

# СБОРНИК

докладов Республиканской научно-технической  
конференции аспирантов, магистрантов и студентов  
«Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного  
комплекса»

Дорожная климатология. В 6-ти частях

Часть 1

Председатель ст.гр. 114319: Буглак И.В.

Секретарь ст.гр.114319: Нестерович А.А.

Научный руководитель проф., д-р техн. наук: Леонович И.И.

УДК 625.765

## Сборник

докладов Республиканской научно-технической  
конференции аспирантов, магистрантов и студентов

«Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного комплекса»

11-12 апреля

Дорожная климатология. В 6-ти частях

Часть 1

Председатель: Буглак И.В.

Секретарь: Нестерович А.А.

Научный руководитель проф., д-р техн.наук: Леонович И.И.

В сборнике приведено 26 докладов, которые охватывают вопросы касающиеся влияния погодно-климатических факторов на срок службы и эксплуатационные показатели автомобильной дороги на территории Республики Беларусь. Отмечено влияние снежного покрова на объём и характер дорожных работ, особенности отложения снега в различных районах страны.

Рекомендовано к опубликованию Советом ФТК БНТУ

(Протокол № 9 от 29.04.2013 )

Декан факультета: проф. Бусел А.В.

Кафедра «Строительство и эксплуатация дорог» БНТУ

Заведующий кафедрой: доц. Кравченко С.Е.

Проспект Независимости 65, г.Минск Республики Беларусь

тел. (017)267-93-89; факс: (017)292-91-37

Регистрационный № БНТУ/ФТК 74- 54.2013

## Оглавление

Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог .....	5
Учет климатических особенностей местности при зимнем содержании автомобильных дорог .....	11
Климатические особенности регионов Республики Беларусь.....	17
Природа возникновения гололедицы и ее влияние на безопасность дорожного движения .....	21
Закономерность формирования снежных отложений в дорожной полосе при метелях.....	24
Общая характеристика зимнего периода с позиции эксплуатации автомобильных дорог.....	28
Температурный режим воздуха в различных регионах Беларуси.....	39
Дорожные измерительные станции .....	63
Снежный покров на территории Республики Беларусь и его влияние на объем, и характер дорожных работ в зимний период .....	72
Водный баланс Республики Беларусь .....	81
Географическое распределение осадков в Республике Беларусь .....	86
Климатические факторы в системе водно-теплового режима дорожных конструкций.....	95
Приборы и методы для определения солнечной радиации. ....	101
Географическое распределение температуры воздуха в Беларуси .....	116
Суточный и годовой ход влажности воздуха на территории Беларуси .....	138
Инверсии температуры и их характеристики .....	142
Радиационный режим атмосферы и его влияние на поверхность земли .....	146
Физические свойства воздуха и методы их оценки.....	156
Современные методы наблюдений и исследований в метеорологии .....	162
Климатообразующие факторы.....	165
Климатические ресурсы и их использование.....	174
Основные этапы истории метеорологии .....	180
Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог .....	186
Парниковый эффект и его влияние на климат Земли.....	205
Вклад П.А. Ковриго в развитие метеорологии и климатологии .....	216
Вопросы климата и погоды в трудах академика В.Ф. Логинова .....	218

## **Введение**

В апреле месяце (11-12 апреля 2013г.) на факультете транспортных коммуникаций состоялась Республиканская научно-техническая конференция «Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного комплекса». На секции «Дорожная климатология» (подсекция 1Д) было прочтено 26 докладов. Тематика докладов была разноплановой. Она охватывала общие вопросы метеорологии и климатологии.

В настоящем сборнике приведены доклады студентов: Буглак И.В., Гайдук Е.Л., Даргевич В.И., Зубайраев А.А., Зубач О.Я., Изовитко Е.С., Ковязо С.В., Контровский Е.В., Куцай М.В., Кучко М.Ю., Лагуновская А.М., Лесоцкий В.А., Лукша А.О., Михеева А.И., Муравьев А.И., Наварич А.В., Нестерович А.А., Сетинский А.Д., Снежко А.В., Стрельченко Т.Г., Судленков Д.С., Фалей М.Г., Филинович С.С., Царук А.И., Шидловский М.В., Шиманская Ю.В.

Материалы этих докладов являются полезной информацией для студентов, изучающих дисциплину «Дорожная климатология».

## **Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог**

Буглак И.В.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

В течение всего срока службы дорога находится под постоянным воздействием транспортных средств и внешней среды. Она подвержена активному воздействию многочисленных природных факторов. Эти особенности работы автомобильных дорог учитывают уже при их проектировании, чтобы построенные дороги обеспечивали потребителей безопасным проездом с расчетными скоростями движения в течение длительного времени. Погодно-климатические факторы оказывают существенное влияние на надежность и безопасность функционирования автомобильной дороги. Наибольшее влияние они проявляют в зимний период, когда к метеорологическим условиям, неблагоприятным для движения в другие сезоны года, добавляются снежные заносы и зимняя скользкость, отрицательная температура воздуха.

## **Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог**

К климатическим условиям, оказывающим влияние на потребительские свойства дорог, относятся амплитуда колебания температуры, ее максимальное и минимальное значения, количество осадков, условия их испарения, направление и скорость ветра, мощность снегового покрова, глубина промерзания грунта и т.д. Они ограничивают продолжительность строительного сезона и требуют специальных технологий производства работ, как по ремонту, так и по содержанию дорог для поддержания их потребительских свойств[1].

Воздействие сезонного изменения климатических факторов приводит к снижению прочности дорожных конструкций в весенний период и, как следствие, к ограничению осевых нагрузок для проходящих автомобилей.

Постоянное воздействие на дорогу оказывают атмосферные явления в виде выпадающих осадков, метелей, туманов, гололедных отложений. В результате воздействия этих факторов происходит постепенное разрушение конструктивных элементов дороги.

Температурный режим характеризуется среднемесячными и экстремальными (максимальными и минимальными) значениями температуры воздуха, датами и частотой перехода температуры воздуха

через различные пределы изменения. Он определяет продолжительность различных сезонов года в районе прохождения дороги, технологические процессы по ремонту и содержанию дорог, условия и частоту образования различных видов зимней скользкости, состояние снежного покрова и заносимость дорог метелевым снегом. Если в районе прохождения дороги наблюдается устойчивая отрицательная температура воздуха в зимний период, то там снижается вероятность обледенения дорожных покрытий, однако снег становится более сухим и подвижным, он легко переносится ветром, следовательно, повышается вероятность снежных заносов. В районах с частыми переходами температуры воздуха через 0°C повышается вероятность образования скользкости на покрытии. Температурный режим оказывает воздействие на все потребительские свойства автомобильной дороги[2].

На режимы движения автомобиля оказывает влияние и ветер; причем наиболее опасно сочетание высокой скорости ветра и скользкого покрытия, что может привести к потере устойчивости автомобиля при движении его по открытым участкам дороги. Ветровой режим в основном определяет характер переноса снега при метелях.

Среди осадков в зимний период можно отметить снегопады, метели, туманы, жидкие осадки, приводящие к образованию гололедных явлений. Режим выпадения осадков определяет такие процессы, как снежные заносы, снежные и гололедные отложения на дорожных покрытиях, а также дальность видимости.

Негативное влияние снежных заносов на потребительские свойства дорог проявляется в уменьшении их пропускной способности из-за снижения скорости движения транспортных средств. Если дорога заносится снегом, то на ней могут возникнуть заторы и перерывы в движении, изменяется ширина проезжей части, снижается коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием[2].

Осадки в зимний период часто приводят к образованию различных видов зимней скользкости, снижению коэффициента сцепления. Основная опасность при движении на скользком обледеневшем покрытии состоит в том, что из-за различий в дорожных условиях скользкость может появиться не на всем протяжении дороги, а на отдельных ее участках. При этом водитель не всегда быстро перестраивается на новые режимы движения.

Скользкость и снежные заносы приводят к значительному снижению скорости движения одиночных автомобилей и транспортных потоков, следовательно, к снижению пропускной способности дорог, увеличению стоимости перевозок.

Выпадение осадков, образование туманов приводят к ограничению видимости. Это также влечет за собой снижение скорости движения транспортного потока и уменьшение пропускной способности дороги, ухудшается восприятие водителем обстановки пути.

В связи с ростом интенсивности движения на дорогах проблема обеспечения безопасности движения привлекает к себе все большее внимание. В последнее десятилетие одним из основных принципов обеспечения безопасности движения стал приоритет жизни и здоровья граждан, участвующих в дорожном движении, над экономическими результатами хозяйственной деятельности. С учетом этого принципа разрабатываются и утверждаются современные нормативные документы, осуществляются проектирование, строительство и реконструкция автомобильных дорог, а также их ремонт и содержание. При проведении любых мероприятий на автомобильной дороге не допускается снижение уровня безопасности движения.

Погодно-климатические факторы оказывают непосредственное влияние на безопасность движения, однако основные элементы плана, продольного и поперечных профилей автомобильных дорог проектируют исходя из условий движения автомобилей в эталонных погодных условиях.

Отклонение погодных условий от эталонных значений, а также их изменение по сезонам года приводит к снижению безопасности движения.

По времени воздействия погодно-климатические факторы могут быть длительными (снежный покров, отрицательная температура воздуха) или кратковременными (туман, зимняя скользкость). Именно кратковременные погодно-климатические факторы оказывают наибольшее влияние на количество и тяжесть дорожно-транспортных происшествий (ДТП). На скользком покрытии увеличивается тормозной путь, возникает угроза заноса автомобиля, что повышает вероятность возникновения ДТП[3].

Как показывает анализ, от 12 до 15% от общего количества ДТП происходят из-за неблагоприятных дорожных условий. Из этого количества около 50% ДТП происходят в зимний период и имеют основной причиной влияние метеорологических условий, приводящих к снижению сцепных качеств дорожных покрытий и ограничению видимости.

Оценку безопасности движения делают на основе учета и анализа ДТП, произошедших на обслуживаемом участке дороги. Правила, регламентирующие учет дорожно-транспортных происшествий, предписывают отмечать их причины, на которые влияют погодные условия[3]:

низкие сцепные качества покрытия;

сужение проезжей части при наличии снега на дорожном покрытии (если ширина полностью очищенной проезжей части меньше значений, регламентируемых нормативными документами);

наличие снежных валов на пересечениях в одном уровне в зоне треугольника видимости;

ограничение видимости по метеоусловиям.

Для оценки общего состояния аварийности на обслуживаемой сети дорог строят сезонные графики коэффициентов аварийности. Они позволяют учесть влияние погодно-климатических факторов на безопасность движения

и оценить изменение условий движения в различные сезоны года. Сезонные графики коэффициентов аварийности строят для летнего, зимнего и переходного периодов года. При этом учитывается влияние погодных условий на изменение следующих дорожных факторов:

- сезонные колебания интенсивности и состава движения;
- эффективно используемую ширину проезжей части в связи с образованием снежных отложений;
- уменьшение ширины обочин за счет образования снежных отложений на обочинах;
- ограничение видимости на кривых в плане снежными валами, образующимися на обочинах при очистке дороги от снега;
- ограничение видимости на прямых участках из-за снегопадов, туманов и метелей;
- уменьшение ширины проезжей части мостов по сравнению с проезжей частью дороги из-за снежных отложений и насосов грязи у бордюра или тротуара;
- изменение видимости на пересечениях в одном уровне из-за снеговых валов на обочинах и у снегозащитных насаждений;
- изменение используемого числа полос движения на проезжей части из-за снежных отложений и грязных обочин на дорогах;
- изменение коэффициента сцепления на скользком покрытии.

График сезонных коэффициентов аварийности является основным рабочим документом для оценки условий безопасности движения по дороге в различные периоды года, на основании которого разрабатываются конкретные мероприятия по повышению безопасности движения и сроки их проведения на разных участках.

Величина тормозного пути зависит от скорости движения, от состояния покрытия дороги, от исправности тормозов и других факторов. Например, при скорости легкового автомобиля 30 км/ч при резком торможении автомобиль проходит тормозной путь, равный 10 м. При скорости 60 км/ч тормозной путь составит уже 40 м. То есть при увеличении скорости в два раза тормозной путь увеличивается в четыре раза. Тормозной путь намного увеличивается, если торможение автомобиля происходит на скользкой дороге (в дождь или снег).



Рис.1 – Изменение тормозного пути в зависимости от состояния покрытия



Разумеется, влияет на тормозной путь коэффициент сцепления, который зависит от погоды и может существенно отличаться в зависимости от температуры воздуха и осадков.

Для повышения безопасности движения в зимний период предусматривается комплекс мероприятий по защите дорог от снежных заносов, как при проектировании, так и при их содержании. Для обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях дорожная служба проводит работы в соответствии с нормативными требованиями к уровню содержания.

Кроме того, могут быть предусмотрены специальные мероприятия:

- своевременная информация водителей о состоянии проезда по дорогам;
- средства дополнительной информации водителей о рекомендуемых режимах движения в сложных погодных условиях (знаки со сменной информацией, информационные табло, временные дорожные знаки, устанавливаемые в зимний период).

Для организации таких работ нормативные документы обязывают дорожно-эксплуатационные организации регулярно и своевременно получать прогнозы погоды. По экспертным оценкам зарубежных специалистов, развитая система погодного мониторинга на дорогах снижает уровень аварийности на 10-15%.

Учет местных условий позволяет более обоснованно подойти к принятию проектных решений. Следовательно, при проектировании дорог необходимо не ограничиваться общей характеристикой климата, полученной путем отнесения района прилегания трассы к соответствующей зоне, а изучить с достаточной подробностью климатические элементы по данным местных метеорологических станций[4].

Существенное значение для проектирования дороги имеют следующие климатические элементы:

Годовая сумма осадков и их распределение по месяцам, разделение их на твердые и жидкие, интенсивность, продолжительность и частота дождей

Годовой режим температуры воздуха – максимальные, минимальные и средние месячные температуры.

Режим формирования снежного покрова, продолжительность его залегания, средние числа начала и конца устойчивого покрова, толщина снежного покрова по месяцам, частота и интенсивность метелей.

Сила ветра и его направление, особенно зимой, когда возможны метели и заносы дорог.

Глубина промерзания грунта, режим его промерзания и оттаивания.

Температура на поверхности покрытия и в его глубине.

Условия испарения влаги.

Практическое использование метеорологических характеристик при проектировании автомобильных дорог [4]:

Необходимо не ограничиваться общей характеристикой климата, полученной путем отнесения района пролегания трассы к определенной зоне,

а изучить с достаточной подробностью климатические элементы по данным местных метеорологических станций и принять их во внимание наряду с общими данным для соответствующих дорожно-климатических зон.

При проектировании земляного полотна, дорожных одежд и других дорожных сооружений учитываются: общие погодно-климатические характеристики района, уровень залегания грунтовых вод, высота снежного покрова, глубина промерзания грунтов и др.

Для определения объема поверхностного стока, расчетных расходов водотоков и боковых водоотводных канав необходимы данные о годовой сумме осадков и их распределение по месяцам, разделение их на твердые и жидкие, интенсивности и продолжительности и частоте дождей, месячных и годовых осадков различной обеспеченности.

Проектирование дорожных одежд, особенно с использованием в качестве материалов для их устройства органоминеральных смесей, требует знания годового режима температуры воздуха, а также показателей максимальных, минимальных и среднемесячных температур.

Проектирование тепло- и гидроизоляционных прослоек базируется на учете глубины промерзания грунтов и конструктивных слоев дорожной одежды, их водно-теплого режима, влияние температуры атмосферного воздуха на нагревание поверхности проезжей части.

Сила ветра создает дополнительную нагрузку, а поэтому многие несущие конструкции рассчитываются с учетом этой нагрузки.

Решение задач о выборе средств защиты автомобильной дороги от снежных заносов связано с учетом снежно-метелевого режима.

Проектирование ряда технологических процессов связано с интенсивностью высыхания грунта и различных дорожно-строительных материалов.

Организация изыскательных и строительных работ требует учета продолжительности светового дня, погодных особенностей рассматриваемого периода года.

При проектировании автомобильных дорог и системы их эксплуатации учитываются особенности микроклимата.

## **Заключение**

Таким образом, практически все метеорологические параметры, могут оказать неблагоприятное воздействие на потребительские свойства дорог. Сложность прогнозирования состояния покрытия состоит в том, что это воздействие не учитывается в полной мере данными наблюдений метеорологических станций и постов.

## Литература

1. Бялобжеский Г.В. и др. Зимнее содержание автомобильных дорог. - М. Транспорт, 1983, -199 с.
2. Лезебников М.Г., Бакуревич Ю.Л. Эксплуатация автомобилей в тяжелых дорожных условиях. - М.: Транспорт, 1966.
3. Бабков В.Ф. X VII Международный дорожный конгресс. - Автомоб. дороги, 1984, № 5.
4. Леонович, И. И. Дорожная климатология. Мн., БНТУ, 2007

### **Учет климатических особенностей местности при зимнем содержании автомобильных дорог**

Гайдук Е.Л.

Белорусский национальный технический университет

#### **Введение**

Зимнее содержание автомобильных дорог - комплекс мероприятий по обеспечению безопасного и бесперебойного движения транспорта на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях в зимний период, включающий защиту автомобильных дорог от снежных заносов и лавин, очистку от снега, предупреждение и устранение зимней скользкости и наледей. Наибольшее влияние погодно-климатических явлений (температура, давление, влажность воздуха, осадки и т.п.) на состояние проезжей части автомобильных дорог (скользкость, ровность, колейность, снежный накат и т.п.) ощущается в зимний период года. В этих условиях ухудшается безопасность дорожного движения, увеличивается количество ДТП, снижается скорость автомобильного транспорта, что приводит к резкому уменьшению пропускной способности автомобильных дорог и увеличению себестоимости перевозок. Повышение эффективности содержания автомобильных дорог в зимний период возможно при своевременном и качественном проведении дорожных работ, осуществляемых дорожными предприятиями с учетом и на основании метеорологической информации. Сеть автомобильных дорог представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из взаимодействующих элементов и подверженную факторам повреждений (транспорт, климат, агрессивная внешняя среда), факторам противодействия повреждению (ремонт, содержание), факторам обновления (новое строительство, реконструкция). Процесс планирования в любой динамической системе завершается

формированием программ работ, то есть комплексной моделью процесса будущей деятельности.

### **Учет климатических особенностей местности при зимнем содержании автомобильных дорог**

Анализ климатических условий эксплуатации автомобильных дорог показывает, что дороги с одинаковыми техническими и эксплуатационными характеристиками в пределах одного региона для одних районов допускают безопасные условия движения с расчетными скоростями, в то время как в других районах в определенные периоды года наблюдается снижение расчетной скорости движения и повышение аварийности. Такими условиями отличается зимний период производства работ по содержанию сети дорог, где действие неблагоприятных климатических явлений влияет как на условия безопасности движения транспортных средств, так и на объемы работ по их ликвидации и предупреждению.

Зимний период характеризуется снегопадами, метелями и гололедными явлениями, которые являются причинами перерывов в движении, снижается скорость движения транспортных средств, приводят к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП). Используемые для борьбы со скользкостью противогололедные материалы ухудшают экологическую ситуацию в зоне прохождения дороги.

Вся система мероприятий по борьбе с неблагоприятными климатическими последствиями зимнего периода производства работ должна быть построена таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить наилучшие условия для движения автомобилей, а с другой - максимально облегчить и удешевить процесс производства работ. Так как работы по зимнему содержанию дорог являются высокочрезвычайными и ресурсоемкими, то при распределении средств, выделенных на их выполнение между дорожными объектами необходимо учитывать региональные условия производства работ по эксплуатации дорог в зимний период. Это можно осуществить с помощью районирования территорий по климатическим факторам, которые влияют на зимнее содержание сети автомобильных дорог.

Анализ исследований по зимнему содержанию сети автомобильных дорог определил комплекс метеорологических факторов, влияющих на состояние дорожных объектов сети автомобильных дорог. Выявлено, что весь комплекс метеорологических факторов можно сгруппировать в три классификационные группы климатических явлений, характеризующих соответственно снегопады, метели и гололедные явления. Данная группировка доказывает необходимость отдельного учета комплексов метеорологических факторов при обосновании объемов работ по зимнему содержанию сети автомобильных дорог, что обеспечит своевременное выполнение работ и безопасность участников дорожного движения. Зимнее содержание автомобильных дорог - комплекс мероприятий по обеспечению

безопасного и бесперебойного движения транспорта на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях в зимний период, включающий защиту автомобильных дорог от снежных заносов и лавин, очистку от снега, предупреждение и устранение зимней скользкости и наледей. Наибольшее влияние погодно-климатических явлений (температура, давление, влажность воздуха, осадки и т.п.) на состояние проезжей части автомобильных дорог (скользкость, ровность, колеиность, снежный накат и т.п.) ощущается в зимний период года. В этих условиях ухудшается безопасность дорожного движения, увеличивается количество ДТП, снижается скорость автомобильного транспорта, что приводит к резкому уменьшению пропускной способности автомобильных дорог и увеличению себестоимости перевозок. Повышение эффективности содержания автомобильных дорог в зимний период возможно при своевременном и качественном проведении дорожных работ, осуществляемых дорожными предприятиями с учетом и на основании метеорологической информации.

#### **Температура:**

Северная область занимает северную часть страны. В пределах этой области в январе – от  $-6,5^{\circ}\text{C}$  до  $-8,5^{\circ}\text{C}$ .

Центральная область занимает центральную часть страны. Она является более теплой и менее влажной, чем северная. Например, средние температуры в январе изменяются с  $-4,9^{\circ}\text{C}$  на западе до  $-8,2^{\circ}\text{C}$  на востоке.

Южная область занимает южную часть страны и характеризуется более теплыми климатическими условиями, чем северная и центральная области. Средние температуры января варьируют от  $-4^{\circ}\text{C}$  на западе до  $-7^{\circ}\text{C}$  на востоке.

**Снежный покров.** Максимальная высота снежного покрова (15 - 35 см) наблюдается в конце февраля - начале марта, увеличивается с запада на восток и на возвышенностях

Толщина:

Брест-14см, Минск-27см, Витебск-28см.

Количество суток со снежным покровом увеличивается от 75 на юго-западе до 125 на северо-востоке.

Число дней со снежным покровом: Брест-75, Минск-115, Витебск-123. Среднее число дней с метелью: Брест-13, Минск-19, Витебск-26. За год отмечается 55 - 82 суток с выпадением снега, 15-35 с метелью, 8-25 суток с гололёдом, 11 - 30 с изморозью.

**Ветровой режим.** Ветровой режим обусловлен общей циркуляцией атмосферы. Преобладает западный перенос, зимой чаще дуют ветры с юго-запада. Среднегодовые скорости ветра на открытых участках около 4 м/с, в котловинах около 3 м/с. Скорость ветра в январе: Брест-3,6, Минск-3,5, Витебск-4,7. Снегопады и метели приводят к отложению снега на проезжей части дороги, особенно на снегозаносимых участках (низкие насыпи, нераскрытые выемки, участки с ограждениями и т.п.), что влияет на скорость и безопасность дорожного движения. Большую роль дорожники

отводят определению продолжительности неблагоприятного периода, то есть времени выпадения твердых осадков (снегопад, метель) на поверхность автомобильной дороги. Прогноз времени определяется по данным организаций или метеолокаторов, действующих в зоне, охваченной системой специализированного дорожного метеообеспечения, и используется для выработки прогнозов и рекомендаций.

Борьбу со снегом на автомобильных дорогах осуществляют путем устройства снегозащиты и т.п., специальных конструкций земляного полотна и проведения работ по очистке проезжей части от снега с учетом метеорологических данных, получаемых от метеостанций. К постоянной снегозащите относят снегозадерживающие лесные полосы, живые изгороди, примыкающие к дороге леса, заросли кустарников и постоянные заборы. Основным критерием выбора средств снегозащиты и их конструкции является объем снегоприноса к автомобильной дороге (м<sup>3</sup>/м). Исходной информацией для расчета снегоприноса являются данные с метеостанций

А именно:

- дата прохождения метели;
- продолжительность метели;
- скорость и направление ветра;
- вид метели;
- температура воздуха при прохождении метели.

По технологическим признакам зимняя скользкость, образующаяся на дорожных покрытиях, подразделяется на три вида: рыхлый снег, снежный накат и стекловидный лед. В зависимости от интенсивности дорожного движения и типа дорожной одежды зимнее содержание осуществляют или путем полной ликвидации снежно-ледяных отложений на покрытии (I тип) за установленные нормативные сроки или создания на покрытии специального уплотненного снежного покрова (II тип).

### **Климатологическая информация для расчета затрат на содержание дороги**

1. Объемы снегоприноса слева и справа к отдельным участкам дороги с вероятностью превышения 5 %

В климатических справочниках такая информация отсутствует. Ее можно получить с помощью специальных расчетов, в основу которых положен метод суммарных переносов Д.М. Мельника. Исходными для расчета являются данные метеостанций о метелевом режиме. Необходима их обработка для расчета объемов снегоприноса слева и справа к дорогам различных направлений. Из-за значительной изменчивости этого параметра даже в пределах одного региона, а также необходимости учета дорожных условий, использование справочных данных о метелевой деятельности для больших территорий приводит к значительным ошибкам в расчетах

2. Интенсивность снегопадов и их продолжительность

Данные по каждому параметру могут быть взяты из климатических справочников. При расчете ресурсов необходим совместный учет двух этих параметров для планирования отряда машин при патрульной снегоочистке и расчета цикличности работ. Для этого нужны специальная обработка данных метеостанций о снегопадах

3. Частота, продолжительность и количество случаев образования гололеда (в этот термин входят все виды зимней скользкости, которые образуют слой льда на покрытии без учета причин их образования).

Из-за различий в условиях образования скользкости на дорожном покрытии и гололедных отложений на проводах, использование данных справочников или метеостанций о гололедно-изморозевых отложениях для дорог не представляется возможным. Для этих целей необходимы специальные расчеты, которые моделируют условия образования скользкости в соответствии с данными табл. 2.2 на основе расчета температуры дорожного покрытия по метеорологическим данным. В качестве исходной метеорологической информации при моделировании могут использоваться архивы данных наблюдений на метеостанциях.

Эта информация должна также собираться и в дорожных организациях и храниться в виде специальных архивов

4. Общий объем снега, выпадающий за зимний период на 1 м<sup>2</sup> покрытия при снегопадах. Данные могут быть взяты из климатических справочников.

5. Протяженность снегозаносимых участков

Необходимы специальные расчеты, так как протяженность снегозаносимых участков определяется объемами снегоприноса, типом поперечного профиля земляного полотна (высотой насыпи или глубиной выемки) и направлением участка дороги.

6. Протяженность и площадь снегозадерживающих лесных полос

Определяется объемами снегоотложений от метелей и снегопадов на конец зимнего периода, а также дорожными условиями - протяженностью снегозаносимых участков

7. Протяженность временной снегозащиты

Определяется дорожными условиями и параметрами расчетной метели - наиболее опасной метели с расчетным объемом снегоприноса 5 %-ной вероятности превышения (повторяемость 1 раз в 20 лет). Снегопады и метели приводят к отложению снега на проезжей части дороги, особенно на снегозаносимых участках (низкие насыпи, нераскрытые выемки, участки с ограждениями и т.п.), что влияет на скорость и безопасность дорожного движения. Большую роль дорожники отводят определению продолжительности неблагоприятного периода, то есть времени выпадения твердых осадков (снегопад, метель) на поверхность автомобильной дороги. Прогноз времени определяется по данным организаций или метеолокаторов, действующих в зоне, охваченной системой специализированного дорожного метеообеспечения, и используется для выработки прогнозов и рекомендаций.

## Заключение

Борьбу со снегом на автомобильных дорогах осуществляют путем устройства снегозащиты и т.п., специальных конструкций земляного полотна и проведения работ по очистке проезжей части от снега с учетом метеорологических данных, получаемых от метеостанций. К постоянной снегозащите относят снегозадерживающие лесные полосы, живые изгороди, примыкающие к дороге леса, заросли кустарников и постоянные заборы. Основным критерием выбора средств снегозащиты и их конструкции является объем снегоприноса к автомобильной дороге (м<sup>3</sup>/м). Исходной информацией для расчета снегоприноса являются данные с метеостанций

А именно:

- дата прохождения метели;
- продолжительность метели;
- скорость и направление ветра;
- вид метели;

- температура воздуха при прохождении метели. По технологическим признакам зимняя скользкость, образующаяся на дорожных покрытиях, подразделяется на три вида: рыхлый снег, снежный накат и стекловидный лед. В зависимости от интенсивности дорожного движения и типа дорожной одежды зимнее содержание осуществляют или путем полной ликвидации снежно-ледяных отложений на покрытии (I тип) за установленные нормативные сроки или создания на покрытии специального уплотненного снежного покрова (II тип).

## Литература

1. Бялобжеский Г.В. и др. **Зимнее содержание автомобильных дорог.** - М. Транспорт, 1983, -199 с.
2. Лезебников М.Г., Бакуревич Ю.Л. Эксплуатация автомобилей в тяжелых дорожных условиях. -М.:Транспорт, 1966.
3. Бабков В.Ф. X VII Международный дорожный конгресс. - Автомоб. дороги, 1984, № 5.
4. Леонович, И. И. Дорожная климатология. Мн., БНТУ, 2007



# **Климатические особенности регионов Республики Беларусь**

Даргевич В.И.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Вся территория Республики Беларусь расположена в умеренном поясе на пути движения западных воздушных масс из Атлантики. Климат Беларуси – умеренно-континентальный. Он формируется вследствие взаимодействия солнечной радиации, подстилающей земной поверхности и общей циркуляции атмосферы. Уровень солнечной радиации определяется положением Беларуси между  $56^{\circ}10'$  и  $51^{\circ}16'$  северной широты, зависит от высоты солнца над горизонтом в разные сезоны года, а также от продолжительности дня и облачности. Идущие с запада на восток воздушные массы приносят летом пасмурную и дождливую погоду, тем самым смягчая температурные колебания, а зимой сопровождаются значительными потеплениями с частыми оттепелями, особенно в западных районах республики.

## **Климатические особенности регионов РБ**

Климат Беларуси в западных областях значительно теплее и мягче, чем в восточных. Так, среднегодовая температура воздуха в Брестской области достигает  $7,3^{\circ}$ , а в Витебской области, расположенной на северо-востоке республики, – только  $4,7^{\circ}$ . Изотермы летом имеют широтное направление, зимой под влиянием воздушных течений с запада принимают направление с северо-запада на юго-восток.

Самым холодным месяцем года является январь. Средняя месячная температура его колеблется по территории от  $-4,3^{\circ}$  на западе до  $-8,2^{\circ}$  на востоке. Средняя месячная температура самого жаркого месяца – июля – составляет  $17,0 - 19,0^{\circ}\text{C}$ .

Зима, определяемая переходом температуры через  $-5^{\circ}$  и образованием устойчивого снежного покрова, в среднем наступает в середине или в конце декабря и продолжается от двух до трех с половиной месяцев.

Весенние и осенние периоды определяются переходом температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$ . Весна начинается на западе Беларуси примерно в конце первой декады марта, а к его концу охватывает почти всю территорию. Весна длится от пяти недель до двух месяцев. Осень несколько продолжительнее: она начинается примерно в середине сентября и кончается во второй декаде ноября.

Лето, определяемое переходом температуры воздуха через 10 °С, длится около пяти месяцев. Оно начинается на юге – в конце апреля, а на севере – в начале мая и кончается в третьей декаде сентября.

По количеству осадков Республика Беларусь принадлежит к наиболее увлажненным районам. Среднегодовое количество атмосферных осадков колеблется по территории от 550 до 700 мм

Снежный покров распределяется по территории республики неравномерно. Достигая наибольшей высоты (30 см) на северо-востоке, он сильно уменьшается по своей мощности на юго-западе, а в отдельные годы оттепели приводят к полному стаяванию снега.

### **Заключение**

Продолжительность теплого периода года (с температурой выше 0 °С) на юго-западе Беларуси – 250-260, на северо-востоке – 220-230 суток. Относительно большое количество осадков, сравнительно небольшие (невысокие) температуры теплого периода года обуславливают повышенную влажность воздуха. Среднегодовая относительная влажность воздуха в 13.00 – почти 70 %. Зимой и частично – осенью относительная влажность составляет 80-88 %, весной – до 51-62 %, летом – 50-60 % (при засушливой погоде – менее 30 %). В год бывает от 35 до 100 дней с туманами. Вероятность пасмурного неба зимой – 73-85 %, облачности в теплый период года – до 40-55 %. Осадков в год выпадает 600...650 мм в центральной и северо-восточной части Белоруссии, 650 (кое-где – 700 мм) – на возвышенностях, 600 мм и менее – в Белорусском Полесье и на севере республики. В отдельные годы, особенно на юге и юго-востоке, все лето засушливое (дождей не бывает по 20 суток и более).

