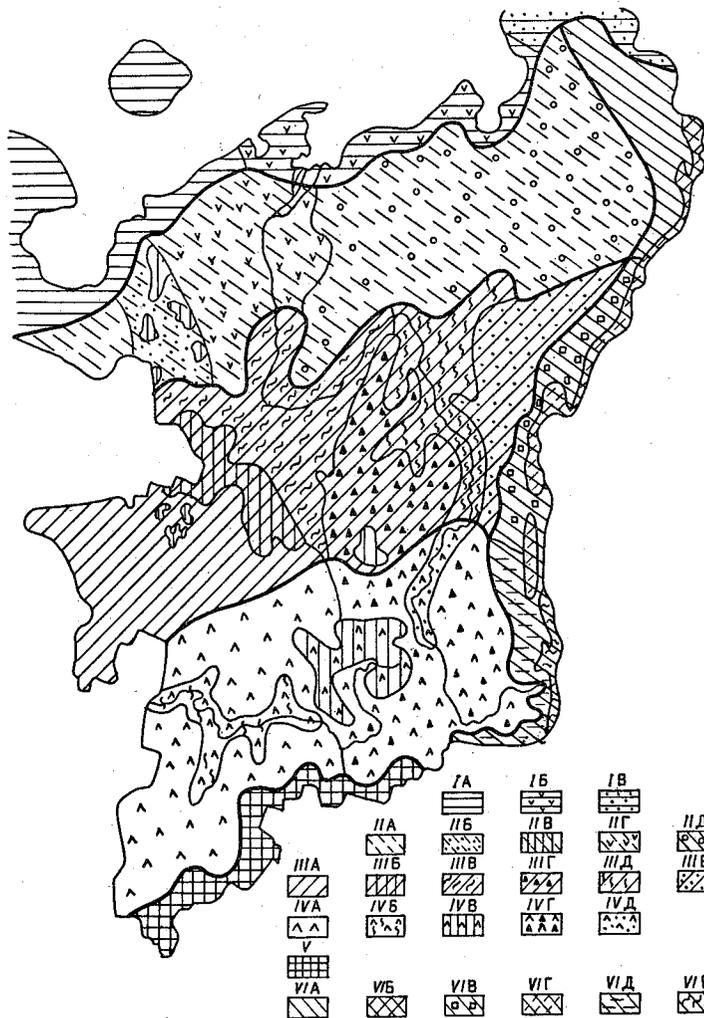


Рис. I. Мезоклиматическое районирование территории Тимано-Печорского ТК.

Условные обозначения см. по тексту.

Таблица I

Климатическая характеристика районов. Январь

Ра- йон	Под- ра- йон	Температура воздуха, °С			Температура на по- верхности почвы, °С			Ско- рость ветра, м/с
		T _{ср}	T _{мин}	T _{макс}	T _{пср}	T _{пмин}	T _{пмакс}	
I	A	-8,-14	-11,-19	-6,-11	-9,-14	-12,-19	-6,-11	6-9
	Б	-15,-20	-19,-24	-11,-16	-15,-20	-20,-25	-11,-15	6-8
	В	-18,-20	-22,-25	-14,-16	-19,-21	-24,-27	-16,-15	7-9
II	A	-14,-15	-19,-21	-10,-13	-15,-16	-20,-21	-11	5
	Г	-16,-17	-21,-22	-12,-13	-18,-17	-22,-23	-13	4-5
	Д	-18,-20	-23,-25	-15,-16	-19,-21	-24,-26	-15,-16	3-4
III	A	-16	-20,-21	-12	-16	-23	-12	2-4
	Б	-17	-21	-13	-18	-23	-14	3
	В	-17,-18	-21,-22	-12,-14	-17,-18	-23,-26	-13,-14	3-5
	Г	-18	-22	-14	-18	-25	-14	3
	Д	-18,-19	-22,-24	-14,-15	-19	-25,-26	-15	3-4
	Е	-18	-24	-14	-19	-25	-15	5
IV	A	-14,-17	-18,-22	-11,-13	-15,-18	-21,-26	-11,-14	4-5
	Б	-15,-16	-19,-21	-12,-13	-16,-17	-21,-23	-12,-13	4
	В	-17	-21	-13	-18,-19	-24,-25	-14	2-4
	Г	-16,-18	-21,-23	-13,-14	-17,-19	-24,-25	-13,-14	2-4
	Д	-18	-22,-23	-14	-18	-25	-14	3
У		-15	-19	-11,-12	-16	-21	-12,-13	3-4
VI	A	-20,-21	-24,-26	-16,-17	-21,-22	-26,-24	-17	5-6
	Б	-20	-24	-16	-20	-25	-17	8
	Д	-18	-22	-14	-19	-29	-14	5
	Е	-20	-25	-16	-20	-26	-16	4

Район	Подрайон	Число дней со средне-суточной температурой		Средняя высота снежного покрова в поле (снегосъемки), см	Число дней со снежным покровом	Осадки, мм	Число дней с туманом	Число дней с метелью	Коэффициент континентальности по Пенкеру
		-15, -30, °С	ниже -30, °С						
I	A	15	0	13-26	190-220	100-220	18-34	66-116	9-21
	Б	60	2	14-32	210-230	100-140	15-27	86-101	20-32
	В	74	9	25-35	230-240	100-110	16-23	92-105	22-28
II	A	-	-	22-30	190-200	210-230	28	55-70	23-29
	Г	55	9	25-35	210	210-230	16-27	52-59	30-32
	Д	57	11	25-60	210-220	100-180	14-25	52-81	35-40
III	A	-	-	46-50	190-200	140-170	9-13	30-33	38-39
	Б	-	-	43	200	130	6	30	36
	В	49	9	36-43	190-210	120-140	6-17	45-55	34-40
	Г	-	-	73*	200	170	9	44	40
	Д	53	15	68	200-210	150-170	9-15	50-59	41-43
IV	A	-	-	-	215	170	14	56	38
	Б	-	-	38	180-200	150-160	10-12	48-53	42
	В	40	5	35-45	180-190	130-160	8-16	40-50	41-43
	Г	-	-	49	190-200	140-170	7-12	35-40	41-43
	Д	-	-	50	190-200	170-200	4-9	37-42	43-45
V	Д	49	10	60	190	150-160	11	43	44
	У	-	-	45	180	170	10-12	33	42-43
VI	A	78	15	42	230-240	100-130	16-38	60-100	36-39
	Б	-	-	-	250	170	8	139	42
	Д	-	-	68	190	120	4	36	44
	Е	-	-	107*	240	270	9	55	43

Примечание. Подрайоны II Б, II В, VI В, VI Г в таблицу не включены из-за отсутствия данных. Звездочкой (*) отмечена высота снежного покрова в лесу.

Таблица 2

Климатическая характеристика районов. Июль

Район	Под-район	Температура воздуха, °С			Температура на поверхности почвы, °С			Скорость ветра, м/с
		T _{ср}	T _{мин}	T _{макс}	T _{ср}	T _{мин}	T _{макс}	
I	A	7-15	4-8	10-18	9-15	4-6	18-26	6-7
	Б	8-10	5-7	11-16	11-13	5-6	20-25	4-6
	В	6-7	2-4	10-12	8-9	2-3	24-27	5-6
II	A	12	7-8	17-18	15	6	28	4-5
	Г	12-13	7-8	17-18	15	7	25-26	4-5
	Д	12-13	6-8	17-19	13-16	5-7	24-28	3-4
III	A	15	9	21-22	18-20	9	31-34	2-4
	Б	13	7	20	17	8	31	3
	В	13-15	9-10	19-21	16-19	8-9	27-33	3-4
	Г	15	9	20	16	8	26	3
	Д	15	9	20-21	18-19	8	31-32	3-4
	Е	14	8	20	16	7	27	5
IV	A	15-17	9-11	21-22	18-19	9-11	31	3
	Б	16-17	10-11	21-22	19-20	9-10	31-35	3
	В	15	8-9	20-21	18-19	8-9	24-25	2-3
	Г	16	9-11	21-22	19	9-10	33-34	2-4
	Д	16	9-10	21	18	9	32	3
V		16	11	22	19-20	11	33-34	2-3
VI	A	10-12	5-7	16-18	12-13	4-6	22-26	4-5
	Б	12	8	17	14	7	25	5
	Д	14	9	19	19	9	33	4
	Е	14	7	20	16	7	28	3

Продолжение табл. 2

Район Подрайон	Продолжительность безморозного периода, дни		Сумма температур выше		Число дней с грозой		Число дней с туманом	Количество осадков, мм	
	в воздухе	на поверхности почвы	0 °С	10 °С	среднее	наибольшее			
I А	80-100	65-80	600-1200	0-600	2-8	8-20	20-60	200-420	
	Б	60-90	65-75	800-900	0-400	5-6	9-13	30-59	240-260
	В	60-70	-	500-600	0	2-3	7-11	45-69	200-230
II А	82-87	59-60	1100-1200	700	12	20-27	20-25	380-420	
	Г	70-95	60-80	1100-1200	600-700	8-10	16-17	19-22	380
	Д	55-75	50-60	900-1200	600-800	9-11	18-22	12-28	320-380
III А	65-80	65-70	1500-1700	1200	18-19	27	11-13	390-400	
	Б	70	55	1400	900	30	17	13	330
	В	80-96	60-80	1300-1600	800-1100	12-19	22-30	10-14	290-350
	Г	85	75	1500	1100	14	-	11	400
	Д	70-85	60-70	1400-1500	1000-1100	14-17	28-32	10-11	370-400
Е	70	60	1200	800	14	25	13	420	
IV А	80-105	60-95	1700-2000	1200-1500	19-23	35	8-16	310-360	
	Б	92-105	76-97	1800-1900	1400-1500	19-20	25-37	11-16	370-400
	В	75-80	71-72	1600	1100-1200	17-20	25	12-13	380-430
	Г	83-98	75-90	1800-1900	1300-1400	20-22	35	10-12	400-430
Д	84-87	78	1500-1700	1200-1300	19	26	10	370	
У	98	92-95	1900-2000	1400-1500	20-22	33	13-15	340-420	
VI А	50-55	39-48	800-1000	300-600	7-8	13	12-38	300-420	
	Б	54	50	1000	600	9	19	15	500
	Д	90	72	1300	900	23	38	16	300
	Е	61	53	1300	900	14	26	8	620

Примечание. Подрайоны II Б, II В, VI В и VI Г в таблицу не включены из-за отсутствия данных.

I. Приморский район. Этот район занимает полуостров Канин Нос, остров Колгуев и побережье Печорского моря. Для района в целом характерен морской арктический климат с преобладанием пасмурной погоды (195-220 пасмурных дней в году), малой суточной амплитудой метеорологических элементов, сильными ветрами и большим количеством туманов, особенно в теплый период, что объясняется большой разностью температур поверхности моря и воздуха, при адвекции влажного морского воздуха на сушу.

Большая протяженность района с запада на восток позволила выделить три подрайона.

IA. Западный подрайон. В основном низменная, сильно заболоченная тундровая равнина, с абсолютными высотами 30-40 м. Средняя температура января $-8...-14^{\circ}\text{C}$, средняя температура июля $7-15^{\circ}\text{C}$. Суммы температур выше 0°C невелики ($650-1250^{\circ}\text{C}$), но самые высокие в этом районе. Безморозный период длится 80 - 100 дней, заморозки возможны в течение года. Ветер зимой преимущественно юго-западный и южный, при средней скорости 6-9 м/с, летом преобладает северо-восточный ветер со скоростью 6-7 м/с. Зимой часто наблюдаются метели (66 - 116 дней). Количество дней с туманом составляет летом 20-60, зимой 18-34. Коэффициент континентальности по Ценкеру 9-21 %. Абсолютный минимум $-35...-48^{\circ}\text{C}$, максимум $23-32^{\circ}\text{C}$.

Подрайон относится к территориям, не пригодным для сельскохозяйственного освоения.

IB. Центральный подрайон. В него входит центральная часть побережья от Сенгейского до Югорского пролива. Климат подрайона более континентальный, коэффициент континентальности находится в пределах 20-32 %. Средняя месячная температура января на 6 - 7 $^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в западном подрайоне и равна $-15...-20^{\circ}\text{C}$. Летние температуры ниже 8-10 $^{\circ}\text{C}$. Сумма температур выше 0°C составляет 750-900 $^{\circ}\text{C}$, а сумма температур выше 10 $^{\circ}\text{C}$ на отдельных метеостанциях достигает 300-400 $^{\circ}\text{C}$. Зимой ветер преимущественно юго-западный, летом северный и северо-восточный, средняя скорость 4-6 м/с. Летом число дней с туманом составляет 30-59 дней, зимой - 15-27; количество осадков изменяется от 340 до 400 мм, число дней с метелью достигает 86-101. Абсолютный минимум и максимум температуры воздуха для этого подрайона составляет соответственно $-43, -52^{\circ}\text{C}$ и $29-33^{\circ}\text{C}$.

IV. Восточный подрайон вытянут вдоль побережья Югорского пролива и Байдоцкой губы. Рельеф равнинный с заболоченными низи-

нами. Коэффициент континентальности по Ценкеру составляет 22 - 28 %. Преобладают арктические массы воздуха, что обуславливает холодные зимы с сильным ветром: средняя скорость ветра зимой составляет 7-9 м/с, летом 5-6 м/с. Среднее число дней со скоростью ветра ≥ 15 м/с составляет 86-97, наибольшее - 156-177. Это наиболее ветренный подрайон в данном регионе. Средняя температура июля 6-7 °С, января -18, -20 °С, абсолютный максимум 25-30 °С. Сумма температур выше 0 °С составляет 530-630 °С. Среднесуточных температур выше 10 °С не наблюдается; количество осадков 300-400 мм.

II. Малоземельско-Большеземельская тундра. Район вытянут в широтном направлении и располагается в основном за полярным кругом. Часто наблюдается вторжение холодных арктических масс. Зимой циклоны арктического фронта приносят теплый морской воздух умеренных широт, влияние которых проявляется в увеличении облачности, выпадении осадков и повышении температур /5/.

В условиях тундры распределение снежного покрова крайне неравномерно и находится в тесной зависимости от рельефа. С вершин и неровностей снег сдувается в пониженные места, возвышения оголяются и образуются мощные снежники глубиной до 2 м. Снежный покров оказывает согревающее действие на верхние слои почвы и смягчает разрушительное влияние неустойчивого тундрового ландшафта, наземных транспортных средств при разведке и хозяйственном освоении зоны тундры. Средняя высота снежного покрова в январе по данным снегосъемки составляет 20-60 см.

Средняя месячная температура в этом районе изменяется в январе от -14 до -20 °С, с запада на восток она понижается. Среднемесячная температура июля составляет 12-13 °С. Температурные изменения в восточном направлении наблюдаются лишь зимой. Суммы температур выше 0 и 10 °С составляют соответственно 940-1220 и 550-830 °С, продолжительность безморозного периода в воздухе составляет 55-95 дней, на почве - 50-80 дней. Ветер преимущественно юго-западного направления, средняя скорость по сравнению с Приморским районом значительно меньше (3-5 м/с). Количество дней с метелями также снижается и составляет 50-80 дней. Туманы и зимой и летом наблюдаются довольно часто (24-60 дней в году). Летом имеет место грозовая деятельность, наблюдающаяся преимущественно на холодных фронтах юго-западных и южных циклонов. Внутримассовые грозы наблюдаются редко. Количество гроз зависит от особенностей подстилающей поверхности: на возвышенностях чи-

ло дней с грозами больше на 2-3 дня, чем на плоских участках. Физико-географические условия этого района и большая его протяженность позволили выделить 5 подрайонов.

IIА. Северо-Мезенский подрайон. Рельеф территории равнинный с густой речной сетью и заболоченными местами. На район оказывают тепляющее влияние Атлантические воздушные массы и Баренцево море. Особенно заметно это влияние зимой и проявляется оно в повышении температуры воздуха и осадков; летом увеличение облачности нивелирует этот эффект. Средняя январская температура воздуха $-14, -15^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода в воздухе составляет 82-87 дней, на почве - 60 дней. Суммы температур выше 0 и 10°C составляют соответственно 1140-1220 и 710-730 $^{\circ}\text{C}$. Довольно часто здесь бывает грозы, в среднем 12 дней в году, а в отдельные годы до 20-27 дней. Для заболоченных мест характерно уменьшение летних температур воздуха и почвы, продолжительности безморозного периода и суммы положительных температур.

IIБ и IIВ. Северо-Тиманский и Чайцинский подрайоны. Эти подрайоны представляют собой систему сильно эродированных возвышенностей, разделенных плоскими понижениями. Абсолютные отметки Северо-Тиманского подрайона находятся в пределах 100-200 м, а Чайцинского - 200-300 м. Подрайоны расположены в меридиональном направлении. Эти орографические особенности, несмотря на сравнительно небольшие отметки, препятствуют продвижению атлантических воздушных масс к востоку и юго-востоку. Климатические условия наветренной и подветренной сторон отличаются по температуре и осадкам. Увеличение осадков и понижение температуры происходит с наветренной стороны и обратный ход этих элементов с подветренной. Более благоприятные условия особенно в ясные дни наблюдаются на склонах южной и юго-западной экспозиции в защищенных от холодных ветров котловинах.

В Чайцинском подрайоне климатические условия более жесткие. Так как в пределах этих подрайонов нет ни одной метеорологической станции, количественная характеристика метеорологических условий затруднена.

IIГ. Печорский подрайон. Для этого района характерно чередование болот и озер с выступающими отдельными моренными грядами. Континентальность подрайона несколько увеличена по сравнению с Северо-Мезенским и составляет 30-32 % по Ценкеру. Средняя температура января на $1-2^{\circ}\text{C}$ ниже, несколько уменьшено количество осадков. В этом подрайоне средняя температура января $-16,$

-17 °С, июля 7-8 °С. Безморозный период в воздухе длится 70-95 дней, а на почве 60-80 дней. Почва прогревается в среднем до 15 °С, максимальная температура составляет 25-26 °С. Суммы температур выше 0 и 10 °С составляют соответственно 1140-1200 и 630-700 °С, что на 100 °С меньше, чем в подрайоне ПА. Часто наблюдаются метели (в среднем 52-59 дней с метелью). Особенно опасны метели при низкой температуре, при этом снег легче поддается переносу, возвышенные неровности оголятся и снег скапливается в понижениях. Повторяемость метелей при температуре 0...-5 °С в среднем для подрайона составляет около 30 % от общего их числа, при температуре -5...-15 °С близка к 55 % и при температуре ниже -15 °С - примерно 20 %. Средняя скорость ветра 6-9 м/с, но часты метели и при скорости ветра 10-13 м/с. Абсолютный максимум и минимум температуры воздуха составляют соответственно 32-33 и -41...-45 °С.

Щ. Большеземельская тундра. Она занимает северную часть Печорской низменности и представляет собой волнистую равнину, рельеф которой осложнен многочисленными возвышенностями (мусорами) и грядами. На территории тундры преобладают арктические воздушные массы. Хорошо выражена континентальность (35-40 % по Ценкеру). Зима продолжительная и холодная: средняя температура января -18...-20 °С, снежный покров удерживается в течение 210-325 дней, средняя его высота в январе составляет 25-60 см. Метели наблюдаются в среднем 52-81 день. Повторяемость их при различной температуре и скорости ветра аналогична подрайону ПГ (Печорскому). Средняя температура июля 12-13 °С. Продолжительность безморозного периода в воздухе составляет 55-75 дней и на поверхности почвы 50-60 дней, т.е. на 15-20 дней меньше, чем в среднем подрайоне. Суммы температур выше 0 и 10 °С составляют соответственно 940-1220 и 550-830 °С. Абсолютный максимум равен 32-33 °С, абсолютный минимум -42...-47 °С.

Ш. Северотаяжский район. Этот район протянулся с юго-запада на северо-восток и занимает довольно широкий пояс от 65° с.ш. до полярного круга. Рельеф равнинный, слабо холмистый или пологоувалистый, наиболее расчлененный вблизи рек. Значительные площади, особенно в междуречных пространствах, занимают низинные депрессии, как правило, заболоченные. Равнинность нарушает Средний Тиман, рельеф которого холмисто-увалистый, местами грядово-холмистый / 5 /. В этом районе чаще наблюдается прохождение циклонов, приносящих с собой континентальный и морской воздух умерен-

ных широт. Климатические условия по сравнению с районом II смягчены. Средние температуры января и июля на 1-3 °C выше и составляют соответственно -16...-19 и 13-15 °C. Снежный покров удерживается 190-215 дней, средняя высота его в январе 45-70 см. Сумма температур выше 0 и 10 °C на 250-400 °C больше, чем в районе III; продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше 15 °C составляет 10-20 дней. Период со среднесуточной температурой выше 10 °C меньше, чем в средней полосе РСФСР на 45-55 дней. Продолжительность безморозного периода в воздухе 65-95 дней и на поверхности почвы 55-80 дней. Климат позволяет выращивать овощи в открытом грунте. Количество дней с метелью снижается до 30-59 дней. Число дней со среднесуточной температурой -15...-30 °C составляет 57, с температурой ниже -30 °C - II. Почти вдвое меньше туманов, но возрастает грозовая деятельность.

IIIА. Вашко-Мезенский подрайон. Этот район занимает юго-восток Двино-Мезенской возвышенности. Рельеф равнинный увалистый. Характерна частая смена воздушных масс. Средняя температура января -16 °C, июля 15 °C. Это самый мягкий и теплый подрайон в районе III. Высота снежного покрова по данным снегосъемки составляет 46-50 см, число дней с метелью 30-33, туманы зимой и летом равновероятны, число дней с туманами составляет 20-26. По теплообеспеченности подрайон IIIА сравним с подрайоном IУВ: сумма температур выше 0 °C составляет 1500-1700 °C, выше 10 °C - 1200 °C. Отмечается период со среднесуточной температурой 15 °C с суммой температур 400-450 °C; продолжительность этого периода 25-29 дней. Длительность безморозного периода составляет 65-80 дней. Преобладает ветер юго-западного направления, скорость ветра 2-4 м/с.

IIIБ. Средне-Тиманский подрайон. Рельеф Среднего Тимана холмисто-увалистый, сильно расчлененный. Среди холмов и увалов располагаются значительные депрессии. Климат этого района более континентальный, зимние температуры низкие. Подрайон представлен всего одной метеостанцией и не может претендовать на полное отражение климатических условий. Данные табл. I и 2 следует рассматривать лишь как ориентировочные.

IIIВ. Ижмо-Печорский подрайон занимает обширные долины рек Печоры и Ижмы - это плоская, слабо расчлененная низменность. Климат подрайона континентальный (34-40 %). Преобладает юго-западный перенос, но наблюдаются вторжения и арктических воздушных

масс. Влияние Тимана проявляется в понижении зимних и летних температур. Период с температурой выше 15 °С составляет 10–20 дней.

Средние температуры января и июля составляют соответственно -18...-17 и 13–15 °С. Суммы положительных температур выше 0 °С достигают 1300–1600 °С, выше 10 °С – 840–1100 °С, выше 15 °С – 100–300 °С. Зимой преобладает ветер юго-западного и южного направления, летом – северо-восточного и северного, скорость ветра 3–4 м/с. Продолжительность безморозного периода (вследствие согревающего влияния крупных рек) увеличивается до 80–95 дней. Количество осадков несколько меньше, чем в подрайоне ША, число дней с метелью составляет 45–55.

ШГ. Лемъюнский подрайон – повышенный, всхолмленный. Он также представлен всего одной метеорологической станцией, что не дает возможности более подробно отразить его климатические особенности. Средняя температура января -18 °С, июля 15 °С. Общий фон, однако, эта станция отражает. Сумма температур выше 0 °С составляет 1500 °С, выше 10 °С – 1060 °С. Продолжительность безморозного периода составляет около 75 дней. Наиболее теплые местоположения приурочены к склонам южной и юго-западной экспозиции, наиболее холодные – к понижениям рельефа.

ШД. Средне-Печорский подрайон. Занимает долину среднего течения р.Печоры, представляющую собой волнистую равнину. Это самый континентальный подрайон (41–43 % по Ценкеру); зима холодная (средняя температура января -18...-19 °С, абсолютный минимум -54, -55 °С), лето умеренно теплое (средняя температура июля -15 °С, абсолютный максимум 34 °С). Суммы температур выше 0 °С составляют 1400–1500 °С, выше 10 °С – 1000–1200 °С, выше 15 °С – 200–300 °С; продолжительность периода с температурой выше 15 °С составляет 10–20 дней. Скорость ветра увеличивается до 3–4 м/с, количество дней с метелью составляет 50–60 дней. Туманы наблюдаются довольно редко (19–26 дней в году) и равновероятны как в теплый, так и в холодный период. В этом подрайоне наблюдается активная грозовая деятельность; среднее число дней с грозой 14–17, наибольшее 28–32. Влияние Уральских гор проявляется в увеличении осадков.

ШЕ. Предуральский подрайон. Рельеф представлен волнистой равниной, примыкающей к предгорьям Урала. Влияние Урала проявляется в том, что увеличивается скорость ветра до 5 м/с, увеличивается количество осадков в холодный и теплый периоды и понижа-

ется температура воздуха в теплый период. Средняя температура января -18°C , июля 14°C . Суммы температур выше 0°C и 10°C самые низкие для данного района и составляют соответственно 1200 и 800 $^{\circ}\text{C}$. Период с температурой выше 15°C отсутствует. Безморозный период длится всего около 70 дней. Часто наблюдаются метели (60 дней) и грозы (среднее число дней с грозой составляет 14, наибольшее 25).

IV. Среднетаежный район. Рельеф низменный, полого-увалистый, местами холмистый. Средняя высота местности 130–140 м, более низкие высоты (50–100 м) отмечаются в долинах рек Вычегды и Печоры. По климатическим условиям этот район благоприятен для земледелия. Хорошо произрастают ранние и среднеспелые зерновые, бобовые, кормовые и овощные культуры /5/. Средняя температура января -14 – 18°C , июля -15 – 17°C , сумма температур выше 0°C и 10°C составляет соответственно 1600–2000 и 1200–1600 $^{\circ}\text{C}$. Период со среднесуточной температурой выше 15°C составляет 20–50 дней, сумма температур выше 15°C – 400–800 $^{\circ}\text{C}$, продолжительность безморозного периода составляет 80–105 дней. Ветровой режим аналогичен северотаежному району. Скорость ветра составляет летом 2–3 м/с и зимой 2–4 м/с. Снежный покров удерживается в течение 175–200 дней, средняя его высота 40–60 см; число дней с метелью 35–55. Количество осадков летом 300–430 мм, зимой 140–200 мм, на увеличение осадков в целом по району оказывает влияние Урал. Грозовая деятельность активная, особенно в западной части района. Количество дней с туманом летом несколько больше, чем зимой: летом 8–16 и зимой 4–16. Континентальность климата значительная (41–45 %). Район IV в целом характеризуется достаточной теплообеспеченностью, пригоден для земледелия. Этот район подразделяется на 5 подрайонов.

IУА. Вычегодский возвышенный подрайон. Рельеф волнистый. Средняя температура января составляет -14 ... -17°C , июля 15 – 17°C . Снежный покров удерживается в течение 175–195 дней. Число дней с метелями более 50. Сумма температур выше 0°C достигает 1700–2000 $^{\circ}\text{C}$, выше 10°C – 1200–1600 $^{\circ}\text{C}$, выше 15°C – 400–850 $^{\circ}\text{C}$; продолжительность безморозного периода колеблется в довольно широких пределах (80–105 дней). Среднее число дней с грозой 19–28, наибольшее 35. Количество осадков 310–360 мм. Абсолютный минимум 45 – 54°C , абсолютный максимум 35 – 36°C . Микроклиматические различия существенны.

IУБ. Вычегодский долинный подрайон. Занимает долины рек Вычегды, Сысолы и Усть-Выми. Это самый теплообеспеченный под-

район во всем регионе. Зима здесь не отличается большой суровостью: средняя январская температура составляет -15 , -16 °С, снежный покров удерживается в течение 180–185 дней, (т.е. самый непродолжительный во всем регионе), но метели бывают довольно часто (40–50 дней). Лето сравнительно теплое, средняя температура июля достигает 16 – 17 °С, абсолютный максимум 35 – 37 °С, сумма температур выше 0 и 10 °С составляет соответственно 1800–1900 и 1400–1500 °С, выше 15 °С – 500–800 °С; продолжительность безморозного периода составляет 90–105 дней. Среднее число дней с грозой 19–20, наибольшее 25–37. Туманы наблюдаются в течение 19–32 дней в год.

IVB. Южно-Тиманский подрайон. Территория этого подрайона занимает южную, наиболее пониженную и сглаженную часть Тиманского края. Поверхность сильно выровнена и сглажена, что значительно отличает ее от более северных частей Тимана. Прослеживается влияние на климат Тиманского края. Большая расчлененность рельефа приводит к неравномерному нагреванию и активизации восходящих движений, к увеличению осадков и числа дней с пасмурной погодой. Арктический воздух вторгается реже, уступая место континентальному воздуху умеренных широт. Средняя температура января -17 °С, июля – около 15 °С. Число дней с метелью составляет 35–40; продолжительность залегания снежного покрова 190–200 дней. Сумма температур выше 0 °С приближается к 1600 °С, а выше 10 °С составляет примерно 1200 °С, выше 15 °С – 300–350 °С. Абсолютный минимум и абсолютный максимум составляют соответственно -53 ... -55 и 35 °С.

IУГ. Мылвинский подрайон. Рельеф равнинный волнистый, по условиям теплообеспеченности аналогичен подрайону IVB, но Урал оказывает большое влияние на увеличение осадков и числа дней с пасмурной погодой. Средняя температура января -16 ... -18 °С, июля 16 °С. Суммы положительных температур выше 0 и 10 °С составляют 1800–1900 и 1300–1400 °С, выше 15 °С – 550–740 °С, продолжительность периода с температурой выше 15 °С 35–45 дней. Длительность безморозного периода составляет 75–90 дней, абсолютный максимум 34 – 35 °С; снежный покров сохраняется в течение 190–200 дней. Количество осадков для равнинных территорий региона летом составляет 400–430 мм, зимой – 170–200 мм. Туманы чаще наблюдаются в теплый период (10–12 дней), в холодный – реже (4–9 дней).

IУД. Верхне-Печорский подрайон. Занимает долину верхнего течения р.Печоры. Влияние Уральских гор проявляется в увеличении

пасмурной погоды и осадков и уменьшении теплообеспеченности. Средняя температура января -18°C , июля 16°C . Абсолютный минимум $-51\dots-53^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 34°C . Снежный покров удерживается в среднем в течение 190 дней, число дней с метелями не более 40. Туманы равновероятны как летом, так и зимой (10 дней за период). Суммы положительных температур выше 0 и 10°C составляют соответственно $1500-1700$ и $1200-1300^{\circ}\text{C}$, выше 15°C — $400-550^{\circ}\text{C}$; продолжительность безморозного периода около 80 дней.

У. Северные увалы. Это плоское плато, высотой примерно 160 м над уровнем моря. Рельеф расчленен речными долинами на отдельные платообразные возвышенности. Климат континентальный (42-43 %). Средняя температура января -15°C , июля 16°C . Абсолютный минимум достигает $-48\dots-49^{\circ}\text{C}$, максимум 36°C . Снежный покров удерживается в течение 175-180 дней. Средняя высота снежного покрова в январе около 45 см. Метели наблюдаются 30-35 дней в течение зимы. Суммы положительных температур выше 0°C составляют $1900-2000^{\circ}\text{C}$, выше 10°C — $1400-1500^{\circ}\text{C}$, выше 15°C — $750-800^{\circ}\text{C}$; продолжительность безморозного периода 92-95 дней. Скорость ветра зимой 3-4 м/с, летом 2-3 м/с. Наблюдается довольно активная грозовая деятельность, среднее число дней с грозой составляет 20-22, наибольшее 33.

VI. Пайхой-Уральский район. Территория этого района протянулась вдоль восточной границы Тимано-Печорского ТК с севера на юго-запад на 1000 км; наибольшие отметки достигают 1499 и 1617 м. Эта горная система задерживает продвижение воздушных очень холодных масс с северо-востока и препятствует прохождению циклонов с запада на юго-запад. Большая меридиональная протяженность района обуславливает разделение на подрайоны: полярный, приполярный и северный. В этих подрайонах выделяются предгорная увалистая часть и горная. В результате получены следующие подрайоны: УIA — Пайхойский, УIB — Полярно-Уральский, УIV — Приполярно-Уральский увалистый, УIG — Приполярно-Уральский горный, УIC — Северо-Уральский увалистый и УIE — Северо-Уральский горный.

Климатические характеристики представить довольно трудно вследствие редкой метеорологической сети. Метеостанции лишь в некоторой степени и то не во всех подрайонах отражают климат предгорных (увалистых) территорий. Метеорологические станции горной части подрайонов не всегда отражают мезоклиматические условия. Так, станция Полярный Урал, характеризующая подрайоны УIB,

находится на перевале высотой 180 м; абсолютная высота в этом подрайоне 1000–1200 м.

Метеостанция Верхний Шугор (VIE) располагается на высоте 290 м в защищенной котловине в восточных предгорьях Уральского хребта. Высота горной системы в этом подрайоне 1300–1600 м. Климат мягкий, теплый. Вероятно, здесь сказывается фёновый эффект при переваливании воздушных потоков с запада и юго-запада и защищенность от холодных ветров.

Таким образом, использование современных методов мезоклиматического районирования применительно к территории Тимано-Печорского ТПК дало возможность выделить 6 районов и 26 подрайонов, характеризующихся специфическими физико-географическими и климатическими условиями, которые важно учитывать в процессе формирования ТПК.

В условиях Севера природа сильно реагирует на антропогенные воздействия. Восстановление растительного покрова в условиях тундры происходит в несколько раз медленнее, чем в средней полосе России.

При формировании Тимано-Печорского ТПК, помимо добывающих отраслей промышленности развиваются такие отрасли как нефтегазо-перерабатывающая, целлюлозно-бумажная и др., которые оказывают большое влияние на окружающую среду.

Мезоклиматическое районирование в условиях редкой метеорологической сети позволяет более полно отразить существующие климатические условия данного региона и использовать полученные результаты при территориальных планировках в рамках областей и республик. Мезоклиматическое районирование Тимано-Печорского ТПК подтверждает важность рационального природопользования при решении современных народно-хозяйственных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г о л ь ц б е р г И. А., В а с и л ь е в а Л. Г. Климатическое районирование трассы БАМ и прилегающих районов производственного освоения. – Труды ГГО, 1981, вып. 426, с. 3–16.
2. З а в ь я л о в а И. Н., П е т р о в Л. С. Исследование АНИИ в области климатологии Арктики и Субарктики в связи с запросами народного хозяйства. – Гидрометеорологическая наука – народному хозяйству Сибири. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 63–67.
3. И с а ч е н к о А. Г. Оптимизация природной среды. –

М.: Мысль, 1980. - 238 с.

4. Р е с п у б л и к а Коми - вчера, сегодня, завтра. - Сыктывкар, 1979. - 192 с.

5. Р и г г е р Г. Д., Ч и г и ш е в А. Г. Север Европейской части СССР. - М.: Мысль, 1966. - 238 с.

6. Р о м а н о в а Е. Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 280 с.

7. Р о м а н о в а Е. Н. Микроклиматическая характеристика Таймырской тундры. - Труды ИГО, 1970, вып. 264, с. 112-119.

8. Р о м а н о в а Е. Н. Микро-мезоклиматы Таймыра. - В кн.: Структура и функции биогеоценозов Таймырской тундры. - Л.: Наука, 1978, с. 5-30.

Н.Г.Горышина

ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД

Значительное разнообразие природных условий в районах с устойчивой сезонной мерзлотой вызывает необходимость уточнения агроклиматической оценки периода зимовки растений. Однако при мезо- и микроклиматических обследованиях уделяется еще недостаточно внимания учету особенностей зимнего режима. В качестве основного показателя термического режима холодного периода наиболее часто используется средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха. Вместе с тем для зимующих растений исключительно важен учет температуры почвы. С воздействием на растения отрицательной температуры почвы связывают, к примеру, определенные качественные изменения в их физиологическом состоянии /6/. В целях практического учета влияния отрицательной температуры почвы на состояние озимых и многолетних культур сведения по термическому режиму почвы за холодный период должны входить в количественную оценку конкретных условий зимовки растений. Методическую основу такой оценки может составить обобщение данных существующей режимной информации по температуре почвы. Рассмотрим некоторые особенности сезонных различий средней месячной температуры почвы по результатам многолетних наблюдений на гидрометеоро-

рологических станциях (ГМС).

Микроклиматическая изменчивость термических ресурсов почвы для теплого периода выявлена с большой степенью подробности и доведена до рекомендаций практического назначения /3, 4/. К концу лета термическая неоднородность почв различного механического состава и типа, весьма характерная для этого времени года, начинает сглаживаться. В дальнейшем, с понижением температуры тяжелые и влагоемкие почвы охлаждаются медленнее по сравнению с почвами более легкими и сухими. Подобное различие в механизме теплоотдачи становится предпосылкой к формированию термической неоднородности почвы в холодный период. Примеры термической неоднородности почв по сезонам в различных почвенно-климатических условиях, полученные методом пар станций с выраженной неоднородностью механического состава, типа почв и характера их увлажнения, представлены в табл. I.

В пары подбирались станции, расстояние между которыми не превышало 100 км, т.е. где отсутствуют широтные изменения температуры почвы. В порядке исключения в последнюю пару на севере ЕЧС вошли станции с различиями по широте до 3° , причем на севере оказалась станция с легкой (песчаной) почвой. В этом случае под влиянием суммарного эффекта воздействия широтного градиента и механического состава почвы разность температур песчаной и суглинистой почвы зимой достигала наибольшего по абсолютной величине значения ($-4,4^{\circ}\text{C}$).

В то же время летом широтные различия в ходе температур выравнивались за счет большей теплоаккумуляции песчаных почв, в связи с чем разность температур ΔT песчаной и суглинистой почвы не превышала 1°C . Зимой на севере ЕЧС довольно значительно (до $-2,5^{\circ}\text{C}$) различалась температура песчаной и торфяной почвы.

Для северо-запада ЕЧС в табл. I представлены изменения температуры в зависимости от увлажнения почв. В этом случае разница ΔT зимой также весьма значительна (до $-3,0^{\circ}\text{C}$). В центральной части Нечерноземья (центр ЕЧС), такого же порядка оказались значения разности ΔT для осушенных и неосушенных торфяников. Зимний режим переувлажненных почв легкого механического состава оказался весьма близок к режиму почв тяжелого механического состава.

Изменения ΔT для почв Южного Урала подтверждают возможность термической изменчивости почв и в условиях недостаточного увлажнения. В целом зимой, как и летом, возможна неоднородность

Таблица I
Сезонное изменение средней месячной температуры почвы
(глубина 0,20 м)

Характеристика почв	Разность температур					
	ХП	I	II	УI	УII	УIII
Север ЕЧС						
Песчаная - торфяная	-2,0	-2,4	-2,5	5,5	3,8	2,1
Суглинистая - торфяная	0,0	0,1	0,0	5,0	2,3	1,2
Песчаная - глинистая	-1,0	-1,2	-1,4	5,4	5,2	2,6
Песчаная - суглинистая	-3,4	-3,9	-4,4	0,1	0,9	0,7
Северо-Запад ЕЧС						
Песчаная - торфяная	-0,9	-0,4	-0,2	3,3	0,2	-0,2
Песчаная - тяжелосуглинистая	-1,9	-1,9	-2,7	2,8	3,2	2,0
Песчаная - песчаная, переувлажненная	-2,8	-3,0	-2,8	4,0	4,4	2,8
Центр ЕЧС						
Супесчаная - суглинистая	-0,2	-0,8	-1,3	3,3	2,9	1,9
Торфяная (осушенная - неосушенная)	-2,4	-2,7	-2,7	3,0	4,9	4,4
Супесчаная - супесчаная, переувлажненная	-0,9	-1,8	-1,2	4,3	2,0	1,5
Южный Урал						
Песчаная - тяжелосуглинистая	-1,2	-1,4	-0,6	7,8	7,4	6,5
Суглинистая - глинистая	-0,6	-3,6	-1,9	3,0	2,6	1,9

термического режима почвы. Вместе с тем зимой различия температур по абсолютной величине меньше, а знак разностей температур (по сравнению с теплым периодом) противоположен.

В условиях зимнего режима особую значимость представляют сведения об охлаждении верхнего слоя почвы (0,20-0,40 м), в котором находится, как известно, основная масса корней зимующих растений. В табл.2 показано изменение средней месячной температуры в этом слое почвы за один из зимних месяцев для двух почвенных горизонтов: 0-0,20 и 0,20-0,40 м. По осредненным значениям разности температур перепад отрицательной температуры в поверхностном слое почвы составил 12 °С, а в слое 0,20-0,40 м только 1 °С, т.е. на порядок меньше.

Таблица 2

Средняя месячная температура в слоях почвы 0-0,2 м (1)
и 0,20-0,40 м (2). Февраль

Станция	Почва	1	2
Архангельск	Суглинистая	-11,9	-1,0
	Торфяная	-12,0	-1,0
Усть-Уса	Песчаная	-12,4	-1,2
Троицко-Печорское	Суглинистая	-16,1	-0,6
Койнас	Песчаная	-13,3	-0,8
Пинега	Глинистая	-11,7	-0,9
Лоухи	Песчаная	-12,1	-0,4
	Торфяная	-13,3	-1,2
Медвежьегорск	Песчаная	-9,6	-1,2
Кингисепп	Песчаная, пере- увлажненная	-8,8	-1,2

Для уточнения агроклиматической оценки условий перезимовки растений на полях колхозов, совхозов и отдельных госсортоучастков целесообразно использовать расширенный комплекс показателей термического режима почвы, в состав которого вместе с непосредственными значениями температуры почвы должны входить также даты наступления средней суточной температуры почвы и продолжительность периодов с температурой почвы ниже 0°C , суммы отрицательной температуры почвы и т.д. Показатели термического режима почвы для условий зимнего режима представлены в табл.3.

Рассматривая данные табл.3 в сопоставлении с аналогичными данными о температуре воздуха следует отметить, что пространственный диапазон изменчивости показателей термического режима почвы в холодный период довольно значителен. Диапазон изменения дат наступления средней суточной температуры почвы на представленных в табл.3 станциях составил, например, осенью $90(D_I)$, а весной $47(D_{II})$ дней, в то время как в воздухе соответственно $35(D_I)$ и $39(D_{II})$ дней. Почти в два раза отличается интервал изменения продолжительности периода с отрицательной температурой в почве и в воздухе (соответственно 137 и 73 дня).

Следует отметить, что если на отдельных станциях (Лоухи, песок, торф; Архангельск, суглинок, торф) средняя суточная тем-

пература воздуха 0 °С устанавливается в один и тот же день, то в различающейся по механическому составу и типу почве этого не наблюдается. В первом случае на станции Лоухи различия составят около месяца, на станции Архангельск - порядка 10 дней. Если учесть, что за продолжительность зимовки озимых культур принят период с отрицательной температурой воздуха, то аналогичные сведения по температуре почвы могут иметь самостоятельный интерес /2/. То же самое можно отметить и в отношении суммы отрицательной температуры почвы. Учет вариаций этого показателя особенно важен для зимующих растений.

Таблица 3

Показатели термического режима почвы (I) и воздуха (2)
за холодный период

Станция	Наименьшая средняя месячная температура, °С		Дата наступления средней суточной температуры, °С				Продолжительность периода (дни) с температурой ниже 0°С		Сумма температур ниже 0°С
	I	2	I		2		I	2	
	I	2	D _I	D _{II}	D _I	D _{II}	I	2	I
Архангельск:									
суглинок	-1,1	-12,5	30 XI	16 IY	22 X	18 IY	135	178	-90
торф	-1,1	-12,8	10 XII	22 IY	22 X	18 IY	133	178	-90
Мудьюг	-3,5	-12,4	17 XI	21 IY	25 X	25 IY	155	182	-380
Койнас	-3,7	-15,9	3 XI	18 IY	13 X	22 IY	166	191	-410
Пинега	-2,3	-13,9	29 XI	22 IY	16 X	18 IY	144	184	-230
Усть-Уса	-5,6	-18,1	26 X	1 Y	8 X	9 Y	187	213	-740
Троицко-Печорское	-1,1	-17,6	19 XI	16 IY	11 X	17 IY	148	188	-130
Лоухи:									
песок	-0,9	-12,2	25 XI	18 IY	19 X	23 IY	144	186	-90
торф	-0,7	-12,2	24 XII	26 IY	19 X	23 IY	123	186	-60
Медвежье-горск	-3,4	-11,6	17 XI	10 IY	27 X	14 IY	144	169	-360
Кингисепп	-0,2	-7,7	24 I	15 III	12 XI	1 IY	50	140	-10
Андропов	-0,7	-10,9	25 XII	23 III	2 XI	6 IY	94	155	-50

В табл.4 приведены примеры изменчивости показателей термического режима почвы различного механического состава и типа по парам станций (см. табл.1).

Таблица 4

Изменчивость показателей термического режима почвы (1)
и воздуха (2) зимой

Характеристика почв	Наименьшая средняя ме- сячная тем- пература, °C		Дата на- ступления средней суточной темпера- туры 0°C		Продолжи- тельность периода (дни) с темпера- турой ниже 0°C		Сумма темпе- ратур ниже 0°C
	I	2	I	2	I	2	I
Север ЕЧС							
Песчаная - торфяная	-2,5	0,4	23	-3	22	4	-290
Песчаная - глинистая	-1,4	-2,0	26	3	22	7	-180
Песчаная - суглинистая	-4,4	-0,5	24	3	39	25	-610
Северо-Запад ЕЧС							
Песчаная - торфяная	-0,1	0,0	29	0	21	0	-30
Песчаная - тяжело- суглинистая	-2,2	-2,0	21	11	16	16	-270
Песчаная - песчаная, переувлажненная	-2,8	-1,0	55	-2	72	10	-230
Центр ЕЧС							
Супесчаная - суглини- стая	-1,3	1,3	4	-2	-13	-7	-50
Торфяная (осушенная - неосушенная)	-2,7	0,1	нет	-1	нет	-1	нет
Супесчаная - супесчаная, переувлажненная	-1,2	0,8	23	0	9	-3	-70
Южный Урал							
Песчаная - тяжелосугли- нистая	-0,6	0,2	4	-1	-5	-3	-80
Суглинистая - глинистая	-2,3	0,0	12	0	7	0	-170

В табл.4, также как и в табл.1, значения разностей в паре станций с песчаной и суглинистой почвой на севере ЕЧС несколько увеличены в связи с особенностями широтной зональности. В остальном проявление термической неоднородности почвы в условиях зимнего режима можно проследить по всем ее показателям.

Среди показателей зимнего режима важной характеристикой условий перезимовки растений является глубина промерзания почвы. Закономерности ее изменений с глубиной в зависимости от теплофизических свойств почвы определяются влиянием ряда факторов, к основным из которых относятся высота и плотность снежного покрова, температура воздуха, влажность почвы, глубина залегания грунтовых вод и др. /2, 5, 6/.

К изучению промерзания почвы следует подходить также с позиций мезо- и микроклимата. Известно, например, уменьшение глубины промерзания почвы с утяжелением ее механического состава и увеличением влагоемкости. Так, в Карельской АССР наибольшая (64 см) глубина промерзания почвы по осредненным за зиму максимальным значениям была отмечена на станции Медвежьегорск с песчаной почвой, которая в то же время в теплый период имеет наиболее высокую в Карелии теплообеспеченность. Некоторые особенности промерзания почвы в зависимости от ее механического состава и типа были исследованы П.И.Колосковым для территории Дальнего Востока. К примеру, глубина промерзания песчаной и суглинистой почвы различалась в среднем на 50 см, а суглинистой и глинистой - на 8 см / 1 /.

По сравнению с минеральными почвами торфяники промерзают значительно меньше, но в связи с типичной для них неоднородностью некоторых свойств (по степени минерализации, мощности торфяного горизонта и др.), глубина промерзания этих почв довольно изменчива.

По результатам непосредственных наблюдений на защищенных лесными полосами полях с озимой рожью в Саратовской и Орловской областях, В.А.Моисейчик были получены существенные различия в глубине промерзания почв на одном и том же поле / 2 /. Так, глубина промерзания почвы в зависимости от сроков установления и высоты снежного покрова колебалась, к примеру, от 20-30 см (у лесной полосы) до 130-150 см (в центре поля).

На основании обобщений режимных данных А.К.Шкадовой были построены интегральные кривые максимальной глубины промерзания почв различного механического состава и типа / 5 /. Среди кривых, характерных для песчаных, суглинистых и заболоченных почв северо-западных районов ЕЧС (рис.1), наибольший размах имеет интегральная кривая глубины промерзания песчаных почв, для заболоченных почв кривая значительно ограничена, а для суглинистых она занимает промежуточное положение.

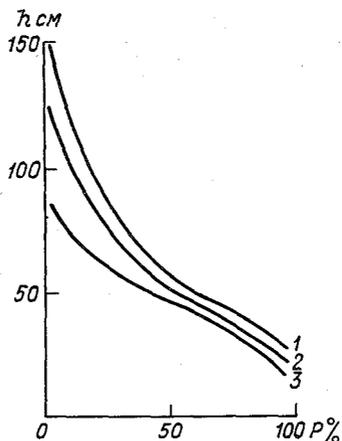


Рис. I. Интегральные кривые максимальной глубины промерзания почв на северо-западе ЕЧС.

1 - песчаная, 2 - суглинистая, 3 - заболоченная почва.

В целях практического учета промерзания почвы на отдельных сельскохозяйственных полях А. М. Шульгиним на основании обобщения исследований ряда авторов были предложены коэффициенты пересчета глубины промерзания почвы в зависимости от характера рельефа / 6 /. Так, по сравнению с равниной на возвышенных местоположениях и северных склонах глубина промерзания почв будет увеличена в 1,2-1,5 раза, на восточных и западных склонах - в 1-1,35 раза, на южных склонах она составит только 0,7-0,9 и заметно уменьшится (0,5-0,7 от ровного местоположения) в пониженных местах (западинах). Из всего изложенного следует, что учет микроклиматической изменчивости термического режима почвы в холодный период может существенно повысить степень надежности интерпретации режимных агроклиматических сведений в конкретных районах на отдельных полях и госсортоучастках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосков П. И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 328 с.

2. Моисейчик В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 295 с.

3. Романова Е. Н., Мосоцова Т. И., Береснева И. А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 245 с.

4. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. - Л.: Гидрометеоиздат, 1979. - 151 с.

5. Шкадова А. К. Температурный режим почв на территории СССР. - Л.: Гидрометеоиздат, 1979. - 240 с.

6. Шулъгин А. М. Климат почвы и его регулирование. - Л.: Гидрометеоиздат, 1972. - 341 с.

В.Г.Туркена

МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ
В ЗАПАДНЫХ ПРЕДГОРЬЯХ СИХОТЭ-АЛИНЫ

Плодоводство на Дальнем Востоке является относительно молодой отраслью сельского хозяйства, призванной обеспечить население отдаленных регионов страны свежими и недорогими ягодами и плодами.

Наиболее интенсивно плодоводство стало развиваться после решений XXIV съезда партии, когда в Приморье началось интенсивное освоение горных склонов под плодовые насаждения, особенно в центральных и южных районах края. Наибольшую площадь плодовые насаждения в крае занимали в 1968 г. (около II тыс.га), затем эти площади сократились и в настоящее время в специализированных совхозах они составляют всего 3172 га, кроме того около 5 тыс.га садов насчитывают приусадебные участки и садовые кооперативные товарищества.

Ассортимент плодовых растений довольно богат. В Приморье выращивается около десяти сортов яблони, семи сортов груши, а также виноград, смородина, крыжовник, абрикосы, сливы, земляника. Получают распространение актинидия, черноплодная рябина и целый ряд других плодово-ягодных растений.

Вегетационный период во всех зонах плодоводства Дальнего Востока за редким исключением довольно благоприятен для возделывания плодово-ягодных растений. Все зоны плодоводства Приморья достаточно обеспечены теплом и влагой, однако вопрос долговечности плодовых насаждений на данной территории вследствие неблагоприятных условий перезимовки является актуальным и требует своего решения.

По данным Приморского треста "Флодопром" совхозы плодово-ягодного направления ежегодно затрачивают на закладку новых насаждений около 60 тыс.руб. Половина этих средств идет на реставрацию старых посадок плодовых растений. В целом по краю в год посадки производятся на 250-300 га. Яблони заменяются в основном через 10-12 лет, а некоторые массивы приходится выкорчевывать уже через 5-6 лет, не получив с них ни одного промышленного урожая.

Чаще всего плодовые насаждения в Приморье гибнут от зимних повреждений: солнечных ожогов, подмерзания плодовых и ростовых почек /4/.

В некоторые годы повреждения плодовых растений отмечаются в результате чрезмерно раннего установления постоянного снежного покрова и резкого перехода температуры воздуха через 0 °С. В качестве примера данного типа зимовки можно привести зимы 1972/73 и 1976/77 гг., когда почва до середины декабря находилась под снегом в талом состоянии, в то время как наземные органы растений подвергались воздействию низких температур (до -15, -20 °С). Однако подобные условия не являются характерными для юга Дальнего Востока и за последние 20 лет наблюдались всего несколько раз.