*Приложение:*

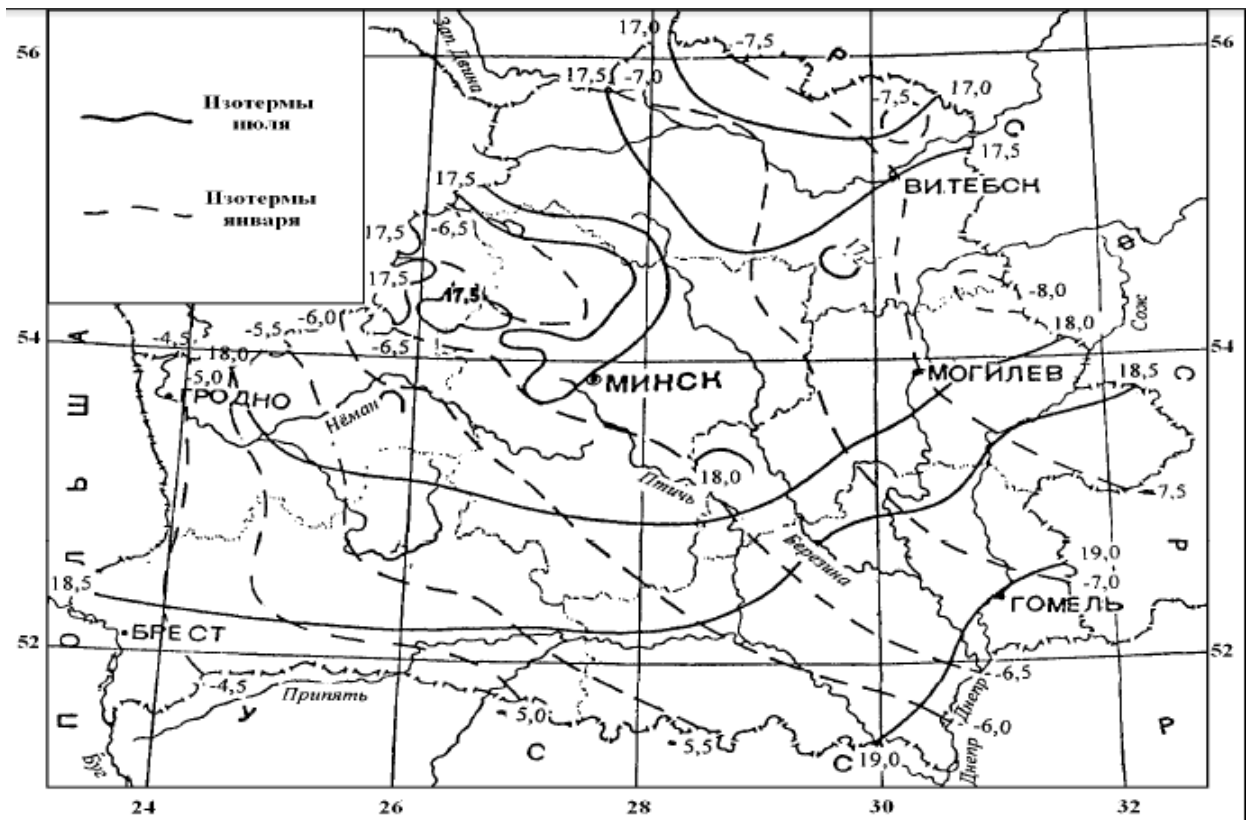


Рис. 1. Температурный режим в Республике Беларусь

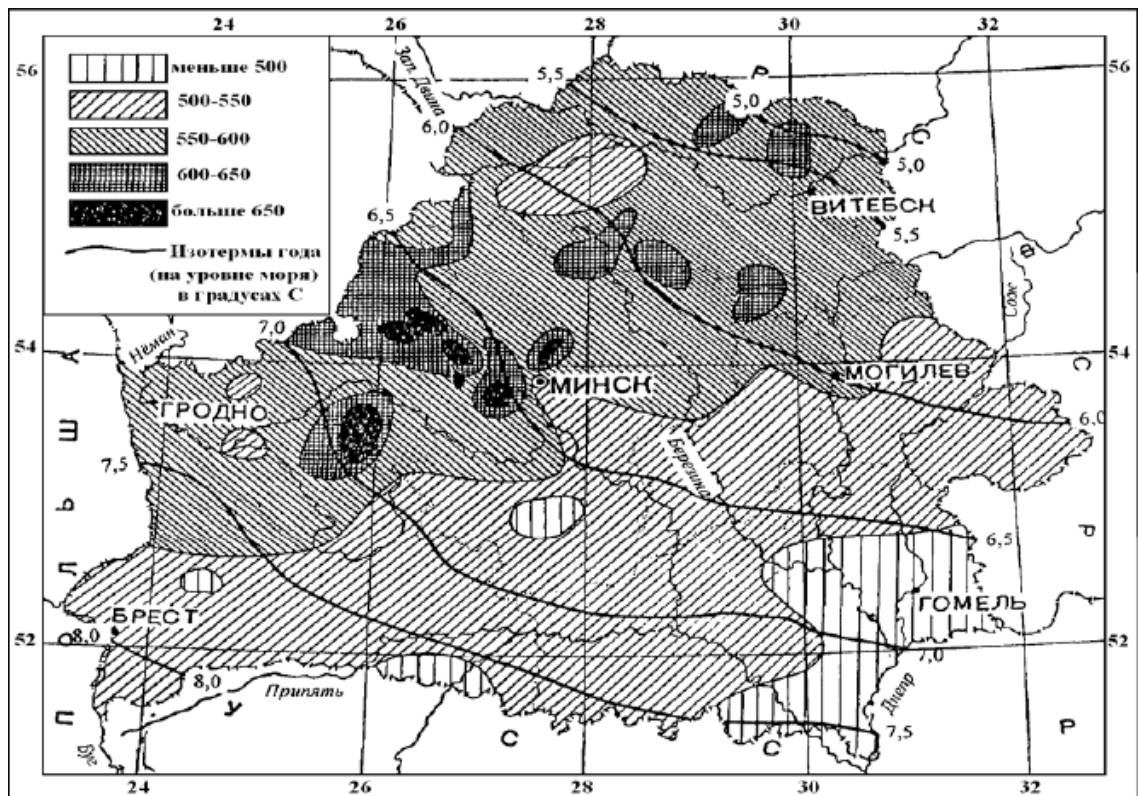


Рис. 2. Осадки и среднегодовые температуры воздуха

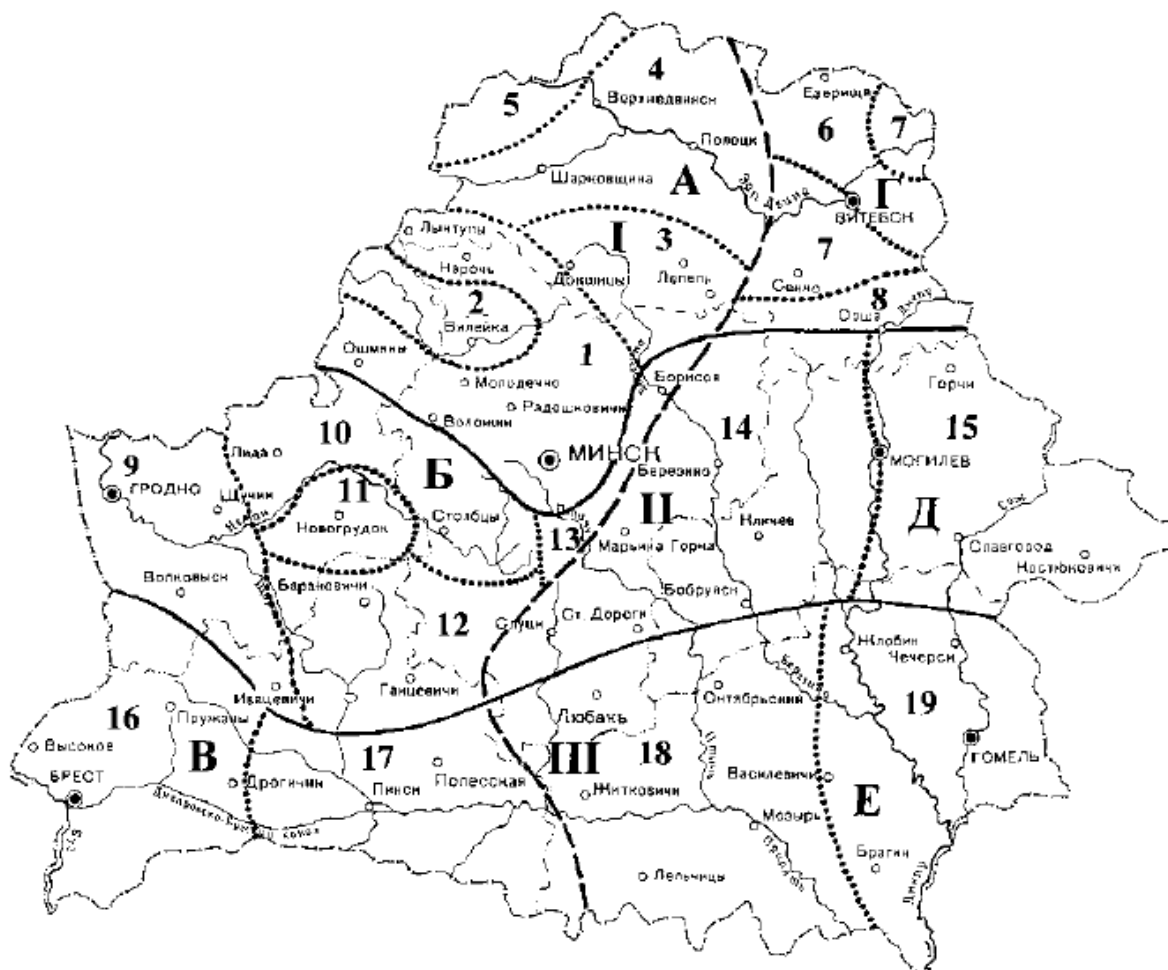


Рис. 3. Районирование Беларуси:

области: I – Северная умеренно-теплая влажная; II – Центральная теплая умеренно-влажная; III – Южная теплая неустойчиво-влажная; подобласти: А, Б, В – западные; Г, Д, Е – восточные районы: 1 – Ошмянско-Минско-Свентенский; 2 – Нарочано-Вилейский; 3 – Ушацко-Лепельский; 4 – Полоцкий; 5 – Освейско-Браславский; 6 – Городецко-Витебский; 7 – Суражко-Лучевский; 8 – Оршанский; 9 – Городецко-Ивацевичский; 10 – Лидско-Ивенецкий; 11 – Новогрудский; 12 – Барановичско-Ганцевичский; 13 – Борисовско-Руденский; 14 – Березенский; 15 – Горецко-Костюковичский; 16 – Пружанско-Брестский; 17 – Пинский; 18 – Житковичско-Мозырский; 19 – Гомельский

### Литература

1. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебник/ И.И. Леонович. – Мн.: БНТУ, 2005.- 485 с.
2. Леонович И.И. Дорожная климатология: Учебное пособие для студентов спец.29.10- «Строительство автомобильных дорог и аэродромов».-Мн.: БГПА, 1995.-138 с.

# **Природа возникновения гололедицы и ее влияние на безопасность дорожного движения**

Зубайраев А.А.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Расширение сети автомобильных дорог, вызванное постоянным ростом автомобильного парка, увеличением объема грузооборота и перевозок пассажиров, предъявляет все более высокие требования к содержанию автомобильных дорог и улиц, а также обеспечению безопасности движения по ним. Особенно неблагоприятные условия для движения автомобилей возникают в зимний период, когда на покрытии автомобильных дорог образуются снежно-ледяные отложения.

## **Природа возникновения гололедицы и ее влияние на безопасность дорожного движения**

Основной задачей зимнего содержания автомобильных дорог является проведение комплекса мероприятий по обеспечению бесперебойного и безопасного дорожного движения на автомобильных дорогах и улицах, включая очистку дорог от снега и борьбу с зимней скользкостью. Решение этой задачи достигается путем проведения различных работ по содержанию проезжей части дорог и улиц в состоянии, удовлетворяющем требованиям ГОСТ.

Появление на дорожных покрытиях снежно-ледяных отложений в зимних условиях является неизбежным природным явлением, которое во многих регионах наблюдается в течение 2 - 4 месяцев, а в отдельных регионах доходит до 6 - 8 месяцев в году. На скользких дорогах снижаются скорость движения и производительность транспортных средств, увеличиваются себестоимость перевозок и количество ДТП. Улучшение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и улиц достигается двумя методами: предварительной обработкой покрытий антигололедными средствами, предотвращающими образование снежно-ледяных отложений, и/или повышением сцепных качеств образовавшихся на проезжей части дорожных одежд снежно-ледяных отложений за счет создания шероховатой поверхности фрикционными или комбинированными противогололедными материалами.

Гололедица – это процесс обледенения поверхности дороги, протекающий при отрицательной температуре в приземном воздухе и высокой его влажности [1].

Понятие гололедицы часто путают с понятием гололеда – слоя плотного льда, покрывающего поверхность земли, проезжую часть дорог, деревья, провода линий связи и электропередач, наземные предметы и сооружения. В узком смысле слова гололедица — корка льда на земной поверхности, образовавшаяся в результате замерзания дождевой или талой воды.

Образование гололедицы — ледяной пленки или корки льда на дорогах — зависит не только от атмосферных условий, но и от свойств подстилающей поверхности, на которой они образуются. Если температура поверхности дорог несколько ниже нуля, а температура воздуха положительна (но близка к нулю), то при выпадении дождя или мороси на поверхности дорог происходит отложение льда. Наиболее опасные отложения льда на дорожных покрытиях образуются при замерзании жидкой влаги. В этих случаях появляется тонкая стекловидная и прозрачная (реже матовая) ледяная пленка с гладкой поверхностью, значительно ухудшающая условия движения автотранспорта. Отложение льда, связанное с зернистой изморозью, представляет ледяную корку матово-белого цвета, также опасную для движения автотранспорта.

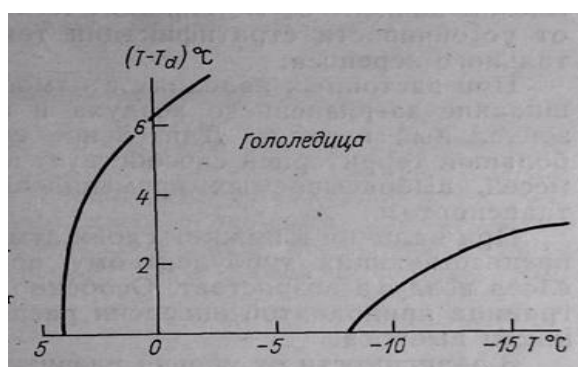


График для прогноза гололедицы  
 где  $T$  - температура воздуха;  
 $T - T_d$  – дефицит точки росы у поверхности Земли.

Обледенение дорог, которое возникает вследствие выпадения твердых осадков (снежный накат и оледенелый снег), не всегда приводит к сильному скольжению на дорогах, поэтому оно менее опасно по сравнению с другими видами обледенения. Атмосферные процессы, которые приводят к образованию гололедицы, характеризуются адвекцией теплого и влажного воздуха. При этом наиболее благоприятными синоптическими и метеорологическими условиями гололедицы являются те же, что и для образования гололеда, зернистой изморози и других видов обледенения.

Графический метод прогноза гололедицы разработан для Европейской территории СССР; заблаговременность 12—36 ч. Если ожидается адвекция теплого и влажного воздуха, температура поверхности почвы несколько ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и одно из явлений— дождь, снег, мокрый снег, ледяные зерна, морось, туман, дымка или низкие слоистые облака — и на поверхности

почвы имеется дождевая или талая вода, то по графику на рисунке дается прогноз гололедицы. Основным прогностическим признаком прекращения гололедицы является повышение температуры поверхности почвы до положительных значений.

В странах СНГ в качестве противогололедных реагентов зачастую используют техническую соль (NaCl). Этот реагент негативно влияет на состояние окружающей среды, разрушает городскую растительность, ускоряет коррозию автомобилей, сокращает срок службы обуви. В Европе, Америке, а с 2002 года и в России (в Москве) применяют другие виды реагентов. В течение 2000-х годов власти Москвы перепробовали большое количество различных ПГР, и продолжают экспериментировать. В то же время, в городах с более низкими температурами в холодное время года противогололедные реагенты теряют свою эффективность, поэтому дороги посыпаются песком либо песко-соляной смесью.

#### *Влияние гололедицы на безопасность движения*

Опасными метеорологическими условиями для автомобильного транспорта являются гололедица, туман, пыльная буря, сильный снегопад, метель, дождь, град, сильный, порывистый ветер и некоторые другие. В этом случае водитель должен принять все возможные меры безопасности: включить внешние световые приборы (в крайних случаях — аварийную сигнализацию), снизить скорость, увеличить дистанцию до идущих впереди автомобилей, а при необходимости — прекратить движение и эвакуировать пассажиров. Гололедица — лед на проезжей части дороги, который образуется при замерзании жидких осадков (дождя, мороси, капли, густого тумана и т. п.). Скользким, как лед, является также снежный накат: уплотненный и раскатанный колесами автомобилей снег на проезжей части дороги.

В условиях гололедицы водителю следует трогаться с места плавно, не допуская пробуксовки колес. В процессе движения необходимо правильно определять и поддерживать безопасную скорость, избегать резких торможений и изменений оборотов двигателя, т. к. это может привести к срыву ведущих колес в занос и скольжение, правильно выбирать дистанцию до идущего впереди автомобиля и тормозить плавно, не выключая сцепления.

### **Заключение**

Систематические наблюдения за погодными условиями необходимо проводить для оперативного обеспечения борьбы с зимней скользкостью, пользуясь метеорологическими данными. Эти фактические данные служат объективным исходным материалом для обоснованной организации работ по борьбе с зимней скользкостью. Одним из видов обледенения является гололедица. Источниками увлажнения покрытия могут быть дождь, тающий снег, снег с дождем, выпадающие при положительных, но близких к нулю

температурах воздуха, а также влага, оставшаяся после обработки дорожного покрытия противогололедными материалами. Установлено, что использование химических противогололедных материалов снижает затраты на зимнее содержание автомобильных дорог, улучшает состояние покрытий и повышает безопасность дорожного движения.

### **Литература**

1. Леонович, И.И. Дорожная климатология: учебник/ И.И. Леонович. – Мн.: БНТУ, 2005.- 485 с.
2. Леонович И.И. Дорожная климатология: Учебное пособие для студентов спец.29.10- «Строительство автомобильных дорог и аэродромов».-Мн.: БГПА, 1995.-138 с.

### **Закономерность формирования снежных отложений в дорожной полосе при метелях**

Зубач О.Я.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Выпадение твердых осадков из атмосферы без ветра называют спокойным снегопадом. При снегопадах на всем протяжении дороги на покрытии образуется слой рыхлого снега или снежный накат и усложняются условия движения. При наличии рыхлого слоя снега на покрытии повышается сопротивление движению транспортных средств и скорость транспортного потока снижается. При уплотнении снега снижается коэффициент сцепления и образуется один из видов зимней скользкости. Снегопады характеризуются интенсивностью - количеством осадков, выпадающих в единицу времени, и продолжительностью. Эти параметры необходимы для организации работ по снегоочистке. Перенос снега ветром над поверхностью земли называют метелью. Перемещающийся под действием ветра снег способен вызвать заносы на отдельных участках дороги и перерывы в движении. Перемещение снега начинается при определенной скорости ветра. Если снегопад сопровождается ветром, то начинается не только перенос снега, выпадающего из облаков, но и ранее выпавшего снега, уже образовавшего снежный покров. Метели и образующиеся при этом снежные заносы - опасные явления для дорог.



## Основная часть

По признаку происхождения метелевых отложений имеется несколько классификаций метелей, но на практике наиболее часто применяется следующая:

верховая метель - выпадение снега при ветре со скоростью от 2 до 3 м/с без перемещения по поверхности снежного покрова ранее выпавшего снега;

низовая метель - перемещение ветром частиц ранее выпавшего снега, поднятых с поверхности снежного покрова на высоту 1-2 м. Такая метель наблюдается при ветре достаточной силы (более 5 м/с) и сухом состоянии поверхности снежного покрова;

общая метель - сочетание верховой и низовой метелей. Характеризуется сильным ветром (более 5 м/с), выпадением снега из облаков и одновременным переносом его по поверхности снежного покрова;

поземка - перенос ветром частиц ранее выпавшего снега непосредственно по поверхности снежного покрова. При поземках скорость ветра не превышает 2-3 м/с, высота подъема снежинок - до 0,5 м;

буран (пурга) - перенос снега при скорости ветра более 20 м/с.

Низовая, верховая и общие метели фиксируются на метеорологических станциях. Наблюдатель отмечает начало и окончание метели, и ее вид.

Во время сильных метелей переносится большое количество снега. Он откладывается у препятствий, которые встречаются на пути снеговетрового потока. Для выбора мер по защите от снежных заносов необходимо знать сущность физических процессов переноса и отложения снега у различных препятствий. Такие исследования долгое время проводились в нашей стране. В результате была разработана теория механики метели, которая описывает процессы движения и отложения снежных масс.

Количество снега, которое может перенести снеговетровой поток, зависит от скорости ветра. С увеличением скорости увеличивается и количество снега, при ее уменьшении часть снега выпадает и откладывается. Скорость снеговетрового потока замедляется при обтекании различных углублений (понижений рельефа, дорожных выемок), а также у предметов, преграждающих путь снеговетровому потоку. В этих местах образуются зоны с пониженной скоростью и возникают снежные заносы - отложения снега большой толщины и повышенной плотности.

Характер снежных отложений у автомобильных дорог имеет свои особенности. Одна из них - повышенная плотность снега. Увеличение плотности связано с измельчением снежных частиц, воздействием давления ветрового потока, воздействием переносимых частиц, которые при ударе дополнительно уплотняют имеющиеся снегоотложения у дорог.

Это явление необходимо учитывать при расчистке снежных отложений, а также при оценке объемов снегоотложений, на которые рассчитывается снегозащита.

Среди метеорологических параметров, определяющих снегоотложения и снежные заносы на дорогах можно отметить скорость и направление ветра, температуру и относительную влажность воздуха. Образование снежных заносов и снежных отложений на дорогах зависит от дорожных условий: направления участка дороги, продольного и поперечного профилей, наличия снегозащиты, наличия ограждающих устройств на обочинах дороги. Влияние этих факторов настолько велико, что при одних и тех же погодных условиях различные участки дороги могут быть полностью занесены снегом или оставаться открытыми для движения. Это и определяет сложность прогнозирования заносимости дорог снегом при метелях.

Для решения задач зимнего содержания необходимо знать количество снега, приносимого к дороге и откладывающегося на дорожном покрытии. Для количественной оценки метелевого снега используются следующие показатели:

общий объем снегопереноса - объем снега, который переносится через заданную точку со всех направлений за определенное время (за зимний период);

объем снегоприноса - количество снега, приносимого метелью к дороге (справа и слева). Объем снегоприноса составляет только часть общего объема снегопереноса.

Объем снегоприноса можно определить за весь зимний период или для отдельной метели. Значения объемов снегопереноса зависят от скорости ветра при метели, продолжительности метели, а объем снегоприноса зависит также и от направления дороги.

Существуют несколько методов определения объемов снегоприноса к дороге. Наиболее часто используется метод суммарных переносов, который позволяет определять все параметры метелевой деятельности на основе данных наблюдений метеостанций.

Метод суммарных переносов основан на учете расходов снега за зиму по 16 направлениям ветра (румбам). Впервые этот метод был предложен Н.Е. Долговым в 1910 г. и позднее доработан Д.М. Мельником. Метод учитывает интенсивность переноса снега, которая зависит от скорости ветра, и время, в течение которого происходит перенос снега с данной интенсивностью.

Этот метод учитывает основные физические факторы, влияющие на перенос снега и определяющие снегозаносимость дороги (скорость ветра и продолжительность метели). При определении интенсивности метелей и объемов снегоприноса на территории России формула Д.М. Мельника дает вполне удовлетворительные результаты, что подтверждено многими экспериментальными исследователями. На основе расчетных параметров метелей проектируют защитные мероприятия. Для каждого направления дороги количество направлений ветра, с которых учитывается снегоперенос, равно семи, так как снег, принесенный к дороге с направлений, имеющих угол с ее осью менее  $30^\circ$ , интенсивно продувается и на дороге не

откладывается. Поэтому при расчете объемов снегоприноса к дороге не учитываются ветры, дующие под углом менее 30°.

Большое влияние на условия снеготранспорта оказывает ветровой режим в районе прохождения дороги. Наглядное представление о ветровом режиме дает роза ветров - диаграмма, показывающая повторяемость ветров различных направлений или значения средних или максимальных скоростей ветра, соответствующих каждому румбу. Наибольшую информацию о зимних условиях дает сезонная роза ветров, построенная для зимнего периода. Если роза ветров построена по данным о скорости и направлении ветра при метелях, то она определяет главные направления, с которых переносится снег при метелях и вероятность образования снежных заносов на отдельных участках дороги.

Ветровой режим влияет на снеготранспортность дороги. Если преобладающее направление метелевых ветров в зимний период совпадает с направлением трассы, то снежные заносы на дороге образуются реже. Наиболее заносимыми будут участки дорог, составляющие прямой или близкий к нему угол с преобладающим направлением ветров.

### **Заключение**

Таким образом, метеорологические параметры влияют на формирование состояния дорожных покрытий. При изменении погодных условий ухудшаются сцепные качества покрытий, что приводит к повышению аварийности, ухудшению экологической ситуации на дорогах и в зонах их прохождения. Наиболее сложные условия наблюдаются в зимний период. Для поддержания высоких потребительских свойств дороги в любых погодных условиях необходима разнообразная метеорологическая информация, на основе которой дорожные организации смогут планировать работы на длительный период, выбирать наиболее оптимальные способы борьбы или предупреждения негативного воздействия погодных факторов на условия и безопасность движения, уровень загрязнения придорожных территорий.

### **Литература**

1. <http://www.master-3.ru>

# **Общая характеристика зимнего периода с позиции эксплуатации автомобильных дорог**

Изовитко Е.С.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Доклад «Общая характеристика зимнего периода с позиции эксплуатации автомобильных дорог» посвящен решению узкого, но очень важного вопроса эксплуатации автомобильных дорог – зимнему содержанию.

### **Общая характеристика зимнего периода с позиции эксплуатации автомобильных дорог**

Зимнее содержание представляет собой комплекс мероприятий, включающий защиту дорог от снежных заносов и лавин, очистку от снега, борьбу с наледями. Эти мероприятия должны способствовать бесперебойному и безопасному движению автомобилей в соответствии с требованиями.

Дорожная служба должна обеспечивать высокий уровень зимнего содержания, основными показателями которого служат: ширина чистой от снега и льда поверхности дороги; толщина слоя рыхлого снега на дороге, накапливающегося с начала снегопада или метелей до начала снегоочистки и в перерывах между проходами снегоочистительных машин; толщина уплотненного слоя (снежного наката) на проезжей части и обочинах; сроки очистки дороги, ликвидации гололеда и зимней скользкости.

Вся система мероприятий должна быть построена так, чтобы создать наилучшие условия для движения автомобилей и максимально облегчить, ускорить и удешевить зимнее содержание. Чтобы выполнить эти задачи, при зимнем содержании принимают:

Профилактические меры, цель которых не допустить или максимально ослабить образование снежных и ледяных отложений на дороге;

Защитные меры для преграждения доступа к дороге снега и льда, поступающего прилегающей местности. Главным критерием качества снегозащиты следует считать полное исключение отложений метелевого снега на дорогах с тем, чтобы для патрульной снегоочистки оставалось только удаление снега, выпадающего во время снегопадов;

Меры по удалению уже возникающих снежных и ледяных отложений, уменьшению их воздействия на автомобильное движение.

В процессе выполнения курсовой работы необходимо решить следующие задачи:

Проанализировать природно-климатические условия работы автомобильной дороги в зимний период;

Определить объем снегопереноса, определить способы снижения снегозаносимости;

Разработать и обосновать выбор мер защиты дороги от снежных заносов;

Назначить технологию расчистки снежных отложений;

Определить средства борьбы с зимней скользкостью;

Рассчитать потребное количество машин для снегоочистки.

### **Виды снежно-ледяных образований**

В зимний период года ухудшается движение автомобилей из-за низких температур, образования на проезжей части отложения снега и гололеда. Техничко-экономические показатели снижаются в результате уменьшения скорости движения и падения коэффициента сцепления с дорожным покрытием. Отложение снега на проезжей части формируется в результате снегопада, снегопереноса ветра, а в горной местности в следствии лавин. Снегоперенос вызывает наиболее интенсивные и опасные формирования снегоотложений на проезжей части, в следствии действий снежных метелей. Различают следующие виды метелей:

Общая метель – это перенос ветром ранее выпавшего снега;

Верховая метель – перенос выпадаемого снега слабым ветром;

Низовая метель – это перенос ветром ранее выпавшего снега с поднятием над землей в слое от 0,5 до 4 м.

Бураны (пурга) – это перенос снега сильным ветром при скорости более 20 м/с.

Существуют следующие основные типы снежных и ледяных образований на автомобильных дорогах, аэродромах, городских улиц:

Изморозь;

Гололед;

Снежный покров;

Снежный накат;

Снежно-ледяной накат;

Снежно-ледяная каша;

Наледи.

**Таблица 1.1** Типы снежно-ледяных образований и их классификация

Типы	Условия формирования	Причины формирования
Изморозь.	Осаждение капель воды без их растекания (туман).	При морозах и заморозках.
Гололед.	Выпадение жидких атмосферных осадков	При оттепелях.

	понижение температуры воздуха после дождей и туманов.	
Снежный покров.	Естественное осаждеие атмосферных осадков.	Во время снегопада при ветровом переносе и метелях.
Снежный накат.	Уплотнение снежного покрова	Уплотнение колесным трактором, гусеничными колесами, санями, пешеходом.
Снежно-ледяной накат.	Естественное таяние снежного наката.	В результате трения и искусственного выделения тепла.
Снежно-ледяная каша.	Механическое перемешивание после снежно-ледяного наката.	В результате введения солей.
Наледи.	В условиях резкого повышения и понижения температуры.	В результате изливания воды на покрытие автомобильной дороги.

Изморозь – это рыхлые отложения снега, осаждающиеся на поверхности покрытия из переохлажденной влаги и мелких капель воды. Изморозь образуется при температуре от  $+7^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , и относительной влажности до 100%.

Гололед – это ледяная корка образуется в зимний период при температуре от  $4^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$ , и при относительной влажности воздуха от 70% до 100%.

Снежный покров – это, на полотне автомобильной дороги образуются во время спокойных снегопадов, при ветровом переносе снега и в результате обрушения снежных лавин. Снежный покров уплотняется под действием проходящих транспортных средств и образуется снежный накат.

Проникновение талой воды в снежный накат приводит к тому, что снег становится менее прочным и образуется снежно-ледяная каша. Так же снежно-ледяная каша образуется от осыпания солей.

Наледи – это слоистый ледяной накат образуется поздней осенью и зимой при промерзании грунтовых вод. По происхождению наледи делятся на:

Природные (возникающие в естественных природных условиях);

Техногенные (возникают от нарушения водно-теплового режима при дорожном строительстве).

По месту отложения наледи классифицируются:

Русловые;

Логовые;

Косо-горные;

Откосные;

Равнинные;  
Предгорные.

Снежно-ледяные отложения образующиеся на автомобильной дороге по физическому состоянию подразделяются на следующие виды:

Рыхлый снег;  
Уплотненный;  
Стекловидный лед.

Отложение рыхлого снега образуется при снегопадах, безветренную погоду. Плотность снега составляет 0,06 ч 0,2 м<sup>3</sup>. Накат представляет собой спрессованный снег различной толщины, его плотность 0,3 ч 0,6 г/см<sup>3</sup>.

Стекловидный лед представляет собой гладкую стекловидную пленку толщиной 13 мм.

Коэффициент сцепления 0,08 – 0,15 образуется при температуре 3 °С ч 6 °С.

Таблица 1.2 Плотность и твердость снега

Виды снежного покрова	Плотность	Твердость
Рыхлый свежавыпавший снег	0,01 – 0,2	0,02
Рыхлый слабо уплотненный снег	0,22 – 0,3	0,02 – 0,1
Уплотненный снег	0,3 – 0,4	0,2 – 0,4
Старый, слежавшейся снег	0,48 – 0,52	0,4 – 0,5
Уплотненный накат	0,55 – 0,7	0,5 – 0,7
Стекловидный лед	0,7 – 0,95	Более 0,7

Таблица 1.3 Значение коэффициента сцепления в зимний период

Вид снежного покрова	Коэффициент сцепления
Снежный покров	0,1 – 0,2
мокрый снег	0,2 – 0,25
сухой снег	
Снежный накат	
мокрый снег	0,1 – 0,2
сухой снег	0,15 – 0,25
Снежноледяная каша	0,2 – 0,3
Гололед	0,03 – 0,15

Изморозь	0,1 – 0,25
Наледи	0,02 – 0,15

### Методы борьбы с зимней скользкостью

На автомобильных дорогах борьба с зимней скользкостью ведется в основном химическим и фрикционным способами. В первом случае распределяют химические противогололедные вещества, которые вызывают полное таяние снежно-ледяных отложений либо нарушают их прочность, после чего отложения разрушаются колесами автомобилей и легко удаляются снегоуборочными машинами. Во втором случае используют уменьшающие скользкость материалы, которые закрепляются на поверхности снежно-ледяных отложений, временно повышая коэффициент сцепления с ними колес автомобилей.

Для борьбы с зимней скользкостью можно использовать кристаллические и жидкие химические вещества:

хлористый натрий (NaCl) кристаллический в виде технической поваренной соли, представляющей собой часть продукции, не используемую для пищевых целей. При борьбе с зимней скользкостью применяют молотую соль крупностью от 1,2 до 4,5 мм;

хлористый кальций (CaCl) кристаллический чешуированный с содержанием 67% хлористого кальция и фосфатированный (изготавливают введением в чешуированный хлористый кальций ингибирующей добавки – суперфосфата 5 – 7% по массе), а также жидкий с концентрацией от 32 до 37%;

смесь кристаллического хлористого натрия и хлористого кальция в пропорции 88:12. Эта смесь обладает эффективным противогололедным действием и не слеживается при хранении;

соль сильвинитовых отвалов – кристаллический продукт, являющийся отходом при переработке минерала сильвинита на калийные удобрения. Этот продукт, накопленный в огромных количествах в отвалах калийных комбинатов, по химическому составу представляет в основном хлористый натрий (от 90 до 95%), содержит также 2 – 3% хлористого калия, 0,5 – 2% сернокислого кальция, 0,5 – 1% хлористого магния и 5 – 10% минеральных примесей. Частицы соли сильвинитовых отвалов имеют крупность до 4 мм при наличии отдельных включений до 10 мм;

концентрированные рассолы естественные или искусственные (отходы химических заводов). Химический состав рассолов разнообразен. В зависимости от преобладающих солей они относятся чаще всего к хлоридно-натриевому, хлоридно-кальциевому или хлоридно-магниевому типу. Содержание солей в рассолах от 150 до 300 г/л.

Ввиду того что химические вещества, применяемые для борьбы с зимней скользкостью, вызывают коррозию металлических деталей



автомобилей, к ним добавляют ингибиторы, предотвращающие или резко ослабляющие коррозию. В качестве ингибиторов можно применять: одна замещенный фосфат натрия  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; двузамещенный фосфат натрия  $\text{NaHPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ; простой суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ; двойной суперфосфат  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{P}_2\text{O}_5$ ; гексаметафосфат натрия  $(\text{NaPO}_3)_6$ .

Эффективность действия рассолов можно повысить их обогащением, добавляя кристаллический хлористый кальций в количестве 10 – 12% к объему рассола. Для обогащения можно использовать порошкообразный и чешуируванный хлористый кальций, а также реагент ХКФ (хлористый кальций фосфатированный).

Для борьбы с зимней скользкостью можно применять также природные материалы – бишофит, сильвинит, карналит, каинит, а также твердые или жидкие продукты, являющиеся отходами промышленности и содержащие хлориды натрия, кальция и магния в количестве не менее 25%. К ним предъявляют обязательное требование, чтобы вещества были безвредны для людей и животных и не обладали красящими свойствами. Для применения новых местных материалов нужно получить разрешение санитарно-эпидемиологической станции.

В СССР для борьбы с зимней скользкостью применяли зубер (породу, сопутствующую залеганию калийных солей). Минералогический состав зубера, %: галит – 58,5; каинит – 1,49; карналит – 0,09; кизерит – 1,18; сильвинит – 0,28; ангидрит – 0,68; гипс – 1,72; нерастворимый остаток – 34,89. При гололедице зубер распределяют в следующем количестве: 40 – 60 г/м<sup>3</sup> при температуре от – 4...6<sup>0</sup>С и 90 – 100 г/м<sup>2</sup> при 7...+12<sup>0</sup>С.

При борьбе с зимней скользкостью используют следующие фрикционные материалы, повышающие коэффициент сцепления шин с покрытием: песок, мелкий гравий, дробленый каменный материал, топливный шлак. Непригодны материалы, загрязняющие дорогу или легко крошащиеся. Крупность частиц не должна превышать 5 мм, так как более крупные частицы могут повредить проезжающие автомобили, нанести травмы людям, вывести из строя механизмы распределительных машин. Песок следует применять прогрохоченный крупно и среднезернистый с содержанием не более 2 – 3% глинистых частиц. Шлак не должен включать обломков металла. Чтобы предохранить фрикционные материалы от смерзания в период хранения, а также для лучшего закрепления на поверхности снежно-ледяных отложений к фрикционным материалам добавляют твердые кристаллические химические вещества в количестве: 40 кг/м<sup>3</sup> в районах со средним минимумом температуры зимой выше – 12<sup>0</sup>С; 60 кг/м<sup>3</sup> – ниже – 12<sup>0</sup>С.

Если возникает необходимость хранения противогололедных фрикционных материалов без добавки соли, их предохраняют от смерзания, укрывая сначала водонепроницаемым материалом (например, полиэтиленовой пленкой), а затем – утеплителем (шлаком, опилками и т.п.), штабеля располагают так, чтобы они не подтоплялись стекающей водой.

Назначая норму россыпи на тех или иных участках дороги, нужно учитывать условия движения, трассу в плане и продольном профиле, вид зимней скользкости. На прямых участках с продольным уклоном менее 20‰ при гололедице фрикционные материалы следует рассыпать в количестве 0,10 – 0,20 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> (большая норма россыпи при интенсивном движении), а в период снегопада (для предотвращения снежного наката) – 0,07 – 0,14 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup>. На кривых, на участках с продольным уклоном больше 20‰, на подходах к пересечениям дорог и в других местах, где по условиям движения может возникнуть необходимость экстренного торможения, нормы россыпи на 1000 м<sup>2</sup>: при гололеде 0,30 – 0,40 м<sup>3</sup>, при снегопаде 0,21 – 0,28 м<sup>3</sup>.

Таблица 2.1 Физико-механические свойства фрикционных материалов.

Металл	Влажность, %	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Коэффициент пригодности
Песок а) крупный б) мелкий	13,9 15,6	1,78 1,6	K <sub>пр</sub> =0,6 – 0,65 K <sub>пр</sub> =0,75 – 0,85
Кирпичная крошка	—	1,8	K <sub>пр</sub> =0,5 – 0,65 во влажном сост. не пригоден
Мраморная крошка	—	2,7 – 2,8	K <sub>пр</sub> =0,75 – 0,85
Песок кварцевый	10,0	1,8	K <sub>пр</sub> =0,65 – 0,80
Топливный шлак	0,7	0,6 – 0,8	K <sub>пр</sub> =0,4 – 0,5 во влажном сост. не пригоден
Гравий	—	1,84	K <sub>пр</sub> =0,65 – 0,75
Отсев каменных материалов	—	1,85 2,2	K <sub>пр</sub> =0,8 – 0,85

Работы начинают с возникновением зимней скользкости и проводят с учетом вида снежно-ледяных отложений и температурных условий. Тонкие (1 – 2 мм) ледяные пленки удаляют, распределяя химические вещества по нормам, указанным в графе «Лед» (см. табл. 2.6). После размягчения ледяной слой удаляют механической щеткой.

Если во время снегопада образовался снежный накат, его обрабатывают химическими веществами в соответствии с нормами, указанными в графе «Уплотненный снег» (см. табл. 2.6). Размягченный под воздействием химических веществ накат удаляют автогрейдерами или плужными

снегоочистительными со щетками. Эту работу нельзя затягивать во избежание последующего замерзания и увеличения скользкости.

Чтобы предотвращать образование наката, следует при снегопаде распределять химические вещества по нормам, указанным в графе «Рыхлый снег» (см. табл. 2.6). Это позволяет сохранить выпадающий снег в рыхлом состоянии. Жидкие химические вещества следует разливать с началом снегопада. Твердые химические вещества при интенсивности снегопада 1 – 3 мм/ч распределяют через 15 – 20 мин после начала снегопада; если снегопад слабый (0,5 – 1 мм/ч), их распределяют через 30 – 45 мин, чтобы образовался небольшой снежный слой, в котором начнется действие хлоридов.

### **Снегоочистительные работы**

Очистка от снега должна обеспечивать такое состояние дороги, при котором в максимальной степени удовлетворяются требования непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной скоростью и снижается до минимума объем снежных отложений на проезжей части и обочинах.

Для решения перечисленных задач выполняют основные виды снегоочистительных работ: патрульную очистку; удаление валов; расчистку снегопадных отложений и снежных заносов не большой толщины; расчистку снежных заносов значительной толщины, лавинных завалов.

При патрульной очистке дорогу очищают путем систематических проездов (патрулирования) машин по обслуживаемому участку в течение всего времени, пока продолжается метель или снегопад. К патрульной очистке нужно приступать, как только начинается метель или снегопад. Очистку следует вести на возможно большей скорости, что способствует увеличению дальности отбрасывания снега. Учитывая это, используют плужные автомобильные снегоочистители, так как другие машины (например, автогрейдеры) не могут развивать необходимую скорость, а стоимость их работы высока. При небольшой толщине снежного слоя автомобильные снегоочистители не сдвигают, а отбрасывают снег, распределяя его на полосе шириной 4 – 5 м. Для удаления снега без образования валов необходимо вести очистку со скоростью не менее 30 – 35 км/ч.

В зависимости от метелевых условий и ширины дорожного полотна можно применять различные схемы очистки. Можно вести ее как одиночными машинами, так и отрядом снегоочистителей. Применение одиночных машин допустимо в случаях, когда интенсивность метелей и снегопадов невелика (толщина снега, накапливающегося на покрытии за час, не превышает 3 – 5 см).

При интенсивных метелях и снегопадах, а также на дорогах с интенсивным движением, где опоздание с уборкой может привести к закатыванию снега, работу ведут отрядом снегоочистителей. Преимущество

работы отрядом заключается в том, что снег сразу удаляется за пределы дорожного полотна, благодаря чему устраняется препятствия для снеговетрового потока и дорога и дорога хорошо продувается.

Схемы очистки выбирают исходя из минимума перемещения снега и направления ветра при метелях. При работе отрядом одноотвальных снегоочистителей часто снег перемещают от оси дороги к обочинам (рис 3.1). Ближнюю к обочине машину снабжают боковым крылом, что увеличивает дальность отбрасывания снега и позволяет разравнивать небольшие валы, если они образуются у края полосы расчистки. В местности с интенсивными метелями, где на дорогах регулярно появляется снежные косы и переметы, в отряд добавляют двухотвальный плужный снегоочиститель, который идет по середине дороги. Он пробивает встречающиеся на пути отряда косы и переметы, а идущие за ним одноотвальные снегоочистители сдвигают снег к обочинам, расчищая дорогу на полную ширину.

### **Снегозадерживающие устройства**

Для защиты дорог от снежных заносов применяют снегозадерживающие устройства, которые работают по принципу задержания и недопущения снега к дороге, устройства снегопередувающего действия, которые увеличивают скорость снеговетрового потока и способствуют переносу снега через дорогу.

К снегозадерживающим устройствам относятся переносные щиты, снегозадерживающие заборы, снегозащитные устройства из снега (снежные траншеи, стены и валы), снегозащитные устройства из местных материалов (каменные стены, хворостяные изгороди и т. д.).

Таблица 4.1 Условия применения снегозадерживающих устройств

Тип снегозадерживающего устройства	Целесообразные условия применения	Краткая характеристика преимуществ и недостатков
Снежные траншеи	Применяют (кроме сильнозаносимых участков), когда снежный покров и рельеф местности позволяют проложить траншею	Работы по прокладке и эксплуатации траншей и валов полностью механизированы. Не нужны материалы. Стоимость ниже, чем стоимость применения щитов и заборов

Снежные валы	Применяют в замен траншей при малой толщине снежного покрова (до 0,30 м)	Пронос снега на дорогу при метелях значительно больше, чем у щитов и заборов
Переносные щиты	Применяют на сильнозаносимых участках и везде, где рельеф местности не позволяет проложить снежные траншеи	Маневренное средство снегозадержания, которое можно применять в разных условиях. Требуется ручная работа при изготовлении и эксплуатации. Требуется материалы: щитопланка, гвозди, колья и т.д
Снегозадерживающие заборы	Применяют для защиты сильнозаносимых участков и на участках, где нельзя проложить траншеи, в районах с особенно интенсивными метелями, затрудняющими своевременную перестановку щитов	Дорогое средство, требующее значительного количества материалов и отвода земли для размещения заборов. После постройки работа по эксплуатации сводиться к минимуму; обеспечивают надежную защиту дороги
Каменные стены	Применяют в горных условиях при достаточном количестве камня и дефиците лесоматериалов	Требуется ручной труд при постройке. Объем работы значителен. Долговечны.
Ограждения из местных материалов (изгороди и щиты из хвороста, тростника)	Применяют при отсутствии других средств защиты	Недолговечны срок службы 12 сезона

Надежным средством защиты дороги от снежных заносов служат высокие снегозадерживающие заборы. Предельный объем снега, который может задержать забор снегозадерживающего действия, зависит от его высоты. Заборы выше 5 м по технико-экономическим соображениям делать не рекомендуется. Если по расчету требуется большая высота, устанавливают два, три и более рядов заборов.

Снегозадерживающие заборы бывают двухпанельные с просветностью решетки 50% и однопанельные с просветностью решетки до 70%. Однопанельные заборы в основном применяют для вторых и третьих рядов многорядных линий заборов, двухпанельные – при устройстве заборов в один ряд или в ближайшем к дороге ряду многорядных линий заборов. Заборы строят из дерева или делают сборными из железобетона. В зависимости от господствующих метелевых ветров и рельефа местности принимают следующие расстояния установки заборов от дорог (выраженные в высотах заборов):

1520 высот, если местность горизонтальная или имеет подъем от забора к дороге;

2025 высот, если местность спускается от забора к дороге.

Если по каким-либо причинам забор нельзя удалить от дороги на нужное расстояние, допускается сократить расстояние до 10 высот при условии уменьшения просветности его решетки до значения  $P=0,3$ . Расстояние между рядами многорядных заборов следует делать равным 30 высотам. В особенно многоснежные и метелевые зимы можно усиливать забор установкой дополнительных линий переносных щитов.

## **Заключение**

Вся система мероприятий строится так, чтобы создать наилучшие условия для движения автомобилей и максимально облегчить, ускорить и удешевить зимнее содержание.

План зимнего содержания дорог должен быть составлен с учетом опыта работы в предыдущие годы и содержать график работ, схему защиты дороги от снежных заносов, очередность и сроки очистки участков дорог от снега и ликвидации зимней скользкости, состав отрядов и порядок работы машин, схему размещения противогололедных материалов, порядок организации дежурства и системы оповещения о погодных условиях и условиях движения и другие данные.

Для обеспечения эффективности работ по зимнему содержанию дорожные организации должны иметь систематическую информацию об опережающих краткосрочных прогнозах погоды, получаемую по договорам с ближайшими организациями гидрометеослужбы.

Если дороги удалены от метеостанций, для оперативной оценки погодных условий и принятия обоснованных решений о сроках начала

ликвидации гололеда или уборки снега, допускается в дорожных организациях создание собственных метеорологических постов.

## **Литература**

1. Зимнее содержание автомобильных дорог/ Г.В. Бялобжеский, А.К. Дюнин и др.; Под ред. А.К. Дюнина. - М.: Транспорт, 1983.- 197 с.
2. Инструкция по защите и очистке автомобильных дорог от снега: ВСН 4-69. – М.: Транспорт, 1970. - 44 с.
3. Васильев, А.П. Состояние дорог и безопасность движения в сложных погодных условиях. – М.: Транспорт, 1976. – 224 с.

## **Температурный режим воздуха в различных регионах Беларуси**

Ковязо С.В.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Климат, являясь одной из физико-географических характеристик среды, окружающей человека, оказывает решающее влияние на хозяйственную деятельность людей: на специализацию сельского хозяйства, размещение промышленных предприятий, воздушный, водный и наземный транспорт и т.п. Климат за период существования Земли претерпевал различные изменения. Но нам важно знать, как в свою очередь изменялся один из главных климатических показателей - температурный режим воздуха.

Температура воздуха - это один из самых главных элементов погоды, которая характеризует тепловой режим всей атмосферы. Температурный режим нашей страны определяется географическим расположением в умеренных широтах, влиянием приходящих воздушных масс воздуха с Атлантического океана, расположением территории Беларуси на юго-западе Восточно-Европейской равнины, что определяет равнинность ее рельефа.

Цель моего доклада - изучение температурного режима воздуха территории Беларуси за последние 30 лет.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

на основе литературных источников, ресурсов Интернет выявить главные особенности температурного режима Беларуси и основные его черты;

по данным метеорологических станций Беларуси рассчитать средние месячные, средние годовые температуры;

изучить динамику температурного режима на территории Беларуси;

Объект исследования - температурный режим как главный климатический показатель умеренно-континентального климата.

В результате работы мной были проанализированы различные литературные источники, карты, графики, а также данные сети Интернет.

## 1. Температурный режим воздуха в различных регионах

### 1.1 Материалы и методика

Для работы были взяты значения средней месячной и средней годовой температуры воздуха по метеостанциям Беларуси (47) с 1975 по 2007 гг. (таблица 1). Статистический анализ данных был проведен с помощью Microsoft Excel World. Были рассчитаны: среднее арифметическое, минимальные и максимальные значения температур, среднее квадратическое отклонение и др. Данные представлены в тексте и таблицах (5).

В метеорологии наиболее распространено вычисление среднего арифметического, так как оно является наиболее общей характеристикой температурного режима воздуха.

Минимальные и максимальные температуры являются экстремальными значениями. Максимальная температура характеризует наивысшую температуру наиболее теплой части периода, а минимальная - самую низкую температуру более холодной части периода. Для того, что бы их рассчитать требуется из имеющихся значений выбрать наибольшее и наименьшее число.

Временная изменчивость характеризуется средним квадратическим отклонением, то есть числом, которое показывает на сколько отклоняется температура данного месяца или года от среднего арифметического значения. Для того, что бы высчитать среднее квадратическое отклонение, необходимо сумму всех дисперсий температуры (дисперсия - это разность данной температуры и среднего арифметического возведенная во вторую степень) поделить на количество лет и из полученного извлечь квадратный корень.

В работе были использованы следующие методы: анализ, статистический и картографический.



Таблица 1 - Средние месячные температуры воздуха в Беларуси в 1975-2007 гг.

Станция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Б. заповедник	-5,3	-5,7	-0,9	6,0	12,2	15,5	17,2	16,0	10,9	5,6	0,0	-4,0	5,7
Барановичи	-4,3	-4,3	0,0	7,2	13,3	16,1	17,8	17,1	12,2	6,9	1,1	-2,9	6,7
Березино	-4,9	-5,1	-0,2	7,0	13,2	16,4	17,9	16,8	11,7	6,1	0,3	-3,7	6,3
Бобруйск	-5,0	-5,1	-0,2	7,0	13,2	16,3	17,9	16,8	11,8	6,3	0,3	-3,7	6,3
Борисов	-5,0	-5,3	-0,4	6,6	13,0	16,2	17,9	16,8	11,6	6,1	0,2	-3,8	6,2
Брагин	-4,6	-4,7	0,4	7,9	14,0	17,0	18,6	17,5	12,5	8,6	0,8	-3,2	6,9
Брест	-2,7	-2,3	2,0	8,2	14,2	17,0	18,8	18,1	13,2	8,2	2,5	-1,3	8,0
Чечерск	-5,2	-5,4	-0,1	7,5	13,9	17,1	18,5	17,4	12,3	6,3	0,1	-3,9	6,5
Докшицы	-5,2	-5,8	-1,1	5,9	12,2	15,4	17,2	16,1	11,1	5,8	0,2	-3,9	5,7
Езерище	-5,9	-6,6	-1,4	5,8	12,2	15,6	17,3	16,0	10,8	5,5	-0,4	-4,6	5,4
Ганцевичи	-4,0	-4,0	0,6	7,4	13,4	16,4	18,0	17,0	12,1	7,0	1,3	-2,7	6,9
Гомель	-4,8	-4,8	0,5	8,2	14,6	17,7	19,2	18,2	12,8	6,8	0,6	-3,4	7,2
Горки	-	-6,7	-1,6	6,1	12,5	15,9	17,0	16,3	11,1	5,3	-0,7	-4,8	5,4

	6,2												
Гродно	-3,5	0,6	6,9	12,9	15,8	17,7	17,1	12,2	7,1	1,7	-2,2	6,9	
Ивацевичи	-3,7	1,0	7,6	13,7	16,6	18,3	17,5	12,5	7,3	1,6	-2,4	7,2	
Житковичи	-4,0	0,9	7,9	14,0	17,0	18,6	17,5	12,5	7,1	1,3	-2,7	7,2	
Жлобин	-4,7	0,3	7,8	14,1	17,1	18,7	17,6	12,4	6,6	0,6	-3,4	6,9	
Кличев	-5,2	-0,4	6,9	13,1	16,2	17,7	16,6	11,6	6,1	0,2	-3,8	6,1	
Костюковичи	-5,8	-0,8	6,9	13,2	16,5	17,9	16,7	11,6	5,7	-0,4	-4,4	5,9	
Лельчицы	-4,0	1,0	8,0	14,3	17,1	18,7	17,7	12,7	7,2	1,3	-2,6	7,3	
Лепель	-5,2	-0,6	6,4	6,5	16,0	17,7	16,6	11,4	5,9	0,1	-3,9	6,0	
Лида	-4,0	0,4	6,9	13,0	16,0	17,8	17,0	12,1	6,9	1,3	-2,6	6,7	
Лынтупы	-4,9	-0,9	5,7	12,0	15,1	16,9	15,9	11,0	5,9	0,4	-3,6	5,7	
Марьина горка	-4,9	-0,1	7,1	13,3	16,3	17,9	17,0	11,9	6,4	0,4	-3,6	6,4	
Минск	-4,8	-0,2	6,7	13,1	16,2	18,0	17,1	11,9	6,4	0,5	-3,3	6,4	
Могилев	-	-6,1	-1,0	6,5	12,7	16,0	17,6	16,6	11,5	5,7	-0,3	-4,3	5,8

	5,6												
Мозырь	-4,5	-4,5	0,5	7,8	14,1	17,1	18,7	17,7	12,7	6,9	0,8	-3,2	7,0
Новогрудок	-4,7	-4,7	-0,4	6,4	12,5	15,5	17,2	16,6	11,7	6,3	0,5	-3,4	6,1
Октябрь	-4,5	-4,5	0,4	7,6	13,8	16,8	18,3	17,3	12,3	6,7	0,8	-3,3	6,8
Орша	-5,7	-6,3	-1,3	6,1	12,5	15,8	17,5	16,3	11,2	5,5	-0,4	-4,4	5,6
Ошмяны	-4,7	-4,9	-0,5	6,2	12,4	15,3	17,1	16,3	11,5	6,3	0,7	-3,3	6,0
Пинск	-3,6	-3,4	1,2	8,1	14,1	16,9	18,6	17,7	12,8	7,5	1,7	-2,3	7,5
Полесская	-4,1	-4,0	0,7	7,3	13,1	16,1	17,7	16,8	11,9	6,7	1,2	-2,7	6,8
Полоцк	-5,2	-5,8	-0,7	6,3	12,6	15,9	17,6	16,3	11,2	5,8	0,2	-3,9	5,9
Пружаны	-3,5	-3,4	1,0	7,4	13,4	16,2	18,0	17,3	12,5	7,4	1,8	-2,2	7,2
Сенно	-5,4	-5,8	-0,7	6,5	12,9	16,1	17,8	16,7	11,5	6,0	0,0	-4,0	6,0
Шарковщина	-4,9	-5,6	-0,8	6,3	12,6	15,8	17,6	16,5	11,7	6,1	0,5	-3,6	6,0
Славгород	-5,6	-5,8	-0,5	7,1	13,4	16,6	18,1	17,0	11,8	5,9	-0,2	-4,2	6,1
Слуцк	-	-4,9	0,0	7,2	13,3	16,2	17,9	17,1	12,1	6,6	0,8	-3,3	6,5

	4,7												
Столбцы	-4,5 4,5	-4,5	0,2	7,1	13,3	16,3	18,0	17,2	12,0	6,6	0,8	-3,2	6,6
Василевичи	-4,5 4,5	-4,5	0,7	7,9	14,1	17,1	18,6	17,5	12,5	6,8	0,8	-3,2	7,0
Верхнедвинск	-5,1 5,1	-5,8	-0,9	6,1	12,3	15,6	17,4	16,2	11,2	5,8	0,2	-3,9	5,8
Вилейка	-4,7 4,7	-5,0	-0,4	6,4	12,8	16,0	17,7	16,8	11,7	6,3	0,7	-3,3	6,2
Высокое	-3,1 3,1	-2,9	1,4	7,6	13,6	16,4	18,2	17,4	12,7	7,7	2,1	-1,7	7,5
Витебск	-5,7 5,7	-6,1	-0,9	6,5	12,9	16,2	17,9	16,6	11,4	5,8	-0,3	-4,4	5,8
Волковыск	-3,6 3,6	-3,6	0,8	7,2	13,2	16,0	17,8	17,2	12,4	7,3	1,6	-2,3	7,0
Воложин	-4,8 4,8	-4,8	-0,3	6,6	12,9	15,9	17,6	16,9	11,8	6,3	0,5	-3,5	6,3

## 1.2 Годовой ход температуры воздуха

Годовой ход температуры воздуха является одной из основных характеристик климата. В качестве параметров годового хода температуры воздуха в работе применяются среднемесячные температуры воздуха [2, с.127].

Среднее месячное значение температуры воздуха является наиболее общей характеристикой температурного режима. Оно позволяет получить представление о температурном фоне любого района, определить изменения температуры по территории и на протяжении года и, наконец, проследить температурные изменения или колебания во времени [1, с.57].

Годовой ход температуры воздуха на территории Беларуси определяется ее расположением в умеренной зоне, что обуславливает четкое подразделение температурных условий на сезоны года.

Всего выделяется 4 сезона: зима, весна, лето, осень. Весна и осень являются переходными сезонами. Каждый сезон включает по 3 месяца. Внутри сезонов температура воздуха более постоянна или имеет однонаправленное изменение и преобладающие типы погоды. Каждый сезон имеет свои температурные границы, однако для рассмотрения средних месячных температур удобнее использовать календарные сезоны, постоянные по времени [1, с.59].

Для того, что бы проследить годовой ход температуры, мы вначале рассмотрим: как изменяется средняя месячная температура от сезона к сезону и от месяца к месяцу.

Самым холодным сезоном является зима, которая начинается со второй декады ноября и продолжается в среднем до последней декады марта. Поскольку даты перехода через 0°C изменяются из года в год и непостоянны даже в течении одной зимы, так как температура часто колеблется около 0°C, то для характеристики зимних условий использован период календарной зимы (декабрь - февраль). В зимние месяцы, когда приход солнечной радиации сравнительно не велик, основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. Господство то влажных и теплых воздушных масс с Атлантики, то холодных континентальных, приходящих с Азиатского материка, создает неустойчивый характер белорусской зимы. За период инструментальных наблюдений не было в Беларуси ни одной зимы без оттепелей. Средняя непрерывная продолжительность оттепельного периода 4-6 дней. Иногда они непрерывно продолжаются в течение месяца. Для оттепельных периодов характерна пасмурная с осадками, ветрами и туманами погода. Морозные периоды (без оттепелей) устанавливающиеся в основном при антициклонических условиях погоды, имеют среднюю продолжительность 5-7 дней. Максимальная за сезон продолжительность в большинстве лет достигает 11-20 дней. Для морозных дней, сменяющих оттепели, более

характерны метели, зернистая и кристаллическая изморось, а временами - безоблачная погода с очень низкими температурами воздуха.

Декабрь - наиболее теплый месяц зимы, хотя в это время минимальны высота солнца над горизонтом, и величина приходящей солнечной радиации, и продолжительность солнечного сияния. Продолжает согревать воздух еще не остывшая подстилающая поверхность, часто свободная от снега. Больше тепла, чем в последующие месяцы, приносят воздушные массы, сформированные над медленно охлаждающейся водной поверхностью Атлантического океана. Средняя по республике температура воздуха, полученная непосредственным осреднением данных 47 метеостанций, достаточно равномерно расположенных на ее территории, составляет в декабре - 3,4°C (таблица 2).

В очень холодном 1978 г. при длительном сохранении антициклонального характера погоды средние месячные температуры достигали - 10... - 14°C и только на юго-западе были несколько выше. Следует отметить, что в период очень теплых зим конца 1980-х - начала 1990-х гг., декабрь из всех зимних месяцев был наименее аномальным и часто являлся самым холодным месяцем зимы [1, с.60-61].

Январь - наиболее холодные месяц зимы. По сравнению с предыдущим месяцем температура воздуха понижается еще на 1,5-3,0°C.

Несмотря на увеличение высоты солнца над горизонтом и увеличение суммарной солнечной радиации, радиационный баланс остается отрицательным и даже несколько уменьшается по сравнению с предыдущим месяцем, что связано с увеличением альбедо подстилающей поверхности, покрытой снежным покровом. Большую роль играет и изменение температуры приходящих воздушных масс. В январе и последующем феврале продолжает охлаждаться водная поверхность. Приходящие с Атлантики воздушные массы в январе имеют более низкую температуру, чем в предыдущем месяце. То же можно сказать и о холодных воздушных массах, приходящих с северо-востока и северо-запада. Формируясь в условиях полярной ночи или очень низкого стояния солнца над заснеженными территориями, они имеют более низкие температуры, чем в декабре.

Средняя температура республики в целом в январе составляет - 4,7°C (таблица 2). В наиболее холодном январе 1987 г., когда наблюдались частые вторжения воздушных масс из Атлантического бассейна, средняя  $t^{\circ}$  воздуха за месяц составила - 15... - 18°C. В наиболее же теплые годы январская температура лишь немногим, на 1-2°C, ниже декабрьской.

Февраль в Беларуси по температурным условиям близок к январю. Радиационный баланс возрастает до положительных значений на юге республики и слабоотрицательных на севере. Однако это не приводит к заметному росту температуры воздуха. по-прежнему основным источникам тепла являются воздушные массы, приходящие с Атлантики, и изотермы составляют с меридианом угол близкий к 45°. Южные районы республики

начинают прогреваться солнцем более значительно. В среднем по республике температура воздуха в феврале составляет - 4,9°C (таблица 2).

В последнее 30-летие очень холодный февраль был в 1985 г. Средняя месячная температура на территории республики изменялась от - 13°C на юго-западе до - 17°C на востоке. Отрицательные аномалии составляли - 7... - 10°C.

Как и в январе, абсолютный максимум средней месячной температуры в феврале приходится на теплый период конца 80-х - начала 90-х годов.

Очень теплым был февраль 1989 г., когда на всей территории республики температуры удерживались в пределах 0-3°C тепла, что на 7-8°C было выше нормы. Это был самый теплый февраль за предыдущий 100-летний период наблюдений [1, с.62-63].

Весна характеризуется быстрым нарастанием температуры воздуха, которое достигает максимума в начале апреля после схода снежного покрова. Весной быстро возрастает продолжительность дня, высота солнца над горизонтом и, как результат, количество приходящей радиации. Растет величина радиационного баланса, особенно после схода снежного покрова в связи с уменьшением альбедо. В связи с выравниванием температуры суши и водной поверхности океанов уменьшается циклоническая деятельность. Это приводит к уменьшению облачности и относительной влажности воздуха, поэтому весна в Беларуси воспринимается как пора света, чистого неба, молодой земли. Тем не менее, весной бывают и снежные заряды, и периодические возвраты холодов, и временами пасмурное небо, но они быстро сменяются хорошей погодой, продолжительность которой все увеличивается.

Март еще является холодным месяцем года. Лишь на юго-западе снежный покров исчезает в начале месяца, на северо-востоке он сохраняется до конца его. Средняя республиканская температура воздуха в марте составляет - 0,1°C (таблица 2). Самой холодной в марте становится территория северной Витебской области. Самой теплой остается Брестская область. Температура центральных областей понижается с запада на восток.

Изменчивость средних месячных температур в марте меньше, чем в зимние месяцы, что связано с ослаблением атмосферной циркуляции.

Несмотря на то, что март является месяцем с отрицательной температурой, таких низкий, как в зимние месяцы, температур уже не наблюдается. Если в среднем температура марта на 4°C выше февральской, то в холодные месяцы разница с февральской достигает 6-7°C, тогда как температура теплых месяцев возрастает всего на 2-3°C. Продолжительность похолоданий невелика и в среднем за месяц  $t^{\circ}$  ниже - 11°C не опускалась.

В аномально теплом марте 1990 г. температура воздуха составила 3,0-6,5°C (что на 6-7°C выше нормы). Эта аномалия явилась продолжением очень теплой бесснежной зимы. Отсутствие снежного покрова, вторжение теплых воздушных масс и превышающая норму продолжительность солнечного сияния, в южной половине на 30-40%, обеспечивали такие высокие

температуры этой весной. Почти таким же теплым был март 1992 г., когда средняя месячная температура воздуха составила 3-6°C, немногим уступал и март 1989 г. - средняя месячная температура была 2-5°C.

Апрель - месяц теплого полугодия. Изотермы, имея в основном широтный характер, огибают с севера более прогретые долины и с юга - возвышенности. Осредненная по территории республики температура в апреле составляет 7,0°C. По-прежнему самой холодной является Витебская область и самой теплой - юго-западная Брестская. Заметно повышается температура на востоке и юго-востоке. Значительно уменьшились различия температур Брестской и Гомельской областей. Температура восточной Могилевской уже достигла уровня центральной Минской, хотя и уступает еще западной Гродненской.

В холодные годы сохраняется зимнее распределение температуры воздуха с наиболее низкими температурами на востоке республики (Могилев) и наиболее теплым юго-западом (Брест). В теплые годы уже в апреле прослеживается летнее распределение температуры с более низкими на севере (Витебск) и северо-западе и самыми высокими на юго-востоке (Гомель). Разница средних месячных температур теплых и холодных апрелей может превышать 10°C.

В мае температура в республике возрастает на 6,0-7,5°C и достигает 12-14°C. Температурное поле, в связи с более значительным прогреванием прохладных ранее восточных районов, становится более однородным. Более теплыми становятся восточные районы республики. Средняя многолетняя температура Гомельской области в мае выше, чем Брестской. Среди центральных областей более высокая температура характерна для восточной Могилевской области, в Минской и Гродненской температуры выравниваются. Самой холодной является Витебская область. Средняя температура по Беларуси в мае 13,1°C (таблица 2).

В самом холодном 1980 г. температура воздуха по республике составляла 7,5-10,0°C. В теплые годы на большей части республики май был теплее июня. Подобное наблюдается достаточно редко - на востоке в среднем раз в 10 лет, на западе - раз в 20 лет.

Таким образом, весной нарастание температуры идет столь быстро, что за весь столетний период на протяжении одной весны каждый последующий месяц был теплее предыдущего. Самый холодный апрель был все же теплее предшествующего марта. И каждый май был теплее предыдущего апреля. Хотя, если брать месяцы различных лет, это неравенство может и не соблюдаться [1, с.64-66].

Лето начинается с перехода средней суточной температуры через 14°C (средняя температура вегетационного периода) во второй - третьей декаде мая.

В летний период в связи ослаблением Исландской депрессии уменьшается циклоническая деятельность в умеренных широтах. Усиливается



влияние Азорского максимума, который регенерирует антициклоны, направляющиеся к востоку. Преобладание малооблачной погоды обуславливает определяющие влияние солнечной радиации на формирование климата. Это приводит к широтному изменению, к усилению влияния рельефа в долинах, лучше прогреваемых, изотермы отклоняются к северу, а на возвышенностях - к югу. Температурные контрасты по территории невелики, находятся в пределах 1,5-2,0°C.

В июне продолжается нарастание температуры воздуха, хотя и более медленно, чем в весенние месяцы. Достигают максимума продолжительность солнечного сияния и величина радиационного баланса. Средняя месячная температура воздуха составляет 16,3°C (таблица 2). С июня начинает уменьшаться величина поступающей солнечной радиации. Однако температура, как поверхности суши, так и океана, уже хорошо прогретая к этому времени, получая, хотя и несколько уменьшающееся количество тепла, продолжает повышаться. Продолжает повышаться температура воздуха. На территории Беларуси она достигает 17,5-18,5°C, а максимум составляет 19,2°C (таблица 2).

Холодная и дождливая погода летом отмечается в годы интенсивной циклонической деятельности. Циклоны тогда либо проходят через территорию республики, либо перемещаются (а иногда и стационарируют, и тогда похолодания нося длительный характер) к югу или востоку от Беларуси и по их периферии на территорию республики происходит заток холодных воздушных масс. В наиболее холодные летние месяцы температура воздуха составляла в июле 1979 г. - 14,0-15,5°C (аномалия - более 3°C), а в августе 1987 г. - 13,5-15,5°C (аномалия - 2,0-2,5°C). Чем реже циклонические вторжения, тем теплее в летний период. В наиболее теплые годы положительные аномалии достигали 3-4°C (август 1992 гг.) и на всей территории республики температура удерживалась в пределах 19,0-20,0°C и выше [1, с.67].

Осень начинается с понижения средней суточной температуры воздуха ниже 10°C (окончание активной вегетации растений). В Беларуси этот переход происходит в последней декаде сентября - начале октября. В сентябре происходит резкое падение величины радиационного баланса - от августа к сентябрю он сокращается почти в два раза, с 252 до 137 мДж/м<sup>2</sup> в Минске. Происходит перестройка барического поля атмосферы. Растет давление над охлаждающимся материком, усиливается роль Исландской депрессии в углублении циклонов, идущих из Северной Атлантики на Европейский континент. Смещается к югу и ослабляется Азорский максимум. Все более глубокие циклоны оказывают влияние на погоду в Беларуси. Чаше и длительнее периоды ухудшения погоды. Из месяца в месяц на 4-6°C понижается температура воздуха.

Средняя месячная температура сентября по республике составляет 11,9°C (таблица 2). Изотермы еще имеют широтный характер, но юго-запад уже на

0,5°C теплее юго-востока. И наиболее низкие температуры отмечаются на северо-востоке. В наиболее теплые годы (1975, 1994) температура воздуха составляла 14,0-16,0°C в наиболее холодные (1973, 1986, 1993) - 8,0-10,0°C.

В октябре на большей части территории республики температура воздуха составляет 5,3-8,0°C. усиливается роль адвекции в формировании температурного поля, что приводит к появлению меридиональной составляющей в распределении изотерм и уменьшению влияния рельефа. Температура возвышенностей и окружающих равнин почти не различается. Идет дальнейшее понижение средних областных температур воздуха, более интенсивное на востоке, чем на западе. Средняя температура октября по республике 6,5°C (таблица 2). Температура в отдельные годы изменяется от 10-12 до 0,4°C. В холодном 1976 г. в Витебске, на единственной станции в республике, октябрь 1976 г. имел отрицательную температуру. В ноябре продолжается резкое падение температуры воздуха. Как и в предыдущем месяце, оно составляет 6,0°C. Положение изотерм типичное для зимнего периода. Средняя месячная температура воздуха составляет 0,6°C (таблица 2). В отдельные годы ноябрь оказывается по настоящему зимним месяцем, тогда средняя месячная температура воздуха по большей части республики составляет - 4,0... - 7,0°C. Необычно холодным был ноябрь 1993 г., когда в течение почти всего месяца погода формировалась под влиянием арктического воздуха, вторгавшегося на территорию республики по периферии антициклонов, стационарировавших севернее Беларуси. В отличие от весны, в конце осени уже возможны единичные исключения. Октябрь 1976 г. на северо-востоке был очень холодным, на несколько десятых долей градуса холоднее следующего ноября. Ноябрь 1993 г. оказался холоднее декабря и даже января следующего года, что было обусловлено необыкновенно устойчивыми мощными антициклонами, стационарирующими севернее Беларуси, по периферии которых на территории республики осуществлялся заток холодного арктического воздуха [1, с.67, 69-70]. Рассмотрев средние месячные температуры по сезонам и по каждому месяцу, можно дать краткую характеристику годового хода температуры воздуха. Температура воздуха в течение года возрастает, достигая максимума в июле, а затем убывает, достигая минимума в феврале. Среднегодовая температура воздуха в Беларуси за данный период составляет 6,5°C (таблица 2).

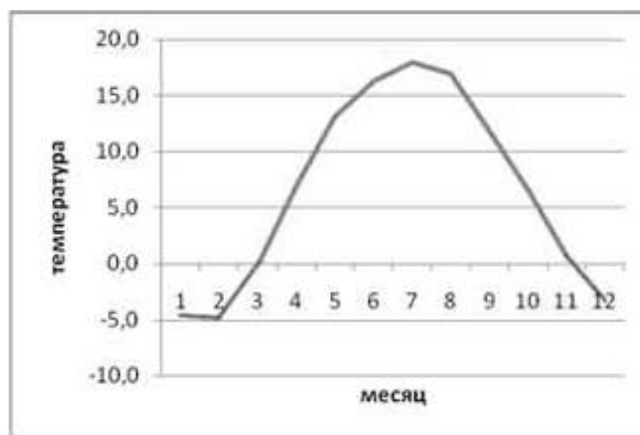


Рисунок 7 – Годовой ход температуры воздуха (средние месячные значения за период 1975-2007 гг.)

Теплый период года начинается в середине марта, когда температура проходит через  $0^{\circ}\text{C}$ . Холодный начинается с третьей декады ноября, когда температура проходит через  $0^{\circ}\text{C}$ , принимая отрицательные значения (рисунок 7). Как и в холодный период, в целом за год восточные области оказываются холоднее западных, расположенных на тех же широтах (рисунок 14). Годовая температура более стабильна во времени, чем средние месячные.

### 1.3 Многолетний ход температуры воздуха

Наблюдения за температурой воздуха за период 1975-2007 показали, что в Беларуси, в силу ее небольшой территории, отмечаются в основном синхронные колебания температуры во все месяцы года. Синхронность особенно выражена в холодные времена.

Полученные за последние 30 лет средние многолетние значения температуры недостаточно устойчивы. Это связано с большой изменчивостью средних значений. В Беларуси среднее квадратическое отклонение в течение года изменяется от  $1,3^{\circ}\text{C}$  летом до  $4,1^{\circ}\text{C}$  зимой (таблица 3), что при нормальном распределении элемента позволяет получать средние многолетние значения за 30 лет с погрешностью в отдельные месяцы до  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

Среднее квадратичное отклонение годовой температуры воздуха за последние 30 лет не превышает  $1,1^{\circ}\text{C}$  (таблица 3) и медленно растет к северо-востоку с ростом континентального климата.

Таблица 3 - Среднее квадратическое отклонение средней месячной и годовой температуры воздуха

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Брест	3,7	3,9	2,6	1,8	1,9	1,7	1,8	1,3	1,6	1,5	2,5	3,0	1,0
Гродно	4,0	3,9	2,6	1,6	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,5	2,2	2,8	1,0
Гомель	3,7	3,9	2,7	1,9	2,0	1,8	1,8	1,4	1,6	1,4	2,6	2,9	1,1

Витебск	3,7	4,0	2,6	1,9	1,9	1,8	1,9	1,3	1,7	1,8	2,6	3,2	1,1
Минск	3,6	3,8	2,6	1,8	1,8	1,6	1,9	1,5	1,6	1,5	2,5	2,9	1,0
Вилейка	3,7	3,9	2,5	1,7	1,9	1,7	1,9	1,4	1,6	1,5	2,4	3,0	1,0
Могилев	3,7	4,1	2,8	1,8	1,9	1,7	1,8	1,4	1,6	1,5	2,6	3,1	1,1

Максимальное среднее квадратическое отклонение приходится на январь и февраль (на большей частит республики в феврале оно составляет  $\pm 3,9^{\circ}\text{C}$ ). А минимальные значения приходятся на летние месяцы, в основном на июль ( $\sigma = \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ ), что связано с минимальной временной изменчивостью температуры воздуха.

Наиболее высокая температура в целом за год отмечена на преобладающей части территории республики в 1989 г., для которого характерны необычно высокие температуры холодного периода. И лишь в западных и северо-западных районах республики от Лынтуп до Волковыска в 1989 г. не были перекрыты самые высокие температуры, отмеченные здесь в 1975 г. (положительная аномалия отмечалась во все сезоны года). Таким образом, отклонение составило  $\sim 2,5\sigma$  [6, с.210].