Наиболее типичны в зонах промышленного плодоводства зимы с устойчивым снежным покровом, выпавшем на предварительно промерзшую почву, с низкими температурами воздуха (-30, -40 °С) и высокой солнечной инсоляцией в течение всех холодных месяцев. Данный тип погоды является результатом действия мощного азиатского антициклона, а в конце зимы (февраль-март) часто наблюдаются вторжения теплых и влажных океанических масс воздуха, приносящих потепления и обильные снегопады /1/.

Таким образом, погодно-климатические условия плодоводческих районов Приморья создают своеобразные ограничения и трудности в развитии садоводства.

С целью выявления зависимости состояния плодовых насаждений от метеорологических условий зимнего периода проводились обследо-

вания этих насаждений в западных отрогах Сихотэ-Алиня (совместно с К.В.Мигиным) которые показали, что большая часть растений имеет значительные зимние повреждения.

Оценка состояния деревьев в отдельные годы производилась по окраске древесины годичных колец на спилах плодовых растений по пятибалльной шкале:

- 0 баллов - видимых повреждений нет;
- 3 балла - средняя степень повреждения, около половины годичного кольца имеет бурый цвет;
- 5 баллов - полная гибель древесины.

Общее повреждение плодовых деревьев также учитывалось в баллах по пятибалльной шкале:

- 0 баллов - видимых повреждений нет.
- I балл - единичные пятна повреждений (солнечные ожоги и бактериоз); единичные повреждения полускелетных ветвей;
- 2 балла - крупные отдельные пятна по 1/3 окружности, единичные повреждения скелетных ветвей;
- 3 балла - повреждены большие участки коры до 1/2 окружности и до 1/2 скелетных ветвей;
- 4 балла - повреждена кора 3/4 окружности и большинство скелетных ветвей, дерево на грани гибели;
- 5 баллов - полная гибель дерева.

Результаты обследований опылов плодовых растений показали, что в пониженных формах рельефа повреждаются почти все плодовые растения, а яблони, сливы и груши после этого полностью погибли, и в дальнейшем были заменены на более зимостойкие насаждения смородины.

Следует отметить, что даже в новых посадках смородины в понижениях имеют место значительные вымерзания цветочных почек, отмечаются существенные повреждения древесины у груши, расположенной на шлейфах склонов. Значительные повреждения и гибель яблони отмечались на вершине южного склона, характеризующейся высокими скоростями изменения температуры воздуха. После раскорчевки яблони на этом участке были высажены абрикосы, которые являются наиболее устойчивыми к неблагоприятным условиям зимовки, в особенности к резким колебаниям температур в течение суток. Состояние высаженных растений по обследованию 1980 г. отличное.

Кроме того, было рассмотрено состояние плодовых растений по данным обследования вымерзания древесины у районированных сортов

яблони и груши (в баллах) на скелетных и полускелетных ветвях на разном уровне над поверхностью почвы.

Весьма характерной особенностью повреждений древесины у всех плодовых пород – яблони, груши, сливы и абрикоса – является увеличение степени повреждений от периферии кроны к основанию штамба, т.е. сверху вниз, с приближением к переменному уровню снежного покрова, где имеет место наиболее неблагоприятный термический режим, характеризующийся наиболее низкой температурой и большой скоростью термических изменений. Отмеченные особенности отражены в табл. I.

Таблица I

Вымерзание древесины груши на пологом западно-юго-западном склоне (превышение над дном долины около 7–12 м)

Часть дерева	Высота от поверхности почвы, м	Годы вымерзания
Штамб	0,2–0,6	1964–1970 (7 лет)
	0,6–1,0	1967–1970 (4 года)
Скелетные сучья	0,3–0,5	1966–1972 (7 лет)
	0,5–1,0	1968 (1 год)

Приведенные факты доказывают, что наиболее опасной и уязвимой зоной зимних повреждений плодовых деревьев (а также и смородины) является самый нижний слой воздуха, прилегающий к уровню снежного покрова. Причем, чем выше расположены ветви над поверхностью снега, тем меньшая степень вымерзания отмечается у них.

Анализ общего состояния плодовых растений, выращенных в различных элементах рельефа, выполненный по данным побурения древесины годичного кольца на штамбах в слое 0–50 см показал, что в долине яблоня и груша чувствуют себя значительно хуже, чем на склонах даже с относительно небольшим превышением.

Исходя из этих данных весьма очевидна необходимость создания плодовых садов на высокозимостойких подвоях – штамбообразователях, а также более строгого учета микроклиматических особенностей участков, отводимых под закладку новых и при восстановлении старых садов. Горный рельеф дает большие возможности для рационального использования территории при размещении плодовых растений.

Обобщения исследований состояния плодовых растений в раз-

личных микроклиматических условиях позволили определить биоклиматические параметры открытосимующих плодовых растений (табл.2).

Таблица 2
Биоклиматическая характеристика яеукрывных плодовых растений

Культура	$T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}}$	$\Sigma T_{\text{макс}} > 0^{\circ\text{C}}$	$A_{\text{сут}}^{\circ\text{C}}$	$V^{\circ\text{C}/\text{ч}}$
Абрикос	<u>-40</u>	до <u>10</u>	<u>20-30</u>	<u>10-15</u>
	Повреждается только весенними заморозками			
Яблоня	<u>-30 -40</u> ниже -40	<u>5</u> 5	<u>20-30</u> 30	до <u>5</u> 5
Слива, вишня	<u>-40 -45</u> ниже -45	до <u>5</u> <u>10-15</u>	<u>20-30</u> 30	<u>5-10</u> <u>10</u>
Груша	<u>-40 -45</u> ниже -45	до <u>10</u> <u>10</u>	<u>20-30</u> 30	до <u>10</u> <u>10</u>
Смородина, крыжовник	<u>-45 -50</u> ниже -50	до <u>10</u> <u>10</u>	<u>30-40</u> 40	<u>10-15</u> <u>15</u>

Примечание. В числителе дан нижний предел оптимальных значений термического режима, в знаменателе - условия, вызывающие зимние термические повреждения плодовых растений.

На Дальнем Востоке, в частности в Приморье, горные склоны давно используются под сельскохозяйственные угодья. Первые результаты опытов по размещению сельскохозяйственных культур и плодово-ягодных насаждений на склонах приводятся в работах Н.И.Жиликова /2/ и Т.П.Самойлова /3/. Однако эти рекомендации основаны на исследовании погодно-климатических условий в основном в период вегетации растений в узком регионе юга Приморья.

При исследовании термического режима воздуха зимой на склонах западных отрогов Сихотэ-Алиня, в центральной части Приморья, автором статьи было выявлено большое разнообразие участков с самым различным сочетанием термических показателей среды.

В качестве агроклиматических показателей для районирования склоновых территорий под посадку плодовых растений с целью более рационального использования склоновых территорий приняты: абсолютный минимум температуры воздуха на высоте 1,5 м за самый холодный месяц, максимальная суточная амплитуда температуры возду-

ха за зиму на той же высоте и уровень положительных температур за холодный период (ноябрь-март) на фоне распределения высоких скоростей изменения температуры воздуха.

По уровню морозоопасности на данной территории были выделены четыре зоны, которые можно охарактеризовать следующим образом: зона I - крайне суровая с абсолютным минимумом за зиму ниже -50°C , занимающая долины; зона II - очень суровая с абсолютным минимумом $-45, -50^{\circ}\text{C}$, занимающая шлейфы склонов; зона III - суровая, абсолютный минимум составляет $-40, -45^{\circ}\text{C}$, занимающая среднюю часть склонов; зона IV - холодная, минимальная температура не опускается ниже -40°C , располагающаяся в верхних частях склонов.

Систематизация данных по максимальной температуре производилась по средней сумме положительных температур за каждый час в течение зимы. На основе этого показателя на территории обследованного совхоза выделены три зоны: зона I - средняя сумма равна $10-15^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ и выше, занимающая узкие долины и замкнутые участки южных склонов; зона II - средняя сумма положительных температур колеблется в пределах $5-10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, основная часть совхоза; зона III - средняя сумма не превышала $5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, небольшое понижение на длинном, крутом западном склоне.

По абсолютной суточной амплитуде (Δt) температуры воздуха на этой же территории выделены три зоны: нижние части склонов, где значения суточной амплитуды температуры достигают 40°C и более, средние части, где $A_t = 30...40^{\circ}\text{C}$, и верхние части, где $A_t = 20...30^{\circ}\text{C}$.

По распределению данных показателей на склонах совхоза были выделены участки с самым различным их сочетанием. Причем большая часть территории характеризуется жесточайшими условиями существования растений, при которых ночные температуры могут достигать $-40, -50^{\circ}\text{C}$, при высоком уровне дневных температур и суточных амплитудах температуры воздуха порядка $30-40^{\circ}\text{C}$. Лишь незначительная часть территории данного хозяйства имеет относительно благоприятные условия для перезимовки плодовых растений.

Результаты обследования имеющихся плодовых насаждений на склонах и изучение термического режима воздуха в этих же местоположениях позволили разработать и предложить рекомендации по размещению ассортимента плодово-ягодных культур с учетом их биологических требований на территории садово-виноградского совхоза.

Например, в пониженных частях рельефа могут выращиваться только смородина, укрывные ягодники и виноград, тогда как яблоны и груши, требующие более высоких минимальных температур и меньших суточных амплитуд температуры воздуха, должны размещаться только в наиболее теплых местоположениях.

В результате проведенных микроклиматических исследований была составлена таблица распределения показателей термического режима воздуха и скорости ветра на склонах западных предгорий Сихотэ-Алиня с учетом их экспозиции, высоты и крутизны (табл.3).

Таблица 3

Изменение микроклиматических показателей, характеризующих условия перезимовки плодовых растений, в зависимости от форм рельефа в западных предгорьях Сихотэ-Алиня

Местоположение	$T_{\text{мин}}^{\circ\text{C}}$	$\Sigma T_{\text{макс}} > 0^{\circ\text{C}}$	$A_{t \text{сут}}$	K_v
Долины (без стока)	-50 и ниже	15	40	0,6
Шлейфы склонов и нижние части пологих склонов:				
Ю, ЮЗ, З	-45...-50	15	40	0,6-0,7
В, ЮВ	-45...-50	10-15	30-40	0,8-0,9
Нижние части крутых склонов:				
Ю, ЮЗ, З	-45...-50	10-15	30-40	0,6-0,7
В, ЮВ	-45...-50	до 10	30-40	1,0-1,1
С, СВ, СЗ	-45...-50	5	20-30	1,1-1,2
Средние части склонов:				
крутых Ю, ЮЗ, З	-40...-45	5-10	30-40	0,7-0,8
В, ЮВ	-40...-45	5-10	20-30	1,2-1,3
пологих Ю, ЮЗ, З	-40...-45	10-15	40	0,9-1,0
В, ЮВ	-40...-45	5-10	30-40	0,9-1,0
С, СЗ, СВ	-40...-45	5	30	1,2-1,3
Верхние части склонов:				
крутых Ю, ЮЗ, З, В, ЮВ	-40...-45	5-10	20-30	0,9-1,2
С, СВ, СЗ	-40...-45	5	20-30	1,4-1,5
пологих Ю, ЮЗ, З, В, ЮВ	-40...-45	5-10	30-40	0,8-1,1
СЗ, С, СВ	-40...-45	5-10	20-30	1,2-1,3
Поляны на вершинах	-40	10-15	20-30	0,6

Примечание. K_v - изменение скорости ветра по отношению к равнине.

Таким образом, зная биологические требования, предъявляемые растениями к температурным показателям среды (см. табл.2), и основные метеорологические условия в различных местоположениях на данной территории (табл.3), можно сделать заключение о возможностях внедрения того или иного плодового растения в новые для него места произрастания.

С помощью данных табл.2 и 3 можно оценить условия перезимовки на территории любого конкретного плодородческого совхоза, расположенного в пределах западных предгорий Сихотэ-Алиня.

Анализ материалов позволил разработать рекомендации рационального размещения растений на склонах с учетом их биологических требований, предъявляемых к термическим показателям среды в зимний период. Результаты показали, что благоприятные условия для перезимовки яблони создаются на ограниченных площадях, занимающих верхние части крутых склонов с северной составляющей (кроме сочетания с западной). Ограничивают ее распространение минимальные температуры воздуха ниже -40°C , максимальные с $\sum T_{\text{макс}} > 0^{\circ}\text{C} > 5^{\circ}\text{C}$, высокая скорость изменения температуры и ее амплитуда.

Груша — более зимостойкая и ожогостойкая культура, может занимать, кроме верхних, и средние части склонов всех экспозиций. Ограничением для ее размещения являются высокие скорости изменения температуры воздуха.

Абрикосы, как самые ожогостойкие растения, могут занимать все неудобные для выращивания яблони и груши площади. Однако следует учитывать, что из-за раннего начала вегетации на южных склонах цветки абрикоса могут повреждаться поздними заморозками.

Слива и вишня могут размещаться на средних частях крутых склонов всех экспозиций, кроме южной. Ограничением для культивирования является высокая максимальная температура воздуха в конце зимы, вызывающая иссушение клеток коры и древесины.

Большую часть склоновых территорий наиболее целесообразно использовать под ягодные кустарники: крыжовник, смородину. Однако следует учитывать, что эти культуры в первую половину лета страдают от недостатка влаги, особенно на южных склонах. Разнообразие рельефа и микроклимата позволяет на одной широте найти такое сочетание показателей термического режима, которое соответствовало бы пределам термоустойчивости определенного фенотипа. В свою очередь большой диапазон широтного изменения при отсутствии существенных различий в рельефе позволяет выбрать усло-

вия, достаточные для успешной перезимовки растений.

Такие показатели термического режима, как оттепели и резкие суточные колебания температуры воздуха, должны быть использованы в качестве прогностических признаков при размещении полезных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А г р о к л и м а т и ч е с к и е ресурсы Приморского края. - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 123 с.

2. Ж и л я к о в Н. И. Результаты опытов по размещению сельскохозяйственных культур на горных склонах. - Труды Горно-таежной ст. Владивосток, 1946, с.45-54.

3. С а м о й л о в Т. П. Опыт разведения плодово-ягодных культур на горных склонах Приморья. - Труды Горнотаежной ст. Владивосток, 1946, с.55-130.

4. М и г и н К. В., Та г и л ь ц е в а В. М. Основные типы зимних термических повреждений деревьев и кустарников на юге Дальнего Востока. - В кн.: Эколого-физиологические особенности древесных пород на Дальнем Востоке в связи с перезимовкой. Владивосток, 1980, с.89-112.

П.М.Богданова

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛИМАТА БОТАНИЧЕСКОГО САДА г.АЛМА-АТЫ

В связи с урбанизацией в последние десятилетия резко возросло внимание к изучению климата и микроклимата городов и их ближайшего окружения, где воздействие человека на природу особенно велико и где она претерпевает наибольшие изменения.

В условиях Алма-Аты под влиянием сложного взаимодействия ряда факторов формируются различные микроклиматы. Его особенности в значительной мере определяются положением города у северной подошвы широко простирающегося хребта Заилийского Алатау (рис. 1), слабыми скоростями ветра в районах предгорий, наличием ярко выраженной горно-долинной циркуляции, загрязнением городского воздушного бассейна, характером и плотностью застройки и т.п.

Город Алма-Ата славится своими зелеными насаждениями. Давно

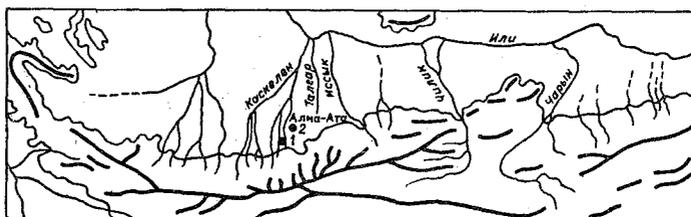


Рис. I. Орографическая схема северного склона Зайлийского Алатау.

1 - Ботанический сад, 2 - ГМО.

прижились здесь американский тенистый клен, развесистый дуб Закарпатья, пирамидальный тополь и вяз из Средней Азии. Среди насаждений города появляются ели и сосны, туи и можжевельники, дикорастущие кустарники.

Зеленые насаждения лучше самой совершенной технической системы мероприятий способны защищать почвы, водные ресурсы и улучшать микроклимат. Алма-Атинский Ботанический сад АН КазССР находится в 7 км от центра города и занимает площадь 108 га. Организован он в 1934 г. Площадь сада имеет сравнительно ровную, незначительно пересеченную поверхность с небольшим уклоном с юга на север и живописным видом на Зайлийский Алатау /1/. Почвы в основном аллювиального происхождения; они залегают на валунно-галечных наносах, состоящих из валунов различных размеров, слабоокатанной гальки и щебня в смеси с дресвой, хрящем и песком. Валунные отложения в западной части располагаются на глубине 1,5-2,0 м, а в восточной - на 2,5-3,0 м. На этих отложениях в западной и центральной частях сада залегают песчаные супеси и суглинки с дресвой и единичными включениями гальки и щебня. Они являются верхним почвенным горизонтом, здесь расположены основные насаждения /2/.

В задачу Ботанического сада входит изучение теоретических основ интродукции и акклиматизации растений в условиях предгорий Зайлийского Алатау. В настоящее время на территории сада создана большая коллекция растений, более 7000 видов и сортов, завезенных из различных физико-географических зон, резко отличающихся по климатическим условиям. Растения расположены на экспозициях, в основу построения которых положены ботанико-географический и декоративный принципы /3/.

Детальная микроклиматическая характеристика территории са-

да совершенно необходима при исследовании приспособления растений в процессе акклиматизации, устойчивости к неблагоприятным факторам, изменения качества продуктов урожая в новой среде. Для этих целей в 1934 г. была организована метеорологическая станция.

Площадка метеостанции расположена в центре сада на ровном и открытом участке, превышение которого над уровнем моря составляет 885 м. Расстояние от подошвы гор примерно 4-5 км, от оси хребта 25 км. Через территорию сада протекает с юга на север горный ручей. В своем верхнем течении ручей образует горную долину, прорезающую горный склон меридионально и направленную прямо на метеостанцию. В полутора километрах восточнее станции расположена долина р.Весновки, ориентированная с юго-востока на северо-запад. Горно-долинная циркуляция выражена здесь исключительно четко. Вечером, ночью и утром на протяжении всего года преобладает юго-восточный ветер (повторяемость 30-50 %) со скоростью 1-2 м/с.

Взаимодействие юго-восточного ветра р.Весновки и южного ветра долины, в которой расположена станция, создает юго-юго-восточное направление /4/. Днем господствует северное направление ветра. По наблюдениям за 1963 г. скорость ветра в годовом осреднении за I, 7, 19 ч почти одинакова (1,0; 0,9; 1,1 м/с), а в 13 ч - в период развития турбулентности она увеличивается до 1,5 м/с. Количество штилей за этот же период в I, 7, 19 ч составляет соответственно 136, 122, 110. В 13 ч число штилей составляет всего 51.

По результатам наблюдений выявлены микроклиматические различия между данными метеостанций Ботанический сад и Алма-Атинская гидрометеорологическая обсерватория (рис.1). В табл.1 приводятся средние многолетние температуры воздуха по данным этих станций. Несмотря на то, что станция Ботанический сад находится выше, чем ГМО, средняя годовая температура воздуха на этих станциях почти одинакова, разность не превышает 0,1 °С.

Заметны значительные различия минимальных температур воздуха. В табл.2 приводятся осредненные значения минимальных температур воздуха за 10-летний ряд наблюдений (1962-1977 гг.). Выбирались годы с холодными зимами. Во все месяцы минимальная температура воздуха по данным станции, расположенной в Ботаническом саду, на 2-4 °С ниже, по сравнению с данными ГМО. В зимние месяцы разница больше. Объясняется это более интенсивным стоком хо-

Таблица 1

Средняя месячная температура воздуха за 1959-1975 гг. по данным наблюдений в Главном Ботаническом саду АН КазССР (ГБС) и Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории (ГМО)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII
ГБС	-6,9	-6,0	2,0	11,4	16,0	21,3	23,6
Алма-Ата, ГМО	-7,4	-5,6	1,8	10,5	16,2	20,6	23,3

Станция	VIII	IX	X	XI	XII	Год
ГБС	22,2	16,4	9,3	1,2	-5,2	8,8
Алма-Ата, ГМО	22,3	16,9	9,5	0,8	-4,8	8,7

Таблица 2

Средняя минимальная температура воздуха за 10 лет

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII
ГБС	-25,1	-24,2	-11,2	-4,7	2,8	7,7	10,8
Алма-Ата, ГМО	-21,1	-20,8	-9,0	-3,7	4,7	9,5	13,4

Станция	VIII	IX	X	XI	XII	Год
ГБС	7,6	-1,3	-7,0	-14,7	-22,4	-6,8
Алма-Ата, ГМО	3,6	0,4	-3,5	-11,7	-18,8	-4,8

лодного воздуха с гор в ночные и утренние часы в районе ботанического сада, где воздух застаивается и выхолаживается.

Максимальная температура воздуха зимой, в начале весны и в конце осени в Ботаническом саду выше, чем в районе расположения ГМО на 0,5–1,5 °С. Разница максимальных температур больше в зимний период, летом различия сглаживаются. С появлением листьев в саду происходят различные процессы (фотосинтез, дыхание, транспирация), влияющие на температуру растений, а, значит, и на температуру прилегающего воздуха. Все эти процессы полностью зависят от погодных условий.

Большое значение при интродукции и акклиматизации растений имеет увлажнение территории. В табл.3 приводятся средние месячные суммы осадков за 1959–1975 гг. В Ботаническом саду, по средним многолетним данным, годовая сумма осадков на 83 мм больше, чем в районе расположения ГМО. Такая разница в осадках объясняется влиянием орографии, поскольку метеостанция Ботанического сада ближе расположена к горам.

Таблица 3

Средняя месячная сумма осадков за 1959–1975 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Алма-Ата, ГМО	28	29	62	92	93	57	36	24	26	49	47	32	575
ГЭС	33	34	74	108	110	60	38	34	31	52	53	31	658

В весенний период во время хорошо развитой циклонической деятельности выпадает максимальное количество осадков (табл.3) и отмечается наибольшая разность в осадках двух станций. Летом, когда выпадает минимальное количество осадков, разность составляет 2–10 мм.

На состояние корневой системы в зимний период оказывает влияние не только термический режим, но и устойчивость залегания снежного покрова.

За последние 5–7 лет в Ботаническом саду, как и в городе (ГМО), снежный покров устойчив в течение всего зимнего периода. Сход снежного покрова происходит в Ботаническом саду на 3–5 дней позже, чем в городе. В саду отражательная способность снега выше за счет большей чистоты воздуха.

В табл.4 приводятся средние многолетние данные по снежному покрову по декадам за 1960–1977 гг., которые свидетельствуют о

том, что высота снежного покрова в Ботаническом саду на 2-5 см больше, что объясняется большим количеством выпадающих осадков и задерживающим эффектом самого сада.

Таблица 4

Средняя многолетняя высота снежного покрова по декадам за 1966-1977 гг.

Станция	Январь			Февраль			Март			Ноябрь			Декабрь		
	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3
ГЭС	18	21	25	24	23	22	16	9	4	7	4	6	11	14	20
Алма-Ата, ГМО	17	21	23	24	23	20	16	8	4	2	4	6	7	11	15

Ботанический сад во все времена года получает больше осадков, что необходимо учитывать при расчете поливных норм интродуцированных растений.

Таким образом, на территории Главного ботанического сада образуется микроклимат, отличающийся от микроклимата города. Микроклиматические наблюдения были организованы в насаждениях плодового сада (*Malus Sibirica*) и на участке хвойных насаждений (*Picea schrenkiana* Fisch, et Mey). Для контроля служила метеостанция, удаленная на 100 м от хвойных насаждений.

Высота елей и плодовых деревьев составляла 2 м, подстилаящая поверхность - сидератные травы в саду, в насаждениях хвойных деревьев - естественный травостой. Формировка кроны в саду пальметтная, возраст 4-5 лет.

Наблюдения проводились за температурой и влажностью воздуха, недостатком насыщения в сроки 9 и 15 ч (время декретное) на уровнях 0,20 и 2,00 м от поверхности почвы. В зимнее время проводились наблюдения за снежным покровом, его высотой и плотностью по весовому снегомеру. Измерения температуры и влажности воздуха проводились психрометром Ассмина согласно принятой методике /6/. Наблюдения за ветром не проводились, так как скорость ветра на указанных уровнях от поверхности почвы практически равна нулю (гасится растительностью сада).

Температура воздуха на участках Ботанического сада очень изменчива, так как зависит от различных причин: степени сомкнутости кроны, роста деревьев и кустарников, размеров листьев, стволов и т.д.

В утренний срок как на открытой площадке, так и на его участках очень часто наблюдаются приземные инверсии. По осредненным данным (табл.5) инверсии почти отсутствуют. Однако в отдельные дни они достигают в слое 0,2-2 м 2,0 °С и более.

Таблица 5
Средняя температура воздуха, °С

Срок	Высота над поверхностью почвы, м	1976			1977		1978	
		плодовый сад	хвойные	контроль	плодовый сад	контроль	плодовый сад	контроль
9 ч	0,20	20,3	19,3	20,1	19,4	20,2	20,3	20,9
	2,00	20,6	19,4	20,1	19,4	20,1	20,2	20,4
15 ч	0,20	24,4	23,7	24,0	24,9	24,7	25,3	25,8
	2,00	23,1	23,0	23,2	24,5	24,0	25,8	25,5

Если же рассматривать относительную влажность на трех участках, то на уровнях 0,2 и 2,0 м в насаждениях *Malus sibirica* она на 4-5 % больше, чем на контрольной площадке, и на 2-3 % больше по сравнению с участками *Picea schrenkiana* Fisch et Mey, так как испаряющая поверхность листьев больше, чем поверхность хвои.

Оказалось, что за все годы наблюдений относительная влажность как на уровне 0,2 м, так и на уровне 2,0 м, в утренний срок в плодовом саду на 3-5 % больше, чем на контрольной площадке, и на 3 % больше, чем в насаждениях хвойных (табл.6).

Таблица 6
Средняя относительная влажность воздуха, %

Срок	Высота над поверхностью почвы, м	1976			1977		1978	
		плодовый сад	хвойные	контроль	плодовый сад	контроль	плодовый сад	контроль
9 ч	0,2	55	49	52	48	45	56	54
	2,0	51	44	48	44	41	53	50
15 ч	0,2	43	42	38	37	34	52	46
	2,0	40	37	34	34	32	48	44

В дневной срок в насаждениях *Malus siversii* относительная влажность на уровне 0,20 м от поверхности почвы на 3-7 % больше, чем на контрольной площадке, и на 2-8 % больше, чем в насаждениях *Picea schrenkiana* Fisch et Mey.