Начиная с 1988 по 2007 г. средняя годовая температура была выше нормы (исключение составляет 1996 г.). Эта последняя положительная флюктуация температуры была самой мощной за всю историю инструментальных наблюдений. Вероятность случайности двух 7-летних серий положительных аномалий температуры составляет менее 5%. Из 7 самых крупных положительных аномалий температуры ( $\Delta t > 1,5^{\circ}\text{C}$ ) 5 приходится на последние 14 лет [2, с.81].

Среднегодовая температура воздуха за период 1975-2007 гг. имела возрастающий характер, что связана с современным потеплением, которое началось с 1988г. Рассмотрим многолетний ход годовой температуры воздуха по областям.

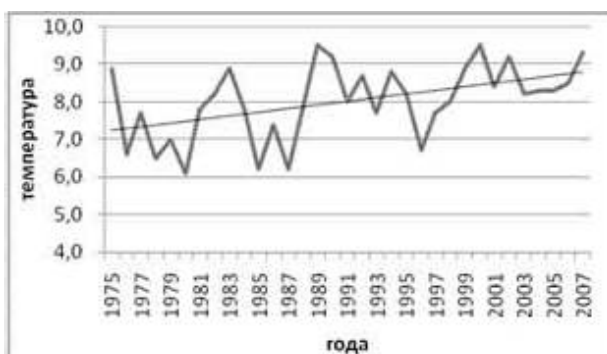


Рисунок 8 – Многолетний ход температуры воздуха в Бресте

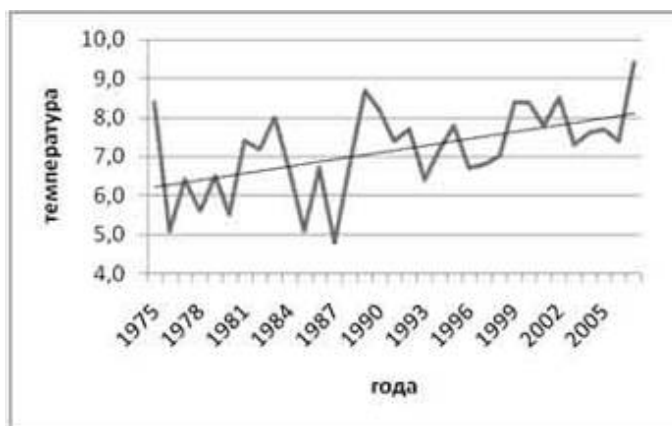


Рисунок 9 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Гомеле

В Бресте Среднегодовая температура воздуха составляет  $8,0^{\circ}\text{C}$  (таблица 1). Теплый период начинается с 1988 г. (рисунок 8). Самая высокая годовая температура отмечалась в 1989 г. и составляла  $9,5^{\circ}\text{C}$ , самая холодная - в 1980 г. и составляла  $6,1^{\circ}\text{C}$ . Теплые годы: 1975, 1983, 1989, 1995, 2000. К холодным относятся 1976, 1980, 1986, 1988, 1996, 2002 (рисунок 8).

В Гомеле среднегодовая температура составляет  $7,2^{\circ}\text{C}$  (таблица 1). Многолетний ход годовой температуры аналогичен Бресту. Теплый период начинается с 1989 г. Самая высокая годовая температура отмечена в 2007 г. и составила  $9,4^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая - в 1987 г. и составила  $4,8^{\circ}\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1984, 1990, 2000, 2007. Холодные - 1977, 1979, 1985, 1987, 1994 (рисунок 9).

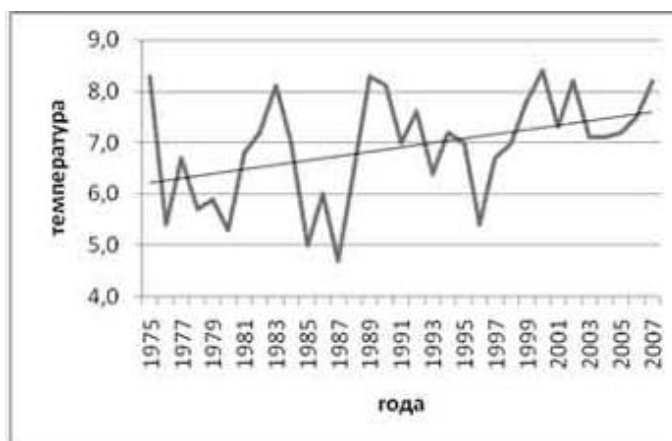


Рисунок 10 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Гродно

В Гродно среднегодовая температура составляет  $6,9^{\circ}\text{C}$  (таблица 1). Многолетний ход годовых температур имеет возрастающий характер. Теплый период начинается с 1988 г. Самая высокая годовая температура была в 2000 г. и составляла  $8,4^{\circ}\text{C}$ . Самая холодная - 1987 г.,  $4,7^{\circ}\text{C}$ . Теплые годы: 1975, 1984, 1990, 2000. Холодные - 1976, 1979, 1980, 1987, 1996. (рисунок 10).

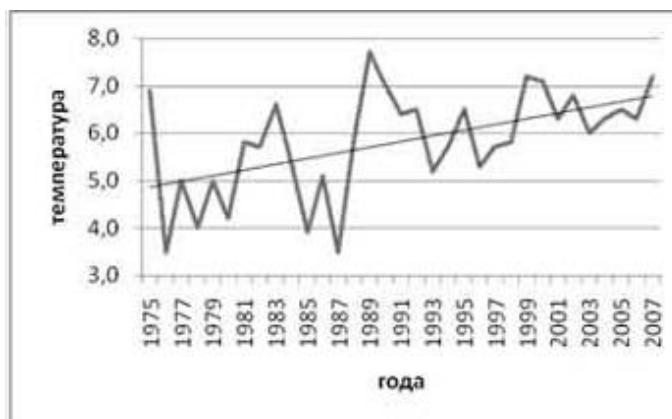


Рисунок 11 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Витебске

В Витебске среднегодовая температура за данный период составляет  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Годовые температуры имеют возрастающий характер. Самая высокая годовая температура была в 1989 г. и составляла  $7,7^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая - в 1987 г. и составляла  $3,5^{\circ}\text{C}$  (рисунок 11).

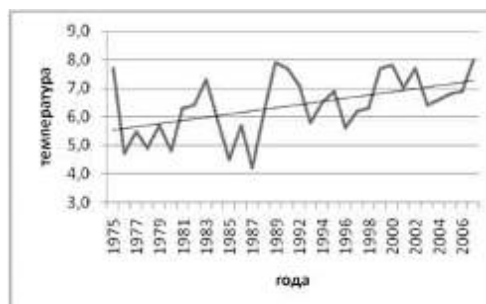


Рисунок 12 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Минске

В Минске среднегодовая температура составляет  $6,4^{\circ}\text{C}$  (таблица 1). Самая высокая годовая температура была в 2007 г. и составляла  $8,0^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая была в 1987 г. и составляла  $4,2^{\circ}\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1984, 1990, 2000, 2007. Холодные - 1976, 1980, 1987, 1994, 1997, 2003 (рисунок 12).

В Могилеве средняя годовая температура за период 1975-2007 гг. составляет  $5,8^{\circ}\text{C}$ , как и в Витебске (таблица 1). Самая высокая годовая температура была в 1989 г. и составляла  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая в 1987 г. -  $3,3^{\circ}\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1983, 1989, 1995, 2001, 2007. Холодные - 1977, 1981, 1986, 1988, 1994, 1997 (рисунок 13).

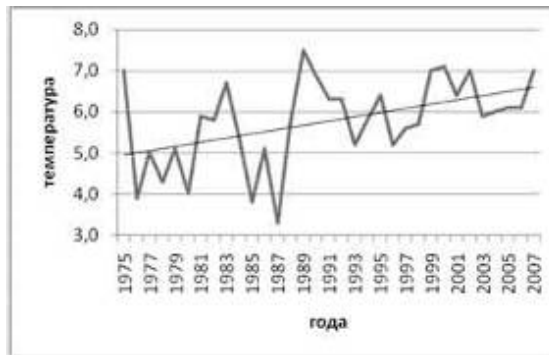


Рисунок 13 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Могилеве

Многолетний ход температуры воздуха в январе характеризуется средним квадратическим отклонением, которое составляет  $\pm 3,8^{\circ}\text{C}$  (таблица 3). Средние месячные температуры в январе наиболее изменчивы. Средняя месячная температура января в наиболее теплые и холодные годы отличалась на  $16-18^{\circ}\text{C}$ .

Если средние многолетние значения январских температур ниже декабрьских на  $2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ , то разности наиболее холодных лет весьма значительны. Так, средняя температура холодных январей 5% -й обеспеченности на  $5-6^{\circ}\text{C}$  ниже температуры холодных декаблей той же обеспеченности и составляет  $-12... -16^{\circ}\text{C}$  и менее. В наиболее холодном январе 1987 г., когда наблюдались частые вторжения воздушных масс из Атлантического бассейна, средняя  $t^{\circ}$  воздуха за месяц составила  $-15... -18^{\circ}\text{C}$ . В наиболее же теплые годы январская температура лишь немногим, на  $1-2^{\circ}\text{C}$ , ниже декабрьской. Необычно теплые январы отмечаются в Беларуси несколько лет подряд, начиная с 1989г. В 1989г. На всей территории Беларуси, за исключением крайнего запада, средняя месячная температура января была наибольшей за весь период инструментальных наблюдений: от  $1^{\circ}\text{C}$  на востоке до  $+2^{\circ}\text{C}$  на крайнем западе, что на  $6-8^{\circ}\text{C}$  выше средних многолетних значений. Январь 1990 г. лишь на  $1-2^{\circ}\text{C}$  уступал предыдущему.

Положительная январская аномалия последующих лет была несколько меньше и тем не менее составила  $3-6^{\circ}\text{C}$ . Для этого периода характерно преобладание зонального типа циркуляции. На протяжении зимы и, главным образом второй ее половины, территория Беларуси почти непрерывно оказывается под влиянием теплого и влажного воздуха Атлантики. Преобладает синоптическая ситуация, когда через Скандинавию с дальнейшим продвижением на восток смещаются циклоны и вслед за ними развиваются теплые отроги Азорского максимума [1, с.63].

За данный период самым холодным месяцем на большей территории Беларуси является февраль, а не январь (таблица 4). Это относится к восточным и северо-восточным районам (Гомель, Могилев, Витебск и др.) (таблица 4). А вот, например, в Бресте, Гродно и Вилейке, которые находятся на западе и юго-западе, самым холодным за этот период являлся январь (в 40% лет) (таблица 3). В среднем по республике 39% лет именно февраль

является наиболее холодным месяцем года. В 32% лет наиболее холодным является январь, в 23% лет - декабрь, в 4% лет - ноябрь (таблица 4).

Таблица 4 - Повторяемость самых холодных месяцев за период 1975-2007 гг.

Станции	Холодный период				
	11	12	1	2	3
Брест	1 (3%)	8 (25%)	13 (40%)	12 (37%)	0
Гомель	1 (3%)	9 (28%)	8 (25%)	15 (46%)	0
Гродно	1 (3%)	7 (21%)	13 (40%)	12 (37%)	0
Могилев	2 (6%)	8 (25%)	8 (25%)	15 (46%)	0
Минск	2 (6%)	7 (21%)	11 (34%)	12 (37%)	0
Витебск	2 (6%)	9 (28%)	8 (25%)	12 (37%)	0
Вилейка	2 (6%)	6 (18%)	13 (40%)	12 (37%)	0

Временная изменчивость температуры летом минимальна. Среднее квадратическое отклонение составляет  $\pm 1,4^{\circ}\text{C}$  (таблица 3). Лишь в 5% лет температура летнего месяца может понизиться до  $13,0^{\circ}\text{C}$  и ниже. И так же редко, лишь в 5% лет в июле она повышается выше  $20,0^{\circ}\text{C}$ . В июне и августе такое характерно лишь для южных районов республики.

В наиболее холодные летние месяцы температура воздуха составляла в июле 1979 года -  $14,0-15,5^{\circ}\text{C}$  (аномалия более  $3,0^{\circ}\text{C}$ ), а в августе 1987 года -  $13,5-15,5^{\circ}\text{C}$  (аномалия -  $2,0-2,5^{\circ}\text{C}$ ). Чем реже циклонические вторжения, тем теплее в летний период. В наиболее теплые годы положительные аномалии достигали  $3-4^{\circ}\text{C}$  и на всей территории республики температура удерживалась в пределах  $19,0-20,0^{\circ}\text{C}$  и выше.

В 62% лет самый теплым месяцем года в Беларуси является июль. Однако в 13% лет этим месяцем бывает июнь, в 27% - август и в 3% лет - май (таблица 5). В среднем раз в 10 лет июнь бывает холоднее мая, а на западе республики в 1993 г. июль был холоднее сентября. За 100-летний период наблюдений за температурой воздуха ни разу, ни май, ни сентябрь не были самыми теплыми месяцами года. Однако исключением стало лето 1993 г., когда для западных районов республики (Брест, Волковыск, Лида) май оказался самым теплым [1].

В подавляющем числе месяцев года, за исключением декабря, мая и сентября, с середины 1960-х годов отмечался рост температуры. Он оказался наиболее существенным в январе-апреле. Рост температуры летом зафиксирован только в 1980-е годы, т.е. почти на двадцать лет позже, чем в январе-апреле. Он оказался наиболее выраженным в июле последнего десятилетия (1990-2000 гг.).

Таблица 5 - Повторяемость самых теплых месяцев за период 1975-2007 гг.



Станции	Теплый период						
	4	5	6	7	8	9	10
Брест	0	1 (3%)	4 (12%)	20 (62%)	9 (28%)	0	0
Гомель	0	0	7 (21%)	17 (53%)	10 (31%)	0	0
Гродно	0	0	0	23 (71%)	10 (31%)	0	0
Могилев	0	0	4 (12%)	22 (68%)	7 (21%)	0	0
Минск	0	0	4 (12%)	18 (56%)	11 (34%)	0	0
Витебск	0	0	7 (21%)	21 (65%)	6 (18%)	0	0
Вилейка	0	0	4 (12%)	20 (62%)	9 (28%)	0	0

Последняя положительная флюктуация температуры (1997-2002 гг.) в июле соизмерима по амплитуде с положительной флюктуацией температуры этого же месяца в 1936-1939 гг. Несколько меньшие по продолжительности, но близкие по величине значения температуры летом наблюдались в конце XIX столетия (особенно в июле).

Осенью наблюдалось слабое понижение температуры с 1960-х до середины 1990-х годов. В последние годы в октябре, ноябре и осенью в целом отмечается небольшой рост температуры. В сентябре каких-либо заметных изменений температуры не зафиксировано.

Таким образом, генеральной особенностью изменения температуры является наличие двух наиболее существенных потеплений в последнем столетии. Первое потепление, известное как потепление Арктики, наблюдалось в основном в теплое время года в период с 1910 по 1939 г. Далее последовала мощная отрицательная аномалия температуры в январе-марте 1940-1942 г. Указанные годы были самыми холодными за всю историю инструментальных наблюдений. Среднегодовая аномалия температуры в эти годы составляла около - 3,0°C, а в январе и марте 1942 г. - среднемесячная аномалия температуры соответственно составила около - 10°C и - 8°C. Текущее потепление наиболее выражено в большинстве месяцев холодного времени года, оно оказалось более мощным, чем предыдущее; в отдельные месяцы холодного периода года температура за 30 лет возросла на несколько градусов. Особенно мощным было потепление в январе месяце (около 6°C). За последние 14 лет (1988-2001 гг.) только одна зима была холодной (1996 г.). Другие детали изменения климата Беларуси в последние годы следующие.

Важнейшей особенностью изменения климата Беларуси является изменение годового хода температуры (I-IV месяцы) в 1999-2001 гг.

Современное потепление началось в 1988 г. и характеризовалось очень теплой зимой в 1989 г., когда температура в январе и феврале была на 7,0-7,5°C выше нормы. Средняя годовая температура в 1989 г. была самой высокой за всю историю инструментальных наблюдений. Положительная аномалия среднегодовой температуры составила 2,2°C. В среднем за период с 1988 по 2002 г. температура была выше нормы на 1,1°C. Потепление было более выраженным на севере республики, что согласуется с основным выводом численного моделирования температуры, свидетельствующем о большем повышении температуры в высоких широтах.

В изменении температуры Беларуси в последние несколько лет наметилась тенденция к повышению температуры не только в холодное время, но и летом, особенно во вторую половину лета. Очень теплым оказались 1999, 2000 и 2002 гг. Если учесть, что среднеквадратическое отклонение температуры зимой почти в 2,5 раза выше, чем летом, то нормированные на среднеквадратические отклонения аномалии температуры в июле и августе приближается по величине к зимним. В переходные сезоны года имеются несколько месяцев (май, октябрь, ноябрь), когда наблюдалось небольшое снижение температуры (около 0,5°C). Наиболее яркой особенностью изменения температуры в январе и, как следствие, смещение ядра зимы на декабрь, а иногда и на конец ноября. Зимой (2002/2003 гг.) температура декабря была существенно ниже нормы, т.е. сохранилась указанная особенность изменения температуры зимних месяцев.

Положительные аномалии марта и апреля приводили к раннему сходу снежного покрова и переходу температуры через 0° в среднем на две недели раньше. В отдельные годы переход температуры через 0° в самые теплые годы (1989, 1990, 2002) наблюдался еще в январе [2, 81, 87-88].

#### **1.4 Распределение температуры воздуха на территории Беларуси**

Распределение температуры воздуха по территории Беларуси зависит от климатообразующих факторов, главный из которых - ее географическое положение.

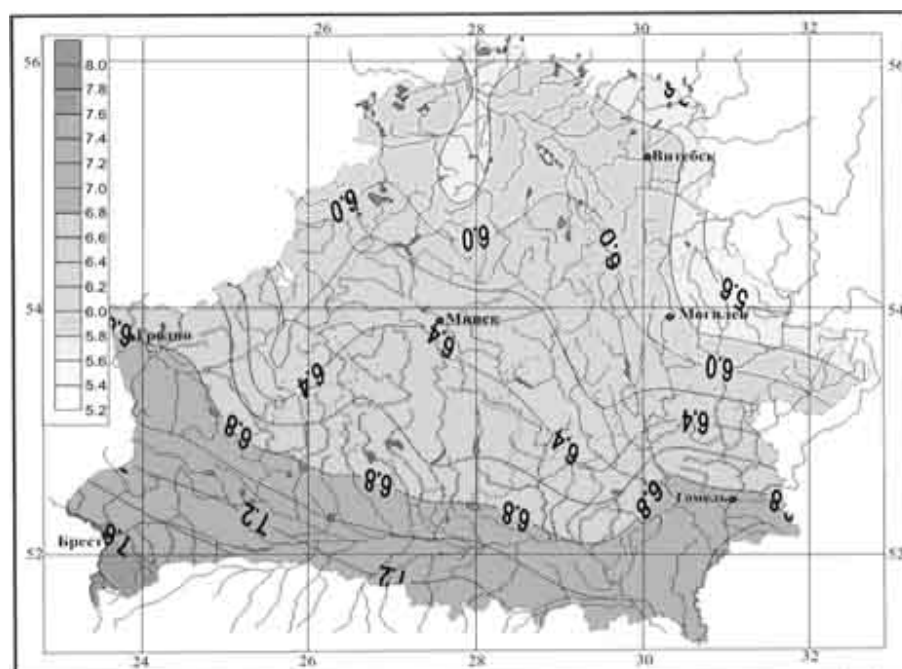


Рисунок 14 – Распределение средней годовой температуры воздуха

В теплый период года, когда велики высота солнца над горизонтом и продолжительность солнечного сияния, солнечная радиация формирует широтный характер изменения температуры по территории Беларуси. В среднем температура воздуха повышается на  $0,5^{\circ}\text{C}$  с продвижением на 200 км к югу. В холодный период температурный режим определяется в основном циркуляцией атмосферы. Аккумулятор тепла - Атлантический океан и господствующий в умеренных широтах западный перенос оказывают основное влияние на распределение температуры в Беларуси: изотермы направлены почти меридионально. В среднем на каждые 100 км к востоку температура понижается на  $0,5^{\circ}\text{C}$  [1, с.57]. В целом для теплового режима Беларуси характерно постепенное повышение температуры воздуха с северо-востока на юго-запад (летом на юго-восток) (рисунок 14) [9].

Средняя годовая температура воздуха в Беларуси составляет  $6,5^{\circ}\text{C}$ , и увеличивается с северо-востока от  $5,2^{\circ}\text{C}$  на юго-запад до  $8,0^{\circ}\text{C}$ . Как и в среднем за год восточные области оказываются холоднее западных (рисунок 14). Среднее квадратическое отклонение не превышает  $1,0^{\circ}\text{C}$  и медленно растет к северо-востоку с ростом континентального климата [6, с.181].

На территории республики температура воздуха в январе плавно понижается от  $-2,8^{\circ}\text{C}$  на юго-западе и ниже на востоке и северо-востоке до  $-6,4$  (рисунок 15). Средняя температура республики в целом в январе составляет  $-4,7^{\circ}\text{C}$ . По-прежнему самой холодной является восточная Могилевская область, она почти на  $2^{\circ}\text{C}$  холоднее западной Гродненской, расположенной на тех же широтах. Такое же соотношение между южными областями западной Брестской и восточной Гомельской. Однако различия между ними меньше. Северная Витебская, простирающаяся далеко на запад,

лишь несколько теплее Могилевской. Температура Минской области в январе близка к средней по республике [7].

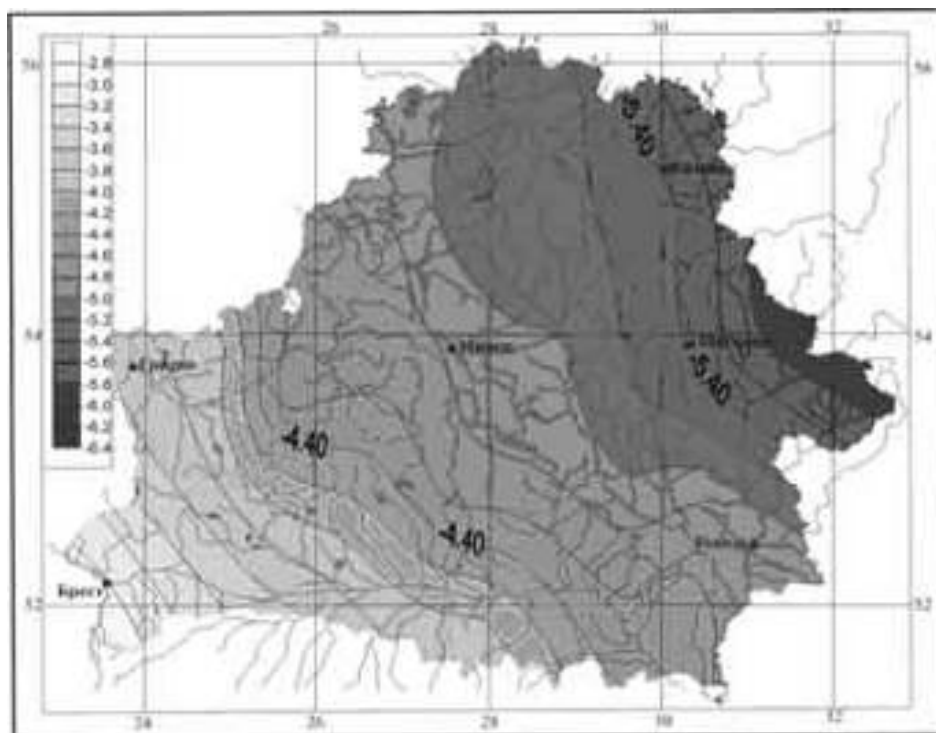


Рисунок 15 – Распределение средней месячной температуры в январе

Часто для оценки температурных условий области используют температуру областного центра. Однако  $t^{\circ}$  в областных центрах, расположенных в большинстве случаев вблизи границ области, не характеризует температурные условия области в целом. Так в декабре  $t^{\circ}$  Бреста и Гродно, расположенных на западной границе своих областей, значительно выше, а Гомеля и Витебска, расположенных на восточных границах, ниже средних областных. Лишь  $t^{\circ}$  Могилева и Минска ближе к областной. Однако расположенные вблизи границ республики областные города позволяют охарактеризовать пределы изменения температуры по территории республики [1, с.61].

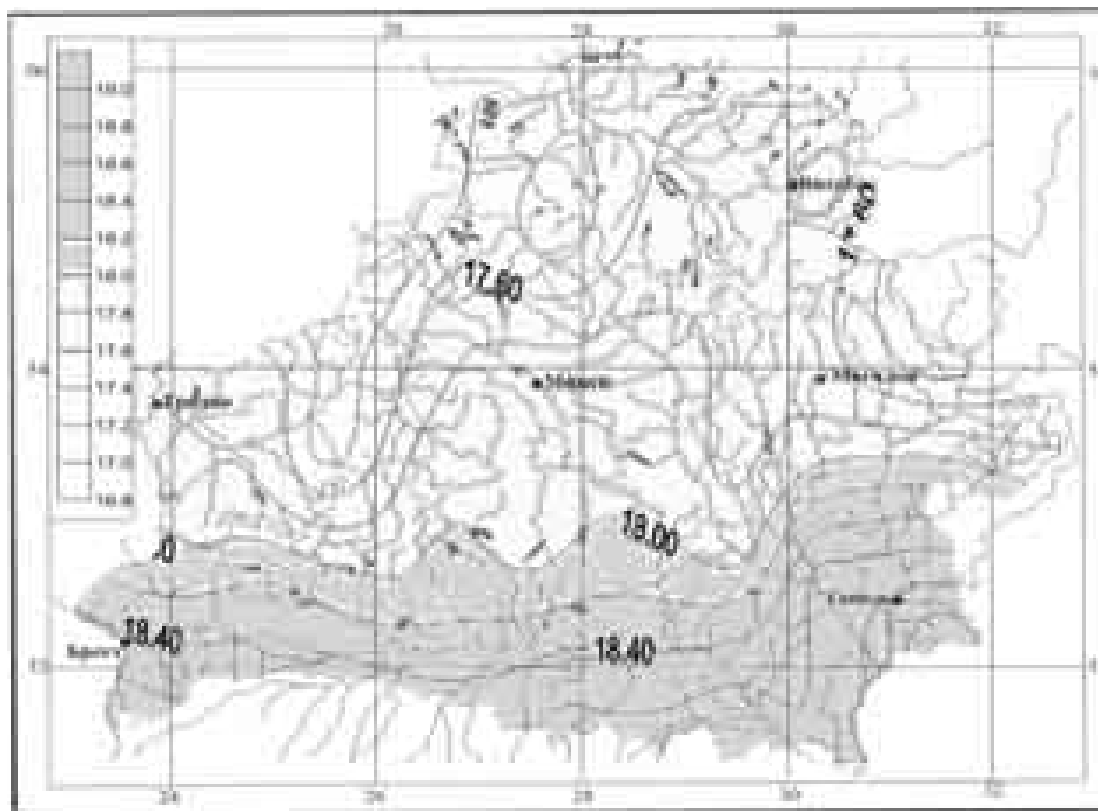


Рисунок 16 – Распределение средней месячной температуры в июле

В июле с ослаблением Исландской депрессии уменьшается циклоническая деятельность на территории Беларуси. Усиливается влияние Азорского максимума, который регенерирует антициклоны, направляющиеся к востоку. Преобладание малооблачной погоды обуславливает определяющие влияние солнечной радиации на формирование климата. Это приводит к широтному изменению температуры воздуха, возрастанию значения теплообмена с подстилающей поверхностью, к усилению влияния рельефа в долинах, лучше прогреваемых, изотермы отклоняются к северу, а на возвышенностях - к югу. Температурные контрасты по территории невелики, находятся в пределах 1,5-2,0°C.

Средняя температура июля составляет 16,9°C. Средние месячные температуры увеличиваются с севера и северо-востока от 16,8°C на юг и юго-восток до 19,0°C (рисунок 16). В июле сохраняется и углубляется начавшееся в мае летнее распределение температур по областям республики [8]. Самая высокая температура характерна для восточных областей. Гомельская область по-прежнему теплее западной Брестской, но к августу эта разность значительно уменьшается. Из центральных областей более высокая температура наблюдается в восточной Могилевской. В июне и июле температура понижается к западу, но в августе большая облачность и влажность западных районов приводит к более медленному ее падению и самой холодной оказывается срединная Минская область [1, с.67].

## Заключение

В работе ставилась задача изучить температурный режим воздуха в различных регионах Беларуси, проанализировать распределение температур и рассмотреть динамику температурного режима в Беларуси.

Согласно результатам исследования динамики температуры воздуха в Северном полушарии по инструментальным и палеоклиматическим данным, самым теплым годом не только за последние 100 лет, но и за последнее тысячелетие признан 1998 год, а 1990-е годы признаны самым теплым десятилетием за указанные периоды. Десять самых теплых лет за время инструментальных наблюдений (с 1860 г.) приходится на период с 1983 г. по 2000 г., а 7 из них - на 1990-е годы. За период с 1950 по 1993 г. ночные минимальные температуры воздуха над сушей увеличивались примерно на  $0,2^{\circ}\text{C}$  за десятилетие, что почти вдвое больше, чем рост дневных максимальных температур. Это привело к удлинению безморозного периода в средних и высоких широтах [2, с.4].

Анализ изменений температуры показал, что в Беларуси отмечаются в основном синхронные колебания температуры во все месяцы года. Особенно мощная положительная флюктуация обнаруживается в последние 30 лет. Если сравнить температуры середины 60-х годов и конца 90-х XX столетия и начала XXI столетия, то зимой отмечается ее рост на величину около  $3^{\circ}\text{C}$ , а в январе он составил около  $6^{\circ}\text{C}$ . В Беларуси, как и в Северном полушарии, за последние 30 лет самым теплым годом был 1998 год, а 1990-е года также признаны самым теплым периодом. Потепление за последние 30 лет можно назвать потеплением зимнего типа. Региональное изменение климата может быть в какой-то мере обусловлено и обширной мелиорацией южной части республики и определенных территорий Украины и Польши. Изменение температуры в годовом ходе не противоречит физическим представлениям о климате мелиорации на изменения температуры в различные сезоны года [2, с.286].

Температурный режим Беларуси за последние 30 лет характеризуется возрастанием годовой температуры и уменьшением безморозного периода. Среднегодовая температура составила  $6,5^{\circ}\text{C}$ , что примерно на  $0,2-0,5^{\circ}\text{C}$  выше среднегодовой температуры за последние 100 лет и примерно на столько же ниже среднегодовой температуры за теплый период 1986-2007 гг.

## Литература

1. Логинов В.Ф. Климат Беларуси. - Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. - 230 с.
2. Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия. - Мн.: "Тоник", 2003. - 330 с.

3. География Беларуси/ под ред. Дементьева и др. - Мн.: "Вышейшая школа", 1997. - 320 с.
4. Геаграфія Беларусі: Энцыкл. Давед. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал. Л.В. Кайзлойская і інш. - Мн.: БелЭн, 1992. - 383 с.
5. Allbest.ru

## **Дорожные измерительные станции**

Контровский Е.В.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Метеорологическая дорожная станция(дорожная измерительная станция)- пункт в системе дорожного комплекса, оснащенный метеорологическим оборудованием для сбора и использования метеорологических данных о состоянии погоды и ее прогнозирования. Основным назначением станций является заблаговременное предупреждение о возможности снегопада и возникновения гололеда.

Основной задачей специализированного метеорологического обеспечения дорожного хозяйства является сбор, анализ метеоданных, полученных с пунктов дорожного метеоконтроля, и прогноз возможности возникновения неблагоприятных или опасных метеорологических явлений, а также прогноз о возможности неблагоприятных условий движения

## **Дорожные измерительные станции**

Пункты дорожного метеоконтроля (ДМК) рекомендуется оборудовать автоматическими дорожными метеорологическими станциями (АДМС), контролирующими следующие метеорологические параметры и состояния дорожного покрытия:

- температуру воздуха;
- относительную влажность воздуха;
- температуру точки росы;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- наличие, интенсивность и количество осадков;
- метеорологическую дальность видимости;
- состояние дорожного покрытия (сухое, влажное, лед, снег, иней);
- толщину отложений на покрытии;

- температуру дорожного покрытия и дорожной конструкции;
- наличие на дорожном покрытии количества и концентрации противогололедных реагентов.

Набор датчиков определяется для каждого пункта индивидуально и может меняться в зависимости от общих требований, накопленной базы данных параметров окружающей среды, дополнительных потребностей дорожных подразделений, возникших в процессе эксплуатации системы.

Пункт ДМК рекомендуется оборудовать видеокамерами на таких участках автомобильных дорог, как пересечения автомобильных дорог в одном или разных уровнях, затяжные подъемы и спуски, участки с ограниченной видимостью, мосты и путепроводы и т.д.

Оптимальная периодичность сбора данных с сети пунктов ДМК - 1 час. При угрозе образования скользкости, резком изменении погодных условий, получении штормовых предупреждений контроль за погодными и дорожными условиями рекомендуется осуществлять 2 - 3 раза в час.

Автоматическая дорожная метеостанция производит измерения дорожных и погодных параметров в определенной точке. Эти данные могут использоваться для участка дороги, на котором существенно не изменяются дорожные или природные условия (рельеф, лесные массивы, крупные водные объекты и т.д.).

Пункты дорожного метеоконтроля рекомендуется располагать на участках дорог, на которых существует высокая повторяемость опасных и неблагоприятных погодных явлений.

Для обеспечения достоверности метеоданных АДМС должны быть сертифицированы и проходить ежегодные регулярные метрологические проверки входящих в состав станции датчиков.

Информационные потоки, системы метеорологического обеспечения дорожного хозяйства включают в себя все виды метеорологической информации и прогнозов, поступающих как с пунктов дорожного метеоконтроля, оборудованных АДМС, видеокамерами и другими техническими средствами, так и от организаций Белгидрометцентра.

Далее рассмотрим более подробно некоторые виды ДИС.

### **Дорожная метеорологическая станция LB-770**

Дорожная метеорологическая станция LB-770 предназначена для мониторинга выбранных параметров климата на дорогах и автострадах. Станция характеризуется эластичным оборудованием датчиками в зависимости от требований заказчика, благодаря чему может быть применена например для:

- мониторинга эоклиматических условий,
- мониторинга плотности дорожного движения и состояния проезда дорог,



- мониторинга заражений, измерения загрязнения атмосферы и воды,
- измерения уровня воды в реках и водохранилищах,
- уведомления городских и спасательных служб.

Основное оборудование станции это:

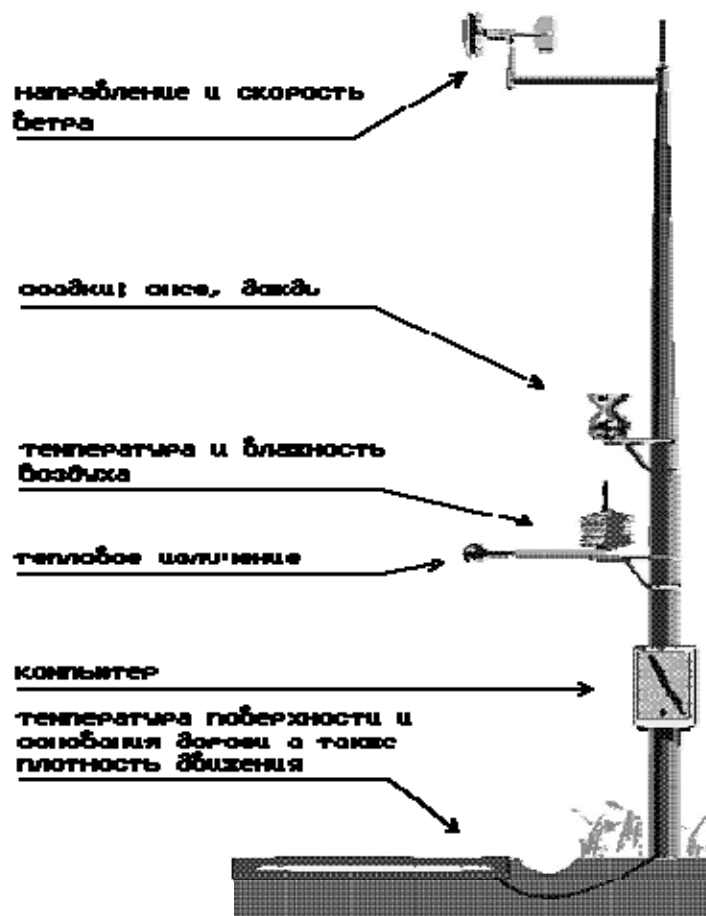
- измеритель направления и скорости ветра LB-746,
- измеритель влажности и температуры воздуха LB-710М в метеорологической минибудке,
- дождемер ARG-100,
- барометр LB-716.