На состояние корневой системы в зимний период оказывает влияние также устойчивость залегания снежного покрова (см. табл.3). За исследуемый период снежный покров залегал с первой декады декабря и был устойчив каждую зиму. По средним данным наибольшая высота снежного покрова отмечалась 30 декабря.

На разных участках Ботанического сада снежный покров залегает неравномерно. В насаждениях *Picea schrenkiana* Fisch et Mey высота снежного покрова на 2-5 см больше, чем в посадках *Malus siversii*, так как в зимнее время деревья плодового сада сбрасывают листву и задерживают снежный покров меньше, чем хвойные насаждения (табл.7). Высота снежного покрова на контрольной площадке и в плодовом саду почти одинакова.

Таблица 7
Средняя высота снежного покрова (см) за 1976-1979 гг.

Участок	I 0			I 10			I 20			I 30			Средняя за период
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
Плодовый сад	33	35	36	28	26	22	17	23	28	35	28	28	
Хвойные	37	36	36	32	29	28	19	23	29	38	31	31	
Контроль	33	34	34	30	27	22	66	22	26	35	28	28	

Анализ материала позволяет сделать следующие выводы: температура воздуха на разных участках Ботанического сада зависит от вида произрастаемых растений, погодных условий, места расположения. Проведенные исследования показали, что в растительных сообществах произрастающих со всем рядом, создаются различные экологические условия, в которых растения растут и развиваются.

Природные условия территории Ботанического сада позволяют интродуцировать и акклиматизировать растения Северной Америки, Восточной Азии, Сибири и Дальнего Востока, Европейской части СССР, Крыма и Кавказа, Средней Азии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушков К. Л., Ванифатов Д. Н. Плановое задание на проектирование Алма-Атинского ботанического сада Академии наук КазССР. - Труды Алма-Атинского бот.сада, т.Ш, 1956, с.3-18.

2. Соколова С. Н. Почвы Алма-Атинского ботанического сада в связи с вопросом о вертикальной зональности в Заилийском Алатау. Алма-Ата, 1962, с.3-17.

3. Рубаник В. Г., Кадочникова А. А. Создание экспозиции растительных зон в Алма-Атинском ботаническом саду. - Труды Алма-Атинского ботанического сада, т.У, 1960, с.20-35.

4. Гельмгольц Н. Ф. Горно-долинная циркуляция в предгорной зоне. - Труды КазНИИМ, 1961, вып.14, с.43-117.

5. Микроклимат СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 286 с.

6. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 152 с.

С.М.Талалаев

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ НА ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ

Научно-технический прогресс, охвативший практически все сферы материального производства, привел к сложным и нередко конфликтным ситуациям взаимодействия экономики и окружающей среды. Важнейшими последствиями научно-технического прогресса и бурного развития производительных сил являются стремительный рост потребления природных ресурсов, накопление промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов и связанные с ними нарастающее загрязнение окружающей среды, отчуждение и деградация ценных земель.

Наиболее развитым в промышленном отношении районов Заполярья является Кольский полуостров. Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности, вовлечение в эксплуатацию месторождений с низким содержанием полезного ископаемого резко увеличивает

объем отходов обогащения и вызывает необходимость сооружения крупных хвостохранилищ.

Так, например, отходы апатито-нефелиновых обогатительных фабрик (АНОФ) производственного объединения "Апатит" складированы в хвостохранилищах.

Хвостохранилище АНОФ-2, площадь пляжей и защитных дамб которого составляет несколько сотен га, расположено на губе оз.Имандра у западных отрогов Хибинского горного массива, высота которых здесь достигает 500-600 м над уровнем моря. Отроги гор вдоль берега озера оказывают влияние на формирование господствующих направлений ветра, влияние которых достигает расположенного в 6-8 км от хвостохранилища города.

Твердая компонента пылины представлена в основном нефелином, эгирином и другими сопутствующими минералами, гранулометрический состав которых представлен преимущественно фракцией частиц от 0,1 до 1,0 мм (табл.1), при среднем диаметре 0,34 мм.

Таблица 1
Критическая скорость выдувания и дальность переноса частиц
нефелиновых песков

		Диаметр фракции, мм					
		8,0-1,0	1,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,03	0,03-0,01	<0,01
Критическая скорость, м/с	10-15	4,0-10,0	3,5-4,0	4,0-8,5	8,5-12,0	12-15	
Расстояние переноса	нес- кольк о	1,0- 1,5 км	10 км	около 300 км	около 1500 км	более 1500 км	

В данной работе рассматривается влияние метеорологических величин на пылеобразование с поверхности хвостохранилища.

При определенной метеорологической ситуации на поверхности высохших пляжей и защитных дамб возникает пыление, т.е. хвостохранилище становится источником повышенного загрязнения атмосферы и окружающей среды.

Пыление пляжей хвостохранилищ возникает при температуре воздуха выше 0 °С и определенных скоростях ветра. Поскольку в зимне-весенний период пески хвостохранилища либо скрыты под снегом,

либо смерзлись во время намыва при отрицательных температурах, то и перехода их в аэрозольное состояние практически не наблюдается, поэтому период возможного (по климатическим условиям) пылеобразования с поверхности хвостохранилища включает в себя пять месяцев (май - сентябрь).

Характер барического поля над Кольским полуостровом определяет преобладание летом ветра северного и северо-западного направления. В центральных районах Кольского полуострова, в том числе и в районе хвостохранилища, ветровой режим зависит не только от барического градиента, но и от местных особенностей подстилающей поверхности. Хибинский горный массив оказывает большое влияние на деформацию скорости и направления воздушного потока. Розы ветров в отдельные месяцы теплого периода практически не отличаются. Преобладает ветер северо-северо-западного (43 % - по числу случаев и 33,4 % - по сумме скоростей) и юго-восточного (33,6 и 20,1 % соответственно) направления. Эти два сектора вмещают все основные перемещения воздушных масс и по числу случаев (76,6 %) и по сумме скоростей (53,5 %).

Исследованиям закономерностей отрыва ветровым потоком песчаных частиц как с естественных, так и техногенных поверхностей, посвящено много работ /1-5/. В этих работах большое внимание уделяется определению критических скоростей ветра, при которых начинается отрыв частиц от поверхности, количеству переносимого ветром материала и влиянию метеорологических величин (в основном скорости ветра) на изменение характеристик ветропесчаного потока.

Проведенные исследования /1-5/ показывают, что выдувание частиц почвы размером от 0,05 до 0,10 мм начинается при скорости ветра 3,5-4,1 м/с, а частиц размером от 0,1 до 1,0 мм при скорости 4,2-10,0 м/с (табл.1). Так как скорость ветра обычно определяется на высоте флага (7-12 м), поэтому и пороговая скорость часто имеет различное значение. Скорость потока иногда измеряется и на меньшей высоте (0,1-2,0 м), что также усиливает пестроту пороговых значений скорости выдувания. Изменение скорости ветра по высоте в приземном слое уже в течение нескольких десятилетий изучается достаточно тщательно. Данные исследователей /5/, занимающихся изучением ветропесчаного и снеговетрового потоков, определенные на различных уровнях укладываются в рамки закона логарифмического распределения. Характеристикой, подлежащей изучению и определению является пороговая скорость вовлече-

ния частиц на нулевом уровне. Она зависит как от характера рельефа, так и от фракционного состава. Поэтому наиболее правильным было бы определять пороговые скорости на нулевом уровне (на уровне поверхности). В таком случае появилась бы возможность сравнения результатов, полученных в различных регионах. Наблюдения показывают, что пороговая скорость начала движения нефелиновых песков указанного состава (табл.1) и без разделения по фракциям составляет 1,5-2,0 м/с на уровне поверхности, что соответствует скорости 3-4 м/с, измеренной на высоте флюгера.

Судя по ветровому режиму района хвостохранилища вероятность начала передвижения частиц нефелиновых песков составляет 53 % (табл.2).

Таблица 2

Средняя многолетняя повторяемость (%) различной скорости ветра по месяцам

Месяц	Скорость ветра, м/с			
	0-2	3-6	7-9	10 и более
Май	50,3	42,4	6,7	0,6
Июнь	46,7	44,7	7,3	1,3
Июль	45,5	46,5	6,7	1,3
Август	50,1	43,0	6,4	0,5
Сентябрь	42,5	45,7	9,7	2,1
Средняя за период	47,0	44,4	7,4	1,2

В соответствии с количественной характеристикой можно определить и качественную. При скоростях ветра 0-2 м/с - пыления нет, при 3-6 м/с - начало и слабое пыление, при 7-9 м/с - все фракции переходят во взвешенное состояние, при 10 м/с и более - возможно передвижение даже влажных частиц.

Возникновение пылеобразующей ситуации на хвостохранилище зависит не только от скорости ветра, но и от ряда других факторов: температуры воздуха, влажности песка, продолжительности и количества осадков, длительности высыхания поверхностного слоя, которая зависит от испаряемости, определяемой теплоэнергетическими ресурсами района и др.

Влияние метеорологических факторов на возникновение пылеобразования на хвостохранилище можно оценить, используя комплекс

следующих характеристик: температуру воздуха выше 0 °С, скорость ветра и количество осадков не более 1,0 мм. При вероятностной оценке влияния всего комплекса метеорологических величин на пылеобразование предполагалось, что эти характеристики являются независимыми. Поэтому вероятность одновременного их появления определяется произведением вероятностей каждого события в отдельности. В результате расчета вероятностного возникновения пылеобразующей ситуации была определена ее продолжительность в течение теплого периода при различной скорости ветра (табл.3).

Таблица 3
Продолжительность пылеобразующей ситуации (ч)
при различной скорости ветра по месяцам

Месяц	Скорость ветра, м/с							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Май	223	156	97	60	30	15	8	3
Июнь	274	202	137	79	43	22	14	7
Июль	290	208	134	74	45	22	8	8
Август	238	164	104	60	37	15	8	2
Сентябрь	266	202	137	86	58	29	14	7
Средняя за период	1291	932	609	359	213	103	52	27

Если ветровой режим района обуславливает пылеобразование более, чем в половине периода (табл.2), то учет дополнительно только двух метеорологических величин сокращает продолжительность пылеобразующей ситуации до одной трети (табл.3).

Количественно оценить перенос песка трудно. Исследователи применяют эмпирические зависимости /1-5/, полученные для конкретного района по результатам измерений расхода песка. Наибольшее применение нашли эмпирические выражения, в которых перенос песка определяется степенной зависимостью от скорости ветра, показатель степени которой изменяется от 1 до 5.

На основе натуральных измерений расхода песка была получена корреляционная зависимость, уравнение которой имеет вид: $q = 0,008 + 0,013 v^{0,05}$, где q - расход песка, кг/(м²·с), v - скорость ветра на высоте 0,05 м, м/с. Статистические характеристики этой зависимости следующие: коэффициент корреляции $r =$

= 0,854, среднее квадратическое отклонение коэффициента корреляции $\sigma_r = 0,065$ и его достоверность $\mu_r = 13,05$.

Сравнение результатов натуральных измерений и расчетов по этим данным с другими известными результатами /2, 4/ показывает небольшую расхожимость в полученных значениях, обусловленную применением различных приборов для измерения расходов песка и выбором эмпирических зависимостей.

Ветровая эрозия песка (или почвы) – динамический процесс. В зависимости от размеров частицы вовлекаются в процесс дефляции, разделяющийся на скольжение, сальтацию (скачкообразное движение) и диффузию. В процессе диффузии участвуют частицы малых размеров (0,1 мм и менее) и они, оторвавшись от поверхности, могут транспортироваться воздушными потоками на большие расстояния (10 км и более) (см. табл. I).

Очевидно, что границы, разделяющие разные механизмы переноса, должны зависеть от критериев, в которые входят не только размеры и масса частицы, но и динамические характеристики воздушного потока. Поэтому при разных скоростях ветра соотношение взвешенных, сальгирующих и перекатываемых частиц должно быть различным. Определяющей величиной в критериях разделения процессов диффузии и сальтации служит отношение динамической скорости $v_* = \sqrt{K \partial u / \partial x}$, где K – коэффициент турбулентности и скорости гравитационного оседания частиц w_g . Условием сальтации является критерий $10^{-2} \leq v_*^2 / w_g^2 \leq 1$, диффузии – $\lambda v_* / w_g > 1$ / I /.

Исходя из критериев получим критические значения динамической скорости возникновения процессов сальтации и диффузии (табл. 4) для более дробного распределения нефелиновых песков по фракциям.

Таким образом, процессу сальтации по динамическим условиям подвержены все фракции нефелиновых песков в соответствии со скоростями ветра. В процессе же диффузии могут участвовать только частицы, имеющие диаметр менее 0,06 мм, поскольку значение динамической скорости 1,41 м/с для частиц, имеющих диаметр более 0,06 мм, может быть достигнуто при скоростях, превышающих 20 м/с, а вероятность таких скоростей в этом районе очень мала (< 0,1 %). Следовательно, получим, что в процессе диффузии в соответствии с климатическими особенностями района может участвовать лишь 3,0 % нефелиновых песков.

Используя полученное выражение для расхода песка, можно

рассчитать количество песка, поднимаемое ветром с поверхности хвостохранилища. Например, при скорости $v = 10$ м/с, расход песка составит $0,138 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Умножая это значение на коэффициент, зависящий от конструкции пылемера (в данном случае использовался метелемер В0-2), который составляет от 2 до 3, получим расход песка: $q = 0,28 \dots 0,41 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Масса частиц, поднятая в воздух (дхр), составит $0,0084 \text{--} 0,0123 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Таблица 4

Критические значения динамической скорости процессов сальтации и диффузии частиц нефелиновых песков (м/с)

Средняя фракция, мм	2,05	1,3	0,82	0,52	0,36	0,26	0,16	0,13
Состав, % ...	0,9	1,8	5,0	15,8	16,6	29,3	12,7	10,3
Сальтация ...	0,67	0,53	0,42	0,34	0,28	0,24	0,19	0,17
Диффузия ...	16,65	13,26	10,53	8,39	6,98	5,93	4,65	4,19

Средняя фракция, мм ...	0,082	0,057	0,035	0,015	0,008	0,005		
Состав, %	4,9	0,8	1,0	0,3	0,2	0,4		
Сальтация	0,06	0,03	0,01	0,002	0,0005	0,00002		
Диффузия	1,41	0,68	0,26	0,05	0,014	0,005		

Загрязнение атмосферы и окружающей среды за счет пыления с техногенных поверхностей обуславливается не только влиянием метеорологических величин, но и в большей степени самим процессом производства технологических работ по образованию таких поверхностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б ю т н е р Э. К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 158 с.
2. Г а е л ь А. Г., С м и р н о в а Л. Ф. Ветровая эрозия легких почв каштаново-черноземной зоны СССР. Вестник МГУ. Серия VI. Биология, почвоведение, 1960, № 2, с.51-62.
3. З а х а р о в П. С. Пыльные бури. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 164 с.
4. О с т р о в с к и й И. М. Перенос песка во взвешенном состоянии. - В кн.: Пыльные бури и их предотвращение. - М.: изд. АН СССР, 1963, с.51-65.

Б. Сенкевич Б. Н. О генезисе основных форм золотого рельефа песчаных пустынь. — Ашхабад: Ылим, 1976. — 184 с.

К.Ш.Хайруллин, Ю.М.Ненилина

МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЗОН СССР

В эпоху научно-технической революции, когда степень воздействия человека на окружающую среду сопоставима с естественными природными процессами, корректная оценка этого воздействия в целях направленного его регулирования, является одной из основных задач экологии. Демографический взрыв и урбанизация являются одной из характерных особенностей современной экологии. Большой город (с населением 100 тыс. человек и более) является "пятном" на фоне окружающего его ландшафта и создает особый метеорологический режим, отличающийся от естественных природных условий /2, 5, 6, II-IV, IV, 18/. В связи с этим актуальным является изучение возникающего в результате существования большого города комплекса мезомасштабных отклонений от климатических условий естественных ландшафтов. Такие сведения необходимы проектировщикам, архитекторам, строителям, медикам, гигиенистам, экономистам, хозяйственным руководителям и представителям многих других профессий. Особенно актуальным стал вопрос климатического изучения города в связи с антропогенным загрязнением окружающей среды.

По данным /13/ в СССР на 1981 г. среди урбанизированных зон насчитывалось свыше 2000 городов и 4000 поселков городского типа. Крупные города составляют около 5 % от их числа, однако в них проживает 60 % всего городского населения, 21 город насчитывал более 1 млн. жителей. Урбанизированные зоны занимают площадь $95 \cdot 10^3 \text{ км}^2$, что составляет менее 0,5 % всей территории СССР. Как и в других промышленно развитых странах, в СССР существуют крупные агломерации: Московская, Ленинградская, Киевская, Донецкая и др. В урбанизированных зонах потребляется большое количество энергии, которое составляет в среднем за год 20 Вт/м^2 . В зимний период в связи с расходами на отопление тепловые выбросы в два раза больше, чем летом.

С ростом городов их площадь не увеличивается прямо пропорционально росту населения: город растет ввысь, возрастает плотность застройки. На рис. I представлен график зависимости площади города от численности населения. При численности населения

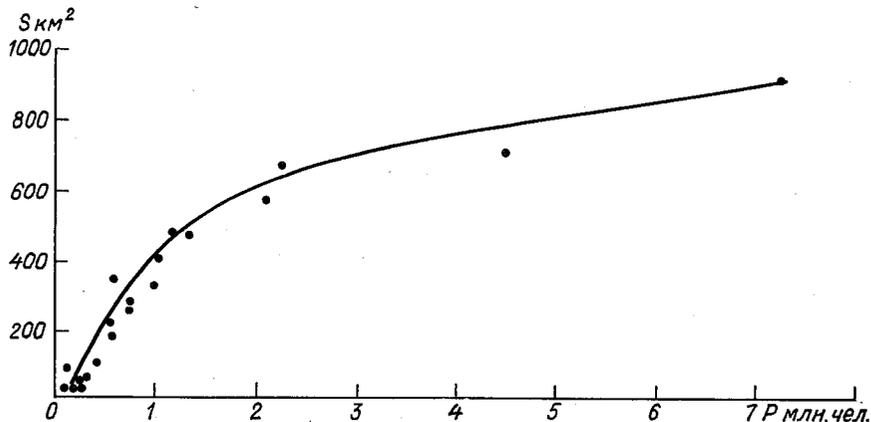


Рис. I. Зависимость площади города S от численности населения P .

200–300 тыс. эта связь является почти линейной, а при дальнейшем возрастании населения связь стремится к экспоненте, что указывает на возрастание плотности населения на единицу площади городов-гигантов. Отсюда следует и значительное влияние большого города на основные метеорологические факторы: солнечную радиацию, температуру, влажность, ветер и другие элементы, а также на атмосферные явления.

История изучения особенностей климата города насчитывает свыше 100 лет. В западной литературе стали классическими книги А.Кратцера, В.Бёера, Ландсберга. В нашей стране первое исследование о климате Москвы было выполнено в 1826 г. Д.М.Перевозиковым /10/, затем в 1847 г. М.Ф.Спаский опубликовал работу "О климате Москвы", где на основании 26-летнего материала наблюдений подробно рассматривал термический режим и давление, а также повторяемость таких явлений, как грозы, град, туманы. Позднее публиковалось много работ, связанных с городским климатом и его особенностями в плане воздействия города как на локальный, так

и на глобальный климат. Много внимания уделялось биометеорологическому воздействию города и особенностям строительства в сухом или жарком климате. Среди этих работ следует отметить "Микроклимат южных городов" Г.В.Шелейховского /19/, описания климатов Москвы и Ленинграда.

В последние годы под методическим руководством Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова были подготовлены описания климата городов СССР, среди которых можно выделить описания климата Ленинграда, Киева, Минска, Ташкента и Новосибирска /10/.

Рассмотрим воздействие города на различные метеорологические элементы.

Термический режим. В связи с тепловыми выбросами наблюдается повышение температуры воздуха в городах. На рис.2 представлена зависимость повышения температуры воздуха от численности населения города. Согласно данным рис.2, при численности населения свыше 1 млн. повышение температуры в среднем за год достигает 1 °С и более. Подобную зависимость для максимальных термических различий и численности населения установил Т.Оке /21/ для городов Северной Америки и Европы. Отмечается, что в Северной Амери-

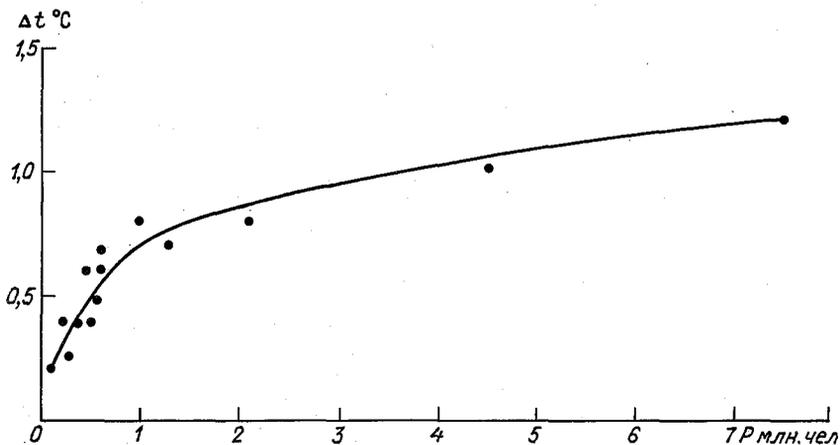


Рис.2. Средняя годовая разность температуры воздуха в городе и окрестностях Δt в зависимости от численности населения P .

ке по сравнению с Европой острова городского тепла характеризуются большими превышениями температур.

На наш взгляд, в более континентальном климате при низкой температуре и минимальной скорости ветра остров тепла более устойчив и в этот момент различия достигают максимальных величин. В Москве, Ленинграде, Новосибирске различия в такой период могут достигать 8–12 °С, иногда 15 °С. Отметим, что даже в Якутске в условиях зимнего антициклона и штиля температура воздуха в городе может быть на 6–8 °С выше, чем в окрестностях /10/. Влияние тепловых выбросов на термический режим города можно проследить на примере Ленинграда. Так, после Великой Октябрьской социалистической революции и в период блокады в годы Великой Отечественной войны в связи с нехваткой топлива и остановкой работы промышленных предприятий разность температур город – пригород зимой уменьшалась до 0,4 °С. Такая разность была отмечена еще в 19 в. в начале промышленного развития города (рис.3).

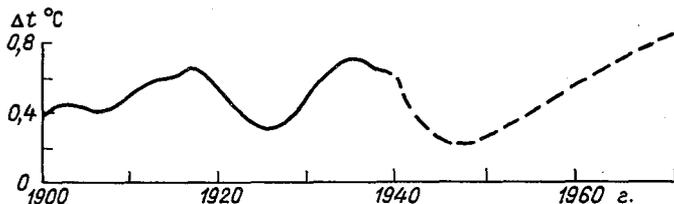


Рис.3. Термические различия город – пригород в Ленинграде. Скользящие пятилетние средние, февраль.

Однако вывод о том, что город теплее пригорода не пригоден для южных городов и некоторых городов умеренной зоны в летний период. Города, расположенные в степной и полупустынной зонах, и характеризующиеся большой плотностью зеленых насаждений, являются как бы оазисами прохлады, где температура на 1–2 °С ниже, чем за городом, причем днем эти различия увеличиваются.

Пространственное распространение термических различий микроклиматического плана подробно изучено в различных городах мира, Рисунок иллюстрирует термические различия в пределах Ленинграда в ясную тихую погоду, когда разность с пригородом достигала 6 °С.

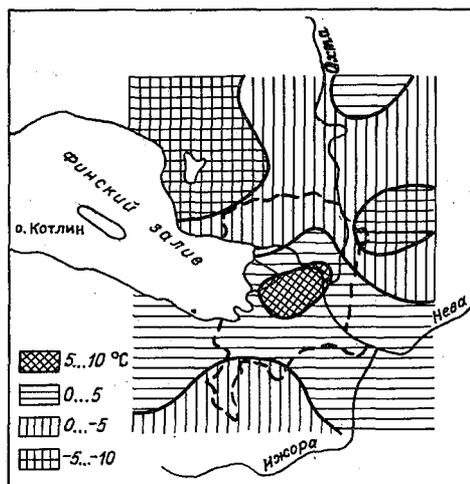


Рис.4. Влияние города на термический режим зимой в ясную погоду. Ленинград; штриховкой показаны отклонения температуры ($^{\circ}\text{C}$) от реперной станции.

В ряде городов проводились исследования вертикального распространения острова тепла. Установлено, что в Нью-Йорке, в Москве и в Ленинграде повышение температуры в зимние и предзимние месяцы распространяются до высот 250–300 м, а выше формируется озеро холода, сформированное местной циркуляцией. По исследованиям П.А.Воронцова и К.Ш.Хайруллина /8/ в Ленинграде в ясную погоду остров тепла прослеживался до высоты 250 м. Наибольшие мезо- и микроклиматические различия наблюдаются в пасмурную и тихую погоду, так как облачность играет роль "запирающего" слоя, малые скорости ветра также обуславливают слабое турбулентное перемешивание, на высотах 300 м и более располагается слой с более низкой температурой воздуха, чем над городом и сельской местностью. В работе И.В.Васильченко и Б.И.Вдовина /7/ отмечается также эффект понижения температуры над городом начиная с некоторой высоты по сравнению с пригородом. Высота острова тепла колеблется в зависимости от сезона и погодных условий обычно от 50 до

300 м. Максимум перегрева в Запорожье летом отмечается на высотах около 300 м, так же, как в Новокузнецке и ряде других городов; при этом стратификация в ночные часы более устойчива. Зимой в слое 100–200 м при устойчивой стратификации в окрестностях над городом стратификация была неустойчивой или близкой к равновесной.

Сложным вопросом является влияние города на термический режим почвы в условиях многолетне-мерзлых грунтов. При строительстве города в сложных геофизиологических условиях нарушается естественное динамическое равновесие теплового баланса почвы, что приводит к оттаиванию грунтов и последующему разрушению строений. Метод строительства зданий на сваях с проветриваемым фундаментом, разработанный в СССР, позволяет сохранить мерзлоту в ее естественном состоянии (все, что оттаяло летом, промерзло зимой). В районах с неустойчивой мерзлотой изменение температуры воздуха на 1–2 °C под зданиями может привести к таянию грунтов и необратимым последствиям. Совместные усилия строителей и климатологов позволяют дать прогноз поведения криогенных преобразований: вспучивание, образование трещин и наледей и возможное оттаивание вечномерзлых грунтов /5/. В обычных условиях, когда в городах с асфальта счищается снег, глубина промерзания в городе возрастает на 30–50 см по сравнению с естественной поверхностью, покрытой снегом, поэтому промерзание почвы в городе начинается раньше и почва промерзает глубже, чем за городом.