Добавочное оборудование станции это:

- балансомер (для измерения разности между падающим и отраженным тепловым излучением),
- термометры (для измерения температуры на разных высотах над грунтом, на поверхности грунта и под грунтом - под поверхностью дороги),
- кондуктомер (для измерения параметров влажности поверхности дороги),
- информационное световое табло,
- другие устройства по требованиям заказчика.

Подробные метеорологические параметры представлены в листовках обсуждающих отдельные устройства.

Измерительные данные собранные датчиками накапливаются в памяти компьютера (регистратора) и высылаются к месту надзора (центру) по радио, напр. используя радиосеть MOBITEX или GSM.



Автоматическая гидрометеорологическая станция AWS 2700

Автоматическая гидрометеорологическая станция AWS 2700 - прочная автономная станция, которая с задаваемой периодичностью или по запросу регистрирует и передает в центр сбора и обработки данные о скорости и направлении ветра, температуре и относительной влажности воздуха, атмосферном давлении, видимости, количестве осадков, радиационном балансе и других параметрах, в том числе гидрологических - скорости и направлении течения, уровне и параметрах морского волнения, температуре и солёности воды и др.



Дорожная метеорологическая станция RWS 4030 - один из самых популярных продуктов от AANDERAA Instruments - является модификацией AWS 2700 и дополнительно включает специальные датчики дорожных условий (1-2), которые монтируются в дорожное полотно вблизи опасных участков дорог, на мостах и эстакадах. Дорожный датчик регистрирует: температуру поверхности дорожного полотна, наличие или отсутствие влаги и снега на поверхности дороги, температуру точки замерзания влаги на поверхности дороги с учетом ее минерализации.

Основные достоинства AWS 2700 и RWS 4030:

- Высокая точность измерений в широких диапазонах температуры и влажности окружающего воздуха
- Унифицированные разъемы для электропитания и передачи информации
- Малое потребление электроэнергии
- Герметичные водонепроницаемые блоки
- Десять устанавливаемых режимов для интервалов измерений
- Небольшой вес, прочное модульное исполнение
- Сборка и подъем 10-метровой мачты (или 3-4-х метровой) без труда выполняются одним человеком менее чем за час
- Образцовая упаковка в многоразовые, прочные, легкие фанерные ящики, снабженные ручками для переноса

Дорожный датчик измеряет:

- Температуру поверхности дорожного полотна (диапазон  $-44$   $+49^{\circ}\text{C}$ , точность  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ )
- Наличие или отсутствие влаги на поверхности дороги
- Наличие или отсутствие снега на дороге
- Температуру точки замерзания минерализованной влаги на поверхности дороги.

Передача результатов наблюдений от AWS 2700 в пункты сбора и обработки осуществляется с использованием поставляемой AANDERAA аппаратуры связи в полевом исполнении по:

- УКВ радиоканалам, с установкой, если это необходимо, компактных мачт-ретрансляторов
- Телефонным проводным каналам
- Сотовой связи (в т.ч. в виде SMS)
- Спутниковой связи.

### **Метеорологическая дорожная станция Vaisala Rosa**

Метеорологическая дорожная станция Vaisala Rosa представляет собой комплексную систему для получения информации о состоянии покрытия на дорогах в зависимости от погодных условий. Она позволяет собирать в реальном времени данные о состоянии покрытия дорог, видимости, виде осадков и других метеорологических параметрах, так как служит инструментом для обеспечения дорожной безопасности и планирования мероприятий по обслуживанию и содержанию дорог.

Метеорологическая дорожная станция измеряет основные показатели состояния покрытия дорог в зависимости от погодных условий; сообщает о наличии гололеда (включая монокристаллический «черный лед»); измеряет температуру покрытия дороги, земли, воздуха, влажность, уровень конденсата, тип осадков; отображает уровень воды.

станция включает ряд датчиков: датчик DRS511 – основу стандартной конфигурации Rosa, а также другие датчики, фиксирующие тип осадков, измеряющие температуру воздуха и влажность. Могут быть установлены дополнительные датчики для измерения видимости, давления воздуха, дополнительных параметров температуры, глубины снега, скорости и направления ветра.

В коммуникационные опции включены модемный набор номера, разделенные линии, GSM и радиомодемы. поскольку станция Rosa характеризуется низким потреблением электричества, она может питаться от сети либо посредством солнечной энергии. дополнительно можно использовать запасные батареи.

Станция Rosa позволяет измерять показатели дорожного покрытия и получать метеорологические данные о характеристиках состояния покрытия (сухости, влажности, скользкости). последние усовершенствования этой станции позволяют производить точные измерения слоя воды на покрытии, а также измерять химическую концентрацию антиобледенителей, с помощью которой можно определить понижение точки замерзания покрытия дороги (что является ключевым моментом для начала проведения превентивного технического обслуживания дороги).

Станция может работать при наличии одного датчика контроля за состоянием покрытия дорожной системы (Vaisala DRS511), однако при необходимости к ней можно подключать до 8 аналогичных датчиков.

Основным принципом расширения технических возможностей метеорологической дорожной станции является модульный принцип. При наличии одной такой стандартной станции можно создать сеть станций, отвечающих требованиям технического обслуживания сети автомобильных дорог в зимний период, оснащая их впоследствии дополнительными датчиками.

Для охвата исследуемых проблематичных участков дорог может быть установлено до 16 удаленных друг от друга станций, которые будут связаны между собой и с центральной станцией посредством линии RS-485. Дополнительные датчики контроля за состоянием дорожного покрытия и датчики атмосферы можно добавлять к удаленным станциям, которые смогут измерять показания на расстоянии до 1,5 км от основной станции.

Для связи между удаленными подстанциями и основной станцией в целях сокращения затрат на кабель применяются радиомодемы.

работа оптического датчика контроля за состоянием дорожного покрытия основана на принципе тепловой инертности. Датчик потребляет немного силы тока, поэтому тепло не достигает дорожного покрытия и не может нарушить точность измерений.

Датчик DRS511 точно измеряет электропроводность покрытия, электрохимическую поляризацию, емкостное сопротивление поверхности (применяется для обнаружения «черного льда»), температуру покрытия, земли, толщину водного слоя. работая на принципе оптического отображения, он использует сигнал для сообщения о наличии воды, льда или снега на дороге, правильно измеряет толщину водных слоев, дает точный расчет концентрации химического состава для предотвращения гололеда. измерения электропроводности покрытия и электрохимической поляризации применяются для расчета необходимого количества химического состава для предотвращения гололеда. Получив результаты измерений, компьютер автоматически подсчитывает концентрацию химического состава и определяет температуру замерзания. На основании совокупной информации принимается решение о необходимости принимать меры по предотвращению гололеда.

Станция Rosa своевременно выявляет и прогнозирует рискованные состояния покрытия дороги, что дает возможность дорожным службам предпринимать эффективные действия по предотвращению гололеда; точно рассчитывает концентрацию специальных химических составов, используемых на дорогах для определения понижения точки замерзания.

к станции могут подключаться дорожные знаки переменной информации, предназначенные для отображения информации о погодных условиях на дороге в реальном времени, благодаря чему водители заранее получают информацию об опасных дорожных условиях. Конфигурация станции позволяет оснастить ее автоматическими спреями с солью и другими автоматическими дорожными устройствами.

Структурно и функционально метеорологическая дорожная станция может быть представлена как система, включающая основные компоненты, источники питания, виды связей, комплекс датчиков для определения состояния дороги и метеорологических характеристик.

Для зимнего содержания ДИС делают большую работу по предотвращению неблагоприятных последствий суровых зимних условий на автодорожное движение.

Виды и критерии неблагоприятных и опасных погодных явлений, учитываемых при планировании работ по зимнему содержанию автомобильных дорог приведены в таблице 1

Таблица 1.

N п/п	Наименование погодно-климатических явлений	Интенсивность явления	Характер воздействия на производственную деятельность	Действия для снижения негативного воздействия
1	2	3	4	5
1.	Ветер, скорость и направление	Более 6 м/с	Нарушение траектории движения транспорта (особенно при повышенной скользкости на дорогах), появление мусора на дорогах	Подготовка аварийных бригад, уборка на дорогах; вывод информации на табло; осмотр дорог; снижение скорости движения
2.	Осадки: жидкие осадки, дождь Снег, метель Снежные лавины	0,1 мм и более Более 1 - 3 мм/час за 12 час. и менее (прирост высоты снега более 2 см) Любая в пределах участков дорог	Снижение коэффициента сцепления Образование скользкости на дорогах, заносы на снегозаносимых участках Прекращение движения транспорта	Информация об ограничении скорости движения; планирование работ на дорогах Организация дорожных работ в соответствии с регламентом Организация работ по предупредительному спуску лавин, расчистка участков дорог от снега
3.	Гололедица (на дорожном покрытии)	Любая	Снижение коэффициента сцепления; потеря маневренности при движении транспорта	Организация и производство работ по ликвидации скользкости; информация об ограничении скорости движения

4.	"Черный лед" (на дорожном покрытии)	Любая (условия образования: температура воздуха ниже 0 °С, температура покрытия ниже точки росы)	Снижение коэффициента сцепления; потеря маневренности при движении транспорта	Организация и производство работ по ликвидации скользкости; информация об ограничении скорости движения
5.	Гололед (на дорожном покрытии)	Любая (условия образования: температура покрытия ниже 0 °С, переохлажденные осадки)	Снижение коэффициента сцепления; потеря маневренности при движении транспорта	Организация и производство работ по ликвидации скользкости; информация об ограничении скорости движения
6.	Снежный накат (на дорожном покрытии)	Любая	Снижение коэффициента сцепления; потеря маневренности при движении транспорта	Организация и производство работ по ликвидации скользкости; информация об ограничении скорости движения
7.	Температура воздуха: Минимальная температура  Колебания температуры воздуха около 0 °С	Ниже минус 20 °С  Переход температуры воздуха через 0 °С	Ухудшение комфортности при дорожных работах; подготовка техники к работе в условиях низких температур  Образование скользкости на отдельных участках дорог	Учет температурного фактора для планирования работ  Регламентные работы на дорогах, ограничение скорости движения, информация водителей

## Заключение

Дорожные измерительные станции - один из главных составляющих в определении и оценки состояния дорожного покрытия в разное время года и суток. Также, благодаря ДИС осуществляется определение погодных условий на разных участках дороги. Таким образом ДИС вносят огромный вклад в осуществление безопасного движения автомобилей по дорогам, так как своевременное определение состояния дорожного покрытия, обработка и передача этой информации водителям позволяет участникам дорожного движения оптимальную скорость, а дорожным организациям принять меры по улучшению состояния дорожного покрытия, что вместе ведет к безопасному осуществлению дорожного движения.

Дорожная станция позволяет определять следующие показатели состояния дорожного покрытия:

- 1) состояние покрытия: сухо, влажно, влажно + химикаты; мокро; мокро + химикаты; иней; снег; лед;
- 2) замерзание, дождь, обледенение;
- 3) состав и количество химикатов по предотвращению обледенения (количество, г/м<sup>2</sup>; концентрация, г/л;
- 4) падение температуры замерзания, °С.
- 5) обнаружение «черного льда»;
- 6) температуру дорожного покрытия, °С;
- 7) температуру земли, °С

## **Литература**

1. Леонович И.И. Дорожная климатология: электронное учебное пособие / И.И. Леонович. – Мн.: БНТУ, 2007.
2. <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/xd-pravila/d6k.htm>
3. [http://www.infomarccompany.com/arws\\_aws.htm](http://www.infomarccompany.com/arws_aws.htm)

## **Снежный покров на территории Республики Беларусь и его влияние на объем, и характер дорожных работ в зимний период**

Куцая М.В.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Водно-тепловой режим – это закономерное изменение влажности и температуры в различных точках земляного полотна в течение года [1]. Изменения влажности и температуры в земляном полотне тесно связаны между собой, а поэтому рассматриваются комплексно в виде водно-теплового режима.

Водно-тепловой режим земляного полотна и окружающей местности имеют тесную связь, но и определенное отличие, которое заключается в том, что теплопроводность и теплоемкость покрытий и поверхности грунта за пределами дороги неодинаковы; структуры грунта земляного полотна и грунта окружающей местности разные. В процессе эксплуатации дороги вода и снег систематически удаляются с покрытия, а на окружающей местности задерживаются продолжительное время. Отличие водно-теплового режима дорожной конструкции и окружающей местности также во многом зависит от



технологии возведения земляного полотна, источников получения грунта и типа машин, выполняющих строительство.

При строительстве земляного полотна из боковых резервов, привозного грунта происходит нарушение структуры грунта, в то время, как местный грунт разрушению не подвергается. В земляном полотне под действием уплотняющих средств, под воздействием движущегося транспорта создается специфический водно-тепловой режим, под влиянием которого формируется новое равновесное состояние грунта, а влажность, температура и плотность грунта колеблются в определенных пределах и подчиняются циклическому закону в течение года.

### **Глубина промерзания грунта земляного полотна**

Промерзание грунтов – это переход грунта из одного состояния в другое с резким изменением его физико-механических свойств. Это сложный процесс, протекающий по-разному для различных видов грунтов. Все грунты по особенностям их промерзания в природных условиях подразделяются на три основные группы [6, 7]:

I – суглинки и глины;

II – супеси, мелкие и пылеватые пески;

III – средние пески, крупнозернистые и крупнообломочные грунты.

Глубина и характер промерзания грунтов зависят от температуры воздуха, высоты снежного покрова, растительности, типа грунта, степени увлажнения его и ряда других метеорологических факторов.

По данным наблюдений [6], глубина проникновения нулевой изотермы при одинаковой сумме отрицательных среднесуточных температур воздуха (635 градусо-дней) для различных типов грунтов разная: для суглинков – 135 см; мелких и пылеватых песков – 139 см; крупнообломочных грунтов – 177 см. Неодинаковы также глубина проникновения отрицательной температуры в грунт и температура замерзания грунтов. Крупнообломочные грунты замерзают при температуре, близкой к 0 °С, с образованием заметной границы между талым и мерзлым грунтами. При промерзании мелкодисперсных грунтов образуется зона промерзания (слой, в котором происходят фазовые превращения воды), разделяющая полностью промерзший и талый грунты.

Температура замерзания мелкодисперсных грунтов более низкая, чем у крупнообломочных грунтов. Это связано с тем, что мелкозернистые грунты имеют мелкие поры и повышенное количество связанной воды, которая замерзает при значительно низшей температуре, чем свободная вода.

Грунтовая вода обычно является связанной, плотность ее более единицы, содержит, как правило, растворимые соли, взвешенные частицы, испытывает большое давление со стороны защемленного воздуха, имеет меньшую степень

подвижности, чем вода, находящаяся в свободном состоянии. Совокупность указанных свойств как раз и понижает температуру замерзания грунтовой влаги, а вместе с ней и самого грунта. Установлено, что все грунты замерзают при температуре ниже 0 оС. Существенное влияние на это оказывают вид грунта, его влажность и продолжительность действия отрицательной температуры.

Например, глинистый грунт с влажностью 30 % замерзает при температуре от минус 1,0 оС до минус 2,0 оС, а песок с 10 %-ной влажностью – при температуре минус 0,5 оС. Это говорит о том, что глубина промерзания грунтов зависит не только от вида грунта, но и от его влажности. Чем выше температуропроводность грунта, тем больше глубина его промерзания. Влажность грунта в начальный момент способствует промерзанию, так как увеличивает теплопроводность, а в дальнейшем процесс замедляется. Это связано с тем, что при замерзании воды выделяется теплота льдообразования, поэтому скорость и глубина промерзания более влажного грунта будут меньше, чем грунта с меньшей влажностью.

Вопросу промерзания грунта посвящены работы многих исследователей: М. Н. Гольдштейна, В. С. Лукьянова, И. И. Леоновича, И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко, А. Я. Тулаева и др. Анализируя данные исследования, а также проведенные авторами статьи, можно сделать заключение, что на глубину промерзания влияет многообразие факторов, которые целесообразно разделить на две группы.

К первой группе относятся факторы зонального характера (рельеф местности, тип грунта и др.), величина которых почти не изменяется во времени.

Во вторую группу входят факторы, существенно изменяющиеся во времени. К ним относятся: сумма отрицательной температуры воздуха, продолжительность и интенсивность действия отрицательной температуры, высота снежного покрова, залегание уровня грунтовых вод, влажность грунта и др. Указанные факторы не только трудно определяемые, но некоторые из них не поддаются учету, поэтому и результаты, полученные предлагаемыми способами, различные (таблица 2). Из таблицы 2 видно, что глубина промерзания, определенная по формулам для одной и той же местности (г. Минск), для одного и того же типа грунта, неодинакова, а колеблется в широких пределах. Разность между максимальной и минимальной глубинами промерзания составляет более 50 %. Это можно объяснить тем, что формулы учитывают действие не всех, а только некоторых факторов. Учесть существенное влияние большого числа факторов на глубину промерзания, по мнению авторов, можно, используя методы математической статистики для обработки данных натуральных наблюдений.

## **Обоснование и выбор метода определения глубины промерзания грунтов**

Из анализа работ по определению глубины промерзания грунтов следует, что она в основном зависит от климатических, гидрологических, грунтовых и других природных условий, которые варьируются в широких пределах, поэтому и глубина промерзания не остается постоянной, а изменяется из года в год. В связи с этим, авторы считают, что глубину промерзания грунтов можно рассматривать как случайную величину, и для ее определения применять вероятностные методы.

Применение теории вероятностей к определению глубины промерзания грунтов основано на известной центральной предельной теореме теории вероятностей [8, 9]. Исследованиями авторов статьи установлено, что глубина промерзания грунтов подчиняется нормальному закону распределения, который вполне может быть применен для ее определения. С помощью кривых распределения (обеспеченности) можно определить глубину промерзания грунтов любой заданной обеспеченности в пределах данного периода наблюдений.

В практике ряды наблюдений (на метеорологических станциях) за глубиной промерзания грунтов бывают короткими и не дают возможности построить надежную кривую распределения (для Беларуси ряды наблюдений составляют 20–30 лет). В связи с этим, разными авторами разработаны теоретические кривые распределения, с помощью которых можно определить величину редкой повторяемости, выходящую за пределы ряда наблюдений. К ним относят: биномиальную кривую распределения С. И. Рыбкина, трехпараметрическое Г-распределение С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля и двойное. Сравнительные данные фактических глубин промерзания грунтов и теоретических, определенных по указанным кривым распределения, приведены в таблице 2.

### **Определение глубины промерзания грунтов статистическим методом**

Методика определения глубины промерзания грунтов статистическим методом заключается в обработке статистических данных по глубине промерзания грунтов, которые систематически ведутся на метеостанциях. Полученные наблюдения за глубиной промерзания на метеостанциях в обобщенном виде учитывают все факторы, влияющее на промерзание грунтов. В зависимости от наличия фактических данных о глубине промерзания может быть два случая, а, следовательно, и два разных подхода к определению глубины промерзания грунтов заданной обеспеченности [4, 10].

Первый случай – данные наблюдений за глубиной промерзания грунта имеются, то есть в данном конкретном районе проводились наблюдения за глубиной промерзания не менее чем 10 лет.

Второй случай – данные наблюдений за глубиной промерзания в данном районе отсутствуют (наиболее распространенный случай в дорожном строительстве).

Определение расчетной глубины промерзания грунтов при наличии данных многолетних наблюдений

Порядок расчета глубины промерзания грунтов при наличии многолетних данных будет следующим.

1. При наличии данных наблюдений за глубиной промерзания грунтов, проводимых на метеостанциях, составляется статистический ряд максимальных глубин промерзания грунтов за каждый год в убывающем порядке.

2. Вычисляется средняя арифметическая величина ряда, то есть средняя глубина промерзания, по формул

$$Z_{\text{ср}} = \frac{\sum Z_i}{n},$$

где  $\sum Z_i$  – суммарная глубина промерзания грунта за  $n$  лет;  
 $n$  – число лет наблюдений.

3. Определяют модульные коэффициенты для каждого года наблюдения:

$$K_i = \frac{Z_i}{Z_{\text{ср}}},$$

где  $Z_i$  – глубина промерзания грунта  $i$ -го года.

4. Определяют коэффициент вариации  $C_v$  по формуле

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}}.$$

5. Вычисляют коэффициент асимметрии  $C_s$  (если число лет наблюдений более 50) по формуле

$$C_s = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^3}{(n - 1) \cdot C_v^3}}.$$
$$C_s = 2C_v.$$

где  $u$  – действительное отклонение, то есть обратная функция  $u = \ln(-\ln F)$ , значение это приведено в таблице IX Н. В. Смирнова и Дунина-Барковского [11];

$\bar{u}_n$ ,  $s_n$  – среднее и стандартное отклонения; находятся в зависимости от числа лет наблюдений [11].

Модульный коэффициент  $k_s$  может быть определен по номограмме рис. 5, построенной авторами статьи.

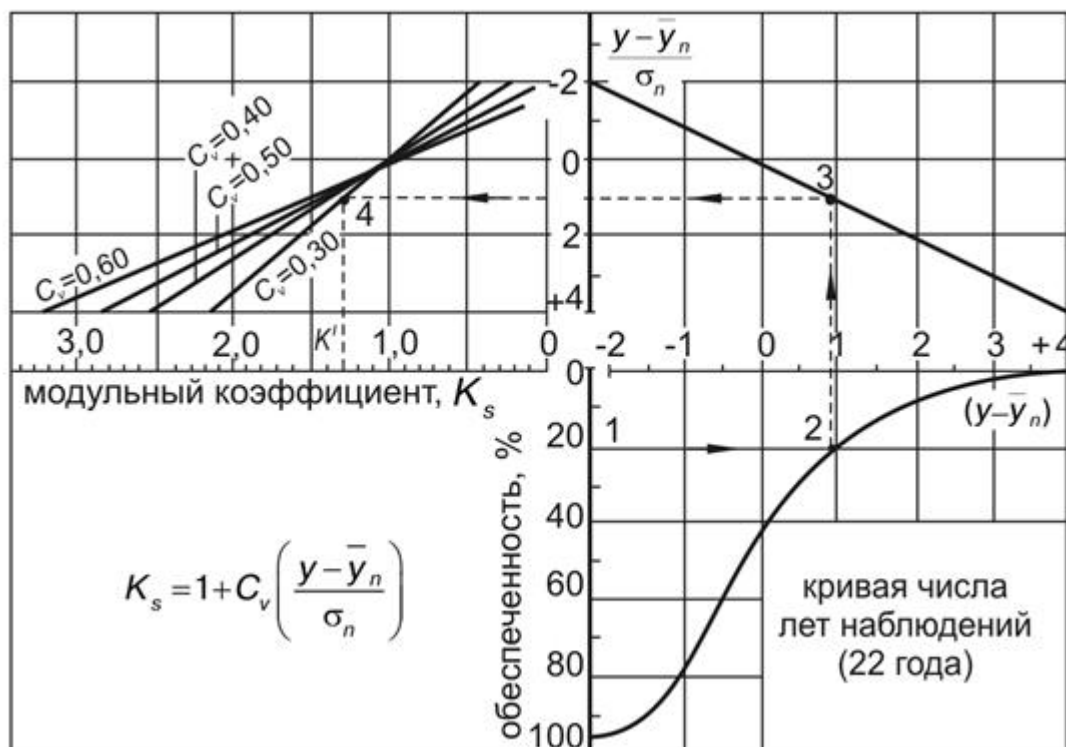


Рис. 5. Номограмма для определения модульного коэффициента  $k_s$

7. Максимальная глубина промерзания грунта под снежным покровом заданной обеспеченности определяется по формуле

$$Z = k_s \cdot Z_{cp}.$$

8. Максимальная глубина промерзания грунта земляного полотна заданной обеспеченности определяется из выражения

$$Z_{зп} = k_{п} \cdot k_s \cdot Z_{cp},$$

где  $k_{п}$  – коэффициент перехода от глубины промерзания грунта под снегом к глубине промерзания его без снега.

Заданную обеспеченность для дорог общего пользования рекомендуется принимать для дорог категорий:

- I – 1 %;
- II – 2 %;
- III – 5 %;
- IV – 10 %;
- V – 20 %.

Коэффициент перехода  $k_{п}$  – принимать соответственно для категорий:

- I –  $k_{п} = 2,00$ ;
- II –  $k_{п} = 1,90$ ;
- III –  $k_{п} = 1,80$ ;
- IV –  $k_{п} = 1,75$ ;
- V –  $k_{п} = 1,70$ .

## Определение глубины промерзания грунтов по второму способу

В основу этого метода положены карты изолиний средней максимальной глубины промерзания грунтов и коэффициента вариации (рис. 6 и 7), которые составлены для Республики Беларусь и Европейской части СНГ.

Порядок расчета следующий.

1. По карте изолиний (см. рис. 6) находят средняя максимальная глубина промерзания грунта под снегом  $Z_{ср}$ , а по карте изолиний (см. рис. 7) – коэффициент вариации  $S_v$ .

2. По формуле (7) определяют коэффициент асимметрии  $S_s$ .

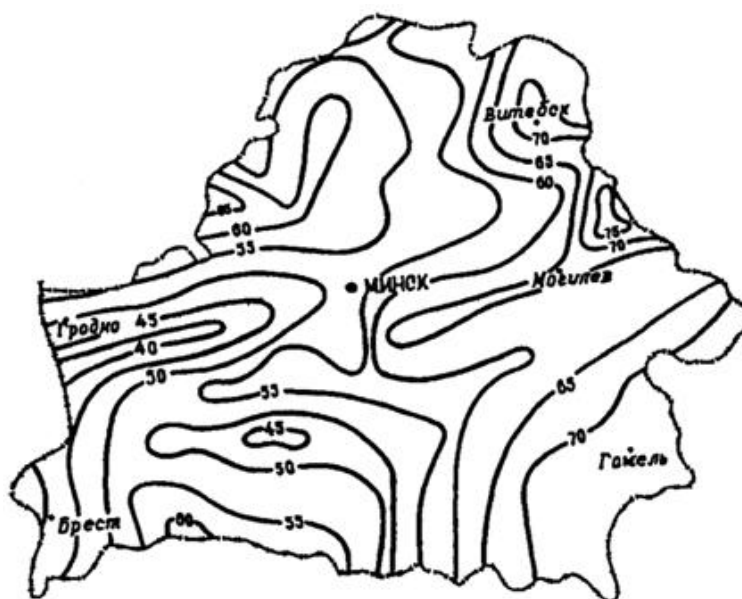


Рис. 6. Карта изолиний средней многолетней глубины промерзания грунта

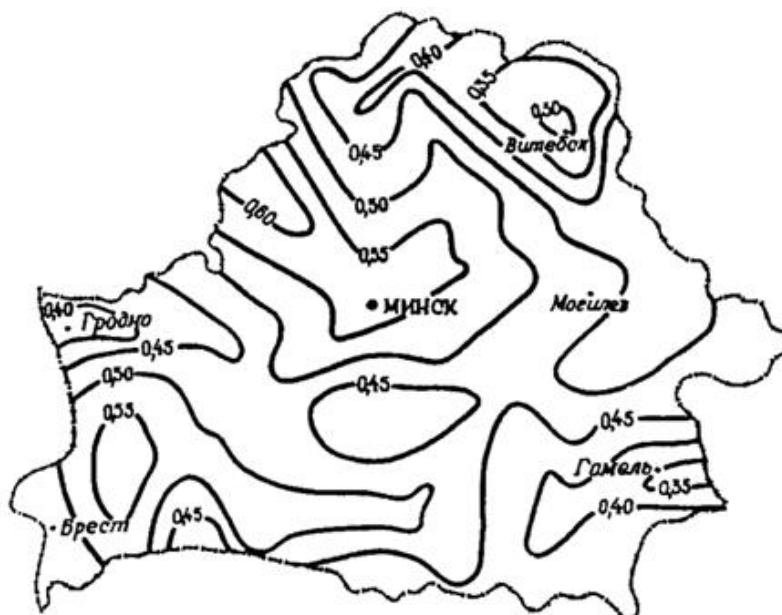


Рис. 7. Карта изолиний коэффициента вариации

3. По найденным значениям  $C_v$ ,  $C_s$  и заданному проценту обеспеченности подбирается соответствующий модульный коэффициент  $k_s$  по таблицам С. И. Рыбкина.

4. По формуле (10) определяется глубина промерзания грунта земляного полотна  $Z_{зп}$  заданной обеспеченности.

### Заключение

Промерзание грунтов – это переход грунта из одного состояния в другое с резким изменением его физико-механических свойств. Это сложный процесс, протекающий по-разному для различных видов грунтов. Все грунты по особенностям их промерзания в природных условиях подразделяются на три основные группы [6, 7]:

I – суглинки и глины;

II – супеси, мелкие и пылеватые пески;

III – средние пески, крупнозернистые и крупнообломочные грунты.

Глубина и характер промерзания грунтов зависят от температуры воздуха, высоты снежного покрова, растительности, типа грунта, степени увлажнения его и ряда других метеорологических факторов.

По данным наблюдений [6], глубина проникновения нулевой изотермы при одинаковой сумме отрицательных среднесуточных температур воздуха (635 градусо-дней) для различных типов грунтов разная: для суглинков – 135 см; мелких и пылеватых песков – 139 см; крупнообломочных грунтов – 177 см. Неодинаковы также глубина проникновения отрицательной температуры в грунт и температура замерзания грунтов. Крупнообломочные грунты замерзают при температуре, близкой к 0 оС, с образованием заметной границы между талым и мерзлым грунтами. При промерзании мелкодисперсных грунтов образуется зона промерзания (слой, в котором происходят фазовые превращения воды), разделяющая полностью промерзший и талый грунты.

Температура замерзания мелкодисперсных грунтов более низкая, чем у крупнообломочных грунтов. Это связано с тем, что мелкозернистые грунты имеют мелкие поры и повышенное количество связанной воды, которая замерзает при значительно низшей температуре, чем свободная вода.

Грунтовая вода обычно является связанной, плотность ее более единицы, содержит, как правило, растворимые соли, взвешенные частицы, испытывает большое давление со стороны заземленного воздуха, имеет меньшую степень подвижности, чем вода, находящаяся в свободном состоянии. Совокупность указанных свойств как раз и понижает температуру замерзания грунтовой влаги, а вместе с ней и самого грунта. Установлено, что все грунты замерзают при температуре ниже 0 оС. Существенное влияние на это оказывают вид

грунта, его влажность и продолжительность действия отрицательной температуры.

Например, глинистый грунт с влажностью 30 % замерзает при температуре от минус 1,0 оС до минус 2,0 оС, а песок с 10 %-ной влажностью – при температуре минус 0,5 оС. Это говорит о том, что глубина промерзания грунтов зависит не только от вида грунта, но и от его влажности. Чем выше теплопроводность грунта, тем больше глубина его промерзания. Влажность грунта в начальный момент способствует промерзанию, так как увеличивает теплопроводность, а в дальнейшем процесс замедляется. Это связано с тем, что при замерзании воды выделяется теплота льдообразования, поэтому скорость и глубина промерзания более влажного грунта будут меньше, чем грунта с меньшей влажностью.

Вопросу промерзания грунта посвящены работы многих исследователей: М. Н. Гольдштейна, В. С. Лукьянова, И. И. Леоновича, И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко, А. Я. Тулаева и др. Анализируя данные исследования, а также проведенные авторами статьи, можно сделать заключение, что на глубину промерзания влияет многообразие факторов, которые целесообразно разделить на две группы.

К первой группе относятся факторы зонального характера (рельеф местности, тип грунта и др.), величина которых почти не изменяется во времени.

Во вторую группу входят факторы, существенно изменяющиеся во времени. К ним относятся: сумма отрицательной температуры воздуха, продолжительность и интенсивность действия отрицательной температуры, высота снежного покрова, залегание уровня грунтовых вод, влажность грунта и др. Указанные факторы не только трудно определяемые, но некоторые из них не поддаются учету, поэтому и результаты, полученные предлагаемыми способами, различные (таблица 2). Из таблицы 2 видно, что глубина промерзания, определенная по формулам для одной и той же местности (г. Минск), для одного и того же типа грунта, неодинакова, а колеблется в широких пределах. Разность между максимальной и минимальной глубинами промерзания составляет более 50 %. Это можно объяснить тем, что формулы учитывают действие не всех, а только некоторых факторов. Учесть существенное влияние большого числа факторов на глубину промерзания, по мнению авторов, можно, используя методы математической статистики для обработки данных натурных наблюдений.

## Литература

1. Справочная энциклопедия дорожника (том II) Ремонт и содержание автомобильных дорог. Под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 2004г. – 208 с.



2. Васильев А.П. Состояние дорог и безопасность движения в сложных погодных условиях. - М.: Транспорт, 1976. - 224 с.

3. Борьба со снегом и гололедом на транспорте: Материалы 2-го междунар. симпозиума: Пер. с англ. -М.: Транспорт, 1986. - 216 с.

## **Водный баланс Республики Беларусь**

Кучко М.Ю.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Закономерность изменения запасов вод обычно выражается уравнением водного баланса. Водный баланс – соотношение за какой–либо промежуток времени (год, месяц, декаду и т.д.) прихода, расхода и аккумуляции (изменение запаса) воды для речного бассейна или участка территории, для озера, болота или другого исследуемого объекта. В общем случае учёту подлежат атмосферные осадки, конденсация влаги, горизонтальный перенос и отложение снега, поверхностный и подземный приток, испарение, поверхностный и подземный сток, изменение запаса влаги в почво–грунтах и др.

### **Водный баланс Республики Беларусь**

Республика Беларусь по своим природным условиям относится к средней по водообеспеченности географической зоне СНГ. В Беларуси более 10 тыс. озер и водохранилищ, общий объем воды в которых составляет около 6 млрд. м<sup>3</sup>, и 20,8 тыс. рек общей протяженностью 90,6 тыс. км. Крупные реки, длина которых более 500 км: Днепр, Западная Двина, Неман, Виляя, Припять, Сож, Березина. Густота речной сети в среднем по Беларуси составляет около 40 км/100 км<sup>2</sup>. В северо-восточной части, более возвышенной и рассеченной, она превышает 60 км/100км<sup>2</sup>, а в южной, где расположена плоская Полесская низменность, – наполовину меньше среднего показателя. Сток рек, протекающих по ее территории (для среднего по водности года), составляет 57,9 км<sup>3</sup>. Большая его часть (34,0 км<sup>3</sup>, или 59%) формируется в пределах территории Беларуси (местный сток). В средний по водности год поверхностные водные ресурсы составляют 57,9 км<sup>3</sup>, в том числе формирующиеся в пределах страны – 34 км<sup>3</sup>. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км<sup>3</sup>, а в маловодные – снижается до 37,2 км<sup>3</sup> в год. Возобновляемые (естественные) ресурсы подземных вод составляют 15,9 км<sup>3</sup> в год, эксплуатационные запасы – 2,3 км<sup>3</sup> в год. Годовой

суммарный сток в соседние страны распределяется примерно так. 56% – в Украину, 25% – в Латвию, почти по 2% – в Россию и Польшу.

Водный баланс территории Беларуси в целом равен: приходная часть территории 121,1 км<sup>3</sup> - 600 мм в год, в том числе за теплый период года (апрель - сентябрь); приходная часть территории 76,9 км<sup>3</sup> - 381 мм и расходная 97,7 км<sup>3</sup> - 484 мм, или расход превышает приход на 103 мм (27%). За холодный период (октябрь - март) соответственно: приход 44,2 км<sup>3</sup> - 219 мм и расход 23,4 км<sup>3</sup> - 116 мм, или расход меньше прихода на 103 мм (47%).

Водный баланс территории конкретных лесных и безлесных (сельскохозяйственных и других угодий) типов ландшафтов в целом заметно отличается от водного баланса территории Беларуси в целом. Водный баланс лесных ландшафтов в целом составляет 45,0 км<sup>3</sup> - 636 мм и безлесных - 76,1 км<sup>3</sup> - 564 мм, или на 72 мм и 11% меньше лесных.

По сезонам года водный баланс территории лесных и безлесных ландшафтов характеризуется следующим образом.

За теплый период года: приходная часть территории лесных ландшафтов 28,6 км<sup>3</sup> - 404 мм и безлесных (сельскохозяйственных угодий) ландшафтов 48,3 км<sup>3</sup> - 358 мм, или на 46 мм (на 14%) меньше лесных; расходная часть территории лесных ландшафтов - 35,6 км<sup>3</sup> - 503 мм и безлесных (сельскохозяйственных) ландшафтов - 62,1 км<sup>3</sup> - 460 мм, или на 43 мм (на 9%) меньше лесных.

За холодный период года: приходная часть территории лесных ландшафтов 16,4 км<sup>3</sup> - 232 мм и безлесных (сельскохозяйственных) ландшафтов 27,8 км<sup>3</sup> - 206 мм, на 26 мм, или на 12% меньше лесных; расходная часть территории лесных ландшафтов 9,4 км<sup>3</sup> - 133 мм и безлесных ландшафтов 14,0 км<sup>3</sup> - 104 мм, или на 29 мм (на 22%) меньше лесных.

Лесные ландшафты используют водные ресурсы занятой ими территории более полно и рационально по сравнению с безлесными. Непродуктивный расход влаги - поверхностный сток в целом за год в лесных ландшафтах в 5,7 раз меньше по сравнению с безлесными (28 и 159 мм), в том числе за теплый период года (IV-IX) - почти в 11 раз (соответственно 11 и 116 мм), за холодный - в 2,5 раза (17 и 43 мм). Полезное (продуктивное) использование влаги (на фотосинтез, транспирацию и подземный сток) лесными ландшафтами наоборот, оказалось, в целом за год в 2,5 раза больше (соответственно 451 и 180 мм), в том числе за теплый период года - в 2,2 раза (373 и 172 мм). На фотосинтез и транспирацию лесные ландшафты используют влаги почти в 1,8 раз больше, чем безлесные сельскохозяйственные угодья (соответственно 294 и 165 мм).

Общий сток с лесных ландшафтов по сравнению с безлесными в целом за год больше на 7% (соответственно 185 и 173 мм), в том числе за теплый период года меньше на 25% (90 и 123 мм) и за холодный - больше в 1,9 раз (95 и 50 мм).

Расчёт водного баланса:

$B = W_{вх} + W_{бок} + W_{пзв} + W_{вв} + W_{дот} \pm \Delta V - W_{ис} - W_{ф} - W_{у} - W_{пер} - W_{вдп} - W_{кп}$   
где:  $B$  – результирующая водохозяйственного баланса на водохозяйственном участке;

$W_{вх}$  - объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта, млн м<sup>3</sup>;

$W_{бок}$  - объем воды, формирующийся за расчетный период на расчетном водохозяйственном участке (боковая приточность);

$W_{пзв}$  - объем водозабора из подземных водных объектов, осуществляемый в порядке, установленном законодательством;

$W_{вв}$  - возвратные воды на водохозяйственном участке: подземные и поверхностные воды,

сточные и (или) дренажные воды, отводимые в водные объекты;

$W_{дот}$  - дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем

территориального перераспределения стока (межбассейновые и внутрибассейновые переброски);

$\pm \Delta V$  - сработка или наполнение прудов и водохранилищ на расчетном водохозяйственном участке;

$W_{исп}$  - потери на дополнительное испарение;

$W_{ф}$  - фильтрационные потери из водохранилищ, каналов, других поверхностных водных объектов в пределах расчетного водохозяйственного участка;

$W_{у}$  - уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой;

$W_{пер}$  - переброска части стока (объема воды) за пределы расчетного водохозяйственного участка;

$W_{вдп}$  - суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка;

$W_{кп}$  - требуемая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка (транзитный сток или комплексный попуск, в котором суммированы санитарно-экологические и хозяйственные выпуски).

Для определения природной составляющей водного баланса с учетом изменения климата предлагается использование метода гидролого-климатических расчетов Мезенцева В.С. (с использованием гипотезы о равновесии ресурсов тепла и влаги)

$W_{бок}$  исходя из слоя стока в месячном разрезе:

Уравнение водного баланса речного водосбора (в месячном разрезе,  $i=1..12$ ):

$$H(I) = Z(I) + Y_k(I) \pm W(I),$$

где  $H(I)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $Z(I)$  – суммарное испарение, мм;

$Y_k(I)$  – суммарный климатический сток, мм;

$DW(I)$  – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм;

Суммарное испарение:

$$Z(I) - Z_{\text{ис}}(I) = \left[ 1 + \left( \frac{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}}{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)} \right)^{n(I)} \right]^{\frac{1}{n(I)}}$$

где  $Z_m(I)$  максимально возможное суммарное испарение, мм;

$W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость почвы, мм;

$V(I) = W(I)/W_{HB}$  – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода;

$KX(I)$  – сумма измеренных атмосферных осадков, мм;

$g(I)$  – грунтовая составляющая водного баланса, мм;

$r(I)$  – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов;

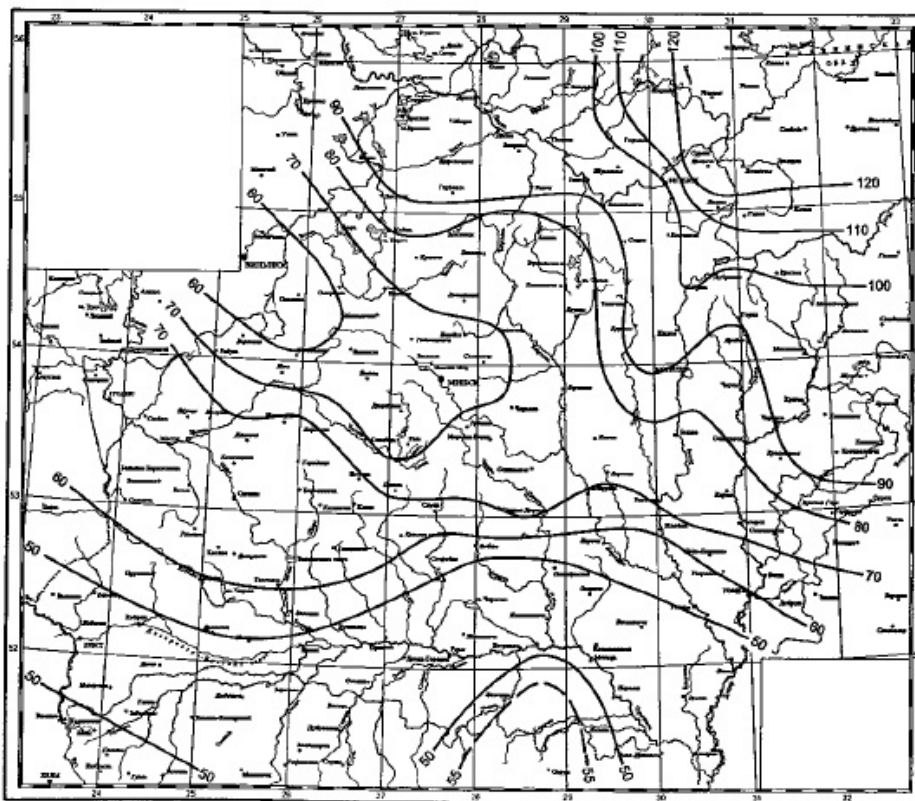
$n(I)$  – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конец расчетного периода определяется из соотношений

$$V(I) + 1 = V(I) \cdot \left( \frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)}$$

$$V_{cp}(I) = \left( \frac{\frac{KX(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}}$$

## Карта среднемноголетнего слоя стока весеннего половодья, мм



Суммарные ресурсы увлажнения определяются следующим образом:

$$H(I) = KX(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1))$$

Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока, т.е.

$$Y_p(I) = k(I) \cdot Y_K(I)$$

где  $Y_p(I)$  – суммарный русловый сток, мм;  $k(I)$  – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

### Заключение

Закономерность изменения запасов вод обычно выражается уравнением водного баланса. Водный баланс – соотношение за какой-либо промежуток времени (год, месяц, декаду и т.д.) прихода, расхода и аккумуляции (изменение запаса) воды для речного бассейна или участка территории, для озера, болота или другого исследуемого объекта. В общем случае учёту подлежат атмосферные осадки, конденсация влаги, горизонтальный перенос и отложение снега, поверхностный и подземный приток, испарение, поверхностный и подземный сток, изменение запаса влаги в почво-грунтах и др.

## Литература

1. Указания по расчёту испарения с поверхности водоёмов. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.-83 с.
2. Рекомендации по расчёту испарения с поверхности суши.- Л.: Гидрометеиздат, 1976. –96 с.
3. Булавко А.Г. Определение расчётного испарения с водохранилищ Беларуси.//НТИ «Мелиорация и водное хозяйство».-Мн.:Ураджай.-1979.-№8. –С

## Географическое распределение осадков в Республике Беларусь

Лагуновская А.М.

Белорусский национальный технический университет

### Введение

Важную роль в формировании климата и развитии различных атмосферных явлений играет вода. Вода – единственное вещество, которое в природе присутствует в жидком, твердом и газообразном состояниях. Значение жидкой воды существенно меняется в зависимости от местонахождения и возможностей применения. Пресная вода шире используется, чем соленая. Свыше 97% всей воды сосредоточено в океанах и внутренних морях. Еще около 2% приходится на долю пресных вод, заключенных в покровных и горных ледниках, и лишь менее 1% – на долю пресных вод озер и рек, подземных и грунтовых. Вода находится в постоянном круговороте, связывая воедино все части гидросферы и обеспечивает взаимодействие гидросферы с литосферой, атмосферой и биосферой. В атмосферу вода поступает в результате испарения с поверхности водоемов. Она выделяется живыми организмами в процессе дыхания и обмена веществ. Наконец, она является побочным продуктом вулканической деятельности, промышленного производства и окисления различных веществ.

# Географическое распределение осадков в Республике Беларусь

## Атмосферные осадки

Атмосферные осадки — вода в жидком или твёрдом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на земную поверхность и какие-либо предметы.

Различают:

обложные осадки, связанные преимущественно с тёплыми фронтами;  
ливневые осадки, связанные преимущественно с холодными фронтами.

Осадки измеряются толщиной слоя выпавшей воды в миллиметрах. В среднем на земном шаре выпадает около 1000 мм осадков в год, а в пустынях и в высоких широтах — менее 250 мм в год.

На метеорологических станциях измерение количества осадков производится осадкомерами (до 1950-х годов использовались дождемеры), а интенсивность жидких осадков измеряется пювигрографами. Для больших площадей интенсивность осадков оценивается приближённо с помощью метеорологических радиолокаторов.

Многолетнее, среднемесячное, сезонное, годовое количество осадков, их распределение по земной поверхности, годовой и суточный ход, повторяемость, интенсивность являются определяющими характеристиками климата, имеющими существенное значение для сельского хозяйства и многих других отраслей народного хозяйства.

### Осадки, выпадающие на земную поверхность

#### Обложные осадки

Характеризуются монотонностью выпадения без значительных колебаний интенсивности. Начинаются и прекращаются постепенно. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно несколько часов (а иногда 1-2 суток), но в отдельных случаях слабые осадки могут длиться полчаса. Выпадают обычно из слоисто-дождевых или высокостроистых облаков; при этом в большинстве случаев облачность сплошная (10 баллов) и лишь изредка значительная (7-9 баллов, — обычно в начале или конце периода выпадения осадков). Иногда слабые кратковременные (полчаса-час) обложные осадки отмечаются из слоистых, слоисто-кучевых, высоко-кучевых облаков, при этом количество облаков составляет 7-10 баллов. В морозную погоду (температура воздуха ниже  $-10...-15^{\circ}$ ) слабый снег может выпадать из малооблачного неба.

**Дождь** — жидкие осадки в виде капель диаметром от 0,5 до 5 мм. Отдельные капли дождя оставляют на поверхности воды след в виде расходящегося круга, а на поверхности сухих предметов — в виде мокрого пятна.

**Переохлаждённый дождь** — жидкие осадки в виде капель диаметром от 0,5 до 5 мм, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...-10°, иногда до -15°) — падая на предметы, капли смерзаются и образуется гололёд.

**Ледяной дождь** — твёрдые осадки, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...-10°, иногда до -15°) в виде твёрдых прозрачных шариков льда диаметром 1-3 мм. Внутри шариков находится незамёрзшая вода — падая на предметы, шарики разбиваются на скорлупки, вода вытекает и образуется гололёд.

**Снег** — твёрдые осадки, выпадающие (чаще всего при отрицательной температуре воздуха) в виде снежных кристаллов (снежинок) или хлопьев. При слабом снеге горизонтальная видимость (если нет других явлений — дымки, тумана и т. п.) составляет 4-10 км, при умеренном 1-3 км, при сильном снеге — менее 1000 м (при этом усиление снегопада происходит постепенно, так что значения видимости 1-2 км и менее наблюдаются не ранее чем через час после начала снегопада). В морозную погоду (температура воздуха ниже -10...-15°) слабый снег может выпадать из малооблачного неба. Отдельно отмечается явление мокрый снег — смешанные осадки, выпадающие при положительной температуре воздуха в виде хлопьев тающего снега.

**Дождь со снегом** — смешанные осадки, выпадающие (чаще всего при положительной температуре воздуха) в виде смеси капель и снежинок. Если дождь со снегом выпадает при отрицательной температуре воздуха, частицы осадков намерзают на предметы и образуется гололёд.

### **Морозящие осадки**

Характеризуются небольшой интенсивностью, монотонностью выпадения без изменения интенсивности; начинаются и прекращаются постепенно. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно несколько часов (а иногда 1-2 суток). Выпадают из слоистых облаков или тумана; при этом в большинстве случаев облачность сплошная (10 баллов) и лишь изредка значительная (7-9 баллов, — обычно в начале или конце периода выпадения осадков). Часто сопровождаются ухудшением видимости (дымка, туман).

**Морось** — жидкие осадки в виде очень мелких капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе. Сухая поверхность намокает медленно и равномерно. Осаждаясь на поверхность воды не образует на ней расходящихся кругов.

**Переохлаждённая морось** — жидкие осадки в виде очень мелких капель (диаметром менее 0,5 мм), как бы парящих в воздухе, выпадающие при отрицательной температуре воздуха (чаще всего 0...-10°, иногда до -15°) — оседая на предметы, капли смерзаются и образуется гололёд.



**Снежные зёрна** — твёрдые осадки в виде мелких непрозрачных белых частиц (палочек, крупинок, зёрен) диаметром менее 2 мм, выпадающие при отрицательной температуре воздуха.

### **Ливневые осадки**

Характеризуются внезапностью начала и конца выпадения, резким изменением интенсивности. Длительность непрерывного выпадения составляет обычно от нескольких минут до 1-2 часов (иногда несколько часов, в тропиках — до 1-2 суток). Нередко сопровождаются грозой и кратковременным усилением ветра (шквалом). Выпадают из кучево-дождевых облаков, при этом количество облаков может быть как значительным (7-10 баллов), так и небольшим (4-6 баллов, а в ряде случаев даже 2-3 балла). Главным признаком осадков ливневого характера является не их высокая интенсивность (ливневые осадки могут быть и слабыми), а именно сам факт выпадения из конвективных (чаще всего кучево-дождевых) облаков, что и определяет колебания интенсивности осадков. В жаркую погоду слабый ливневой дождь может выпасть из мощно-кучевых облаков, а иногда (очень слабый ливневой дождь) — даже из средних кучевых облаков.

**Ливневый дождь** — дождь ливневого характера.

**Ливневый снег** — снег ливневого характера. Характеризуется резкими колебаниями горизонтальной видимости от 6-10 км до 2-4 км (а порой до 500—1000 м, в ряде случаев даже 100—200 м) в течение периода времени от нескольких минут до получаса (снежные «заряды»).

**Ливневый дождь со снегом** — смешанные осадки ливневого характера, выпадающие (чаще всего при положительной температуре воздуха) в виде смеси капель и снежинок. Если ливневой дождь со снегом выпадает при отрицательной температуре воздуха, частицы осадков намерзают на предметы и образуется гололёд.

**Снежная крупа** — твёрдые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха около нуля° и имеющие вид непрозрачных белых крупинок диаметром 2-5 мм; крупинки хрупкие, легко раздавливаются пальцами. Нередко выпадает перед ливневым снегом или одновременно с ним.

**Ледяная крупа** — твёрдые осадки ливневого характера, выпадающие при температуре воздуха от -5 до +10° в виде прозрачных (или полупрозрачных) ледяных крупинок диаметром 1-3 мм; в центре крупинок — непрозрачное ядро. Крупинки достаточно твёрдые (раздавливаются пальцами с некоторым усилием), при падении на твёрдую поверхность отскакивают. В ряде случаев крупинки могут быть покрыты водяной плёнкой (или выпасть вместе с капельками воды), и если температура воздуха ниже нуля°, то падая на предметы, крупинки смерзаются и образуется гололёд.

**Град** — твёрдые осадки, выпадающие в тёплое время года (при температуре воздуха выше  $+10^{\circ}$ ) в виде кусочков льда различной формы и размеров: обычно диаметр градин составляет 2-5 мм, но в ряде случаев отдельные градины достигают размеров голубиноного и даже куриного яйца (тогда град наносит значительные повреждения растительности, поверхностей автомобилей, разбивает оконные стёкла и т. д.). Продолжительность града обычно невелика — от 1-2 до 10-20 минут. В большинстве случаев град сопровождается ливневым дождём и грозой.

### **Осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах.**

**Роса** — капельки воды, образующиеся на поверхности земли, растениях, предметах, крышах зданий и автомобилей в результате конденсации содержащегося в воздухе водяного пара при положительной температуре воздуха и почвы, малооблачном небе и слабом ветре. Чаще всего наблюдается в ночные и ранние утренние часы, может сопровождаться дымкой или туманом. Обильная роса может вызвать измеримое количество осадков (до 0,5 мм за ночь), стекание на землю воды с крыш.

**Иней** — белый кристаллический осадок, образующийся на поверхности земли, траве, предметах, крышах зданий и автомобилей, снежном покрове в результате десублимации содержащегося в воздухе водяного пара при отрицательной температуре почвы, малооблачном небе и слабом ветре. Наблюдается в вечерние, ночные и утренние часы, может сопровождаться дымкой или туманом. По сути дела это аналог росы, образующийся при отрицательной температуре. На ветках деревьев, проводах иней отлагается слабо (в отличие от изморози) — на проводе гололёдного станка (диаметр 5 мм) толщина отложения инея не превышает 3 мм.

**Кристаллическая изморозь** — белый кристаллический осадок, состоящий из мелких тонкоструктурных блестящих частиц льда, образующийся в результате десублимации содержащегося в воздухе водяного пара на ветвях деревьев и проводах в виде пушистых гирлянд (легко осыпающихся при встряхивании). Наблюдается в малооблачную (ясно, или облака верхнего и среднего яруса, или разорванно-слоистые) морозную погоду (температура воздуха ниже  $-10...-15^{\circ}$ ), при дымке или тумане (а иногда и без них) при слабом ветре или штиле. Отложение изморози происходит, как правило, в течение нескольких часов ночью, днём она постепенно осыпается под воздействием солнечных лучей, однако в облачную погоду и в тени может сохраняться в течение всего дня. На поверхности предметов, крышах зданий и автомобилей изморозь отлагается очень слабо (в отличие от инея). Впрочем, нередко изморозь сопровождается инеем.

**Зернистая изморозь** — белый рыхлый снеговидный осадок, образующийся в результате оседания мелких капелек переохлаждённого тумана на ветвях деревьев и проводах в облачную туманную погоду (в любое

время суток) при температуре воздуха от нуля до  $-10^{\circ}$  и умеренном или сильном ветре. При укрупнении капель тумана может перейти в гололёд, а при понижении температуры воздуха в сочетании с ослаблением ветра и уменьшением количества облачности в ночное время — в кристаллическую изморозь. Нарастание зернистой изморози продолжается столько, сколько длится туман и ветер (обычно несколько часов, а иногда и несколько суток). Сохранение отложившейся зернистой изморози может продолжаться несколько суток.

**Гололёд** — слой плотного стекловидного льда (гладкого или слегка бугристого), образующийся на растениях, проводах, предметах, поверхности земли в результате намерзания частиц осадков (переохлаждённой мороси, переохлаждённого дождя, ледяного дождя, ледяной крупы, иногда дождя со снегом) при соприкосновении с поверхностью, имеющей отрицательную температуру. Наблюдается при температуре воздуха чаще всего от нуля до  $-10^{\circ}$  (иногда до  $-15^{\circ}$ ), а при резком потеплении (когда земля и предметы ещё сохраняют отрицательную температуру) — при температуре воздуха  $0...+3^{\circ}$ . Сильно затрудняет передвижение людей, животных, транспорта, может приводить к обрывам проводов и обламыванию ветвей деревьев (а иногда и к массовому падению деревьев и мачт линий электропередач). Нарастание гололёда продолжается столько, сколько длятся переохлаждённые осадки (обычно несколько часов, а иногда при мороси и тумане — несколько суток). Сохранение отложившегося гололёда может продолжаться несколько суток.

**Гололедица** — слой бугристого льда или обледеневшего снега, образующийся на поверхности земли вследствие замерзания талой воды, когда после оттепели происходит понижение температуры воздуха и почвы (переход к отрицательным значениям температуры). В отличие от гололёда, гололедица наблюдается только на земной поверхности, чаще всего на дорогах, тротуарах и тропинках. Сохранение образовавшейся гололедицы может продолжаться много дней подряд, пока она не будет покрыта сверху свежеснежившим снежным покровом или не растает полностью в результате интенсивного повышения температуры воздуха и почвы.

## Распределение осадков

Атмосферные осадки на земной поверхности распределяются очень неравномерно. Одни территории страдают от избытка влаги, другие — от ее недостатка. Наибольшее количество атмосферных осадков зарегистрировано в Чер-рапунджи (Индия) — 12 тыс. мм в год, наименьшее — в Аравийских пустынях, около 25 мм в год. Количество осадков измеряется толщиной слоя в мм, который образовался бы при отсутствии стока, просачивания или испарения воды.

Распределение осадков на Земле зависит от целого ряда причин:

от размещения поясов высокого и низкого давления. На экваторе и в умеренных широтах, где формируются области низкого давления, осадков выпадает много. В этих областях нагретый от Земли воздух становится легким и поднимается вверх, где он встречается с более холодными слоями атмосферы, охлаждается, и водяной пар превращается в капельки воды и выпадает на Землю в виде осадков. В тропиках (30-е широты) и полярных широтах, где образуются области высокого давления, преобладают нисходящие воздушные токи. Холодный воздух, опускающийся из верхних слоев тропосферы, содержит мало влаги. При опускании он сжимается, нагревается и становится еще суше. Поэтому в областях повышенного давления над тропиками и у полюсов осадков выпадает мало;

распределение осадков зависит также и от географической широты. На экваторе и в умеренных широтах выпадает много осадков. Однако земная поверхность на экваторе прогревается больше, чем в умеренных широтах, поэтому восходящие потоки на экваторе значительно мощнее, чем в умеренных широтах, а следовательно, сильнее и обильнее осадки;

Проанализируем режим осадков по основным широтным географическим зонам.

В большей части экваториальной зоны выпадает 2000–3000 мм осадков (высокая температура, высокая влажность, развитая конвекция). Однако в условиях со сложной орографией и взаимодействием муссонов, как, например, в Индонезии, даже на близких расстояниях сумма осадков изменяется от 2000 до 6000 мм. В полосе 0–10° с.ш. над Мировым океаном выпадает максимальное количество осадков: в среднем 2280 мм в год, а в Индийском океане, у берегов Индонезии и Бирмы – более 4000 мм в год.

Высокие годовые суммы осадков наблюдаются в зоне муссонов в тропиках, особенно у побережий и орографических препятствий. В некоторых районах Центральной Америки и Колумбии выпадает до 7000 мм в год, а в Западной Африке в Дебундже (у подножия пика Камерун) – 9950 мм. В Ассаме, у подножия г. Шиллонг, на высоте около 1300 м находится один из наиболее дождливых районов земного шара – Черапунджи (25° с.ш., 92° в.д.) (Индия, предгорья Гималаев, наибольшая сумма была 23000 мм). Здесь выпадает 10900 мм осадков в год. В июне, т.е. в период наибольшего развития юго-западного муссона, сумма осадков составляет в среднем 2560 мм. Основной причиной обильных осадков в Черапунджи является вынужденный подъем влажного воздуха летнего юго-западного муссона по крутым горным склонам.

распределение осадков зависит от положения местности относительно Мирового океана, так как именно оттуда приходит основная доля водяных паров. Например, в Восточной Сибири осадков выпадает меньше, чем на Восточно-Европейской равнине, так как Восточная Сибирь удалена от океанов;

распределение осадков зависит от близости местности к океаническим течениям: теплые течения способствуют выпадению осадков на побережьях, а холодные препятствуют. Вдоль западных берегов Южной Америки, Африки и Австралии проходят холодные течения, что привело к формированию пустынь на побережьях;

распределение осадков зависит также от рельефа. На склонах горных цепей, обращенных к влажным ветрам с океана, влаги выпадает заметно больше, чем на противоположных, — это ясно прослеживается в Кордильерах Америки, на восточных склонах гор Дальнего Востока, на южных отрогах Гималаев. Горы препятствуют движению влажных воздушных масс, а равнина способствует этому.

Изолинии теоретического распределения осадков по территории Беларуси(рис. 1 и2).

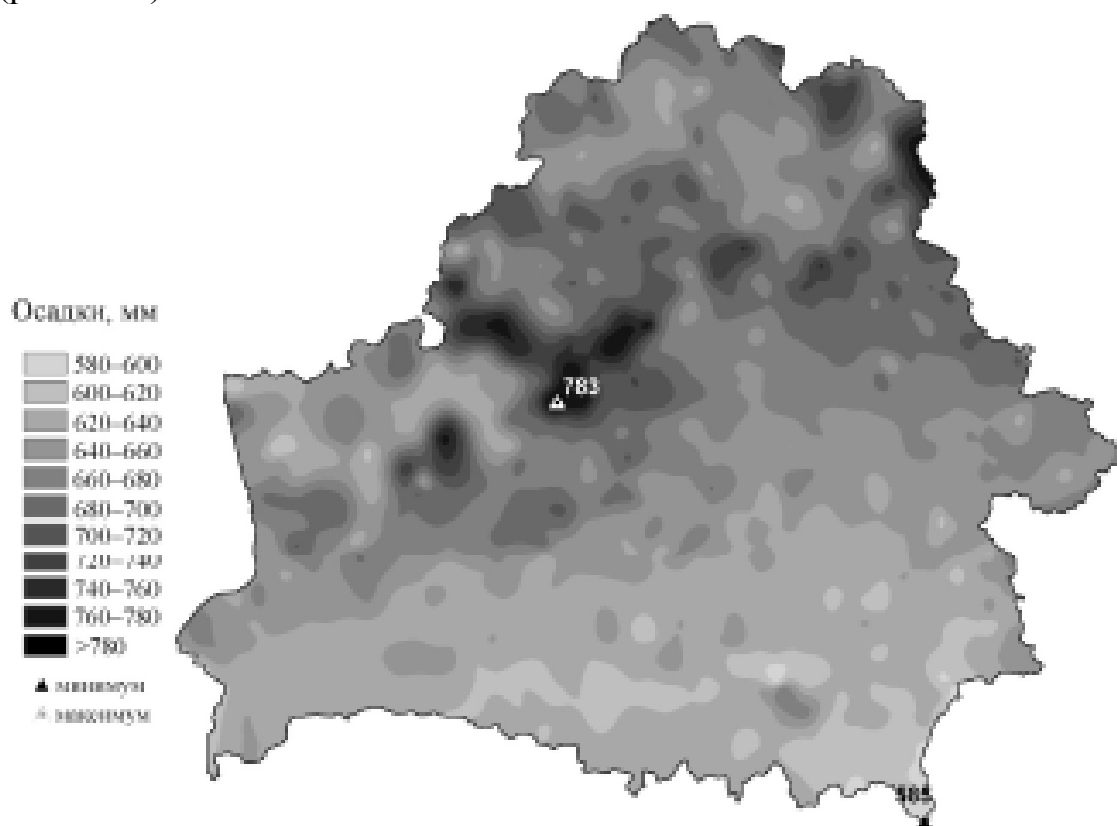


Рис. 1. Распределение среднегодового количества осадков по территории Беларуси

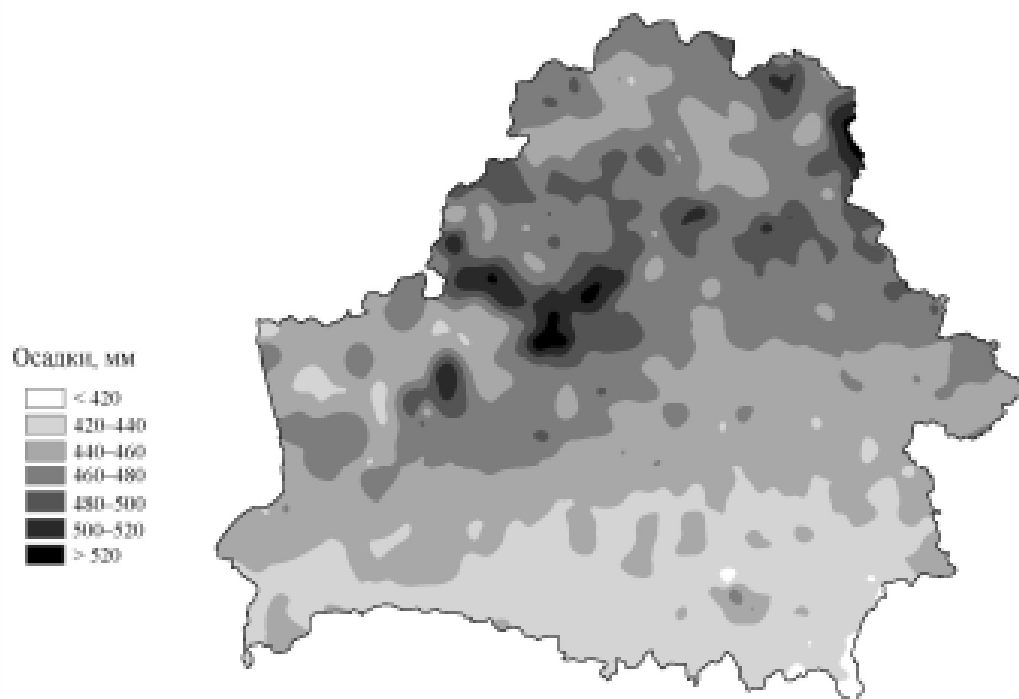


Рис. 2. Распределение осадков по территории Беларуси за вегетационный период

Анализ полученных карт свидетельствует о том, что самым увлажненным местом Беларуси является наиболее высокая часть Минской возвышенности, где среднегодовое количество осадков приближается к 780 мм. Сравнительно высокое количество осадков выпадает не только на Минской, Ошмянской и Новогрудской возвышенностях, но и на более низких – Оршанской и Городокской.

Пониженным их количеством отличается не только Полесье, что очевидно, но также Неманская и Полоцкая низменности. Большая часть территории страны (примерно 60 %) получает 620–680 мм осадков. Площадь самых сухих территорий (до 600 мм) составляет лишь 3 %, а самых влажных (более 740 мм) – 8 %. В течение вегетационного периода (апрель–октябрь) выпадение осадков происходит более равномерно, что наглядно видно по меньшему количеству градаций (см. рис. 1 и 2) за этот период по сравнению с полным годом. Лишь примерно по 3 % территории получает менее 420 мм и более 520 мм осадков.

### Заключение

Географическое распространение осадков по земной поверхности зависит от совокупного действия многих факторов: температуры, испарения, влажности воздуха, облачности, атмосферного давления, господствующих ветров, распределения суши и моря, океанических течений. Важнейшим среди них является температура воздуха, от которой зависит интенсивность испарения и величина испаряемости воздуха (количество влаги в миллиметрах слоя вод и, которая может испариться в определенном месте за год).

Что касается территории Беларуси, то количество осадков колеблется в более широких пределах, чем это было принято считать ранее. Наиболее влажным местом является район горы Дзержинская, где выпадает в среднем около 783 мм атмосферных осадков в год. Самое сухое место страны – крайняя южная точка в Брагинском районе Гомельской области, где расчетная величина среднегодового количества осадков составляет 585 мм.

### **Литература**

1. Хромов, С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л., 1958.
2. Леонович, И.И. Дорожная климатология. – Мн., 1994.
3. Строительная климатология: справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990.

## **Климатические факторы в системе водно-теплового режима дорожных конструкций**

Лесоцкий В.А.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Водно-тепловой режим – это закономерное изменение влажности и температуры в различных точках земляного полотна в течение года. Изменения влажности и температуры в земляном полотне тесно связаны между собой, а поэтому рассматриваются комплексно в виде водно-теплового режима.

### **Климатические факторы в системе водно-теплового режима дорожных конструкций**

Водно-тепловой режим земляного полотна и окружающей местности имеют тесную связь, но и определенное отличие, которое заключается в том, что теплопроводность и теплоемкость покрытий и поверхности грунта за пределами дороги неодинаковы; структуры грунта земляного полотна и грунта окружающей местности разные. В процессе эксплуатации дороги вода и снег систематически удаляются с покрытия, а на окружающей местности задерживаются продолжительное время. Отличие водно-теплового режима дорожной конструкции и окружающей местности также во многом зависит от технологии возведения земляного полотна, источников получения грунта и типа машин, выполняющих строительство.

При строительстве земляного полотна из боковых резервов, привозного грунта происходит нарушение структуры грунта, в то время, как местный грунт разрушению не подвергается. В земляном полотне под действием уплотняющих средств, под воздействием движущегося транспорта создается специфический водно-тепловой режим, под влиянием которого формируется новое равновесное состояние грунта, а влажность, температура и плотность грунта колеблются в определенных пределах и подчиняются циклическому закону в течение года.

### **Воздействие природных факторов на дорогу**

Транспортные средства воздействуют на дорогу обычно одновременно с факторами, зависящими от природно-климатических условий (водой, температурой, ветром, солнечной радиацией).

Закономерные изменения в течение года влажности и температуры в придорожном слое воздуха, в слоях одежды и грунте земляного полотна, свойственные данной дорожно-климатической зоне и местным гидрогеологическим условиям, называют водно-тепловым режимом дорожной конструкции.

От основных характеристик водно-теплого режима земляного полотна и дорожных одежд зависят прочность и морозоустойчивость дорожной конструкции, обуславливающие ту или иную степень ровности проезжей части.

В годовом цикле изменения водно-теплого режима земляного полотна выделяют четыре характерных периода: первоначальное накопление влаги осенью; промерзание, перераспределение и накопление влаги в земляном полотне зимой; оттаивание земляного полотна и переувлажнение грунта весной; просыхание земляного полотна летом.

Осенью (сентябрь — ноябрь) под воздействием потока влаги от затяжных атмосферных осадков, проникающих в дорожную конструкцию, и в результате подъема уровня подземных вод грунт значительно увлажняется и перед началом промерзания во II дорожно-климатической зоне осенняя влажность его нередко достигает  $0,71 \text{ ГТ}$  ( $W_{-}$  — влажность на пределе текучести грунта). Увеличение влажности сопровождается некоторым разуплотнением грунта.

Зимой в процессе промерзания земляного полотна, обуславливающего приток влаги от уровня подземных вод к фронту промерзания, происходит дальнейшее увлажнение и разуплотнение грунта. Однако ввиду того что грунт и слои дорожной одежды находятся в замерзшем состоянии, прочностные характеристики дорожной конструкции и отдельных ее слоев достаточно велики.

Весной в начале оттаивания земляного полотна грунт наиболее увлажнен и разуплотнен ( $U^{(0,85-M,0)} \text{ WT} \setminus K_{пл}=0,85$ ). Увеличение инсоляции и



нагрева поверхности дороги солнцем весной вызывают поток тепла в конструкцию, который приводит к просыханию и уплотнению верхних слоев земляного полотна. Чем больше влажность талого грунта, тем меньше его плотность, а также деформационные (модуль упругости  $E_u$ ) и прочностные характеристики (угол внутреннего трения  $\varphi$ ; сцепление  $c$ ). Наименьшие значения  $E_u$ ,  $\varphi$  и  $c$  наблюдаются обычно в апреле-мае. В это время дорожная конструкция обладает наименьшей прочностью.

Летом (июль-август) интенсивно просыхает земляное полотно. Влажность грунта уменьшается приблизительно до  $0,5W_T$ , что для легкого пылеватого суглинка близко к оптимальной влажности. Летом грунт находится в наиболее уплотненном и прочном состоянии.

Дорожная одежда и земляное полотно (рис. 2.14) должны быть запроектированы таким образом, что даже весной, т. е. в самый неблагоприятный для службы дорог период расчетного года, обеспечивалась требуемая по условиям движения прочность конструкции ( $K_{пр} > 1,0$ ) и наряду с этим она обладала необходимой морозоустойчивостью (наибольшее зимнее поднятие — пучение поверхности покрытия примерно равно 40 мм).

Основные источники увлажнения дорожной конструкции (рис. 2.15): атмосферные осадки, просачивающиеся через трещины в покрытии, обочины (особенно в местах сопряжения с проезжей частью); вода, застаивающаяся на поверхности полотна, в боковых резервах и кюветах вследствие затрудненного поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе молекулярного и капиллярного передвижения; подземная вода, поднимающаяся по капиллярам, особенно при промерзании конструкции, близком к поверхности дороги залегании подземных вод; парообразная вода, перемещающаяся от теплых слоев к более холодным. Зимой при промерзании конструкции вода может передвигаться снизу вверх и концентрироваться у фронта промерзания, повышая влажность грунта.