Солнечная радиация. При построении модели теплового режима города ее следует разделить на два типа – зимний и летний. Зимой основное воздействие на тепловой режим оказывают выбросы тепла. В летний период, когда общий расход топлива уменьшается, возрастает приток солнечной радиации и под влиянием облака примесей в городе возникает парниковый эффект. Установлено, что потоки коротковолновой радиации в городе на 5–10 % меньше, а потоки длинноволновой на 5–15 % больше, чем в окрестностях. Ослабление суммарной и прямой радиации в городских условиях неодинаково. В центре города суммарная и прямая радиация составляет соответственно 0,9 и 0,7 от значений в пригороде. Особого увеличения рассеянной радиации в городе не наблюдалось.

Обобщение сведений по большим городам умеренной зоны СССР, позволило выделить общие закономерности метеорологического режима. В городах снижается интенсивность прямой радиации в среднем за год на 10–20 %, зимой до 50 %. Радиационный баланс уменьшает-

ся также на 10-20 %, на 25 % меньше затраты тепла на испарение. Существенно также изменение альбедо: в городе оно меньше на 10-15 % летом и на 30-40 % зимой, что связано с загрязнением или отсутствием снега. Уменьшается и продолжительность солнечного сияния - зимой на 20-30 %, летом на 5-15 %. Особенно существенны эти различия для северных городов при низких высотах солнца. По данным Т.А.Голубовой /9/, продолжительность солнечного сияния на метеостанции в Ленинграде в среднем за год на 15 % меньше, чем в пригороде, летом различия составляют 10 %, а осенью - 20 %. Это справедливо для сравнительно открытой площадки, для реальной многоэтажной застройки эти цифры возрастают. В декабре пелена мглы в городе снижает продолжительность солнечного сияния на 30 %. Вместе с уменьшением интегрального потока радиации в городе варьирует и коэффициент прозрачности или фактор мутности. Так, в среднем за год в Москве и в Ленинграде фактор мутности на 30-40 % выше, чем в пригороде. Влияние переноса загрязняющих веществ на ослабление радиации можно проследить на примере Москвы, где в наветренных районах города суммарная радиация практически равна пригородной, а в центральных и подветренных районах в среднем за год на 5-10 % ниже /10/. В последние годы в связи с принятыми мерами по защите окружающей среды и атмосферного воздуха продолжительность солнечного сияния в городах несколько увеличилась и приблизилась к нормам 1930-1940 гг. Уменьшение содержания примесей в воздухе на 10 мкг/м³ приводит к увеличению притока суммарной солнечной радиации примерно на 1 %.

Для практических целей интерес представляют спектральные характеристики, в частности поток ультрафиолетовой радиации (УФР), который составляет 3-4 % интегрального потока, достигающего зимой поверхности. Биологически активная радиация во всем потоке также составляет не более 3-4 %, поэтому прямые измерения УФР не проводятся, так как это связано со значительными техническими трудностями, и используются лишь расчетные сведения. Существуют расчетные фоновые данные УФР для СССР и земного шара, и общие оценки ее изменения в городе в зависимости от соотношения прямой и рассеянной радиации. Аэрозоли являются поглотителями УФР, поэтому жители больших городов страдают от солнечного голодания, несмотря на достаточные ресурсы УФР, потери которой от загрязнения атмосферы городов пылью, дымом, газами могут достигать 20-40 % фоновой /3/.

Пример влияния анизотропности диффузной радиации приведен

в табл. I, из которой следует, что значения диффузной радиации даже на горизонтальную поверхность с северной и южной сторон здания, могут отличаться в 2-5 раз (на освещенной стороне больше).

Таблица I
Значения диффузной радиации ($\times 0,7 \text{ кВт}\cdot\text{м}^2$) на горизонтальную поверхность в полуденные часы в ясную погоду

Город	Дата	D_0	D_T	$D_0/D_T\%$	R_0	R_T	$R_0/R_T\%$
Ленинград	VI 1967 г.	0,15	0,06	250	0,19	0,03	630
Ереван	XII 1967 г.	0,15	0,08	190	0,15	0,03	500
Чита	II 1968 г.	0,19	0,10	190	0,10	0,03	300

Примечание. Здесь D_0 , D_T - рассеянная радиация; R_0 , R_T - отраженная радиация в освещенной и теневой части здания.

В городах Южного Урала, Сибири и Дальнего Востока в предвесенние месяцы в дневные часы температура инсолируемых стен на 10-15 °C выше температуры воздуха, которая в этот период отрицательная -5...-10 °C. Осуществляется переход температуры через 0 °C, что вызывает фазовые превращения влаги в лед. Такие попеременные промерзания и оттаивания приводят к разрушению ограждающих конструкций /16/.

Длинноволновое излучение нагретых стен зданий /2/ на расстоянии 5-7 м ослабевает лишь на 10-20 %, поэтому возникает тепловой эффект, летом ошибочно принимаемый за повышение температуры воздуха в городе. Непосредственное облучение существенно влияет на тепловой баланс человека, особенно в южных районах.

Ветер. Эффект усиления или ослабления скорости ветра в городе является общеизвестным фактом. Основная трансформация воздушного потока происходит под влиянием шероховатости города. Тормозящий эффект приводит в целом к снижению скорости ветра в городе. Для конкретного города с его особенностями физико-географического положения и общего ветрового режима коэффициенты изменения скорости ветра в застройке не одинаковы. Многочисленные результаты моделирования в аэродинамической трубе как всего города, так и отдельных его районов, подробно описаны в литературе. Хорошие обзоры сведений по влиянию города на метеорологические элементы, в том числе на ветровой режим и локальную циркуляцию составлены Оке /21/. Анализ параллельных наблюдений го-

род - пригород показал, что в условиях города нижний слой стратифицирован неустойчиво, и под влиянием неоднородностей поля температуры возникает местная циркуляция, способствующая усилению ветра, однако динамическое термозащее влияние сильнее и скорость ветра над городом меньше. Анализ динамического влияния показал, что относительное ослабление ветра в условиях города существенно зависит от характера стратификации и практически не зависит от скорости ветра и при устойчивой стратификации относительное ослабление скорости ветра больше, чем при неустойчивой.

На уровне пешехода ослабление скорости ветра колеблется очень значительно /9/. Наибольшее ослабление скорости отмечается вблизи зданий в области завихрений, а максимальное увеличение - на торцовых разрывах между зданиями, где происходит сужение ветрового потока. Направление ветра здесь или совпадает с основным (поток вдоль разрыва) или составляет с ним угол 90° (разрыв поперек основного потока). Наличие древесно-кустарниковой растительности снижает скорость на 20-25 %. При отсутствии зеленых насаждений в периметральной застройке с плотностью 20 % зона усиления ветра ($K = 1,2 \dots 1,5$) занимает 30-35 %, зона ослабления ветра ($K = 0,5 \dots 0,9$) - около 20 %. Условно можно считать, что в современной застройке площади усиления, ослабления и неизменной скорости ветра примерно равны. При малых скоростях ветра (до 1 м/с) в городе иногда возникает городской бриз вследствие разности температур город - пригород. При этом эффекте скорость ветра может составлять 3 м/с. Однако направление ветра в городе в большей степени зависит от планировки улиц и кварталов.

Осадки, влажность и атмосферные явления. Наиболее сложной и до сих пор не решенной проблемой является вопрос влияния города на осадки. Для Москвы строились схемы сезонных сумм осадков, на которых прослеживалась (начиная от центра города) зона повышенных сумм осадков с подветренной стороны. Для больших городов США показано, что эффект увеличения количества осадков наблюдается в 20-50 км от центра с подветренной стороны /20/. Еще в 1929 г. было обнаружено, что в Рашдейле по воскресным дням, когда промышленные предприятия не работали, осадков выпадало меньше, чем в другие дни недели /22/. Тем самым было обращено внимание на роль ядер конденсации в формировании осадков и на особую городскую циркуляцию. В городе число дней с грозой

больше, а также возрастает интенсивность ливневых осадков. Подробные исследования осадков в городах были проведены в Австралии, Скандинавии и в СССР, но не все они дают однозначные результаты. Причем часто не учитываются такие важные факторы, как близость к морю, рельеф, ориентация города по отношению к преобладающим воздушным потокам. Исследователи /14/ обратили внимание на увеличение числа ядер конденсации с подветренной стороны и увеличение количества осадков за городом, так как для формирования осадков необходимо определенное время, за которое облачность сносится воздушной массой. На побережье Финского залива в Ленинграде осадков выпадает меньше, чем в центре города и к востоку от него, где количество осадков возрастает на 10 % за год и на 20 % зимой.

Абсолютная влажность в городе, если отсутствуют водоемы, меняется мало, а с изменением температуры соответственно меняется относительная влажность, которая ниже, чем за городом. В ряде городов это явление приводит к уменьшению числа дней с туманом, т.е. воздух в городе не достигает насыщения и туман не образуется. Так, в Ленинграде отмечается 30 дней с туманом, а в пригородах до 60. Однако такой эффект проявляется лишь в определенных климатических условиях. В городах Сибири увеличение числа ядер конденсации приводит к образованию морозных туманов. В Якутске наблюдается 56 дней с туманом (в пригороде 20), в Иркутске 95 (в пригороде 40). Кроме того, если на основной территории Восточной Сибири наибольшая продолжительность туманов отмечается летом, то в пределах городов - зимой /8, 18/.

С формированием городского смога, тумана, дымки связана и видимость, которая в городе, как правило, ниже, чем в пригороде. Однако иногда видимость менее 500 м чаще отмечается в пригороде, так как плотные туманы в городе образуются реже в связи с повышением температуры.

В заключение отметим, что исследования мезо- и микроклиматических особенностей урбанизированных зон еще далеки до завершения. Решение этих проблем поможет дать более определенный ответ о степени влияния современной и будущей урбанизации на глобальную экологию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

И. А д а м е н к о В. Н., Х а й р у л л и н К. Ш.
Результаты наблюдений радиации, поступающей на стены зданий. -

- Труды ГГО, 1969, вып.348, с.69-73.
2. А да мен ко В. Н., Х ай ру л ли н К. Ш. Мелиорация микроклимата застройки. - В кн.: Материалы конференции "Климат - город - человек". М.: Гидрометеиздат, 1976, с.53-60.
3. Б е л и н с к и й В. А., Г а р а д ж а М. П. и др. Ультрафиолетовая радиация солнца и неба. - М.: изд. МГУ, 1968. - 227 с.
4. Б ё е р В. Техническая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 291 с.
5. Б е р л я н д М. Е., К о н д р а т ь е в К. Я. Город и климат планеты. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 38 с.
6. Б о р и с е н к о в Е. П. и др. Влияние тепловых выбросов на погоду и климат. - Труды ГГО, 1980, вып.438, с.42-61.
7. В а с и л ь ч е н к о И. В., В д о в и н Б. И. О различии в стратификации пограничного слоя над городом и в его окрестностях. - В кн.: Проблемы контроля и обеспечения чистоты атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1975, с.119-122.
8. В о р о н ц о в П. А., Х ай ру л ли н К. Ш. Воздействие большого города на климат в разных масштабах. - Труды ГГО, 1977, вып.391, с.107-112.
9. Г о л у б о в а Т. А., Р о м а н о в а Е. Н. Результаты микросъемок новой застройки г. Ленинграда. - Труды ГГО, 1969, вып.248.
10. К л и м а т ы городов: Иркутска, Киева, Ленинграда, Москвы, Новосибирска, Ташкента, Якутска. - Л.: Гидрометеиздат, 1969-1982 гг.
11. К р а т ц е р П. А. Климат города. - М.: Инстр.лит., 1958. - 239 с.
12. К р у г л о в а А. И. Климат и ограждающие конструкции. - М.: Стройиздат, 1970. - 167 с.
13. Л и т о в к а О. П. Проблемы пространственного развития урбанизации. - Л.: Наука, 1976. - 97 с.
14. П о к р о в с к а я Т. В., Б ы ч к о в а А. Т. Климат Ленинграда и его окрестностей. - Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 200 с.
15. Х ай ру л ли н К. Ш. Особенности радиационного режима в современной застройке. - Труды ГГО, 1975, вып.335, с.172-178.

16. Х а й р у л л и н К. Ш. Экспериментальные исследования инсоляции зданий в Норильске. - Труды ГГО, 1976, вып.351, с.160-165.

17. Х а й р у л л и н К. Ш., А д а м е н к о В. н. Радиационно-термический режим застройки и задачи его биометеорологической оценки. - В кн.: Материалы конференции "Климат - город - человек". - М.: Гидрометеоиздат, 1974, с.18-22.

18. Х а й р у л л и н К. Ш. Роль больших городов в антропогенном воздействии на климат. Размещение производственных мощностей и задачи охраны окружающей среды. - Ереван, 1978, с.166-170.

19. Ш е л е й х о в с к и й Г. В. Микроклимат крупных городов. - М.: изд. АМН СССР, 1948. - II9 с.

20. Landsberg H.E. Climate and urban planning. Technical Note N 108. WMO Urban Climat, 1970, p.364 - 371.

21. Oke T.H. Review of urban climatology. 1973-1976, WMO, N 539, 1979. 100 p.

22. Achworth. I.H. The influence of smoke and hot gases from factory chimneys on rainfall. Met. Soc. N 55, 1929, p.341-350.

А.Г.Захаров

МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО ГОЛОЛЕДНЫМ НАГРУЗКАМ

Известно, что отложения атмосферного льда на элементах сооружений и устройств приводят к нарушению их нормальной эксплуатации, авариям и повреждениям.

Расчет механической части широкого класса сооружений на гололедную нагрузку производится по массе гололедно-изморозевых отложений, сведения о которой получаются по данным сетевых гололедных станков. Нормативным документом для определения гололед-

ной нагрузки являются Строительные нормы и правила, в которых этот параметр выражен толщиной нормативной стенки гололеда (мм), приведенной к круговому цилиндру с максимальной плотностью гололеда $0,9 \text{ г/см}^3$, диаметру провода 10 мм и высотой его подвеса 10 м над поверхностью земли /8, глава 6/.

На ряде межведомственных совещаний была обоснована целесообразность перехода от этого условного параметра к характеристике, выражаемой непосредственно в единицах массы (кг). С этой целью по 10-20-летнему ряду наблюдений была построена карта районирования территории СССР по массе гололедно-изморозевых отложений /5/. При построении этой карты были использованы методические основы и принципы районирования, разработанные ранее в ГГО /1, 2, 4, 7/. Достоинствами этой карты явилось, во-первых, то, что параметр районирования предложен не условный, а характеризующий непосредственно массу отложений. Во-вторых, расчет массы отложений произведен не по максимальной плотности гололеда, а по реальным значениям плотности различных видов отложений в разнообразных формах рельефа. И, наконец, в результате перевода массы отложений в толщину нормативной стенки гололеда, было обнаружено, что пятый (особый) район гололедности по СНиП следует детализировать.

Вместе с тем на рубеже 70-х и 80-х годов, когда разрабатывалась эта карта, целые пространства Азиатской части СССР, наиболее перспективные в плане экономического развития, были недостаточно освещены гололедными данными. Так, практически вся Центральная Сибирь была отнесена к первому, наименее опасному району гололедности.

Для целей конкретного проектирования признано целесообразным построение региональных карт гололедных нагрузок. Для административных областей рекомендуется использовать карты в масштабе 1:500 000 или 1:1 000 000. Опыт проведения подобного районирования уже имеется /3/.

В настоящей работе исследуемый регион имеет значительную широтную протяженность от полярных областей до южных границ нашей страны. Поэтому наиболее удобным здесь является масштаб 1:7 500 000.

Для построения карты гололедного районирования Красноярского края были отобраны данные о массах гололедно-изморозевых отложений по 126 метеостанциям с периодами инструментальных наблюдений от 10 до 28 лет. Путем аппроксимации климатологических ря-

дов годовых максимумов массы отложений II типом распределения Фишера-Типпета по данным "Справочника по климату СССР" были рассчитаны их максимальные вероятностные величины, возможные один раз в 5, 10, 15 и 20 лет. В качестве нормируемого параметра принята максимальная масса отложений, возможная один раз в 10 лет.

Анализ полученных данных позволил установить на исследуемой территории зависимость массы гололедно-изморозевых отложений на проводах гололедного станка от циркуляционных и орографических факторов. В целом распределение гололедных нагрузок по территории Красноярского края имеет зональный характер, гололедные нагрузки возрастают с увеличением широты. Причиной этого является увеличение в северных широтах прохождения полярных циклонов.

Для определения количественной связи массы гололедных отложений с орографией была использована типизация форм рельефа, предложенная А.Н.Раевским /6/, согласно которой были выделены следующие типы рельефа:

I - равнины плоские или пересеченные невысокими оврагами, балками, пологими холмами, с относительным превышением менее 50 м;

II - долины рек, защищенные от гололедонесущего потока;

III - долины рек, незащищенные от гололедонесущего потока;

IV - подветренные склоны возвышенностей;

V - наветренные склоны возвышенностей;

VI - доминирующие вершины возвышенностей, открытые водораздельные плато;

VII - острова и открытые побережья.

Принадлежность к защищенным и незащищенным, наветренным и подветренным формам рельефа определялась с учетом преобладающего направления ветра при гололедно-изморозевых отложениях.

Осреднение данных о массе отложений $\{P_{10}\}$, возможной один раз в 10 лет, выполненное по нижнему и среднему течению Енисея, а так же по предгорьям Саян в соответствии с указанными типами рельефа, позволяет заключить, что для защищенных долин рек и подветренных склонов возвышенностей характерно уменьшение гололедной нагрузки, соответственно на 80 и 20 %. На открытых формах рельефа (типы III, V, VI) отмечается увеличение гололеда соответственно в 1,2, 1,6, 2,0 раза. Аналогичные результаты были получены автором ранее для Европейской части Союза /4/. Это

свидетельствует о необходимости исследования зависимости массы гололедно-изморозевых отложений от высоты места. Для этой цели были построены графики изменения массы отложений от высоты станции над уровнем моря. Они представлены на рис. I.

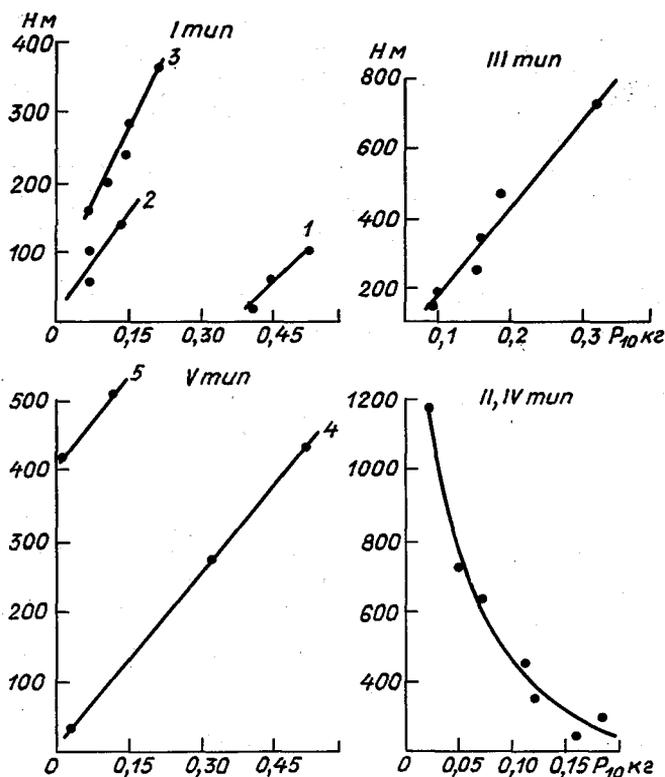


Рис. I. Зависимость массы гололедно-изморозевых отложений от высоты в различных типах рельефа.

I, 2 - соответственно нижнее и среднее течение Енисея, 3, 5 - Саяны, 4 - нижнее и среднее течение Енисея.

Станции, расположенные в первом (I) типе рельефа, сгруппированы по различным районам. Так, в нижнем течении Енисея при изменении высоты от 20 до 120 м над уровнем моря гололедная нагрузка увеличивается в 1,4 раза, в среднем течении Енисея при

изменении высоты от 40 до 140 м – более чем в 4 раза. В предгорьях Саян при изменении высоты от 160 до 400 м масса отложений, возможная один раз в 10 лет, увеличивается в 3,3 раза.

Для незащищенных от гололедонесущего потока долин рек при повышении их высоты над уровнем моря от 160 до 720 м масса отложений увеличивается почти в 2,5 раза.

На наветренных склонах возвышенностей и на вершинах увеличение гололедной нагрузки еще существеннее. Так, для У типа рельефа при изменении высоты станции от 40 до 440 м над уровнем моря масса увеличивается более чем в 25 раз. Рисунок дает количественное представление об уменьшении с высотой гололедной нагрузки в закрытых формах рельефа. Это уменьшение связано с ослаблением скорости ветра в закрытых формах рельефа и снижением влажности облаков вследствие их размывания при прохождении над доминирующими вершинами.

Пересчет годовых максимумов массы гололедно-изморозевых отложений с проводов гололедного станка на провода воздушных линий электропередач посредством введения коэффициентов пересчета, рекомендованных в работе /3/, позволил определить их вероятностные значения. Эти значения массы отложений, повторяемостью один раз в 10 лет, были использованы при районировании территории Красноярского края (рис.2). Градации выбранных районов представлены в табл. I.

Таблица I

Градации районирования по гололедным нагрузкам (кг)
на провода воздушных линий

Масса от- ложений, кг	Район							Особый
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Средняя	0,28	0,45	0,70	1,05	1,50	2,05	2,70	
Пределы	< 0,35	0,35– 0,55	0,55– 0,85	0,85– 1,25	1,25– 1,75	1,75– 2,35	2,35– 3,05	> 3,05

Постоянство изменения разностей между средними значениями массы отложения от района к району и отклонений от среднего значения в пределах каждого района явилось критериями выбора градаций районирования. По сравнению с районированием по гололедным нагрузкам, приведенным в СНиП /8/, количество районов увеличи-

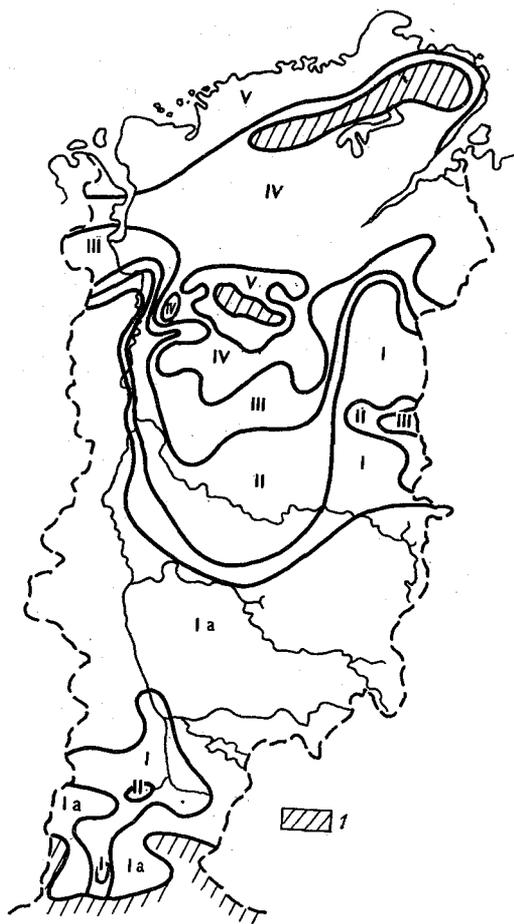


Рис.2. Карта-схема районирования Красноярского края по гололедным нагрузкам.

I - горные и малоисследованные районы.

лось с пяти до восьми. В отличие от карты, приведенной в СНиП, при массе отложения более 0,85 кг/м установлено пять районов вместо двух. Это позволило детализировать пятый (особый) район гололедноопасности карты СНиП.

При выделении районов были использованы: зависимость массы отложений от формы (типа) рельефа и высоты места (см.рис.1), а также сведения об интенсивных гололедообразованиях на линиях электропередач, приводящих к авариям и повреждениям.

Анализ карты позволяет сделать основное заключение, что в отличие от карты СНИП, где на исследуемой территории выделено два первых района гололедности, на рис.2 число районов увеличилось. Из-за неоднородности рельефа нагрузка от атмосферного льда изменяется в пределах первого района от 0 до 0,35 кг/м. Поэтому этот район предлагается детализировать, выделив подрайон Ia с массой отложений P_{10} менее 0,15 кг/м. Характерно, что наиболее существенной детализации подверглось Средне-Сибирское плоскогорье, где удалось выделить пять районов гололедности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарина М. В., Захаров А. Г. Районирование равнинной территории СССР по гололедным нагрузкам на провода линий электропередачи. - Информ. письмо ГУГМС № 21. М.; Гидрометеиздат, 1977, с.10-14.
2. Захаров А. Г. Влияние высоты места на величину гололедной нагрузки. - Труды ГГО, 1976, вып.361, с.38-42.
3. Захаров А. Г. Метеорологический режим обледенения проводов воздушных линий и элементов радиотехнических сооружений в условиях крупнохолмистого рельефа (на примере Кольского полуострова). Автореф. дисс. на соискание уч.ст. - Л.: изд.ГГО, 1983. - 17 с.
4. Захаров А. Г., Соколова С. Н. Плотность и масса гололедно-изморозевых отложений в различных физико-географических условиях на ЕТС. - Труды ГГО, 1979, вып.425, с.74-80.
5. Захаров А. Г. Распределение гололедных нагрузок на территории СССР. - Труды ГГО, 1984, вып.485, с.87-93.
6. Раевский А. Н. Влияние рельефа на распределение гололедно-изморозевых отложений. - Труды ОИМИ, 1961, вып.23, с.3-10.
7. Рекомендации по расчету климатических параметров гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на провода воздушных линий. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 34 о.

8. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 6 - Нагрузки и воздействия. М.: Стройиздат, 1976. - 59 с.

П.И.Песков, Н.В.Гладунова, О.В.Изотова, Г.М.Реведжук

МИКРОКЛИМАТ В ДЕТСКОМ САДУ ПАНЕЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Необходимость ускоренного строительства детских садов в районах Севера заставила перейти на индустриальное строительство их в панельном исполнении. Поэтому весьма важно представление о характере микроклимата в панельных детских садах, его изменчивости в течение суток и года и степень отклонения от гигиенических норм.

Воздействие неблагоприятных факторов микроклимата даже малой интенсивности отрицательно сказывается на состоянии и здоровье детей. Наиболее сильные воздействия оказывают температура и влажность воздуха, об изменчивости которых в течение суток и года важно иметь ясное представление. Микроклимат помещений - это, как известно, совокупность теплового, воздушного, светового и акустического режимов жилища, причем режим температуры и влажности воздуха являются определяющими.

По исследованиям гигиенистов о влиянии микроклимата на детей в условиях Крайнего Севера в жилых игровых комнатах детских садов должна поддерживаться температура воздуха 20-22 °С, относительная влажность воздуха 45-50 %, температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций 18 °С, в спальнях комнатах - соответственно 16-17 °С, 38-50 % и 15 °С /1-3/.