Влажность грунта земляного полотна, полученная в результате непосредственных наблюдений за водно-тепловым режимом земляного полотна на эксплуатируемых дорогах.

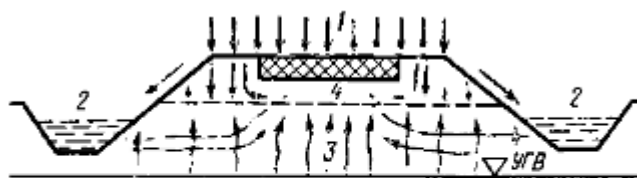


Рис. 2.15. Схема источников увлажнения дорожной конструкции:  
 1 — атмосферные осадки; 2 — вода в канавах; 3 — подземная вода; 4 — песчаное основание

## Прогнозирование пучинообразования на автомобильных дорогах

Как было изложено выше, в земляном полотне автомобильных дорог протекают сложные водно-тепловые процессы. В результате в различных точках грунтового массива меняется количество влаги, состояние воды, а вместе с тем, – прочность и несущая способность дороги. Одним из наиболее ощутимых проявлений водно-тепловых процессов являются пучины (рис. 9). Пучины – следствие промерзания грунта и миграции влаги из нижних слоев в зону активного охлаждения. На интенсивность пучинообразования влияют скорость промерзания грунта активного слоя и интенсивность поступления влаги.

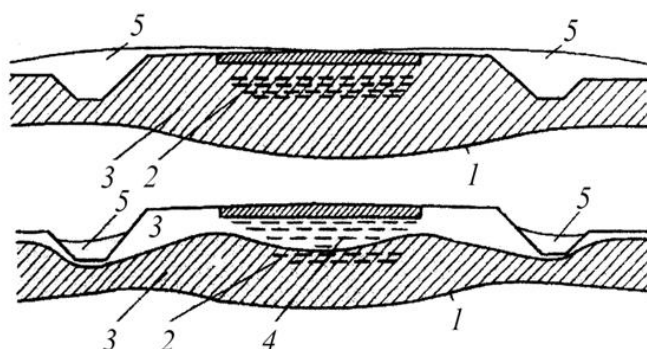


Рис. 9. Образование донника: а – промерзание грунта под проезжей частью; б – оттаивание грунта весной. 1 – граница промерзания; 2 – ледяные линзы; 3 – мерзлый грунт; 4 – оттаявший сильно переувлажненный грунт; 5 – снег

При больших морозах грунты промерзают медленно, имеется достаточно времени для подтока воды, в связи с этим идет интенсивное образование ледяных линз. При сильных морозах происходит быстрое промерзание грунта и вода не успевает перераспределиться, поэтому ледяные линзы не образуются.

Для условий Беларуси средняя скорость промерзания грунтов составляет 1,3–2,1 см/сут, а оттаивания – 2,3–4,0 см/сут и зависит от типа грунта и степени его уплотнения. Так, песчаные грунты обладают малой поверхностной энергией. Они промерзают без образования ледяных линз. Пылеватые грунты обладают значительной поверхностной энергией и небольшим сопротивлением подъему воды, поэтому в них происходит интенсивное накопление влаги с образованием ледяных линз при промерзании. Глинистые грунты обладают огромной поверхностной энергией и большим сопротивлением перемещению воды в порах, поэтому скорость перемещения в них небольшая. При отрицательных температурах они не успевают промерзнуть быстрее, чем вода поднимается в активную зону.

В зависимости от мощности и характера увлажнения Н. А. Пузаковым для трех типов местности по степени и характеру увлажнения предложены

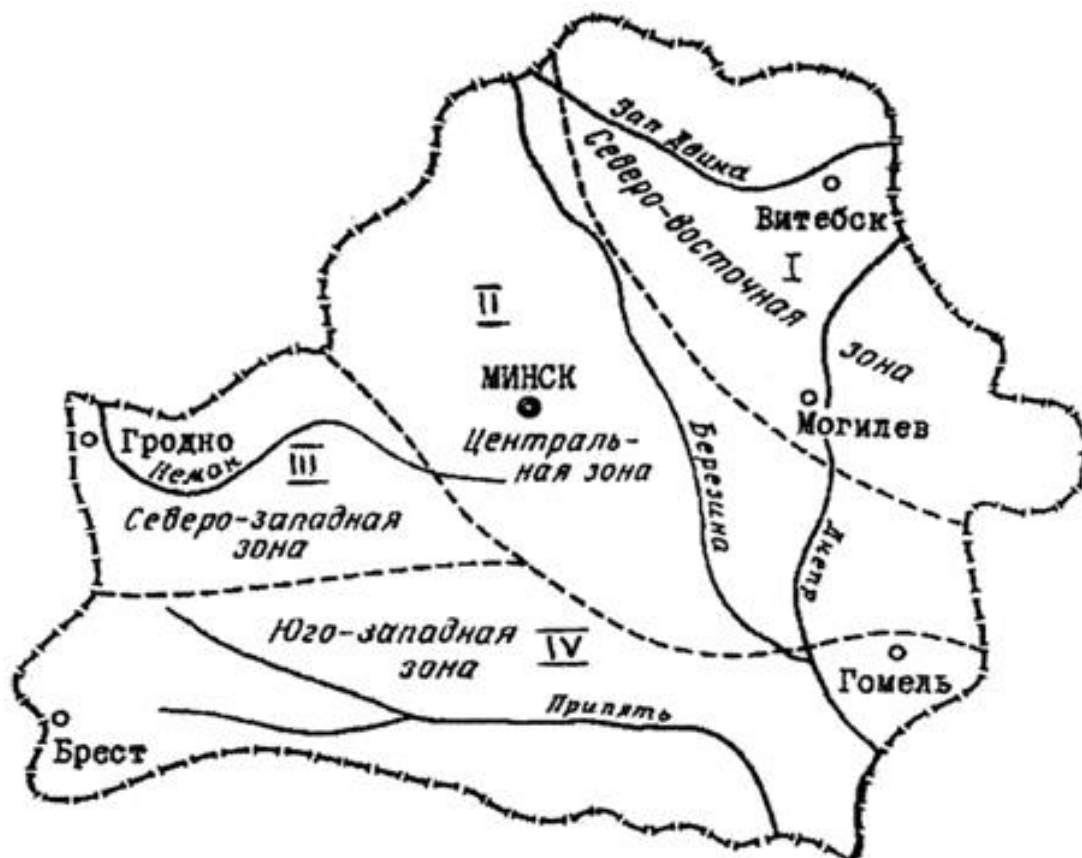
формулы, необходимые при контроле водно-теплового режима земляного полотна. Так, для третьего типа местности по характеру и степени увлажнения, как наиболее опасной с точки зрения пучения, величина морозного пучения

I-я зона (Северо-Восточная) характеризуется продолжительной зимой около 120 сут, устойчивым снежным покровом, стоящим 100–120 дней. Оттепелей сравнительно мало. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля. Средняя многолетняя отрицательная температура воздуха – 7 оС–8 оС. Количество осадков – примерно 600 мм.

II-я зона (Центральная) – продолжительность зимы около 100 сут. Снежный покров держится от 80 до 100 дней. Начало промерзания – ноябрь, а оттаивания – начало апреля. Средняя многолетняя отрицательная температура воздуха – 6 оС–7 оС. Количество осадков – около 650 мм.

III-я зона (Северо-Западная) – продолжительность зимы около 80 сут со значительным количеством оттепелей и осадками 700 мм. Средняя многолетняя отрицательная температура воздуха – 5 оС–6 оС.

IV-я зона (Юго-Западная) характеризуется большим количеством дней оттепелей, один раз за 10 лет снежный покров не устанавливается. Продолжительность зимы – около 60 дней. Средняя отрицательная температура воздуха – около 4,5 оС. Осадков выпадает примерно 500 мм.



## Выводы

Глубина промерзания грунта – один из главных факторов водно-теплового режима земляного полотна, которая оказывает большое влияние на распределение и передвижение влаги, изменение фазового состава грунта, высоту насыпи и др.

Одним из наиболее ощутимых проявлений водно-тепловых процессов является образование пучин, как следствие промерзания грунта и миграции влаги из нижних слоев в зону активного охлаждения. Интенсивность пучинообразования зависит от скорости промерзания грунта и скорости подтока влаги. Большое влияние на миграцию влаги в зону отрицательных температур оказывают тип грунта и степень его уплотнения. К высокопучинистым грунтам относятся пылеватые грунты. Пучинообразование произойдет в том случае, когда в наличии будут три фактора: пучинистый (пылеватый или мелкозернистый) грунт, влажность и отрицательная температура (промерзание грунта).

## Заключение

На основании изучения физической сущности и условий образования пучин авторами разработана методика определения величины морозного пучения на период заданной обеспеченности и произведено районирование территории Беларуси на четыре зоны по условиям пучинообразования.

## Литература

1. Леонович, И. И. Прогнозирование пучинообразования автомобильных дорог Беларуси / И. И. Леонович, Н. П. Вырко // Сб. «Вопросы эксплуатации автомобильных дорог и мостов». – М.: Транспорт, 1970. – С. 10–17.
2. Определение глубины промерзания грунтов для целей фундаментостроения: сб. науч. тр. / НИИ оснований и фундаментов / Г. И. Лапкин. – М.: Тр. НИИ оснований и фундаментов, 1955. – Вып. 26. – С. 36–43.
3. Бируля, А. К. Проектирование автомобильных дорог: учебник для студ. вузов специальности «Автомобильные дороги» / А. К. Бируля. – М.: Науч.-техн. изд-во Мин-ва автотранспорта и шос. дорог РСФСР, 1961. – Ч. 1. – 499 с.
4. Леонович, И. И. Механика земляного полотна / И. И. Леонович, Н. П. Вырко. – Минск: Наука и техника, 1975. – 232 с.
5. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Под ред. И. А. Золотаря, Н. А. Пузакова, В. М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971. – 413 с.

## **Приборы и методы для определения солнечной радиации.**

Лукша А.О.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Под солнечной радиацией понимается весь испускаемый Солнцем поток радиации, который представляет собой электромагнитные колебания различной длины волны. В гигиеническом отношении особый интерес представляет оптическая часть солнечного света, которая занимает диапазон от 280-2800 нм. Более длинные волны - радиоволны, более короткие - гамма-лучи, ионизирующее излучение не доходят до поверхности Земли, потому что задерживаются в верхних слоях атмосферы, в озоновом слое в частности. Солнечная радиация является главным источником энергии для всех физико-географических процессов, происходящих на земной поверхности и в атмосфере.

### **Приборы и методы для определения солнечной радиации.**

Изучение данной проблемы имеет большое значение, потому что вся живая природа чутко реагирует на сезонные изменения окружающей температуры, на интенсивность солнечного излучения - весной покрываются листвой деревья, осенью листва опадает, затухают обменные процессы, многие животные впадают в спячку и т.д. Человек не является исключением. На протяжении года у него меняется интенсивность обмена, состав клеток тканей, причем эти колебания различны в разных климатических поясах. Так, в южных районах содержание гемоглобина и количество эритроцитов, а также максимальное и минимальное давление крови в холодный период возрастают на 20 процентов по сравнению с теплым временем. В условиях Севера наибольший процент гемоглобина найден у большинства обследованных жителей в летние месяцы, а наименьший - зимой и в начале весны. В последнее время в связи с резким возрастанием загрязнения окружающей природной среды, усиления содержания в атмосфере углекислого газа, повышения радиационного фона значительно возросло число спонтанных, стихийных, вредных мутаций как у животных, так и у человека.

Курсовая работа "Солнечная радиация и ее влияние на природные и хозяйственные процессы" носит описательный характер, предполагает развитие знаний в рамках данной проблемы.

Цель данной работы: определение роли солнечной радиации в природных и хозяйственных процессах.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:  
собрать и изучить литературу о солнечной радиации;  
охарактеризовать поведение солнечной радиации в земных условиях;  
рассмотреть значение солнечной радиации на природные и хозяйственные процессы.

Для реализации целей и задач использовались следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы по теме исследования, сбор информации, сравнение, обобщение, систематизация.

Предмет исследования: Воздействие солнечной радиации на физиологические процессы на планете Земля. Объект исследования: Прямая и рассеянная солнечная радиация. Курсовая работа состоит из введения, двух частей, заключения и списка литературы, включающего 10 источников.

### **Теоретические аспекты солнечной радиации** **Поглощение и рассеяние прямой солнечной радиации в атмосфере**

Основным источником энергии почти для всех природных процессов, происходящих на поверхности земли и в атмосфере, является лучистая энергия, поступающая на Землю от Солнца. Энергия, поступающая к поверхности земли из глубинных ее слоев, выделяющаяся при радиоактивном распаде, приносимая космическими лучами, а также излучение, приходящее к Земле от звезд, ничтожно малы по сравнению с энергией, поступающей на Землю от Солнца. Кроме лучистой энергии, т. е. электромагнитных волн, от Солнца приходят к Земле также различные потоки заряженных частиц, главным образом электронов и протонов, движущихся со скоростями в сотни и тысячи км/сек. Основная часть лучистой энергии, излучаемой Солнцем, представляет собой ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи. Эта часть электромагнитного излучения Солнца и называется в метеорологии солнечной радиацией.

Солнечная радиация, поступившая на верхнюю границу атмосферы, на своем пути до земной поверхности претерпевает ряд изменений, вызванных ее поглощением и рассеиванием в атмосфере. Радиация, поступающая от Солнца в атмосферу и затем на земную поверхность в виде параллельного пучка лучей, называется прямой. Значительная часть прямой радиации, пришедшей к верхней границе атмосферы, достигает земной поверхности. Часть солнечной радиации рассеивается молекулами атмосферных газов и аэрозолями и поступает к земной поверхности в виде рассеянной радиации. Проходя через земную атмосферу, солнечная радиация ослабляется вследствие поглощения и рассеяния атмосферными газами и аэрозолями. При этом изменяется и ее спектральный состав. В спектре появляются линии и полосы, обусловленные поглощением в земной атмосфере и называемые теллурическими. На рис. 1 показано распределение энергии в солнечном спектре. Кривая а приближенно характеризует ее распределение за пределами

земной атмосферы, а кривые б и в - на земной поверхности при высотах солнца 35 и 15°. На кривых б и в ультрафиолетовая часть спектра обрывается слева при  $X = 0,29$  мкм, так как ультрафиолетовая радиация с более короткой длиной волны полностью поглощается верхними слоями атмосферы. Участок спектра с  $X < 0,29$  мкм можно наблюдать только на высотах более 30 км. Ультрафиолетовая же радиация с  $X > 0,29$  мкм, достигающая земной поверхности, обладает очень малой энергией. Сильно ослабляется при прохождении через атмосферу также и коротковолновая часть видимой радиации и в меньшей степени длинноволновая, видимая и инфракрасная часть солнечного спектра. В инфракрасной части спектра имеется ряд полос поглощения, вызванных наличием в атмосфере водяного пара. При различной высоте солнца и различной высоте пункта наблюдений над земной поверхностью масса атмосферы, проходимая солнечным лучом, неодинакова. Вследствие этого различен и спектральный состав солнечной радиации. При уменьшении высоты солнца особенно сильно уменьшается ультрафиолетовая часть радиации, несколько меньше - видимая и лишь незначительно - инфракрасная.

В поглощении длинноволновой радиации важную роль играет водяной пар: чем больше в атмосфере водяного пара, тем меньше прямой радиации доходит до Земли при прочих равных условиях. Сравнение кривых а, б и в на рис. 1 показывает, насколько существенно атмосфера изменяет первоначальное распределение энергии в спектре солнечной радиации. Рассеяние радиации в атмосфере происходит главным образом молекулами атмосферных газов и аэрозолями (пылинками, капельками тумана, облаков и др.). Интенсивность рассеяния зависит от количества рассеивающих частиц в единице объема, от их величины и природы, а также от длин волн самой рассеиваемой радиации. Ниже приведены значения коэффициента рассеяния в чистом и сухом воздухе при нормальном давлении для различных длин волн [6, с. 109]

Из таблицы 1 видно, что лучи рассеиваются тем сильнее, чем меньше длина волны, например: фиолетовые рассеиваются в 14 раз сильнее красных. Этим, в частности, объясняется голубой цвет неба. Хотя фиолетовые и синие лучи рассеиваются еще сильнее, чем голубые, их энергия значительно меньше. Поэтому в рассеянном свете преобладает голубой цвет.

Рассеяние радиации происходит во всех направлениях, однако, не с одинаковой интенсивностью. Наиболее интенсивное рассеяние имеет место в направлении падающего луча (вперед) и в противоположном направлении (назад). Минимумы рассеяния наблюдаются в направлениях, перпендикулярных к прямому лучу. Так происходит рассеяние в совершенно чистом и сухом воздухе. Доля коротких волн в рассеянной радиации больше, чем в прямой. Поэтому чем длиннее путь солнечных лучей, тем больше рассеивается коротких волн и тем больше становится доля длинных. Этим

объясняется, например, что Солнце и Луна вблизи горизонта приобретают желтую или даже красноватую окраску.

Поток прямой радиации и ее спектральный состав зависят от высоты солнца и прозрачности атмосферы. Последняя в свою очередь зависит от содержания поглощающих газов и аэрозолей в частности от наличия облаков и тумана. Под влиянием этих факторов поток прямой радиации может изменяться в широких пределах. При одной и той же высоте солнца поток прямой радиации в низких широтах, где в атмосфере содержится много водяного пара и пыли, должен быть меньше, чем в высоких широтах. Однако прозрачность атмосферы влияет на этот поток почти так же, как высота солнца, от которой зависит число проходимых масс.

Поток прямой радиации увеличивается с увеличением высоты места над уровнем моря, так как чем выше находится пункт наблюдения, тем меньшая толща атмосферы пронизывается солнечными лучами и тем меньше они ослабляются. Увеличение потока прямой радиации с высотой в нижних слоях атмосферы происходит быстрее, чем в верхних, так как большая часть аэрозолей и водяного пара сосредоточена внизу. Исключительно большое влияние на прямую радиацию оказывают облака. Плотные облака нижнего яруса практически совершенно не пропускают прямую радиацию.

Если бы прозрачность атмосферы в течение дня не менялась, то изменение прямой радиации было бы симметричным относительно истинного полудня: от нуля в момент восхода она сначала быстро, а потом более медленно увеличивалась бы до наибольшего значения, достигаемого в полдень, а затем так же плавно, сначала медленно, а потом более быстро, уменьшалась до нуля в момент захода солнца. Потоки были бы одинаковыми в часы, симметричные относительно полудня.

Но прозрачность атмосферы в течение дня не остается постоянной, так как количество пыли, водяного пара и других примесей, содержащихся в воздухе, непрерывно меняется. Поэтому суточный ход прямой радиации обычно не бывает симметричным относительно полудня. В часы, близкие к полудню или послеполуденные, в результате усиления восходящих движений воздуха, поднимающих пыль и водяной пар, прямая радиация начинает уменьшаться, так что максимальное ее значение наблюдается не в полдень, а около 10 часов [1, с. 151]

Суточный ход прямой радиации меняется также в течение года, так как меняются продолжительность дня и высота солнца. Суточный ход прямой радиации, поступающей на перпендикулярную лучам и на горизонтальную поверхности, также различен вследствие неодинакового угла падения лучей на эти поверхности. На рис. 2 приведен суточный ход прямой радиации, поступающей на перпендикулярную лучам и на горизонтальную поверхности, в Павловске (под Санкт-Петербургом).

Как видно из этого рисунка, приход прямой радиации на горизонтальную поверхность во все часы дня меньше, чем на поверхность, перпендикулярную



лучам. Особенно велико это различие в зимнее время, когда мала высота солнца.

Суточный ход прямой радиации зависит и от широты места: в низких широтах максимум в околополуденные часы выражен значительно резче, чем в высоких. Причина заключается в том, что с приближением к полюсу меньше изменяется высота солнца в течение дня. На полюсах, например, изменение высоты солнца на протяжении суток настолько незначительно, что здесь суточный ход прямой радиации практически отсутствует.

Годовой ход прямой радиации характеризуется изменением среднемесячных полуденных ее значений. Наиболее резко выражен годовой ход прямой радиации на полюсе. В зимнее полугодие солнечная радиация здесь отсутствует, а к моменту летнего солнцестояния может достигать  $1,30 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$  На экваторе, наоборот, амплитуда годового хода прямой радиации наименьшая. Кроме того, на экваторе годовой ход прямой радиации имеет вид двойной волны. Максимумы, достигающие  $1,32 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ , приходятся на дни весеннего и осеннего равноденствия, а минимумы, составляющие около  $0,80 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ , - на дни летнего и зимнего солнцестояния. В средних широтах в годовом ходе полуденной прямой радиации максимум должен был бы наблюдаться в момент летнего солнцестояния, когда высота солнца наибольшая, а минимум - в момент зимнего солнцестояния, когда она наименьшая. Это объясняется тем, что в летние месяцы вследствие увеличения содержания в воздухе водяного пара и пыли сильно уменьшается прозрачность атмосферы. Большое значение для сельского хозяйства, строительства и решения ряда технических задач имеют данные о суммах прямой радиации, получаемой горизонтальной поверхностью за сутки, месяц, год. Различают теоретические, возможные и действительные суммы прямой радиации. Теоретической суммой называется количество радиации, поступающее от Солнца за тот или иной промежуток времени на единицу горизонтальной поверхности, находящейся на внешней границе атмосферы [5, с. 94]

Возможной суммой называется количество лучистой энергии, которое поступало бы в данном месте при средней для него прозрачности атмосферы и при полном отсутствии облаков за тот или иной промежуток времени на единичную горизонтальную площадку, находящуюся на земной поверхности. Действительной суммой прямой радиации называется фактическое ее количество, поступившее за тот или иной промежуток времени на единичную горизонтальную площадку, находящуюся на земной поверхности. Действительные суммы находятся путем обработки записей актинографа или из наблюдений по актинометру с учетом продолжительности солнечного сияния, устанавливаемой по записям гелиографа.

В табл. 2 приведены теоретические, возможные и действительные суточные суммы прямой радиации в Харькове в разное время года. Данные табл. 2 указывают, что в ослаблении солнечной радиации большую роль

играют атмосфера (даже в ясные дни при средней прозрачности атмосферы земная поверхность получает лишь около 60% солнечной энергии, приходящей на верхнюю границу атмосферы), а также облачность (она значительно уменьшает приход прямой радиации по сравнению с возможными ее суммами).

Наблюдения показывают, что действительные суммы прямой радиации в весенние и летние месяцы незначительно увеличиваются от высоких к низким широтам, за исключением заполярных областей, где они резко уменьшаются. Осенние и зимние суммы значительно убывают с увеличением широты, что приводит также к сильному уменьшению годовых сумм в том же направлении [6, с. 46]

### **Рассеянная солнечная радиация**

Приход рассеянной радиации на земную поверхность может достигать нескольких десятых долей  $\text{ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ . Наблюдаются следующие зависимости.

. Чем больше высота солнца, тем больше поток рассеянной радиации.

. Чем больше в атмосфере рассеивающих частичек, тем большая доля солнечной радиации рассеивается. Следовательно, поток рассеянной радиации увеличивается при увеличении замутненности атмосферы.

. Поток рассеянной радиации значительно увеличивается при наличии светлых и относительно тонких облаков, представляющих собой хорошо рассеивающую среду. Особенно велико влияние облаков, освещаемых солнцем сбоку (высококучевых, кучевых). Под влиянием такой облачности рассеянная радиация может увеличиваться в 8-10 раз по сравнению с ее приходом при ясном небе. При сплошной облачности среднего и особенно верхнего яруса рассеянная радиация в 1,5-2 раза больше, чем при ясном небе. Только при очень мощной сплошной облачности и при выпадении осадков рассеянная радиация меньше, чем при ясном небе.

. Приход рассеянной радиации зависит от характера деятельной поверхности, в первую очередь от ее отражательной способности, так как радиация, отраженная от поверхности, вторично рассеивается в атмосфере и часть ее вновь попадает на поверхность, где добавляется к первично рассеянной радиации. Особенно заметно увеличивает рассеянную радиацию снежный покров, отражающий до 70-90% падающих на него прямых и рассеянных лучей. Чем меньше высота солнца, тем сильнее увеличивается рассеянная радиация за счет вторичного рассеивания. Так, снежный покров увеличивает поток рассеянной радиации на 65% при положении солнца у горизонта и на 12% при высоте солнца  $50^\circ$ .

. С увеличением высоты над уровнем моря рассеянная радиация при ясном небе уменьшается, так как уменьшается толщина вышележащих

рассеивающих слоев атмосферы. Но при наличии облаков рассеянная радиация в подоблачном слое атмосферы увеличивается с высотой.

Суточный и годовой ход рассеянной радиации при безоблачном небе параллелен ходу прямой радиации. Но утром рассеянная радиация появляется раньше, чем прямая. Затем по мере поднятия солнца над горизонтом она увеличивается, достигает максимума в 12 - 13 часов, после чего начинает уменьшаться и в момент окончания сумерек обращается в нуль. В годовом ходе максимум рассеянной радиации при ясном небе наблюдается в июле, минимум - в январе. Так же прост годовой ход рассеянной радиации при сплошной облачности. Однако описанный суточный и годовой ход рассеянной радиации сильно нарушается и усложняется при переменной облачности.

Суммы рассеянной радиации, приходящей на земную поверхность, за любой промежуток времени определяют по записи регистрирующих приборов или путем расчета по результатам наблюдений в отдельные сроки.

Суточные суммы рассеянной радиации в основном зависят от высоты солнца и продолжительности дня. Поэтому они растут с уменьшением широты и от зимы к лету. Большое влияние на приход рассеянной радиации оказывают прозрачность воздуха и облачность.

Рассеянная радиация играет особенно значительную роль в высоких широтах и в зимние месяцы. Это хорошо видно, например, из табл. 3, в которой наряду с суммами рассеянной радиации ( $? D$ ) приведены для сравнения суммы прямой радиации ( $? S'$ ), приходящей на горизонтальную поверхность.

Как видно из табл. 3, в зимние месяцы суммы рассеянной радиации повсюду больше, чем суммы прямой радиации, особенно в высоких широтах, где в это время даже полуденные высоты солнца невелики. В летнее время рассеянная радиация тоже играет большую роль в районах со значительной облачностью (Якутск, Павловск). В годовых суммах лучистой энергии доля рассеянной радиации в высоких широтах и в районах с большим количеством облаков превышает 50%. Например, в Архангельске она составляет 56%, в Санкт-Петербурге 51% и т. д. [5, с. 57]

### **Суммарная радиация и радиационный баланс**

Суммарная радиация - это сумма прямой (на горизонтальную поверхность) и рассеянной радиации. Состав суммарной радиации, т. е. соотношение между прямой и рассеянной радиацией, меняется в зависимости от высоты солнца, прозрачности, атмосферы и облачности.

. До восхода солнца суммарная радиация состоит полностью, а при малых высотах солнца - преимущественно из рассеянной радиации. С увеличением высоты солнца доля рассеянной радиации в составе суммарной при

безоблачном небе уменьшается: при  $h = 8^\circ$  она составляет 50%, а при  $h = 50^\circ$  - только 10-20%.

. Чем прозрачнее атмосфера, тем меньше доля рассеянной радиации в составе суммарной.

. В зависимости от формы, высоты и количества облаков доля рассеянной радиации увеличивается в разной степени. Когда солнце закрыто плотными облаками, суммарная радиация состоит только из рассеянной. При таких облаках рассеянная радиация лишь частично восполняет уменьшение прямой, и поэтому увеличение количества и плотности облаков в среднем сопровождается уменьшением суммарной радиации. Но при небольшой или тонкой облачности, когда солнце совсем открыто или не полностью закрыто облаками, суммарная радиация за счет увеличения рассеянной может оказаться больше, чем при ясном небе.

Суточный и годовой ход суммарной радиации определяется главным образом изменением высоты солнца: суммарная радиация изменяется почти прямо пропорционально изменению высоты солнца. Но влияние облачности и прозрачности воздуха сильно усложняет эту простую зависимость и нарушает плавный ход суммарной радиации.

Суммарная радиация существенно зависит также от широты места. С уменьшением широты ее суточные суммы увеличиваются, причем, чем меньше широта места, тем равномернее суммарная радиация распределяется по месяцам, т. е. тем меньше амплитуда ее годового хода. Например, в Павловске ( $\varphi = 60^\circ$ ) ее месячные суммы составляют от 12 до 407 кал/см<sup>2</sup>, в Вашингтоне ( $\varphi = 38,9^\circ$ ) - от 142 до 486 кал/см<sup>2</sup>, а в Такубае ( $\varphi = 19^\circ$ ) - от 307 до 556 кал/см<sup>2</sup>. Годовые суммы суммарной радиации также увеличиваются с уменьшением широты. Однако в отдельные месяцы суммарная радиация в полярных районах может быть больше, чем в более низких широтах. Например, в бухте Тихой в июне суммарная радиация на 37% больше, чем в Павловске, и на 5% больше чем в Феодосии.

Непрерывные наблюдения в Антарктиде за последние 7-8 лет показывают, что месячные суммы суммарной радиации в этом районе в самом теплом месяце (декабре) примерно в 1,5 раза больше, чем на таких же широтах в Арктике, и равны соответствующим суммам в Крыму и в Ташкенте. Даже годовые суммы суммарной радиации в Антарктиде больше, чем, например, в Санкт-Петербурге. Такой значительный приход солнечной радиации в Антарктиде объясняется сухостью воздуха, большой высотой антарктических станций над уровнем моря и высокой отражательной способностью снежной поверхности (70-90%), увеличивающей рассеянную радиацию [2, с. 215]

Разность между всеми приходящими на деятельную поверхность и уходящими от нее потоками лучистой энергии называется радиационным балансом деятельной поверхности. Иначе говоря, радиационный баланс деятельной поверхности представляет собой разность между приходом и

расходом радиации на этой поверхности. Если поверхность горизонтальна, то к приходной части баланса относятся прямая радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, рассеянная радиация и встречное излучение атмосферы. Расход радиации складывается из отраженной коротковолновой, длинноволнового излучения деятельной поверхности и отраженной от нее части встречного излучения атмосферы.

Радиационный баланс представляет собой фактический приход, или расход лучистой энергии на деятельной поверхности, от которого зависит, будет ли происходить ее нагревание или охлаждение. Если приход лучистой энергии больше ее расхода, то радиационный баланс положителен и поверхность нагревается. Если же приход меньше расхода, то радиационный баланс отрицателен и поверхность охлаждается. Радиационный баланс в целом, как и отдельные составляющие его элементы, зависит от многих факторов. Особенно сильно на него влияют высота солнца, продолжительность солнечного сияния, характер и состояние деятельной поверхности, замутнение атмосферы, содержание в ней водяного пара, облачность и др.

Мгновенный (минутный) баланс днем обычно положителен, особенно летом. Примерно за 1 час до захода солнца (исключая зимнее время) расход лучистой энергии начинает превышать ее приход, и радиационный баланс становится отрицательным. Приблизительно через 1 час после восхода солнца он снова становится положительным. Суточный ход баланса днем при ясном небе примерно параллелен ходу прямой радиации. В течение ночи радиационный баланс обычно изменяется мало, но под влиянием переменной облачности он может изменяться значительно [10, с. 85]

Годовые суммы радиационного баланса положительны на всей поверхности суши и океанов, кроме районов с постоянным снежным или ледяным покровом, например Центральной Гренландии и Антарктиды. Севернее  $40^\circ$  северной широты и южнее  $40^\circ$  южной широты зимние месячные суммы радиационного баланса отрицательны, причем период с отрицательным балансом увеличивается в направлении к полюсам. Так, в Арктике эти суммы положительны только в летние месяцы, на широте  $60^\circ$  - в течение семи месяцев, а на широте  $50^\circ$  - в течение девяти месяцев. Годовые суммы радиационного баланса меняются при переходе с суши на море.

Радиационный баланс системы Земля-атмосфера представляет собой баланс лучистой энергии в вертикальном столбе атмосферы сечением  $1 \text{ см}^2$ , простирающемся от деятельной поверхности до верхней границы атмосферы. Его приходная часть состоит из солнечной радиации, поглощенной деятельной поверхностью и атмосферой, а расходная - из той части длинноволнового излучения земной поверхности и атмосферы, которая уходит в мировое пространство. Радиационный баланс системы Земля-атмосфера положителен в поясе от  $30^\circ$  южной широты до  $30^\circ$  северной широты, а в более высоких широтах он отрицателен [4, с. 209]

Изучение радиационного баланса представляет большой практический интерес, так как этот баланс является одним из основных климатообразующих факторов. От его величины зависит тепловой режим не только почвы или водоема, но и прилежащих к ним слоев атмосферы. Знание радиационного баланса имеет большое значение при расчетах испарения, при изучении вопроса о формировании и трансформации воздушных масс, при рассмотрении влияния радиации на человека и растительный мир.

### **Приборы для измерения радиации**

Первыми стандартными приборами для измерения прямой солнечной радиации были пиргелиометр Ангстрема, разработанный в Стокгольме, и проточный калориметр Аббота из Смитсоновского института в Вашингтоне. В пиргелиометре Ангстрема приводятся в соответствие тепловые эффекты облучения приемника солнечной энергии и электронагрева затененного элемента. Для измерения уровня электронагрева используются обычные методы электрических измерений. Проточный калориметр Аббота имеет полость, которая поглощает солнечное излучение, а повышение температуры циркуляционной охлаждающей воды пропорциональнее интенсивности падающего излучения. Пиргелиометр Аббота с серебряным диском является еще одним стандартным прибором, в котором скорость изменения температуры диска приблизительно пропорциональна интенсивности падающего излучения. В течение многих лет отмечалось, что американские и европейские измерения радиации не согласуются между собой и, как указывали различные исследователи во многих странах, расхождение составляло от 2,5 до 6%. В сентябре 1956 г. была установлена новая Международная пиргелиометрическая шкала 1956, которая внесла поправки +1,5% к шкале Ангстрема и - 2,0% к смитсоновской шкале Аббота. Впоследствии все приборы калибровались в соответствии с Международной пиргелиометрической шкалой 1956.

Принцип действия большинства пиранометров, которые используются для измерения суммарной радиации, а при затенении от прямых лучей и диффузной радиации, основан на измерении разности температур черных (поглощающих излучение) и белых (отражающих излучение) поверхностей с помощью термоэлементов. Последние дают сигнал в милливольтгах, который можно легко контролировать с помощью целого ряда стандартных самопишущих систем. Характерным примером такого типа приборов является пиранометр Эппли.

**Актинометр** (от греч. *актiς* — луч и *μετρον* — мера) — измерительный прибор, который служит для измерения интенсивности электромагнитного излучения, преимущественно видимого и ультрафиолетового света. В метеорологии применяется для измерения прямой солнечной радиации.

Так назвал Гершель изобретенный им в 1834 году инструмент, служащий для измерения нагревательной силы солнечных лучей. Ещё раньше Гершеля Соссюр построил с этой же целью инструмент, который он назвал гелиотермометром, а позже (1838) Пулье изобрел так называемый пиргелиометр. Актинометром названы также приборы, измеряющие количество лучистой теплоты, испускаемой в небесное пространство (Пулье, 1838). Самое большое значение имеет Актинометр, изобретенный Пулье (пиргелиометр); в общем он состоит из цилиндрического серебряного сосуда, крышка которого уставлена перпендикулярно к солнечным лучам; сосуд наполнен водой с погруженным в неё шариком очень чувствительного термометра; крышка, воспринимающая лучи, закопчена (покрыта сажей) для большего их поглощения. Из повышения температуры воды в определенное время вычисляют количество поглощенного тепла известною плоскостью в данное время. К этому надо ещё прибавить ту теплоту, которую воспринимающая поверхность теряет через лучеиспускание. Дабы таковую найти, устанавливают Актинометр так, чтобы воспринимающая поверхность была обращена в ту сторону неба, где солнца нет, и по понижению температуры вычисляют потерянное количество тепла. Актинометр иногда называют и обыкновенный актинограф.

**Пиранометр** (греч. πῦρ + ἄνω + μέτρον — огонь+наверху+мера) — тип актинометра, используемый для измерения солнечной радиации, попадающей на поверхность. Прибор специально разработан, чтобы измерять плотность потока солнечного излучения (т.е. в ваттах на квадратный метр), исходящего со всей верхней полусферы. Стандартный пиранометр не требует электропитания.

В качестве датчика пиранометра используются (в зависимости от измеряемого диапазона частот) либо термопары, покрашенные чёрной краской, либо фотодиод. Датчик помещается под прозрачный стеклянный или пластиковый колпак для защиты от внешнего воздействия.

Пиранометры применяются в метеорологии, климатологии, а также в установках солнечных батарей.

Разновидностью пиранометра является соляриметр — прибор для измерения суммарной солнечной радиации.