При теплотехнических расчетах ограждающих конструкций, согласно /4/, в помещениях, где находятся дети, влажность воздуха должна быть 40-55 %, а в помещениях, размещаемых на первом этаже температуру поверхности пола в зимний период рекомендуется поддерживать равной 22 °С.

С декабря 1978 г. по июль 1979 г. в г.Ухте Коми АССР были проведены исследования по изменчивости температуры и влажности воздуха в детском саду серии ИИ-04 панельного исполнения. В четырех столовых - игровых комнатах (I-4) на первом и втором этажах (I-II) проводились измерения температуры и влажности воздуха

на высотах 0,5 и 1,5 м в центре комнаты полусуточными сериями в 7, 10, 13, 16 и 19 ч и разовые наблюдения при характерных условиях погоды.

Основные проемы окон комнат 1 и 2 ориентированы на юго-восток, боковые — на юго-запад, комнаты 3 — соответственно на северо-запад и северо-восток, комнаты 4 на юго-восток (основные) и северо-восток (боковые). Отопление трубо-батарейное под окнами без ручного регулирования теплоносителя. На первом этаже полы столовых (игровых) комнат подогреваются зимой. Вентиляция осуществляется через фрамуги, расположенные в верхних частях основных и боковых окон.

В табл. I приведены данные о температуре и влажности воздуха в четырех пунктах наблюдений в детском саду за отдельные характерные дни и условия погоды на улице в те же дни. Отмечены и особые условия наблюдений в пунктах.

Температура и влажность воздуха в комнатах при таких системах отопления и вентиляции находится под постоянным воздействием температуры и влажности наружного воздуха и непосредственно зависит от частоты и длительности проветривания.

В середине зимы при низком солнце и преобладании облачной погоды режим температуры и влажности практически одинаков во всех комнатах вне зависимости от их ориентации на юг или север. При низких температурах наружного воздуха зимой (ниже -30°C), а потому и кратковременном проветривании игровых комнат через фрамуги (обычно через 3 ч), наблюдается устойчивое колебание температуры воздуха в пределах $17-19^{\circ}\text{C}$. Пребывание детей в помещении в течение 3 ч повышает температуру воздуха на $1-2^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха понижается до предельно низких значений (6-10 %) вследствие поступления в помещение воздуха с весьма малым содержанием влаги и его нагрева. Полусуточная амплитуда колебания относительной влажности воздуха на улице при низких температурах минимальная. В игровых комнатах полусуточная амплитуда колебания температуры воздуха минимальная и составляет $2-3^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха составляет 5-9 %.

Вертикальный градиент температуры в интервале высот 0,5-1,5 м при нахождении детей в комнатах обычно составляет $0,2-0,8^{\circ}\text{C}$ и зависит от скорости движения воздуха, т.е. от активности поведения детей, обусловленной родом их занятий.

Кратковременные проветривания через фрамуги при очень низких температурах наружного воздуха вызывают резкое понижение

Таблица I

Значения температуры (°C) и относительной влажности воздуха (%) в панельном детском саду при различных условиях погоды (г. Ухта, 1978-79 гг.)

Номер пункта наблюдений и этаж	Время, ч												Примечание	
	7	10	13	16	19	7	10	13	16	19	10	11		12
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Температура воздуха													
	12 декабря 1978 г.													
I - I	18,4	17,3	18,2	18,4	17,7	6	7	8	6	6	6			6
2 - II	17,9	17,2	17,2	17,5	16,3	7	8	6	6	6	6			6
3 - I	18,2	16,9	17,1	18,4	17,6	6	7	5	5	5	5			5
4 - II	19,7	18,4	18,3	19,9	18,3	7	8	6	6	6	6			5
На улице	-31,3		-36,1		-34,5	70		67						67
Облачность	6/6 Сл		10/10 Ст		8/8 Сл									
	26 декабря 1978 г.													
I - I	17,8	17,0	16,2	16,4	16,2	7	6	8	11	8				8
2 - II	17,0	18,0	17,6	17,3	17,0	4	5	8	8	7				7
3 - I	17,1	16,5	17,9	17,1	16,1	7	10	8	5	5				5
4 - II	19,0	18,4	17,4	17,2	17,3	22	27	25	30	26				26
На улице	-14,9		-17,3		-20,4	72		74						74
Облачность	10/10 Ас		10/10 Ст		10/10 Ст									

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Температура воздуха				II марта 1979 г.				Относительная влажность			
I - I	20,4	22,7	19,8	23,0	23,2	19	22	18,2,4	31	36		
2 - II	20,8	23,5	24,0	23,2	25,4	20,2	24,2	28,2	31,2	36	2. Открыты фрагменты	
3 - I	20,8	19,0	17,6	22,4	23,3	23	21,2	32,4,2	35	40		
4 - II	21,4	20,9	19,4	22,1	22,3	26	33,2	34,2,4	37	43	4. Влажная уборка	
На улице	-9,3		-1,5		-3,8	97		66		68		
Облачность	0/0		0/0		0/0							
					26 марта 1979 г.							
I - I	21,9	23,0	24,6	25,0	24,6	18	26	31	37	47		
2 - II	22,7	22,2	23,2	23,8	25,7	12	21,2	23,2	26,2	30	2. Открыты фрагменты	
3 - I	20,7	17,4	22,4	24,0	23,2	22	17,2	32	35	40		
4 - II	21,0	20,2	19,7	22,4	21,9	19	24,2	23,2	35,2	43,2	4. Влажная уборка	
На улице	-12,2		-1,9		2,0	84		54		69		
	IO/IO As				IO/IO Sc							
					9 апреля 1979 г.							
I - I	21,8	23,7	22,7	24,1	21,8	16	25,2	23,2	21	35,4,2		
2 - II	22,6	24,6	23,8	24,3	24,2	7,2	16,2	18,2	19	28	2. Открыты фрагменты	
3 - I	20,2	22,4	21,6	24,2	23,0	22	35	31	33	33		
4 - II	20,2	20,8	20,2	22,1	21,0	22	17	19,2	29	26,4	4. Влажная уборка	
На улице	-17,7		-2,5		-3,7	57		36		39		
Облачность	0/0		0/0		0/0							

Продолжение табл. I

I	Температура воздуха				4 мая 1979 г.				Относительная влажность			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I - I	22,2	19,6	20,9	23,8	23,0	31	20,3	21,3	25,2	35,2	2. Открыты фрагменты 3. Открыто окно 4. Влажная уборка	
2 - II	24,5	23,9	24,4	23,5	24,1	28	20,2	25,2	22,2	29,2		
3 - I	20,4	20,2	21,8	24,1	22,4	39	36,2	44,2	45	50,2,4		
4 - II	21,9	20,9	21,0	21,8	20,9	34	20,2,4	30,2	29	36		
На улице	3,7		8,3	8,7	64		35		37			
Облачность	0/0		0/0	0/0								
28 мая 1979 г.												
I - I	24,8	24,4	24,5	-	-	35	30	28	-	-	2. Открыты фрагменты 3. Открыто окно 4. Влажная уборка	
2 - II	24,0	23,6	23,3	25,0	23,9	30,2	30,2	31,2	34,2	33,2		
3 - I	21,0	20,0	22,3	23,6	22,8	37	27,2	40	39	33		
4 - II	21,4	19,5	19,7	22,7	-	33,2	26,2	25,2	34,2	-		
На улице	13,8		16,9	15,2	15,2	54		33		35		
Облачность	0/0		10/10	Си	0/0							
28 июня 1979 г.												
I - I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2. Открыты фрагменты	
2 - II	22,2	22,8	22,6	21,5	22,6	38	31,3	33,3	25,2	31,3		
3 - I	16,3	16,8	18,2	19,0	20,0	51	57,2	59,2,4	57,2	51		

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Температура воздуха			Относительная влажность							
4 - II	18,0	19,2	18,8	18,8	19,4	43	42,3	38,2	31,3	47,3,4	3. Открыто окно
На улице	12,9		17,7	20,1	20,1	56	36			34	4. Влажная уборка
Облачность	0/0		4/4		0/0						
13 июля 1979 г.											
I - I	28,2	29,2	27,9	-	27,0	40	40	41	-	46	I. На ремонт
2 - II	29,2	28,6	25,1	-	26,6	41	41,3	51,3	-	47,3	2. Открыты
3 - I	23,2	24,0	23,8	-	23,6	54	60	61,2	-	62,3	3. Открыто
4 - II	24,6	24,6	24,4	-	24,2	50	47,3	51	-	53	окно
На улице	19,2	-	20,6	-	18,0	76	-	72	-	80	
Облачность	4/0 Су		10/10 Су		3/3 Су						

температуры в комнатах (на 3-7 °С и более) и резкое увеличение вертикального градиента температуры (до 3-5 °С на 1 м); относительная влажность воздуха при этом увеличивается на 5-7 %. Пребывание детей в комнатах в течение 3 ч повышает относительную влажность на 2-3 %.

Зимой в районе Ухты при низких температурах воздуха обычно наблюдается тихая погода. При значительной скорости ветра температура воздуха в комнатах с наветренной стороны понижается на 1-3 °С, а влажность уменьшается на 2-4 % ввиду большого притока холодного сухого воздуха в комнаты по сравнению с подветренной стороной.

При повышении наружной температуры воздуха зимой до -5... -15 °С полусуточные амплитуды температуры воздуха и относительной влажности увеличиваются соответственно на 10-15 °С и 15-20 %. При этом несколько увеличивается амплитуда температуры и влажности воздуха в комнатах детского сада, что обусловлено обычно несколько большим (по времени) проветриванием через фрамуги.

В начале весны (март-апрель) при преобладании ясной погоды и температуре наружного воздуха в пределах -5...-10 °С повышается температура воздуха в игровых комнатах до 19-25 °С, а относительная влажность до 20-37 %. В комнатах, ориентированных на север, температура воздуха на 1-2 °С ниже, а относительная влажность воздуха на 4-7 % выше, чем в комнатах, ориентированных на юг.

В конце весны эти различия увеличиваются до 2-4 °С и 10-15 %, а в комнатах с подогреваемыми полами в ясную погоду температура воздуха увеличивается еще на 1-3 °С, а влажность воздуха понижается на 4-7 %. При каждой влажной уборке периодически повышается относительная влажность воздуха на 2-5 %.

Летом, когда обычно открыты окна и фрамуги, температура воздуха в комнатах, ориентированных на север, на 4-6 °С выше, чем на улице, а в комнатах с окнами на юг на 5-10 °С выше и в ясную погоду составляет 29-31 °С.

Влажность воздуха в комнатах, ориентированных на север, наибольшая и достигает 50-60 %, а в комнатах, ориентированных на юг, 30-45 %. На улице в ясную погоду влажность воздуха в полуденные часы уменьшается до 35-40 %. Увеличивается и ее полусуточная амплитуда. На первом этаже в конце весны и начале лета, когда еще не отключено отопление и полы подогреваются, в ясную погоду температура воздуха в комнатах, ориентированных на юг, на 3-6 °С

выше, а относительная влажность на 10–12 % ниже, чем в комнатах, ориентированных на север. В это время в комнатах, ориентированных на север, устанавливаются условия, близкие к комфортным: температура воздуха 19–23 °С, а влажность 40–50 %.

Летом в теплую погоду температура воздуха в комнатах выше комфортной на 2–4 °С, влажность воздуха составляет 40–60 %. При ясной погоде в комнатах, ориентированных на юг, температура воздуха на 5–6 °С выше, а влажность воздуха на 15–20 % ниже, чем в комнатах, ориентированных на север. Поэтому условия микроклимата в комнатах, ориентированных на север, летом ближе к комфортным.

Сравнение режимов температуры и влажности воздуха в комнатах детских садов панельного и кирпичного исполнения / 5 / показало, что режим температуры воздуха в панельном здании может быть близким к комфортным и незначительно отличается от условий микроклимата кирпичных зданий. Влажность воздуха в комнатах детского сада панельного исполнения как зимой, так и летом, несколько ниже, чем в детском саду кирпичного исполнения и не соответствует комфортным условиям. Дискомфортность микроклимата в детском саду зимой и летом обуславливается и очень большими по площади проемами окон. Зимой через оконные проемы проникает значительное количество холодного воздуха и вблизи них температура воздуха оказывается ниже допустимых норм. Это одна из причин простудных заболеваний детей. Летом через окна проникает излишняя радиация и температура воздуха значительно повышается, особенно в ясные дни. Эти обстоятельства вынуждают завешивать окна плотными шторами зимой, чтобы было теплее, а летом, чтобы меньше поступало солнечной радиации.

Таким образом, сооружение чрезмерно больших окон как необходимое условие для увеличения естественного света приводит на практике к его уменьшению. Следовательно, при меньших проемах окон при достаточном освещении микроклимат в комнатах детского сада улучшается. При строительстве окна в новых детских садах следует ориентировать на восток и запад. Такая ориентация окон позволит снизить приток солнечной радиации, а следовательно, и прогрев комнат в полуденные часы особенно в ясные солнечные дни в весенне-летний и осенний периоды.

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы.

В существующих сериях панельных детских садов в северных

районах Европейской части СССР режим температуры воздуха при определенных условиях может быть близким к комфортным. Режим влажности большую часть года некомфортный.

Зимой при низких температурах наружного воздуха, температура воздуха в комнатах детского сада понижается до 15-17 °С, летом повышается до 30 °С и более.

Относительная влажность воздуха зимой понижается до 5-8 % и только летом приближается к комфортной (40-50 %).

Система отопления и его регулирования в детских садах панельного исполнения не в состоянии обеспечить стабильность температуры воздуха на уровне комфортной.

Система вентиляции и обмена воздуха через фрамуги не обеспечивает комфортных условий по влажности.

Ориентирование окон на южную сторону также создают дискомфортность, особенно по влажности воздуха. Ориентирование окон на запад и восток снижает поступление солнечной радиации, а следовательно, улучшает микроклиматические условия в комнатах.

Полученные результаты следует учитывать в северных районах ЕЧС при проектировании детских садов панельного исполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д ю ш е в а А. Я. Нормирование микроклимата производственных помещений в СССР и за рубежом. - М.: Стройиздат, 1973.
2. Г о р о м о с о в М. С. Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование. - М.: Медгиз, 1963.
3. И с м а и л о в а Д. И. К вопросу о гигиенической характеристике микроклимата при панельно-лучистых системах отопления жилых зданий во второй строительной-климатической зоне. - Сб. научных трудов Челябинского политехнического института, 1971, № 105.
4. СНиП II - Л.3 - 71. Детские сады, 1970.
5. П е с к о в П. И., С е м е р и к о в а Л. Г., С т а р к о в а С. Н. Микроклимат детских садов. - Труды ГГО, 1980, вып. 426, с. 109-117.

МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МОЛДАВСКОЙ ССР

В настоящее время большое внимание уделяется дальнейшему совершенствованию зональных систем ведения сельского хозяйства, которые должны стать научной основой выполнения Продовольственной программы страны. Особенности сельскохозяйственного производства связаны с влиянием на него метеорологических условий неравномерного распределения в пространстве природных ресурсов, видовой и сортовой специфичностью адаптивного потенциала культивируемых растений /5/.

В стратегии обеспечения роста продуктивности агроэкосистем, ориентированной на более эффективную утилизацию естественных энергоресурсов, первостепенное внимание должно быть уделено наиболее рациональному использованию почвенно-климатических условий в каждой из зон возделывания сельскохозяйственных растений, а также выбору оптимального типа организации агроэнергосистемы / 4 /.

Неравномерность в распределении природных ресурсов особенно проявляется в условиях пересеченного рельефа, составляющего около 57 % территории Молдавской ССР. Многочисленные данные показывают, что в зависимости от крутизны, экспозиции и части склона в значительной степени изменяется плодородие почвы, тепловой и водный режим, видовой состав и численность сорняков, т.е. основные абиотические и биотические параметры среды произрастания растений. Поэтому по мере интенсификации растениеводства необходимость дифференцированного использования природных ресурсов на основе правильного агроклиматического, макро-, мезо- и микрорайонирования сельскохозяйственных угодий не уменьшается, а наоборот, усиливается.

Данные /1/ позволяют судить об общем климатическом фоне данного региона, о климатических условиях наиболее выровненных территорий, расположенных на той же абсолютной высоте, что и используемые метеорологические станции. При построении существующей карты агроклиматического районирования в качестве климатических показателей дифференцирования территории Молдавской ССР использованы только суммы положительных температур воздуха и суммы осадков за период активной вегетации растений, а также условный показатель увлажнения - гидротермический коэффициент.

Такой упрощенный подход на современном этапе не отвечает требованиям увязки агроклиматического районирования с природными факторами. Карты и графический материал по климату республики не могут быть сопоставлены с картами природных ландшафтов (рельефа, почвы, растительности и др.), а также не позволяют выделить оптимальные местоположения — экологические ниши для рационального размещения в них основных сельскохозяйственных культур /10/.

Учитывая задачи по программе комплексного картографирования Молдавской ССР /8, 9/, сопоставимость схем районирования, включая их таксономическую классификацию, а также специфичность реакций разных видов и сортов растений на факторы внешней среды, обусловленной особенностями их фитогенеза, по-видимому, целесообразно по условиям тепло- и влагообеспеченности выделить на территории республики агроклиматические провинции, а внутри провинций — агроклиматические районы и микрорайоны. Основой для такого районирования могут служить законы горизонтальной и вертикальной зональности природы. Значение абсолютной высоты местности в формировании и распределении агроклиматических показателей, бесспорно, огромно. Так, по мере увеличения высоты места понижается температура и возрастает количество осадков. Высотный рубеж, при котором происходит качественный скачок в смене типов зональности, не может быть одним и тем же для разных регионов. В Молдавии по направлению с севера на юг вследствие закона широтной зональности, а по мере снижения абсолютных отметок (от 300 до 50-30 м), изменяются климатические условия и растительные формации, происходит смена типов и подтипов почв /12/ — от светло-серых до мщелярно-карбонатных черноземов. Кодры (Центрально-молдавская возвышенность) расположены между северной лесостепью и южной степью. Наиболее приподнятая часть Кодр покрыта широколиственными лесами средневропейского типа, периферийная часть — лесостепная, переходит к югу в ксерофитную лесостепь /12/. В этом районе проявляется наиболее ярко закон вертикальной зональности.

Используя гипсометрическую основу территории республики и указанные выше закономерности почвенно-климатических изменений, а также геоморфологическое, почвенное описание и классификацию природной растительности, нами были выделены три агроклиматические провинции (Северомолдавская, Центрально-молдавская и Южно-молдавская) в которые вошли II агроклиматических районов (рис. I), расположенных на разных широтных и высотных уровнях. Для каждой провинции и района рассчитаны основные показатели тепло- и влаго-

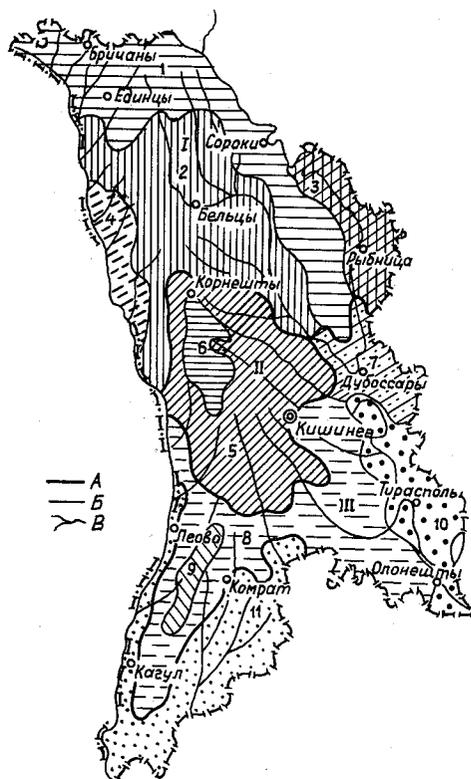


Рис. I. Карта-схема тепло- и влагообеспеченности территории Молдавии.

I - Северомолдавская провинция, районы: 1 - лесостепной Северомолдавского плато, 2 - степной Бельцкой равнины, 3 - лесостепной юго-западной окраины Подольской возвышенности, 4 - лугово-степной Припрудья; II - Центральномолдавская провинция, районы: 5 - лесостепной Кодр, 6 - лесной Кодр; III - Южномолдавская провинция, районы: 7 - лугово-степной Приднестровья, 8 - гырнецово-лесостепной, 9 - гырнецово-лесостепной Тигечских высот, 10 - степной Приднестровья, 11 - степной Южнобессарабской равнины; границы: А - провинции, Б - района, В - гидрография.

обеспеченности (табл. I).

I. Согласно геоморфологическому делению территории республики Северомолдавская агроклиматическая провинция включает Северомолдавское плато, Бельцкую увалистую равнину, Приднестровскую возвышенность и юго-западную окраину Подольской возвышенности. Основные почвы - черноземы типичные и выщелоченные, оподзоленные и серые лесные. Данная провинция наименее обеспечена теплом и более увлажнена (см. табл. I). В пределах этой провинции выделено 4 агроклиматических района.

I. В пределах Северомолдавской провинции лесостепной район Северомолдавского плато и Приднестровской возвышенности, согласно полученным данным, меньше всего обеспечен теплом и больше других влагой (см. табл. I). В геоморфологическом отношении представляет собой высокое плато (Северомолдавское плато), изрезанное густой сетью балок и речных долин, рельеф - пересеченный. Юго-восточная часть района представлена Приднестровской возвышенностью, включая Сорокскую и Резинскую возвышенности. По природной растительности территория района относится к лесостепной зоне. Радиационный индекс сухости составляет $I,4I-I,49$. Наиболее распространены высоты 240-320 м, максимальные - 330-340 м, минимальные - 40-60 м. Преобладающие почвы - черноземы выщелоченные, типичные и оподзоленные, серые и темно-серые лесные. Агроклиматические условия района по тепло- и влагообеспеченности представлены в табл. I.

2. Степной район Бельцкой равнины, согласно геоморфологическому районированию, охватывает Бельцкую увалистую равнину и Солонечскую возвышенность. По естественной флоре в прошлом Бельцкая увалистая равнина представляла собой разнотравно-типчаково-ковыльную степь, остальная часть территории относится в основном к лесостепи. В настоящее время леса распространены небольшими массивами по высоким водоразделам. Пространства между лесами в прошлом были заняты луговыми степями /7/. Радиационный индекс сухости R/L_{γ} составляет $I,78-2,0I$. Агроклиматический район отличается от предыдущего более высокими показателями теплообеспеченности и более низкими характеристиками увлажненности (см. табл. I). Преобладают высоты 160-260 м, максимальные абсолютные отметки достигают 280 м, минимальные - 40-60 м. Наиболее распространенными почвами являются черноземы типичные и выщелоченные. Низкие водоразделы и пологие склоны занимают карбонатные черноземы, а на террасах и склонам речных долин залегают черно-

Таблица I

Тепло- и влагообеспеченность Северомолдавской агро-
климатической провинции и районов

Показатели тепло и влаго- обеспеченности	Северомол- давская провинция	Агроклиматический район			
		I	2	3	4
Преобладающая высота, м	150-300	240-320	160-260	160-240	40-120
Прямая радиа- ция МДж/(м ² год)	2430-2470	2430	2470	2470	2470-2510
Суммарная ради- ация МДж/(м ² год)	4520-4570	4480-4520	4610	4610	4610-4650
Радиационный баланс МДж/(м ² ·год)	1970-2010	1970-2010	2010	2010	2050
Годовая темпе- ратура воздуха, °С	7,5-8,6	7,1-7,7	7,6-8,3	8,0-8,6	9,1-9,7
Температура января, °С	-5,4-4,2	-5,5 -5,9	-4,9 -5,7	-4,5 -5,1	-3,5 -4,1
Температура июля, °С	19,4-20,5	18,9-19,5	19,7-20,4	20,5-21,1	21,2-21,8
Суммы темпера- тур воздуха					
выше 0 °С	3200-3450	3050-3200	3250-3400	3350-3450	3600-3750
выше 5 °С	3050-3300	2950-3050	3100-3250	3200-3350	3500-3650
выше 10 °С	2750-3000	2600-2750	2750-2900	2900-3050	3150-3300
Число дней с температурой					
выше 0 °С	256-266	256-261	260-266	260-266	273-279
выше 5 °С	210-217	206-212	214-219	211-215	225-229
выше 10 °С	169-174	164-169	168-172	170-172	181-184

Продолжение табл. I

Показатели тепло- и влаго- обеспеченности	Северомол- давская провинция	Агроклиматический район			
		I	2	3	4
Дата перехода температуры воз- духа через 10 °С					
весной (IV)	20-22	23-24	21-23	22-23	16-17
осенью (X)	9-12	6-9	9-11	10-11	17-18
Продолжитель- ность безмороз- ного периода, число дней	182-184	165-168	168-171	179-181	183-184
Средний из аб- солютных годо- вых минимумов, °С	-24, -23	-24, -23	-24, -23	-22, -21	-20, -19
Сумма осадков за год, мм	540-590	570-600	550-580	550-570	510-530
Сумма осадков за теплый пе- риод, мм	400-440	420-440	410-430	410-420	380-400
Испарение, мм/год	430-450	440-450	450-460	410-430	440-450
Радиационный индекс сухости	1,43-1,64	1,41-1,49	1,78-2,01	1,68-1,83	2,16-2,43

Примечание. Районы: I - лесостепной Северомолдавского плато, 2 - степной Бельцской равнины, 3 - лесостепной юго-западной окраины Подольской возвышенности, 4 - лугово-степной Припутья.

земы обыкновенные /6, 7/.

3. Лесостепной район юго-западной окраины Подольской возвышенности постепенно понижается в сторону Днестра водораздельными отрогами с широкими и довольно ровными поверхностями. Максимальные абсолютные отметки на водораздельных отрогах достигают 274 м. Наиболее распространены высоты 160-240 м, минимальные - 40-50 м. Рельеф - равнинно-увалистый, пересеченный. На высоких водораздельных пространствах распространены типичные, выщелоченные, а местами оподзоленные черноземы. Террасы заняты обыкновенными и карбонатными черноземами /7, 12/. Естественная растительность - лесостепная, индекс сухости $R/L\gamma$ составляет 1,68-1,82. Климат данного района суше и теплее, чем климат правобережного степного района 2 (см. табл. I).

4. Лугово-степной район Припрутья охватывает пойму и низкие террасы р. Прут. Северная его часть отличается равнинным рельефом, а южная - равнинно-волнистым, спокойным. Максимальные высоты не превышают 160 м над уровнем моря, преобладают отметки 40-120 м. В природно-ландшафтном отношении территория района - лугово-степная, отношение $R/L\gamma$ составляет 2,16-2,43. Почвенный покров представлен в основном обыкновенными и карбонатными черноземами, а также пойменно-луговыми почвами. По показателям тепло- и влагообеспеченности он является наиболее теплым и сухим агроклиматическим районом Северомолдавской провинции (см. табл. I).

II. Центральномолдавская агроклиматическая провинция занимает Центральномолдавскую возвышенность (см. рис. I). Представляет собой низкие эрозионные горы с максимальными отметками 430 м, преобладают высоты 150-300 м. Главные формы рельефа - гребневидные водоразделы и оползневые цирки (гыртопы). Наиболее резко очерчены в рельефе северная, восточная и западная границы провинции, в юго-восточном и особенно южном направлениях водораздельные отроги, постепенно снижаясь, проникают в глубь равнины. Наиболее пригодная часть Кодр покрыта широколиственными лесами средневропейского типа, периферийная часть - лесостепная /12/. Характерной особенностью провинции является широкое распространение серых и бурых лесных почв. Кроме того, в ней встречается максимальное число основных подтипов черноземов, наиболее разнообразных по механическому составу /6, 7/.

Климат данной провинции вследствие горизонтальной зональности более теплый, чем климат Северомолдавской провинции при одинаковых абсолютных высотах (табл. 2). В среднем сумма прямой радиа-

Таблица 2

Тепло- и влагообеспеченность Центрально-молдавской агроклиматической провинции и районов

Показатели тепло- и влагообеспеченности	Центрально-молдавская провинция	Агроклиматический район	
		лесостепной Кодр (5)	лесной Кодр (6)
Преобладающая высота, м	150-300	150-300	300-360
Прямая радиация, МДж/(м ² .год)	2560	2510-2560	2510
Суммарная радиация, МДж/(м ² .год)	4730-4780	4650-4780	4650
Радиационный баланс, МДж/(м ² .год)	2050-2100	2050-2100	2050-2090
Средняя годовая температура воздуха, °С	7,9-9,0	8,2-9,0	7,8-8,2
Температура января, °С	-5,2,-4,0	-4,6,-4,0	-5,2,-4,6
Температура июля, °С	20,0-21,1	20,1-21,1	19,7-20,1
Суммы температур воздуха			
выше 0 °С	3300-3550	3350-3550	3250-3350
выше 5 °С	3150-3400	3200-3400	3100-3200
выше 10 °С	2850-3100	2900-3100	2800-2900
Число дней с температурой воздуха			
выше 0 °С	265-275	267-275	263-267
выше 5 °С	217-224	217-224	214-217
выше 10 °С	175-180	174-180	172-174
Дата перехода температуры воздуха через 10 °С			
весной (IV)	18-20	19-20	20-21
осенью (X)	13-16	12-15	11-12
Продолжительность безморозного периода, число дней	187-190	183-190	181-183
Средний из абсолютных годовых минимумов, °С	-23,-22	-22,-21	-23,-22
Суммы осадков за год, мм	520-530	520-580	580-600
Суммы осадков за теплый период, мм	390-420	390-420	420-440
Испарение, мм/год	420-440	420-440	450-460
Радиационный индекс сухости	1,44-1,73	1,44-1,73	1,37-1,41

пии и радиационного баланса выше на 80–130 МДж/(м²·год), суммарной радиации – на 210 МДж/(м²·год). Средняя годовая температура воздуха выше на 0,4 °С, а июля – на 0,6 °С. Сумма температур воздуха выше 0,5 и 10 °С в среднем больше на 100 °С. Учитывая высотную дифференциацию показателей тепло- и влагообеспеченности, Центральномолдавская провинция разделена на два агроклиматических района – лесостепной (район 5) и лесной (район 6) Кодр.

5. Рельеф лесостепного района Кодр довольно пересеченный. Максимальные высоты достигают 400 м над уровнем моря, однако преобладающими абсолютными отметками являются высоты 150–300 м. Общий характер рельефа – холмисто-увалистый со сравнительно широкими водораздельными плато. По естественной растительности район представляет собой лесостепь, отношение $R/L_{\tau} = 1,44 \dots 1,73$. Почвенный покров очень сложный, разнообразный, встречаются все подтипы серых лесных почв, многочисленные разновидности чернозема и пойменно-луговых почв /7/.

Агроклиматические показатели тепло- и влагообеспеченности вследствие пересеченности рельефа, разных высотных уровней, склонов различной экспозиции и крутизны, лесных массивов очень изменяют фоновые агрометеорологические условия данного района и особенно в микроклиматическом отношении /11/.

6. Для лесного района Кодр также характерен сложный рельеф сильнопересеченный: узкие водораздельные гряды и отроги чередуются с глубокими долинами и многочисленными балками, склонами различной крутизны и экспозиции. В прошлом здесь преобладала лесная растительность. Значение R/L_{τ} в среднем составляет 1,39. Преобладают серые лесные и бурные почвы (75 %). Самая высокая точка – 430 м над уровнем моря (максимальная абсолютная отметка в Молдавии), а самая низкая, примерно, 60 м. Преобладающие отметки водоразделов колеблются в пределах 300–360 м над уровнем моря. Разница в высотах превышает 370 м, что в значительной степени наряду с различием экспозиций и крутизны склонов сказывается на агроклиматических условиях района. Средние показатели теплообеспеченности данного района несколько ниже, а водного режима – выше, чем провинции в целом (см. табл. 2).

III. Южномолдавская агроклиматическая провинция занимает южную часть Молдавской ССР (см. рис. I). Преобладают высоты 80–200 м, максимальные отметки – 300 м, минимальные – 5–20 м. По геоморфологическому делению к ней относятся: Южномолдавская холмисто-ува-

листая равнина, занимающая периферию Кодринских отрогов, Тигечские высоты, Южноприднестровская пониженная и Южнобессарабская волнистая равнины. По характеру естественной растительности в провинции представлены: гырнецовая лесостепь (северная часть), степная и пойменная луговая, болотная и лесная — южная часть, радиационный индекс сухости равен 1,75—2,36. Преобладающие почвы — мицелярные черноземы обыкновенные и поверхностно-карбонатные /7, 12/.

Характерными агроклиматическими особенностями провинции являются обилие тепла и света, большая продолжительность вегетационного периода, засухи, резкие перепады температур зимой и в переходные периоды.

В пределах Южнoмoлдaвскoй провинции по условиям тепло- и влагообеспеченности выделены пять агроклиматических районов.

7. Лугово-степной район Приднестровья занимает в основном поймы Реута, Днестра, а также древние террасы Днестра. Отличается от других районов более простым рельефом — равнинно-увалистым, где преобладают абсолютные высоты 80—180 м. Из естественной растительности преобладает степная и пойменная (луговая, лесная), $R/Lz = 1,84...2,02$. Структура почвенного покрова определяется черноземами обыкновенными, карбонатными и пойменно-луговыми почвами.

По показателям тепло- и влагообеспеченности район незначительно отличается от провинции (табл.3).

8. Гырнецово-лесостепной район простирается с юго-запада на северо-восток, занимает Днестровско-Прутское междуречье, за исключением пойм и террас рек Прут и Днестр. По геоморфологическим условиям территория района довольно сложная: она представляет собой возвышенное холмисто-увалистое плато, занимающее периферию Кодринских отрогов. Максимальные высотные отметки — 300 м, преобладают высоты 120—220 м. По естественной растительности район относится к гырнецовой лесостепи, отношение R/Lz составляет 2,04—2,34. Это район обыкновенных черноземов, но характерно и наличие выщелоченных и оподзоленных черноземов, что подчеркивает переходный облик этого района между Кодрами и более пониженной и плоской равниной /7, 12/.

В агроклиматическом отношении по условиям тепло- и влагообеспеченности характеристики радиационного режима мало отличаются от предыдущего района, термический уровень выше, влагообеспеченность ниже (табл.3).

Таблица 3

Тепло- и влагообеспеченность Кюномладавской агроклиматической провинции и районов

Показатели тепло- и влагообеспеченности	Кюномладавская провинция							Агроклиматический район							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Преобладающая высота, м	80-200	80-180	120-220	240-280	20-100	20-100	2600-2640	2600	4730-4780	2100	20-100	2600-2640	2640-2720	4900-4940	2140-2220
Прямая радиация, МДж/(м ² .год)	2640-2720	2560	2600	2600	2600	2640-2720	2600	4780-4820	4820	2140	2600	2600	2640-2720	4900-4940	2140-2220
Суммарная радиация, МДж/(м ² .год)	4900-4940	4740	4780-4820	4820	4730-4780	4900-4940	4780-4820	4820	4730-4780	2100	4730-4780	4730-4780	4900-4940	4900-4940	2140-2220
Радиационный баланс, МДж/(м ² .год)	2180-2220	2050-2100	2100	2140	2100	2180-2220	2100	2140	2100	2100	2100	2100	2140-2220	2140-2220	2140-2220
Годовая температура воздуха, °С	9,0-10,1	8,8-9,5	9,2-9,8	8,7-9,0	9,0-9,6	9,0-10,1	9,2-9,8	8,7-9,0	9,0-9,6	9,0-9,6	9,0-9,6	9,0-9,6	10,1-10,7	10,1-10,7	10,1-10,7
Температура января, °С	-4,2-3,0	-3,4-4,2	-3,1-3,9	-4,1-4,4	-3,2-3,8	-4,2-3,0	-3,1-3,9	-4,1-4,4	-3,2-3,8	-3,2-3,8	-3,2-3,8	-3,2-3,8	-2,1-2,8	-2,1-2,8	-2,1-2,8
Температура июля, °С	21,2-22,4	20,3-21,6	21,1-21,7	20,6-20,9	21,4-22,0	21,2-22,4	21,1-21,7	20,6-20,9	21,4-22,0	21,4-22,0	21,4-22,0	21,4-22,0	22,0-22,6	22,0-22,6	22,0-22,6
Суммы температуры воздуха выше 0 °С	3600-3850	3500-3650	3600-3750	3500-3600	3600-3750	3600-3850	3600-3750	3500-3600	3600-3750	3600-3750	3600-3750	3600-3750	3850-4000	3850-4000	3850-4000
выше 5 °С	3450-3700	3400-3550	3450-3650	3300-3400	3450-3600	3450-3700	3450-3650	3300-3400	3450-3600	3450-3600	3450-3600	3450-3600	3750-3900	3750-3900	3750-3900
выше 10 °С	3100-3350	3050-3200	3100-3300	3000-3100	3150-3300	3100-3350	3100-3300	3000-3100	3150-3300	3150-3300	3150-3300	3150-3300	3350-3500	3350-3500	3350-3500
Число дней с температурой воздуха	281-291	273-280	280-282	276-278	276-281	281-291	280-282	276-278	276-281	276-281	276-281	276-281	290-295	290-295	290-295
выше 0 °С	229-237	223-237	225-226	222-224	224-228	229-237	225-226	222-224	224-228	224-228	224-228	224-228	237-240	237-240	237-240
выше 5 °С	184-189	179-182	180-181	178-179	180-183	184-189	180-181	178-179	180-183	180-183	180-183	180-183	187-190	187-190	187-190
выше 10 °С															

I	2	3	4	5	6	7
Даты перехода температуры через 10 °С						
весной (IV)	14-16	17-18	17-18	18-19	17-18	14-15
осенью (X)	19-22	16-18	16-17	15-16	16-18	21-22
Продолжительность безморозного периода, число дней	194-197	189-191	179-180	178-179	189-191	194-195
Средний из абсолютных годовых минимумов, °С	-21,-19	-22,-21	-22,-21	-23,-22	-22,-21	-20,-19
Сумма осадков за год, мм	490-530	490-530	510-540	540-560	470-500	470-500
Сумма осадков за теплый пери- од, мм	360-390	360-380	370-390	390-400	340-360	340-360
Испарение, мм/год	430-440	410-430	430-450	450-460	410-420	420-440
Радиационный индекс сухости	1,75-2,36	1,84-2,02	2,04-2,34	1,94-2,04	1,98-2,20	2,34-2,50

Примечание. Районы: 7 - лугово-степной Приднестровья, 8 - гырнцово-лесостепной, 9 - гырн-
цово-лесостепной Тигеческих высот, 10 - степной Приднестровья, 11 - степной Кюнобессарабской рав-
нины.

9. Гырнецово-лесостепной район Тигечских высот. По строению поверхности представляет собой самостоятельную и достаточно четко обусловленную геоморфологическую единицу /3, 7, 12/. Тигечская возвышенность - узкое возвышенное плато, постепенно понижающееся в южном направлении. Наибольшая высотная отметка - 300 м, в средней его части доминируют отметки 240-280 м, а на юге - 180-200 м. По характеру естественной растительности район можно отнести к типичной гырнецовой лесостепи; значения радиационного индекса сухости колеблются от 1,94 до 2,04. Преобладающие почвы - выщелоченные и ксерофитно-лесные черноземы с пятнами темно-серых лесных.

Агроклиматические условия данного района отличаются от остальных более низкими показателями теплообеспеченности и высокими для данной провинции характеристиками влагообеспеченности (см. табл. 3).

10. Степной район Приднестровья расположен в крайней юго-восточной части республики. Занимает левобережье Днестра - Южно-приднестровскую пониженную равнину, а также охватывает пойму и террасы правого берега Днестра. Для него характерен равнинный или слабоволнистый рельеф с редкими балками. Амплитуда высот варьирует от 7-8 м до 183 м, преобладают отметки 20-100 м. Район отличается сравнительной однородностью почвенного покрова с преобладанием подтипов обыкновенных, карбонатных черноземов и пойменно-луговых почв. Незначительные площади занимают южные черноземы. По естественной флоре район относится к степной и пойменной (луговой, болотной и лесной) растительности, $R/L \tau$ составляет 1,98-2,20.

На теплообеспеченность данного района значительное влияние оказывают большое водное зеркало Днестра и Кучурганского лимана. В связи с этим показатели термического режима выше, а водного - ниже, чем в предыдущих районах (см. табл. 3).

11. Степной район Южнобессарабской равнины охватывает территорию южнее гырнецово-лесостепного района. Рельеф - равнинно-волнистый, в целом пересеченный, хотя немалые пространства занимают и ровные водораздельные плато, а также речные поймы (около 50 % территории). Преобладают высоты 20-100 м. Естественная растительность района носит степной характер, отношение $R/L \tau = 2,34...2,50$. В речных поймах распространена бедная по составу луговая растительность. Почвенный покров района определяется резким преобладанием обыкновенных и карбонатных черноземов и поймен-

но-луговых почв /7, 12/.

По условиям тепло- и влагообеспеченности это наиболее теплый и засушливый район Молдавии (см. табл. 3).

Предложенная карта-схема тепло- и влагообеспеченности, по нашему мнению, имеет преимущество перед другими в том, что ее можно сопоставить для характеристики природных условий с почвенной, геоботанической, геоморфологической и другими картами. Она характеризует изменчивость агроклиматических показателей в зависимости от широты и высоты местности. По совокупности взятых метеозаэментов карта-схема характеризует местный климат. Мезоклиматическую карту-схему можно рассматривать как часть модели природно-хозяйственных экологических систем и районов.

С учетом величины, качества и устойчивости урожая сельскохозяйственных культур, энергоемкости, охраны природы, т.е. основных критериев дифференциации природной среды, карта-схема позволяет выделить внутри районов экологически однотипные территории или массивы для научно обоснованного размещения видов, сортов и гибридов культивируемых растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А г р о к л и м а т и ч е с к и й справочник Молдавской ССР. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1969. - 199 с.
2. А г р о к л и м а т и ч е с к и е ресурсы Молдавской ССР. - И.: Гидрометеиздат, 1982. - 198 с.
3. Г о р б у н о в И. Ф. Рельеф Молдавии и его количественные характеристики. - Труды Докучаевской конференции. Кишинев, 1961, с.119-126.
4. Ж у ч е н к о А. А. Экологическая генетика культурных растений. - Кишинев: Штинца, 1980. - 588 с.
5. Ж у ч е н к о А.А., У р с у А. Ф. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. - Кишинев: Штинца, 1983. - 304 с.
6. К р у п е н н и к о в И. А. Черноземы Молдавии. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1967, - 427 с.
7. К р у п е н н и к о в И. А., У р с у А. Ф. и др. Агропочвенное районирование Молдавской ССР. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1965. - 168 с.
8. П р о к а В. Е. Итоги и задачи работ по комплексному картографированию Молдавской ССР. - В кн.: Проблемы географии Молдавии, вып.8. - Кишинев: Штинца, 1973, с.3-12.

9. Прока В. Е., Мучило М. К. Содержание и назначение работ по комплексному картографированию Молдавской ССР. - В кн.: Комплексное картографирование Молдавской ССР. - Кишинев: Штиинца, 1972, с.3-5.

10. Софрони В. Е. Характеристика тепло- и влагообеспеченности территории Молдавии как часть модели природных экосистем. - В кн.: Создание идентифицированных генофондов сельскохозяйственных растений. - Кишинев: Штиинца, 1979, с.105-106.

11. Софрони В. Е., Резина Ю. П. Изменчивость температурных показателей на виноградниках в зависимости от различных условий рельефа и почв. - Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1976, № II, с.19-23.

12. Урсу А. Ф. Природные условия и география почв Молдавии. - Кишинев: Штиинца, 1977. - 137 с.

П.Ж.Кожаметов

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМА ВЕТРА В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ РАЙОНАХ КАЗАХСТАНА

Исследуемая территория охватывает крайние районы юга, юго-востока и востока Казахстана, которые отличаются значительным разнообразием рельефа.

По типу общей циркуляции атмосферы эта территория находится в полосе повышенного давления. В холодное полугодие преобладающее влияние оказывает западный отрог сибирского антициклона, ось которого проходит примерно через Зайсан-Аягуз. Ось западного отрога в течение большей части года обуславливает четкий ветрозадел. Зимой к северу от ветрозадела преобладает ветер южного направления, а к югу почти в течение всего года - восточного и северо-восточного направления. Однако в предгорных и горных районах направление ветра обычно не соответствует господствующему направлению общей циркуляции атмосферы в связи с динамическим влиянием рельефа и особенностями местных циркуляций (горно-долинных, ледниковых, фёновых и т.д.). По исследованиям Гельмгольца Н.Ф. /1/, летом влияние горно-долинной циркуляции на северных склонах Тянь-Шаня распространяется в среднем до 45-55 км от

оси хребта.

Весной, несмотря на ослабление западного отрога сибирского антициклона, средние барические градиенты, за исключением Восточного Казахстана, почти не изменяются, а скорости ветра повсеместно усиливаются. Этому способствует активизация циклонических процессов в связи с сезонным перемещением с юга на север иранской ветви полярного фронта и в некоторой степени влиянием арктического фронта. В предгорных районах в это время года скорости ветра достигают максимума, для направлений характерно преобладание ветра с южной и северной составляющими.

Летом вследствие интенсивного прогревания подстилающей поверхности барическое поле размыто. Восточные и юго-восточные районы Казахстана находятся в основном под влиянием малоградиентного восточного отрога азорского антициклона. В южных районах Казахстана максимального развития достигает летняя термическая депрессия. В указанных районах наибольшую повторяемость имеет ветер северного направления. На юго-востоке Казахстана, в предгорных районах, удаленных от изогипсы 750 м над уровнем моря на расстояние более 50 км, наибольшую повторяемость имеет ветер северо-восточного и восточного направления.

Осенью происходит формирование сибирского антициклона, западный отрог которого распространяется на территорию Казахстана. В это время на востоке Казахстана так же, как и весной, преобладает ветер противоположных румбов — юго-восточных и северо-западных, в юго-восточных районах осенью чаще всего наблюдается северо-восточный ветер.

Летом и осенью в предгорном районе Каратауского хребта в отличие от других сезонов года преобладает ветер северного направления, обусловленный термической депрессией летом, а осенью влиянием ультраполярных вторжений. В южной части Каратауского хребта направление ветра определяют местные циркуляции.

В высокогорных областях (более 2500 м над уровнем моря) в течение всего года преобладает западная циркуляция атмосферы / 4 /.

В связи с большой изменчивостью метеорологического режима на близких расстояниях в сложных физико-географических условиях необходимо дать точную оценку репрезентативности каждой метеостанции и выделить их основные типы. На основе разработанного кода характеристик местоположения / 3 / были выделены характерные для исследуемой территории следующие геоморфологические раз-

новидности: 1) широкие долины, 2) узкие горные долины (шириной менее 4 км), 3) склоны, 4) котловины, 5) перевалы и "ветропроводящие коридоры", 6) побережья, 7) вершины, плато.

Существующее в настоящее время физико-географическое описание и техническая документация метеорологических станций не позволяют точно определить тип местоположения, так как в этих документах часто содержатся второстепенные факторы, не играющие роли в формировании местных особенностей климата. В связи с этим после первой ориентировочной типизации метеорологических станций по местоположениям в соответствии с /3/ были использованы имеющиеся в "Справочнике по климату СССР" /7/ параметры ветра, четко реагирующие на изменения местоположений. К ним относятся: скорость и направление воздушного потока и годовой ход средней месячной скорости ветра. Анализ роз ветров позволит более точно определить тип местоположения.

На перевалах, в ветропроводящих коридорах и узких горных долинах розы ветров вытянуты в соответствии с их ориентацией (рис. I).

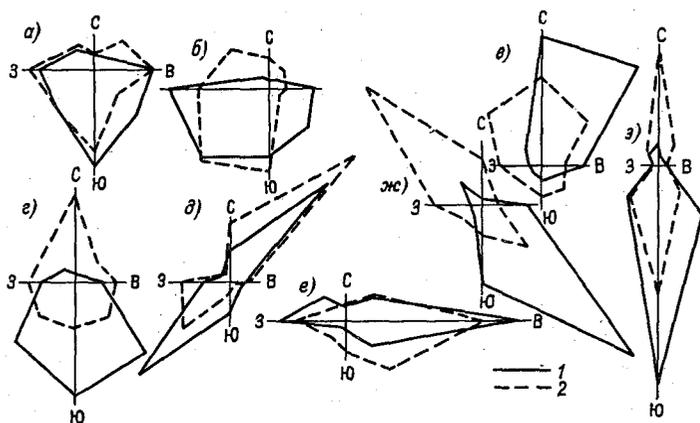


Рис. I. Розы ветров, характерные для различных типов местоположений.

а) широкие долины предгорий Тянь-Шаня, б) склоны (ст. Зайсан), в) котловины, г) широкие долины Восточного Казахстана, д) перевалы, е) побережья, ж) ветропроводящие коридоры, з) узкие горные долины; 1 - январь, 2 - июль.

В случае если метеорологические станции расположены в широких долинах, но подвержены влиянию воздушных течений со стороны перевалов и ветропроводящих коридоров, розы ветров оказываются также вытянутыми по направлению ориентации ветропроводящего коридора и перевала. Такие станции были отнесены в соответствии с конфигурацией розы ветров к указанным местоположениям. Например, на метеорологической станции Жангиз-Тобе в холодное полугодие резко увеличивается повторяемость ветра южного направления при возрастании скорости ветра до 10,4 м/с в январе. Эта станция отнесена к типу ветропроводящие коридоры.

В результате типизации получено, что большинство метеорологических станций расположено в широких долинах. На склонах, вершинах, побережьях и котловинах встречаются лишь отдельные станции.

Охват метеорологическими станциями всего многообразия типа местоположений исследуемой территории дает нам возможность более точно производить микроклиматические исследования. Поэтому при рациональном размещении метеорологических станций в сложных физико-географических условиях необходимо располагать их в различных типах местоположений.

По методике, предложенной в работе / 6 /, была оценена репрезентативность метеорологических станций, расположенных в предгорных и горных районах Казахстана. Результаты оценки показали, что 22 метеостанции из 75 следует считать нерепрезентативными по условиям местоположения или защищенности. Использование данных нерепрезентативных метеорологических станций очень ограничено, их нельзя распространять даже на близлежащие районы.

А.А.Пузыревой были исследованы особенности режима ветра в горах Казахстана / 5 /. Однако оценка репрезентативности не проводилась и результаты исследований, полученные в работе / 5 /, отличаются от приводимых в данной статье.

Используя данные репрезентативных метеорологических станций, проанализируем розы ветров и годовой ход средней скорости ветра по типам местоположений.

В широких долинах предгорий Тянь-Шаня, расположенных на расстоянии более 50 км от изогипсы 750 м над уровнем моря и не подверженных динамическим и термодинамическим воздействиям рельефа, господствующее направление полностью определяется общей циркуляцией атмосферы. На рис. I приводятся розы ветров, характерные для различных типов местоположений.

Районы предгорий, примыкающие к северным склонам Тянь-Шаня, в течение большей части года находятся под влиянием горно-долинной циркуляции. Здесь преобладают кататические ветры с южной составляющей /1, 2, 4/. Наличие горно-долинного ветра характерно также для широких долин и котловин, расположенных внутри горных массивов. Однако при этом необходимо иметь в виду, что сток холодного воздуха со склонов происходит вниз по направлению долин. Например, на метеорологической станции Зайсан, расположенной на северо-западном склоне хребта Саур, в течение года преобладает ветер юго-западной четверти, поскольку на юго-западе расположена широкая долина с многочисленными реками, стекающими в сторону станции.

На побережьях озер за счет бризовой циркуляции в течение всего года преобладает ветер противоположных направлений. В широких долинах Восточного Казахстана розы ветров примерно соответствуют направлениям, обусловленным общей циркуляцией атмосферы, т.е. зимой ветер южного, а летом северного направления. В некоторых районах динамическое воздействие рельефа является доминирующим. К таким районам относятся большая часть предгорных территорий хребта Каратау и Чу-Илийских гор, направление которых перпендикулярно к господствующим ветрам, что обуславливает переувлажнение воздушных масс через понижения хребтов. Так, например, на метеорологической станции Чаян, расположенной в предгорьях на расстоянии 30-35 км от оси хребта Каратау, в течение года господствует ветер северо-восточного и северного направления (рис.2).

Летом в период максимального развития горно-долинной циркуляции здесь в дневное время часто наблюдается нарушение долинной циркуляции, так как преобладающим является ветер со стороны хребта, а не со стороны долин. Только в узких горных долинах Каратау, защищенных с востока и запада высокими горами, местная циркуляция проявляется четко.

Зимой в Восточном Казахстане динамическое воздействие рельефа на ветер проявляется более резко и на большей территории, чем летом. Так, на метеорологической станции Чарская зимой значительно увеличивается повторяемость юго-восточного ветра, дующего со стороны метеорологической станции Жангиз-Тобе, расположенной в ветропроводящем коридоре.

Мощные горные цепи задерживают воздушные течения и создают на значительном расстоянии от гор зону относительного ветрового

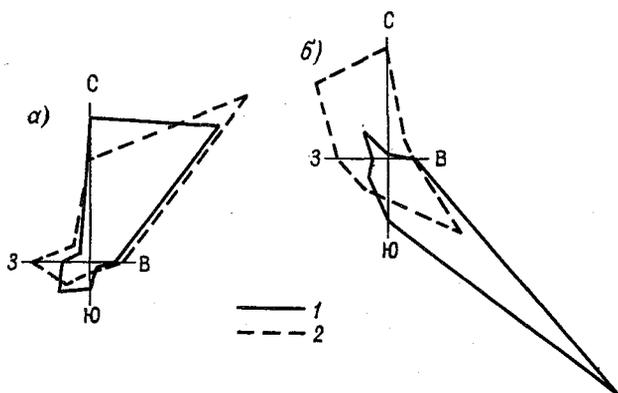


Рис.2. Розы ветров на метеорологических станциях Чаян (а) и Чарская (б), подверженных динамическим воздействиям рельефа. 1 - январь, 2 - июль.

затишья. Так, на открытых метеостанциях, расположенных у северных склонов Тянь-Шаня, средняя годовая скорость ветра составляет 1,6–2,0 м/с. На большом удалении от гор (50–150 км) средняя годовая скорость ветра увеличивается до 2,5–3,0 м/с.

В сложных физико-географических условиях годовой ход скорости ветра меняется в зависимости от типа местоположения (рис.3).

В широких долинах предгорий Тянь-Шаня (на расстоянии не более 50 км от изогипсы 750 м над уровнем моря) максимум средней месячной скорости ветра наблюдается в период максимального развития горно-долинной циркуляции (июнь-июль) и не превышает 2,1–2,3 м/с. Минимум (1,1–1,4 м/с) отмечается в декабре-январе за счет орографического антициклогенеза / 2 /.

В широких горных долинах, а также в межгорных обширных впадинах (Илийская и Алакульская) в годовом ходе наблюдается два максимума и два минимума скорости ветра. Годовая амплитуда составляет около 1,3–1,5 м/с, а средняя годовая скорость ветра – 2,3–2,6 м/с. Вторичные максимумы и минимумы менее выражены и различаются между собой всего на 0,1–0,5 м/с. Такой же годовой ход наблюдается в широких долинах Восточного Казахстана, но скорость ветра в зимние месяцы больше, чем в обширных впадинах

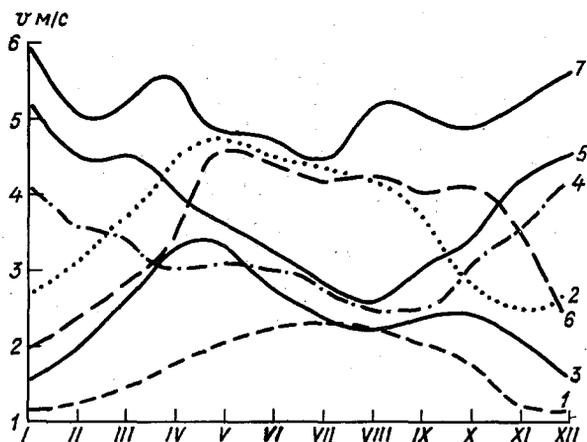


Рис.3. Годовой ход средней скорости ветра для различных типов местоположений.

1 - широкие долины предгорий Тянь-Шаня (не более 50 км),
 2 - широкие долины предгорья Каратау, 3 - широкие горные долины и обширные впадины Тянь-Шаня, 4 - широкая долина (ст.Чарская),
 5 - перевалы и ветропроводящие коридоры, 6 - побережья, 7 - вершины и параллельные ветру склоны (открыты), $H > 750$ м.

Тянь-Шаня. Максимумы обычно относятся к концу переходных сезонов, а главный минимум отмечается в конце лета. Средняя годовая скорость ветра составляет 3,2-3,4 м/с. Если широкие долины подвержены динамическим воздействиям рельефа, максимум скорости ветра приходится на зимние месяцы (ст. Чарская, 4,3 м/с).

В широких долинах предгорий Каратау, а также в юго-восточных районах Казахстана, удаленных от изогипсы 750 м над уровнем моря на расстоянии более 50 км, характерен весенний максимум скорости ветра (3,2-3,6 м/с) со слабым уменьшением к лету. В узких горных долинах Тянь-Шаня годовой ход и годовая амплитуда скорости ветра зависят от абсолютной высоты. На рис.4 представлен годовой ход скорости ветра на трех метеорологических станциях, расположенных в узких горных долинах на различных высотах.

Согласно рис.4, на высоте 1,5 км максимум скорости ветра наблюдается летом, минимум - зимой; на высоте 3 км максимум -

зимой, минимум - летом; на высоте около 2 км годовой ход скорости ветра не выражен. Возрастание скорости ветра на высотах более 2 км можно объяснить влиянием свободной атмосферы, где в это время происходит усиление скоростей геострофического ветра.

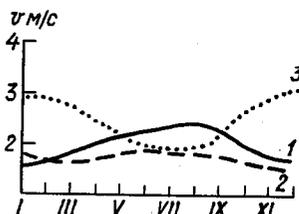


Рис.4. Годовой ход средней скорости ветра в узких горных долинах на различных высотах: 1529 м (1), 1943 м (2), 3013 м (3).

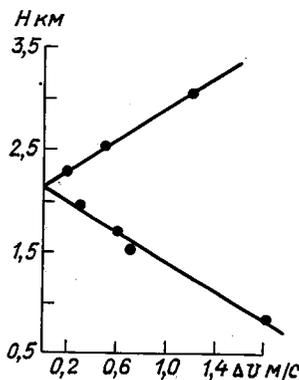


Рис.5. Зависимость годовой амплитуды скорости ветра ΔU от абсолютной высоты местности в узких горных долинах Тянь-Шаня.

На рис.5 приведена зависимость годовой амплитуды скорости ветра от абсолютной высоты узких горных долин Тянь-Шаня: на высоте около 2 км годовая амплитуда близка к нулю, ниже 2 км годовая амплитуда возрастает по мере уменьшения высоты, а выше 2 км амплитуда с высотой увеличивается.

Время наступления максимума скорости ветра в широких и узких горных долинах, имеющих абсолютную высоту менее 2 км, может не совпадать. Так, например, в узких горных долинах Каратауского горного района, ориентированных с севера на юг, главный максимум средней месячной скорости ветра наблюдается не в весенние месяцы, как в широких долинах предгорья Каратау (см.рис.3), а в августе (4,8 м/с), когда господствующий поток направлен вдоль оси узкой долины. В Зайсанской впадине в широких долинах, удаленных от оз. Зайсан на расстоянии более 30 км, максимум средней скорости ветра наблюдается весной. Западная часть Зайсанской впадины закрыта горами. В прибрежной части оз. Зайсан скорость ветра

возрастает в теплое полугодие до 4 м/с и более.

Очень большая скорость ветра в пределах исследуемой территории наблюдается на перевалах и в ветропроводящих коридорах. Максимум средней скорости ветра здесь обычно отмечается в холодное полугодие – зимой (6–12 м/с), но иногда (на перевалах) возможно смещение максимума на весенние месяцы. К лету скорость ветра резко ослабевает (до 3–5 м/с) из-за уменьшения градиентов давления, а также ослабления циклонической деятельности. Для этих местоположений характерны очень большая годовая амплитуда средней скорости ветра достигающая в ветропроводящих коридорах 5–9 м/с. Средняя годовая скорость ветра на перевалах и в ветропроводящих коридорах Восточного Казахстана составляет 4,6–5,6 м/с, в районе Чу-Илийских гор – 5,2–5,9 м/с, в районе Джунгарских ворот – 6,5–6,8 м/с.

Большая скорость ветра характерна также в местах сужения широких долин (р.Или). Здесь средняя годовая скорость ветра возрастает в 1,5 раза. На склонах открытых возвышенностей и на вершинах, имеющих абсолютную высоту более 750 м, максимум средней скорости ветра наблюдается зимой (4,7–5,9 м/с). Усиление скорости ветра в холодное полугодие наблюдается также в узких долинах (3,7–4,6 м/с) и на вершинах (4,6–5,7 м/с) Западного Алтая. В котловинах средняя месячная скорость ветра незначительная, максимум (май–июль) не превышает 2,2–2,4 м/с. Большой средней годовой скоростью ветра (4,2–4,3 м/с) отличаются широкие долины холмистого района, расположенные между хребтами Акматау и Западный Тарбагатай. Здесь в течение года средняя месячная скорость ветра не меньше 3,7 м/с, а годовая амплитуда не превышает 1,5 м/с.

Полученные результаты исследований, основанные на данных репрезентативных метеорологических станций, могут служить для оценки общего ветрового режима исследуемой территории.

В заключение следует отметить, что хотя средняя скорость ветра является лишь исходным параметром в ветроэнергетических расчетах, применение ветроэнергетических агрегатов небольшой мощности оправдано в зонах со средней годовой скоростью ветра не менее 3,5–4 м/с, а применение ветроэлектрических станций большой мощности оправдано в тех случаях, когда годовая скорость ветра превышает 5,5–6 м/с / 8 /.

В пределах исследуемой территории такую скорость ветра можно наблюдать на параллельных ветру перевалах, открытых склонах ($H > 750$ м), в ветропроводящих коридорах и на вершинах гор

(возвышенностях). Однако средняя скорость ветра неоднозначно определяет эффективность и возможность применения ветроэнергетических установок. Для окончательного принятия решений о целесообразности сооружения ветроэнергетических установок необходим расчет всех ветроэнергетических параметров (повторяемости рабочей скорости ветра, максимальной скорости ветра, длительности периодов работы и простоя ветроэнергетических установок, выработки энергии и т.д.). Большое значение имеет также оценка режима гололедообразования.

Умелое использование сведений о рельефе местности на основе детального учета микроклиматической изменчивости режима ветра может дать большую экономию при сооружении ветроэнергетических установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г е л ь м г о л ь ц Н. Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. - 331 с.
2. К л и м а т Казахстана / Под ред. А.С. У т е ш е в а. - Л.: Гидрометеоиздат, 1959. - 368 с.
3. Методические указания по применению кода характеристик местоположения метеорологических станций. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 61 с.
4. П у з н р е в а А.А. Климатическое районирование Южного Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1975. - 262 с.
5. П у з н р е в а А.А. Типы ветрового режима в Южном Казахстане. - В кн.: Географические науки, 1974, вып.4. Алма-Ата, с.6-12.
6. Р о м а н о в а Е.Н., К а л а ш н и к о в А.Д. Мезоклиматические исследования при оценках репрезентативности метеорологических станций в сложных геоморфологических условиях. - Труды ГГО, 1982, вып.461, с.8-18.
7. Справочник по климату СССР, вып.18. Часть III. Л.: Гидрометеоиздат, 1967.
8. Ш е ф т е р Я.И. Использование энергии ветра. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 200 с.

0.89
 до 14 часов вестн.
 12.06
 на ст. Кисловодск

Е.Е.Федорович

ВАРИАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПРОФИЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА
 ТУРБУЛЕНТНОГО ОБМЕНА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ
 ПО ДАННЫМ О ВЕТРЕ

Расчет профиля коэффициента турбулентного обмена $k(z)$ в пограничном слое атмосферы путем интегрирования уравнений движения является одним из наиболее распространенных способов определения этой важной характеристики атмосферной турбулентности.

Подробный обзор и анализ методов определения k по распределению скорости ветра содержится в работах /2, 3, 4/, где указывается, что даже при стационарных, горизонтально однородных условиях и при равновесной стратификации разные методы расчета k приводят к значительным различиям в значениях коэффициента обмена, особенно в верхней части пограничного слоя. В качестве основной причины, обуславливающей указанные расхождения, автор /3/ приводит различия в способах интегрирования уравнений движения, когда в каждом случае коэффициенту турбулентного обмена придается разный физический смысл. При вычислении k всеми рассмотренными в /3/ методами уравнения движения подвергаются тем или иным преобразованиям, которые не меняют каждое из двух уравнений в отдельности, но приводят к существенным различиям в полученных на их основе выражениях для расчета $k(z)$.

Для горизонтально однородных, стационарных условий уравнения движения записываются в виде /3/:

$$\frac{d}{dz} k \frac{du}{dz} + fv = 0, \quad 1.21 \quad (I)$$

$$\frac{d}{dz} k \frac{dv}{dz} + f(G-u) = 0, \quad 2.21 \uparrow$$

где u и v - составляющие скорости ветра вдоль OX и OY соответственно, f - параметр Кориолиса, G - скорость геострофического ветра, совпадающая по направлению с OX . Приведенная форма записи уравнений используется в подавляющем большинстве моделей и расчетных схем пограничного слоя, относящихся к рассмотренным выше условиям. При выводе уравнений (I) принимается предположение о равенстве коэффициентов обмена для импульса в первом и втором уравнениях. Следующим замечаниям автора /3/; бу-

дем рассматривать k в (I) как некоторый эффективный коэффициент обмена, определять который следует по некоторому соотношению, в одинаковой степени учитывающему первое и второе уравнения движения.

Перед окончательной формулировкой задачи расчета k обратим внимание на две важные особенности системы (I) с точки зрения использования ее для расчета $k(z)$.

Первой особенностью является слабая степень зависимости распределения скоростей от профиля $k(z)$. Существующие многочисленные модели пограничного слоя атмосферы, использующие уравнения (I), показывают, что значительные вариации k , особенно в верхней части пограничного слоя, слабо сказываются на профилях $u(z)$ и $v(z)$. По-видимому, это обстоятельство является одной из дополнительных причин существенных различий в k , рассчитанных разными методами для верхней части пограничного слоя. Таким образом, при решении задачи о нахождении $k(z)$ по данным о ветре с использованием уравнений (I) большие ошибки определения k являются следствием слабой обусловленности полученных на основе (I) выражений для расчета $k(z)$. Для улучшения обусловленности задачи следует, очевидно, привлекать дополнительную информацию о связи k с профилем ветра.

Вторая особенность системы (I) заключается в том, что использование предположения о равенстве k_{zx} и k_{zy} приводит к взаимной связи решений u и v системы (I). Если выразить k из первого и второго уравнений движения и приравнять полученные выражения, получим следующее соотношение между u и v :

$$\frac{dv}{dz} \int_z^H v dz = \int_{h_m}^z (u - G) dz \frac{du}{dz}, \quad 1.2.2 \quad (2)$$

где H - высота пограничного слоя атмосферы ($\frac{du}{dz} \Big|_{z=H} = 0$),

h_m - высота максимума на профиле $v(z)$. Анализ имеющихся экспериментальных данных о ветре свидетельствует об отсутствии, в общем случае, такой связи между u и v составляющими скорости ветра в реальных условиях. Это обстоятельство еще раз указывает на то, что k следует определять как некоторую модельную характеристику турбулентности, имеющую право на существование лишь в рамках предположений и допущений, лежащих в основе системы (I).

Исходя из приведенных соображений, сформулируем задачу расчета $k(z)$ по данным о ветре в следующем виде.)

Пусть u и v - решение системы (I). Требуется найти такой профиль $k(z)$, чтобы

$$\int_{z_0}^H g(z) |\vec{V} - \tilde{\vec{V}}|^2 dz = \min, \quad 2.22 \quad (3)$$

где z_0 - параметр шероховатости ($u|_{z_0} = v|_{z_0} = 0$); $\tilde{\vec{V}}$ - вектор скорости ветра, полученный по натурным наблюдениям; \vec{V} - вектор скорости ветра с составляющими u и v ; $g(z)$ - весовая функция, характеризующая распределение ошибок определения \vec{V} с высотой. Представляется, что такая формулировка задачи позволяет более корректно с физической точки зрения подойти к определению $k(z)$ с помощью системы (I), хотя при этом не устраняются сложности, связанные с возникновением больших ошибок расчета k на значительных высотах. *можно быть*

В качестве исходных данных для решения ~~указанной задачи~~ использовались экспериментальные профили скорости ветра, представленные в монографии Л.Р. Орленко /3/. Вычисление значений подынтегральной функции

$$R(z) = g(z) |\vec{V} - \tilde{\vec{V}}|^2 \quad (4)$$

производилось в узлах специально выбранной сетки, шаг которой возрастает при малых z в геометрической прогрессии и сохраняется постоянным при $z > 0,1H$. Экспериментальные значения скорости ветра интерполировались в узлы сетки с помощью кубических сплайнов. Задача минимизации функционала (3) сводилась к определению численными методами минимума функции многих переменных /1, 5/. Для этого искомая функция $k(z)$ записывалась в виде

$$\begin{aligned} k(z) &= k_0(z) + \sum_{i=1}^n a_i k_i(z), \\ k(z_0) &= \alpha, \quad k_0(H) = \beta, \\ k_i(z) &= (z - z_0)(H - z)^i. \end{aligned} \quad 4.22 \quad (5)$$

Значения параметров α и β либо вводились исходя из экспериментальных данных и физических соображений: например $\alpha = \kappa v_* z_0$, $\beta = 0$ /3/, где κ - постоянная Кармана, v_* - динамическая скорость, либо включались в число определяемых величин. *заранее*

Таким образом, задача определения оптимального, в смысле (3), k сводилась к расчету минимизирующего (3) набора параметров a_i . Для этой цели применялся один из наиболее мощных численных методов определения минимума функции многих переменных - ме-

тод Флетчера - Пауэлла, относящийся к группе методов сопряженных градиентов /1, 5/. Численные эксперименты по изложенной схеме определения $k(z)$ показали, что слабая обусловленность задачи ведет к существенному увеличению расходов машинного времени при возрастании числа n - параметра в (5). В рамках приемлемых затрат времени ЭВМ не удалось получить решение для $k(z)$ при $n > 5$.

Решение системы (1) производилось с помощью матричной прогонки. Профиль $q(z)$ задавался исходя из анализа величин погрешностей определения параметров ветра, приведенного в /3/. Перед решением задачи высоты и скорости нормировались на H и G соответственно.

Рассмотрим результаты применения предложенного метода определения k для следующих условий: $G = 18,5$ м/с, $z_0 = 1,8$ см, $H = 1860$ м, $v_* = 0,43$ м/с. /3/. Для сравнения воспользуемся результатами расчета k для тех же условий с помощью других методов, основанных на интегрировании уравнений движения:

$$k(z) = \frac{1}{\rho} \frac{\sqrt{\tau_{zx}^2 + \tau_{zy}^2}}{\sqrt{\left(\frac{du}{dz}\right)^2 + \left(\frac{dv}{dz}\right)^2}}, \quad (6)$$

$$k(z) = \frac{f}{V^2 \frac{d\alpha_n}{dz}} \int_0^z (u^2 + v^2 - Gu) dz, \quad (7)$$

$$k(z) = \frac{f \sqrt{\left[\int_z^\infty (G-u) dz\right]^2 + \left[\int_z^\infty v dz\right]^2}}{\sqrt{\left(\frac{dV}{dz}\right)^2 + V^2 \left(\frac{d\alpha_n}{dz}\right)^2}}, \quad (8)$$

а также $k(z)$, рассчитанным по формулам Г.Х.Цейтина /3, 4/. В формулах (6)-(8) τ_{zx} и τ_{zy} - составляющие касательного напряжения на высоте z , α_n - угол поворота ветра. На рис.1 представлены профили $k(z)$, полученные всеми рассмотренными способами. Кривая 1 соответствует k , определенному из условия минимума (3), кривые 2 и 3 получены в результате расчетов по соотношению (6), кривая 4 - по соотношению (7), кривая 5 - по формуле (8), кривая 6 - по формулам Г.Х.Цейтина. Различие между

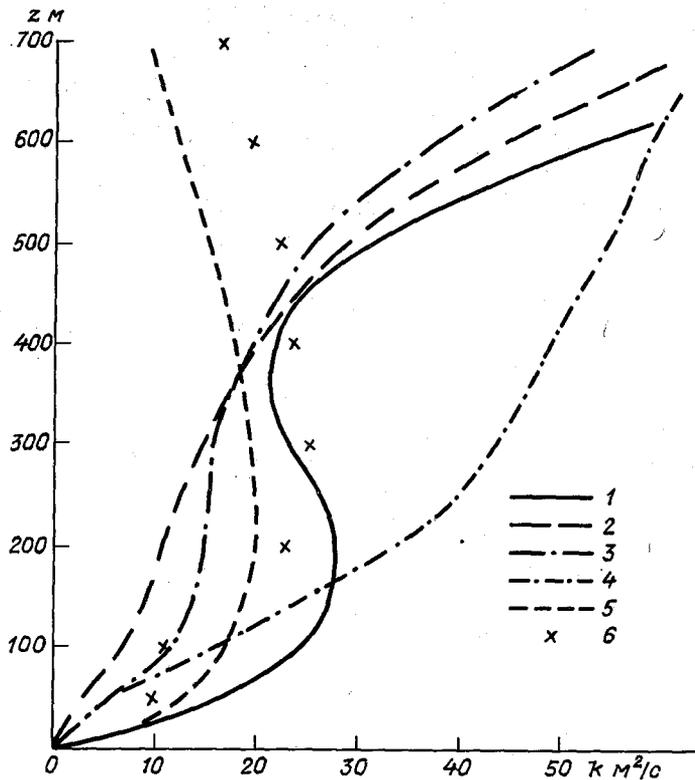


Рис. I. Профили $k(z)$.

выми 2 и 3 объясняется разными способами вычисления τ_{zx} и τ_{zy} входящих в (6) / 3 /.

Степень отличия профиля $k(z)$, определенного из условия минимума (3), от других профилей $k(z)$ не превышает степень их отличия друг от друга. Профиль $k(z)$, определенный вариационным методом, обладает важной особенностью, отличающей его от $k(z)$, определенных другими способами. Полученное на его основе решение системы (I) для u и v оптимальным образом в соответствии с (3) согласуется с экспериментальными данными о ветре в пограничном слое атмосферы. На рис. 2 изображено реше-

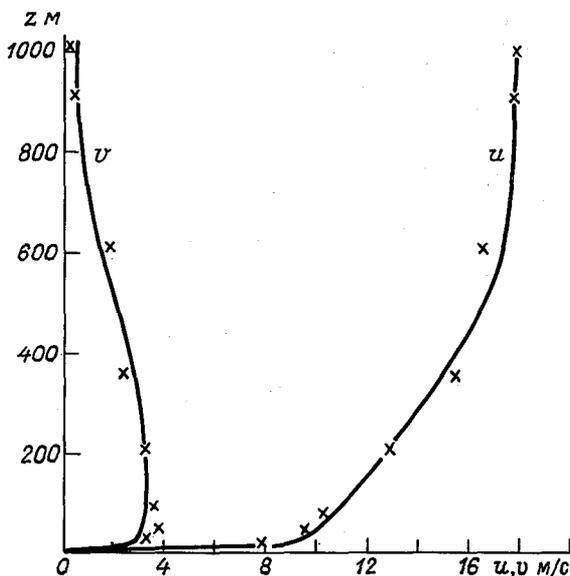


Рис.2

ние системы (I), отвечающее профилю $k(z)$, представленному на рис. I (кривая I). Видно, что согласование расчетных профилей компонент скорости (сплошные линии) с экспериментальными данными вполне удовлетворительное.

Представленный на рис. I профиль $k(z)$ получен при следующих значениях параметров, входящих в соотношения (5): $n=3$, $\alpha=0,0031$, $\beta=0$. Время расчета данного профиля на ЭВМ ЕС1022 — 20 минут.

Предложенный подход к определению $k(z)$ по данным о распределении ветра в пограничном слое может служить основой для построения эффективных алгоритмов расчета k с применением регуляризирующих соотношений.

В заключение автор благодарит А.С. Дубова и Е.Л. Гениховича за полезные замечания, сделанные в период выполнения работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К а л и т к и н Н. Н. Численные методы. - М.: Наука, 1978. - 512 с.
2. К л ю ч н и к о в а Л. А. К вопросу о расчете коэффициента турбулентности в пограничном слое атмосферы. - Труды ГГО, 1967, вып.205, с.3-28.
3. О р л е н к о Л. Р. Строение планетарного пограничного слоя атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 270 с.
4. О р л е н к о Л. Р., Ц е й т и н Г. Х., Ш к л я р е в и ч О. Б. О вертикальном профиле коэффициента турбулентности в пограничном слое атмосферы. - Метеорология и гидрология. 1978, № 10, с.35-44.
5. Ш у п Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. - М.: Мир, 1982. - 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Л. Г. Васильева. Фоновая и микроклиматическая характеристики термического режима в межфазные периоды развития картофеля и овса в Ленинградской области	3
Л. Г. Васильева, Е. О. Габарова. Роль подстилающей поверхности в формировании режима минимальной температуры воздуха (на примере территории Ленинградской и Кировской областей)	14
Г. Б. Пигольцина. Микроклиматическая изменчивость суточного хода прямой солнечной радиации на склонах	23
Г. Б. Пигольцина. Влияние закрытости горизонта на изменение рассеянной радиации в условиях сложного рельефа	29
Е. Н. Романова, Г. Б. Пигольцина. Учет микроклиматической изменчивости показателей радиационного режима на территории Нечерноземья для целей сельскохозяйственного производства	36
Е. Н. Романова, Э. П. Королева. Влияние местных условий на ветровые ресурсы	45
С. Н. Соколова. Сравнительная оценка параметров ветра континентальных и прибрежных районов юга Украины	53
З. И. Воеводова. Мезоклиматическое районирование Тимано-Печорского ТК в целях рационального природопользования	60
Н. Г. Горышина. Оценка особенностей термического режима почвы в холодный период	77
В. Г. Туркения. Микроклиматические исследования для целей рационального размещения плодовых растений в западных предгорьях Сихотэ-Алиня	85
П. М. Богданова. Особенности микроклимата ботанического сада г. Алма-Аты	93
С. М. Талалаев. Метеорологические условия пылеобразования на хвостохранилище	101
К. Ш. Хайруллин, Ю. М. Ненилина. Мезоклиматические особенности урбанизированных зон СССР	108
А. Г. Захаров. Мезоклиматическое районирование территории Красноярского края по гололедным нагрузкам	119

П. И. Песков, Н. В. Гладунова, О. В. Изотова, Г. М. Реведжук. Микроклимат в детском саду панельного исполнения	126
В. Е. Софрони. Мезоклиматическое районирова- ние Молдавской ССР	136
П. Ж. Кожахметов. Характеристика режима ветра в предгорных и горных районах Казахстана	150
Е. Е. Федорович. Вариационный подход к рас- чету профили коэффициента турбулентного обмена в погранич- ном слое атмосферы по данным о ветре	160

Труды ИГО,

вып. 502

Мезо- и микроклиматология

Редактор Н. С. Смирнова

Н/К

Подписано в печать 29.04.86. М - 15137. Формат 60x84^I/16.
Бумага картографическая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,23.
Усл. кр.-отт. 10,46. Уч.-изд. л. 10,21. Тираж 450 экз.
Индекс ПРЛ-17. Заказ 1399 Цена 70 коп. Заказное.

Гидрометеиздат, 199053, Ленинград, 2-я линия, д. 23
Московская типография № 9 Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
109033, Москва, Ж-33, ул. Волочаевская, д. 40.