Современный пиранометр. Видны основные части прибора: двойной стеклянный колпак, металлический корпус, черный датчик, противосолнечный экран, регулируемая по высоте ножка. Диаметр колпака — 40 мм

**Пиргелиометр** (от др.-греч. πῦρ (púr) — огонь, ἥλιος (hélíos) — солнце и μετρέω (metréo) — измеряю) — абсолютный прибор для измерений прямой солнечной радиации, падающей на поверхность перпендикулярную солнечным лучам.

Принцип действия основан на измерении количества тепла, образующегося при поглощении солнечного излучения.

Пиргелиометр в основном применяется для поверки относительных приборов — актинометров.

Иногда в литературе (обычно переводной) можно встретить неправильное написание — *пергелиометр*.

Гелиограф Джорджа Стокса

Предтечей пиргелиографов был прибор, созданный в 1881 году ирландским физиком Джорджем Стоксом. Он представлял из себя стеклянный шар, который фокусировал солнечные лучи на картонку, повторяющую форму шара. Сфокусированные солнечные лучи выжигали на картоне линию следов, которые повторяли путь движения Солнца. По этим следам можно было определить количество безоблачного времени и интенсивность солнечного света.

Сейчас такой прибор называется гелиограф.

Пиргелиометр Хвольсона

Измерения прямой радиации Солнца в России проводились с 1870 годов.

В 1892 году русский физик, профессор Орест Хвольсон разработал теорию абсолютных измерений солнечной радиации с помощью пиргелиометра и относительных с помощью актинометра. Измерения в пиргелиометре Хвольсона производились с помощью двух медных пластин,



одна из которых нагревалась солнечными лучами, и термопары, выделявшей ток, который измерялся гальванометром. Эти приборы использовались в Павловской обсерватории около 10 лет, но были хрупкими и сложными в обращении.

В 1896 году шведский геофизик Кнут Ангстрем создал абсолютный компенсационный пиргелиометр, а в 1905 году Международная метеорологическая конференция запатентовала этот прибор как эталон.

[править]Компенсационный пиргелиометр Ангстрема (часто — Онгстрёма)

В Западной Европе, в СССР и в России в качестве эталонного принят пиргелиометр Ангстрема<sup>[1]</sup>, созданный в 1896 году.

Приёмная часть прибора представляет собой две одинаковых очень тонкие зачернённые манганиновые пластины и термопару, соединённую с ними. Одна из пластин нагревается солнечным излучением, вторая, защищённая от солнечных лучей, нагревается электрическим током. При равных температурах пластин термопара не даёт тока. Количество солнечного тепла, поглощённого первой пластиной определяется по значению тока, подаваемого на вторую пластину для компенсации разницы температур.

В СССР пиргелиометры производились в Тбилиси<sup>[1]</sup>.

[править]Водоструйный пиргелиометр Аббота

В США эталонным прибором является водоструйный пиргелиометр Чарльза Аббота<sup>[1]</sup> с конструктивными поправками советского учёного В. М. Шульгина.

Датчиком этого пиргелиометра являлась помещённая под солнечный свет зачернённая камера, омываемая потоком воды. Такая же камера, но затенённая, нагревалась электрическим током так, чтобы температура выходящих из этих камер потоков воды была одинакова, что измерялось термоэлементами.

[править]Современные пиргелиометры

В современных пиргелиометрах в качестве сенсора используются термобатареи — ряд последовательно соединённых термоэлементов (полупроводниковые элементы, использующие термоэлектрические явления).



Современный пиргелиометр DR01 фирмы Hukseflux

### **Заключение**

Многие тысячелетия люди воспринимали лишь видимую часть волнового излучения Солнца. Позднее было обнаружено, что Солнце излучает не только видимый, но и невидимый простым глазом свет, а также заряженные частицы. Было установлено, что солнечная радиация способна преобразовать атмосферу Земли и взаимодействовать с ее поверхностью.

Подводя итог к данной курсовой работе что, солнечная радиация сильно влияет на Землю только в дневное время, безусловно - когда Солнце находится над горизонтом. Также солнечная радиация очень сильна вблизи полюсов, в период полярных дней, когда Солнце даже в полночь находится над горизонтом. Показано, что сумма радиации, полученной небесным телом, зависит от расстояния между планетой и звездой - при увеличении расстояния вдвое количество радиации, поступающее от звезды на планету уменьшается вчетверо (пропорционально квадрату расстояния между планетой и звездой). Таким образом, даже небольшие изменения расстояния между планетой и звездой (зависит от эксцентриситета орбиты) приводят к значительному изменению количества поступающей на планету радиации.

Радиационный баланс, например, на самых северных островах России отрицательный; в материковой части изменяется от 400 мДж/м<sup>2</sup> на крайнем севере Таймыра до 2000 мДж/м<sup>2</sup> на крайнем юге Дальнего Востока, в низовьях Волги и Восточном Предкавказье. Максимального значения (2100 мДж/м<sup>2</sup>) радиационный баланс достигает в Западном Предкавказье. Радиационный баланс определяет то количество тепла, которое расходуется на многообразные процессы, протекающие в природе. Следовательно, близ северных материковых окраин России на природные процессы, и прежде всего на климатообразование, расходуется в пять раз меньше тепла, чем у ее южной окраины.

Однако гораздо более сильно количество поступающей солнечной радиации зависит от смен времён года - в настоящее время общее количество солнечной радиации, поступающее на Землю, остаётся практически неизменным, но на широтах 65° северной широты (широта северных городов России, Канады) летом количество поступающей солнечной радиации более чем на 25% больше, чем зимой. Это происходит из-за того, что Земля по отношению к Солнцу наклонена под углом 23,3 градуса. Зимние и летние изменения взаимно компенсируются, но тем не менее по росту широты места наблюдения всё больше становится разрыв между зимой и летом, так, на экваторе разницы между зимой и летом нет. За Полярным кругом летом поступление солнечной радиации очень высоко, а зимой очень мало. Это формирует климат на Земле. Кроме того, периодические изменения эксцентриситета орбиты Земли могут приводить к возникновению различных геологических эпох: к примеру, ледникового периода. Факторы, влияющие на биогеохимические процессы и на климат Земли, определяются ее пространственным расположением относительно Солнца (наклон земной оси к плоскости орбиты Земли), расстоянием Земли от Солнца, условиями прохождения солнечных лучей и главным образом процессами, происходящими на Солнце, которые называют в целом солнечной активностью. Основой солнечно-земных связей является влияние солнечной активности на неустойчивость технических процессов, которые проходят на Земле, в ее атмосфере и околоземном космическом пространстве.

### Литературы

1. Шульгин И.А. - Солнечная радиация и растение. СПб.: Гидрометиздат, 2005. - 234 с.
2. Кузнецов В.Н, Идлис Г.М., Гущина В.Н. - Естествознание. М.: Агар, 3. - 358 с.
4. Мамонтов Г.С., Захаров В.Б. - Общая биология. М.: Высшая школа, 5. - 366 с.
6. Ку-Нан Лиоу. - Основы радиационных процессов в атмосфере, СПб.: Гидрометиздат, 2000. - 217 с.
7. Никифоров Г.С. - Психология здоровья, СПб.: Питер, 2003. - 255 с.
8. Шаров В.Б. - Здоровье и радиация, Челябинск: Урало-Сибирский Дом экономической и научно-технической литературы, 2002. - 189 с.
9. Катонов В.И., Плиниев С.Г. - О сельском хозяйстве, М.: Л. Сельхозгиз, 2010. - 302 с.
10. Марков, В.М. - Овощеводство, М.: Колос; Издание 2-е, перераб., 11. - 512 с.
12. Вракин В.Ф., Сидорова М.В, - Морфология с/х животных. М.: "Агропромиздат", 2005. - 539с.
13. Оболенский В.Н., - Метеорология, М.: Гидрометеиздат, 2004. - 638с.

# **Географическое распределение температуры воздуха в Беларуси**

Михеева А.И.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Климат, являясь одной из физико-географических характеристик среды, окружающей человека, оказывает решающее влияние на хозяйственную деятельность людей: на специализацию сельского хозяйства, размещение промышленных предприятий, воздушный, водный и наземный транспорт и т.п. Климат за период существования Земли претерпевал различные изменения. Но нам важно знать, как в свою очередь изменялся один из главных климатических показателей - температурный режим воздуха. Температура воздуха - это один из самых главных элементов погоды, которая характеризует тепловой режим всей атмосферы.

Температурный режим нашей страны определяется географическим расположением в умеренных широтах, влиянием приходящих воздушных масс воздуха с Атлантического океана, расположением территории Беларуси на юго-западе Восточно-Европейской равнине, что определяет равнинность ее рельефа. Цель доклада - изучение температурного режима воздуха территории Беларуси за последние 30 лет.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: на основе литературных источников, ресурсов Интернет выявить главные особенности температурного режима Беларуси и основные его черты; по данным метеорологических станций Беларуси рассчитать средние месячные, средние годовые температуры; изучить динамику температурного режима на территории Беларуси; Объект исследования - температурный режим как главный климатический показатель умеренно-континентального климата. В результате работы мной были проанализированы различные литературные источники, карты, графики, а также данные сети Интернет.

## **Географическое распределение температуры воздуха в Беларуси**

Климат любой территории формируется благодаря сложному взаимодействию разных атмосферных процессов, с одной стороны, и подстилающей поверхности - с другой. На территории Беларуси формируется умеренно континентальный климат. Основными факторами, влияющими на формирование климата Беларуси, являются географическое положение и рельеф. Особенности климата Беларуси обусловлены:

- 1) размещением территории республики в умеренных широтах;
- 2) преобладанием равнинного рельефа;
- 3) близостью Атлантического океана;
- 4) отсутствием крупных горных преград на путях воздушных масс на соседних с республикой территориях.

На территории Беларуси климат определяется как переходный от морского к континентальному. Основные его черты: зима - мягкая и влажная, с частыми оттепелями, лето - относительно прохладное и солнечное. Климатические показатели в разных регионах республики довольно значительно различаются. Основными среди них являются: солнечная радиация, атмосферная циркуляция, температура воздуха, влажность воздуха и осадки.

### **Солнечная радиация**

Солнечная радиация - одна из основных движущих сил климата, а также один из основных климатообразующих факторов, определяющих уровень развития и интенсивность геофизических процессов на Земле. Поступление солнечной радиации определяется положением территории Беларуси и зависит от высоты солнца над горизонтом в различные сезоны года, а также от продолжительности дня и облачности. Разность в высоте состояния солнца на территории Беларуси летом и зимой около  $47^\circ$ , а в продолжительности дня - свыше 10 часов. На севере Беларуси самый длинный день в 2,5 раза длиннее самого короткого, на юге - в 2,1 раз. Разница в продолжительности дня между ее северной и южной частями, как летом, так и зимой примерно 1 час. Угол падения солнечных лучей на севере Беларуси более острый, чем на юге, на протяжении всего года. Количество поступающей солнечной радиации летом почти одинаково на всей территории Беларуси. Зимой южные районы получают значительно больше солнечной радиации, чем северные. Это обстоятельство обусловило увеличение годовой солнечной радиации в направлении с севера на юг. Годовая суммарная солнечная радиация в северных районах составляет 3500 - 3600 МДж/м<sup>2</sup>. Южные районы получают более 4100 МДж/м<sup>2</sup>. Величина солнечной радиации изменяется не только территориально, но и на протяжении года. Больше всего солнечной радиации поступает в июне. Ее количество примерно в 15 раз больше, чем в декабре. Летом преобладает прямая солнечная радиация. На ее долю приходится 50-55 % от суммарной. Зимой и осенью из-за высокой облачности увеличивается доля рассеянной радиации (70-80 %). Практическое значение имеют продолжительность светлого времени суток, с которой связаны периоды развития растений длинного дня и полевые сельскохозяйственные работы, и продолжительность солнечного сияния, от которой зависит количество получаемой землей солнечной радиации. Эти величины зависят в первую очередь от положения солнца над горизонтом и поэтому увеличиваются в

направлении с севера на юг и от зимы к лету. В наиболее теплое время года (май - сентябрь) продолжительность солнечного сияния достигает в северной части Белоруссии (Полоцк) около 1200, а в южной части (Пинск) 1300 часов, или 68-71% годовой суммы. Самыми солнечными являются июнь и июль. В июле число часов солнечного сияния колеблется от 260-270 на севере и западе до 294 на юге и востоке, что составляет 56-61% возможного. Из-за облачности в течение всего года и особенно в холодный период фактическая продолжительность солнечного сияния сокращается до 41-46%. Наименьшая продолжительность солнечного сияния приходится на декабрь: 21 час на севере и 33 часа на юге, иначе 10-15% возможной. Большое и своеобразное действие оказывает облачность, которая уменьшает прямую и увеличивает рассеянную радиацию. Особенно резко снижаются потоки прямой радиации за счет облачности зимой, когда она достигает 12-17% возможной. В среднем за год рассеянная радиация превышает возможную почти на 60% и ее величина в Минске превосходит прямую радиацию в течение девяти месяцев (август - апрель), в том числе с сентября по февраль, в 2,5-4 раза. Заметно меняется радиационный режим в зависимости от экспозиции склонов и их крутизны: южные склоны в сравнении с северными и горизонтальной поверхностью освещаются солнцем более интенсивно и на протяжении более длительного времени, поэтому радиационный баланс здесь больше. При этом в наиболее выгодном положении оказываются пологие склоны любой ориентации, нежели крутые. Полученная земной поверхностью тепловая энергия расходуется на испарение и турбулентный теплообмен с атмосферой. Расход на теплообмен с почвой очень мал и при подсчетах за год им обычно пренебрегают. В среднем за год на территории Беларуси каждый квадратный сантиметр поверхности земли отдает воздуху от 5 до 7 ккал. В Горках, например, 84% тепловой энергии, полученной земной поверхностью за год, расходуется на испарение, 16% - на турбулентный теплообмен с атмосферой.

### **Атмосферная циркуляция**

В умеренных широтах преобладает западный перенос воздушных масс, поэтому для республики наиболее характерны западные ветры. В связи с изменением атмосферного давления зимой и летом направление ветров немного изменяется. Зимой преобладают юго-западные ветры, а летом - северо-западные. Повторяемость юго-западной части горизонта 45-50%. Юго-восточные ветры, связанные с юго-западной периферией сибирского антициклона или малоподвижными антициклонами Восточной Европы, их повторяемость 15-20%. Весной и осенью воздушные течения менее определены, чем летом и зимой. Ветры всех направлений почти равновероятны, хотя весной более выражены ветры юго-восточного направления, а осенью - юго-западного и западного. Максимальная повторяемость направлений ветра смещается в течение года по часовой

стрелке . Повторяемость направления ветра, Арктический воздух проникает чаще всего в тыл циклонических серий, движущихся на восток или северо-восток. При этом наступает резкое похолодание, сопровождающееся, особенно летом, порывистым ветром и переменной облачностью. Проникновение континентальных арктических и умеренных воздушных масс учащается к востоку, что и вызывает понижение зимних температур. Тропический воздух для территории Белоруссии менее характерен, чем умеренный и арктический. Его распространение ограничивается преимущественно юго-восточной частью республики. Приход тропического воздуха зимой, что наблюдается очень редко, обуславливает резкие повышения температуры и сильные оттепели. Летом участие тропического континентального воздуха в климатообразовании увеличивается, он отличается высокими температурами (до 38°С) и сухостью. При своем продвижении на север в передней части циклонов он трансформируется в континентальный и умеренный воздух, несколько увеличивая свою влажность, а понижая температуру . Такая атмосферная циркуляция обусловила преобладание на протяжении всего года атлантического воздуха умеренных широт. С ним связаны пасмурная погода и дожди летом, снег и оттепель - зимой. С востока на территорию республики проникают континентальные воздушные массы. Они обычно приносят сухую погоду зимой и летом. Периодически на территорию Беларуси поступают арктические воздушные массы. Северные ветры вызывают поздние весенние и ранние осенние заморозки, сильные морозы зимой. Характерной чертой атмосферной циркуляции на территории Беларуси является частая смена циклонов и антициклонов. Частое чередование разных типов воздушных масс приводит к неустойчивости погоды, особенно осенью и весной . В среднем за год скорость ветра в республике составляет 3,5 м/с на равнинах и возвышенностях и 3,0-3,5 м/с на низменностях и по долинам рек. Наиболее характерны для республики слабые ветры (2-5 м/с) .

### **Влажность воздуха**

Влажность воздуха зависит от свойств воздушных масс, прежде всего их температуры и содержания влаги. Для Беларуси характерна повышенная влажность воздуха в течение года. Обусловлено это преобладанием влажного атлантического воздуха со сравнительно невысокими температурами. В осенне-зимний период на всей территории Беларуси относительная влажность воздуха превышает 80%. Весной и летом она понижается до 50-60%, а в отдельные дни даже до 30%. Понижение относительной влажности воздуха обусловлено более высокими температурами. С высокой влажностью воздуха связана и значительная облачность над территорией Беларуси. В холодную половину года пасмурные дни составляют 85% времени, летом - 50%. С относительной влажностью связаны и туманы. Число дней с туманами в

Беларуси колеблется от 35 до 100. Самая большая повторяемость туманов (65-100 дней) характерна для Минской и Новогрудской возвышенностей. Чаще всего туманы возникают в замкнутых котловинах, на болотах и озерах. В течение года наибольшее число дней с туманами бывает в холодное полугодие (октябрь - март), 60-80% всей суммы. Повышенная влажность воздуха и высокая облачность приводят к выпадению большого количества осадков. Беларусь относится к зоне достаточного увлажнения. Режим осадков почти одинаков на всей территории Белоруссии: максимум приходится на июль и август, когда испарение влаги с океана и в особенности с поверхности почвы и транспирация растительности наиболее интенсивны, а минимум - на январь и февраль, когда резко уменьшается влагосодержание притекающего с Атлантического океана воздуха, теряющего влагу при прохождении над поверхностью суши. Исключение составляет юго-запад, где максимум осадков приходится на июнь. В отдельные годы ход осадков меняется. Количество осадков постепенно уменьшается с северо-запада на юго-восток. На него значительное влияние оказывает рельеф. В связи с этим центральная часть Беларуси, где преобладают возвышенности, получает 650-700 мм осадков. Самым увлажненным местом республики является Новогрудская возвышенность, где выпадает более 750 мм. На равнинах и низменностях северных и южных районов республики количество осадков уменьшается до 600-650 мм. Наблюдаются значительные колебания осадков по годам. В засушливые годы может выпасть всего 400 мм, а в наиболее влажные - свыше 1000 мм. Режим выпадения осадков почти одинаковый на всей территории Беларуси. На теплую половину года приходится 70% годовой суммы осадков. Более всего осадков выпадает в июле, меньше всего в феврале, марте и январе. В среднем за год количество суток с осадками на возвышенностях составляет около 180-190, а на низменностях уменьшается до 160-170. Чаще осадки выпадают зимой и осенью (ноябрь-январь). Летом осадки выпадают реже, но их интенсивность значительно больше. Они довольно часто сопровождаются грозами. Изредка осадки выпадают в виде града. температурный режим беларусь воздух Зимой осадки выпадают в виде снега и образуют снежный покров. Максимальная высота его обычно наблюдается в конце зимы. Она увеличивается с юго-запада на северо-восток от 15 до 35 см. Продолжительность периода со снежным покровом изменяется в том же направлении от 70 до 130 суток. В отдельные годы на юго-западе Беларуси устойчивый снежный покров не образуется.

### Сезоны года

Размещение территории Беларуси в умеренных широтах обусловило смену пор года. Согласно календарю, протяженность всех пор года равная - по 3 месяца. Но начало фенологической поры года в Беларуси обычно не совпадает с календарными датами. Она определяется значительными



изменениями в природе, которые изучает наука фенология, и обусловлена установлением определенных среднесуточных температур воздуха. Сроки их наступления довольно значительно отличаются в разные годы. Тем не менее многолетние наблюдения позволяют определить начало и продолжительность пор года на территории Беларуси. Наибольшие отличия по этим показателям наблюдаются при сравнении юго-западных и северо-восточных районов Беларуси. Это объясняется распределением годовых температур по территории страны. Начало весны связано с датой устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}$  во время повышения температур. Обычно весна начинается в марте: на юго-западе республики уже в начале месяца, на северо-востоке - в последние дни месяца. Фенологическая весна является самой короткой порой года. Длится обычно от 35 до 45 дней. Температуры воздуха повышаются очень быстро. Возрастает количество осадков. Происходят специфические фенологические явления: половодье на реках, прилет птиц, движение сока в деревьях и т.д. Погода весной очень неустойчивая, что связано с частой сменой холодных и теплых воздушных масс. Солнечные дни чередуются с пасмурными, часто фиксируются заморозки. Фенологическим летом считается промежуток времени, когда среднесуточные температуры воздуха превышают  $12^{\circ}\text{C}$ . На лето приходится 1200-1300 часов солнечного сияния (68-71% годовой суммы). К югу число часов солнечного сияния увеличивается. Наступает лето на территории Беларуси в начале мая: в первые дни - на юго-западе и в середине мая - на северо-востоке. Для большей части Беларуси лето является самой длительной порой года (от 140 до 160 дней). На этот период приходится более половины годовой солнечной радиации. На протяжении лета температуры воздуха обычно превышают  $15^{\circ}\text{C}$ , а иногда поднимаются выше  $30-35^{\circ}\text{C}$ . Самый теплый месяц лета - июль. В мае и начале июня арктические воздушные массы могут вызвать заморозки. В конце августа заморозки возможны в северных районах, а с конца сентября они уже отмечаются повсюду. Летом выпадает в 2-3 раза больше осадков, чем зимой. Осадки обычно интенсивные, часто сопровождаются грозами. Осень, как и весна, относится к переходным. Она незначительно превосходит весну по длительности. Фенологическая осень начинается во второй половине сентября, когда среднесуточные температуры воздуха становятся ниже  $12^{\circ}\text{C}$ . Продолжается 45-55 дней до перехода температурой воздуха отметки ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Осенью сокращается продолжительность дня, часто наблюдаются заморозки. Отличительная черта осени - активизация циклональной деятельности. Это приводит к более частым дождям, временами затяжным мелким. Почти каждый год фиксируется период так называемого "бабьего лета". Наиболее характерные фенологические явления осени - отлет перелетных птиц и окончание вегетации растений. Осенью часты туманы, преимущественно радиационного и адвективно-радиационного происхождения, связанные со значительным охлаждением поверхности Земли и последующем вторжении теплого

влажного воздуха. В исключительных случаях в октябре бывают грозы. Осенью природа постепенно замирает. В середине сентября после первых заморозков начинается листопад, который заканчивается обычно в конце октября: Наступает сырая и пасмурная поздняя осень с нарастающими холодами и морозящими Дождями. Зима начинается обычно во второй половине ноября после устойчивого перехода среднесуточных температур через  $0^{\circ}$  в сторону понижения. Это вторая по продолжительности пора года, а на северо-востоке страны она даже немного длиннее лета. Температурный режим зависит от атмосферной циркуляции, поэтому изотермы имеют меридиональное направление. Зима мягкая, характерной ее чертой являются частые оттепели. Их количество за зиму в среднем составляет 8-9. Благодаря отрицательным температурам на всей территории Беларуси устанавливается снежный покров. Зимой значительно больше пасмурных дней и осадки выпадают чаще, но их интенсивность небольшая. Преобладающий зимой морской воздух умеренных широт оказывает решающее влияние на характер погоды. Одним из результатов глубокого проникновения в пределы республики морских воздушных масс являются частые оттепели: в декабре от 12 до 20 дней с оттепелью, в январе и феврале - от 7 (на севере) до 15 (на юго-западе). В теплые зимы в декабре наблюдается 20 и более дней с оттепелью, в январе и феврале - более 10. В исключительных случаях зимой в Белоруссии бывают грозы. Антициклональные арктические воздушные массы, вторгающиеся на территорию Беларуси, вызывают морозы до  $35^{\circ}$  на юге и  $40^{\circ}$  в средней и северной частях. Устойчивый снежный покров устанавливается на большей части территории в декабре и лишь на северо-востоке - в конце ноября и держится соответственно около двух и более четырех месяцев. Общая характеристика температурного режима Беларуси. Температура воздуха - важнейший элемент погоды и климата, который характеризует тепловой режим атмосферы. Температурный режим воздуха над территорией Беларуси зависит от солнечной радиации, смены циклонов и антициклонов, превосходства западного переноса ветра. В результате совместного действия воздушных течений, солнечной радиации и подстилающей поверхности создается своеобразный тепловой режим Беларуси, который характеризуется постепенным понижением температуры воздуха в направлении с юго-запада на северо-восток (летом с юго-востока). Это подтверждается положением средне годовых изотерм, которые вытянуты в направлении с северо-запада на юго-восток и изменяются от  $7,4^{\circ}$  в Брестской до  $4,4^{\circ}$  и ниже в Витебской областях. Климат Беларуси характеризуется положительными среднегодовыми температурами воздуха. В теплый период года астрономические и радиационные факторы определяют субширотный характер изменения температуры воздуха. В холодный период особенности циркуляции атмосферы определяют субмеридиональное направление изотерм. Средняя годовая температура воздуха с северо-востока на юго-запад изменяется от  $4,5$  до  $7,0^{\circ}\text{C}$ . Важными характеристиками оценки

теплообеспеченности территории республики являются продолжительность периодов с температурами выше или ниже определенных пределов и суммы накопленных температур. Продолжительность периода с температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  в республике составляет 230-263 дня, с температурой  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  - 185-208 дней,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  - 140-160 дней и  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  - 77-108 дней. Все они увеличиваются с северо-востока на юг, юго-запад. Суммы активных температур за периоды с температурой  $\geq 5$ ,  $\geq 10$  и  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  составляют соответственно 2385-2850 $^{\circ}\text{C}$ , 2040-2495 $^{\circ}\text{C}$  и 1200-1800 $^{\circ}\text{C}$ . Термические ресурсы территории Беларуси позволяют возделывать основные сельскохозяйственные культуры средней полосы, требующие менее 2000 $^{\circ}\text{C}$  активных температур за вегетационный период. Декабрь обычно самый теплый месяц зимы. Средняя температура в декабре становится отрицательной по всей территории республики: от  $-2^{\circ}\text{C}$  на юго-западе, до  $-5,5^{\circ}\text{C}$  на северо-востоке. Изотермы января имеют близкий к меридиональному ход. Обусловлено это влиянием атмосферной циркуляции. Атлантические воздушные массы в большей степени отепляют юго-западные районы республики. Средняя температура января возрастает с востока и северо-востока на юго-запад от  $-8,0^{\circ}\text{C}$  до  $-4,5^{\circ}\text{C}$ . В последние годы эти значения уменьшились на несколько градусов. Февраль в Беларуси несколько теплее января. Температура воздуха изменяется от  $-3,5^{\circ}\text{C}$  на юго-западе до  $-7,5^{\circ}\text{C}$  на востоке. Зимой наблюдаются самые большие перепады температур. В отдельные периоды (при антициклонической циркуляции) почти ежегодно температура понижается до  $-22$  -  $-30^{\circ}\text{C}$ , самые низкие из отмеченных температур воздуха достигали  $-40$  -  $-44^{\circ}\text{C}$ . В среднем за зиму наблюдаются 8-9 оттепельных периодов, в сумме от 25 дней на северо-востоке до 50 на юго-западе. Дневные температуры в период оттепели поднимаются до  $+3$  -  $+5^{\circ}\text{C}$ , а иногда и до  $+10$  -  $+15^{\circ}\text{C}$ . Для этого периода характерна пасмурная погода с осадками и туманами. В последние годы увеличилось число и продолжительность оттепельных периодов, максимальные и среднесуточные температуры при оттепелях стали более высокими. В марте средняя температура на большей части территории республики остается еще отрицательной ( $-0,5$ ... $-3,5^{\circ}\text{C}$ ). Однако на последние 12 лет приходится большая часть исключительно теплых мартов. В апреле температура возрастает с севера на юг от  $+4,5^{\circ}\text{C}$  до  $+7,5^{\circ}\text{C}$ . В мае температура воздуха достигает  $+12$  -  $+14^{\circ}\text{C}$ . Весной уменьшается облачность и относительная влажность воздуха. Возвраты холодов и заморозков возможны до середины мая, изредка бывают и в июне. Летом распределение температур в большей степени зависит от притока солнечной радиации. Поэтому в июне продолжается сравнительно быстрый рост температуры. Средняя месячная температура июля повышается от  $17,0$  до  $18,5^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность светового дня достигает максимума. Средняя температура составляет  $+15$  -  $+17^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура самого теплого месяца - июля составляет от  $+17,5$  до  $+18,5^{\circ}\text{C}$ . В отдельные дни температура воздуха повышается до  $+28$  -

+32°C (максимальная температура составляет +36 - +38°C). В августе начинается плавное уменьшение температуры до +15,5 - +17,5°C. В конце августа в северных районах уже возможны заморозки. В сентябре температура воздуха составляет +10,5 - +13°C. Практически во всех районах Беларуси наблюдаются заморозки. В этот период возможны периоды кратковременного возврата тепла, так называемого “бабьего лета”. Переход температуры воздуха через +5°C в сторону понижения происходит во второй половине октября. В первой половине ноября температура воздуха понижается до отрицательной, выпадает снег, однако в юго-западной части республики температура остается еще положительной (+2 - +2,5°C). Устойчивый снежный покров образуется только в начале декабря на северо-востоке и в конце месяца на юго-западе. Годовые амплитуды температур воздуха увеличиваются по мере отдаления от Атлантического океана. На западе Беларуси они составляют около 23°, на востоке - выше 26°. Таким образом, континентальность климата Беларуси возрастает с запада на восток, хотя и не достигает тех размеров, которые характерны для восточных районов Европейской части России. В отдельные годы температуры как летних, так и зимних месяцев отличаются от средних многолетних. Так, абсолютные максимумы температур повышаются иногда до 35-36° на севере и до 38° на юге. Наибольшие абсолютные максимумы температур приходится преимущественно на август, но чаще на июль, реже - на август, еще реже - на июнь и в виде исключения - на май. Абсолютные минимумы температур понижаются на севере и востоке Белоруссии до - 44°, в средней части - до - 39°, на западе до - 40°, на юге - до - 35-36°. Чаще всего они наблюдаются в январе, реже - в феврале, иногда - в декабре. Переход от зимнего расположения изотерм к летнему и наоборот происходит на всей территории Беларуси более или менее одновременно: весной - в апреле, осенью - в конце сентября. Временная изменчивость температуры характеризуется величиной среднего квадратичного отклонения. Для областных городов и длиннорядных станций республики эта величина приведена в В связи с малой изменчивостью ее по территории данные таблицы могут быть использованы для оценки возможных колебаний  $t^\circ$  любого пункта республики по ближайшему пункту, приведенному в таблице. Изменение во времени средней месячной температуры воздуха (как и ряда других средних месячных характеристик: давления, влажности и пр.) достаточно хорошо описывается нормальным законом распределения. Это позволяет по величине  $s$  судить о повторяемости (обеспеченности) различных по величине средней месячной температуры от средней многолетней, приведенной на картах. Общеизвестно, что величина отклонения в долях  $s$  соответствует следующей обеспеченности  $P\%$  (суммарной повторяемости) этого явления и наоборот. Так, в 10% лет (обеспеченность 10%) средние месячные температуры воздуха будут отличаться от средней многолетней на величину, превышающую  $\pm 1,6s$ . Например, при  $s = 2,0^\circ\text{C}$  они будут отличаться от средней на  $3,2^\circ\text{C}$  и больше, а так как повторяемость положительных и

отрицательных отклонений примерно одинаково, то в 5% лет температура воздуха вероятно выше средних на  $3,2^{\circ}\text{C}$  и более и в 5% лет ниже средних месячных на такую же величину. В 90% лет средние месячные значения будут колебаться в пределах среднего значения  $\pm 1,6\text{s}$ . Сопоставление вероятностных значений, полученных аналитически (с использованием закона нормального распределения), и эмпирической вероятности, рассчитанной по фактическим значениям средней месячной температуры, дает для значений, повторяющихся раз в 10 лет и чаще, расхождения, не превышающие  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Из года в год средние месячные температуры каждого месяца значительно меняются. Среднее квадратическое отклонение (s) в декабре составляет  $2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ . Январь характеризуется максимальным на всей территории Беларуси квадратическим отклонением, которое составляет  $\pm 3,5-4,5^{\circ}\text{C}$ . Среднее квадратическое отклонение февраля лишь на несколько десятых меньше, чем в январе и составляет  $\pm 3,5-4,0^{\circ}\text{C}$ . В марте изменчивость средних месячных температур меньше, чем в зимние месяцы, что связано с ослаблением атмосферной циркуляции. Среднее квадратическое составляет  $\pm 2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ . Временная изменчивость температуры в апреле приводит к уменьшению среднего квадратического отклонения  $\pm 1,5-2,0^{\circ}\text{C}$ . Летом временная изменчивость температуры минимальна,  $s = \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ . Осенью среднее квадратическое отклонение такое же, как летом - в среднем  $s \approx 1,5^{\circ}\text{C}$ .

### **Температурный режим беларуси за период 1975-2007гг.**

Для работы были взяты значения средней месячной и средней годовой температуры воздуха по метеостанциям Беларуси (47) с 1975 по 2007 гг. Статистический анализ данных был проведен с помощью Excel. Были рассчитаны: среднее арифметическое, минимальные и максимальные значения температур, среднее квадратическое отклонение и др. Данные представлены в тексте и в метеорологии наиболее распространено вычисление среднего арифметического, так как оно является наиболее общей характеристикой температурного режима воздуха. Вычисляется оно по формуле:  $\bar{x} = (n_1 + n_2 + \dots + n_k) / k$ , где Минимальные и максимальные температуры являются экстремальными значениями. Максимальная температура характеризует наивысшую температуру наиболее теплой части периода, а минимальная - самую низкую температуру более холодной части периода. Для того, чтобы их рассчитать требуется из имеющихся значений выбрать наибольшее и наименьшее число. Временная изменчивость характеризуется средним квадратическим отклонением, то есть числом, которое показывает на сколько отклоняется температура данного месяца или года от среднего арифметического значения. Для того, чтобы вычислить среднее квадратическое отклонение, необходимо сумму всех дисперсий температуры (дисперсия - это разность данной температуры и среднего арифметического

возведенная во вторую степень) поделить на количество лет и из полученного извлечь квадратный корень.

### **Годовой ход температуры воздуха**

Годовой ход температуры воздуха является одной из основных характеристик климата. В качестве параметров годового хода температуры воздуха в работе применяются среднемесячные температуры воздуха. Среднее месячное значение температуры воздуха является наиболее общей характеристикой температурного режима. Оно позволяет получить представление о температурном фоне любого района, определить изменения температуры по территории и на протяжении года и, наконец, проследить температурные изменения или колебания во времени. Годовой ход температуры воздуха на территории Беларуси определяется ее расположением в умеренной зоне, что обуславливает четкое подразделение температурных условий на сезоны года. Всего выделяется 4 сезона: зима, весна, лето, осень. Весна и осень являются переходными сезонами. Каждый сезон включает по 3 месяца. Внутри сезонов температура воздуха более постоянна или имеет однонаправленное изменение и преобладающие типы погоды. Каждый сезон имеет свои температурные границы, однако для рассмотрения средних месячных температур удобнее использовать календарные сезоны, постоянные по времени. Для того, что бы проследить годовой ход температуры, мы вначале рассмотрим: как изменяется средняя месячная температура от сезона к сезону и от месяца к месяцу. Самым холодным сезоном является зима, которая начинается со второй декады ноября и продолжается в среднем до последней декады марта. Поскольку даты перехода через 0°C изменяются из года в год и непостоянны даже в течении одной зимы, так как температура часто колеблется около 0°C, то для характеристики зимних условий использован период календарной зимы (декабрь - февраль). В зимние месяцы, когда приход солнечной радиации сравнительно не велик, основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. Господство то влажных и теплых воздушных масс с Атлантики, то холодных континентальных, приходящих с Азиатского материка, создает неустойчивый характер белорусской зимы. За период инструментальных наблюдений не было в Беларуси ни одной зимы без оттепелей. Средняя непрерывная продолжительность оттепельного периода 4-6 дней. Иногда они непрерывно продолжаются в течение месяца. Для оттепельных периодов характерна пасмурная с осадками, ветрами и туманами погода. Морозные периоды (без оттепелей) устанавливающиеся в основном при антициклонических условиях погоды, имеют среднюю продолжительность 5-7 дней. Максимальная за сезон продолжительность в большинстве лет достигает 11-20 дней. Для морозных дней, сменяющих оттепели, более характерны метели, зернистая и кристаллическая изморось, а временами - безоблачная погода с очень низкими

температурами воздуха. Декабрь - наиболее теплый месяц зимы, хотя в это время минимальны высота солнца над горизонтом, и величина приходящей солнечной радиации, и продолжительность солнечного сияния. Продолжает согревать воздух еще не остывшая подстилающая поверхность, часто свободная от снега. Больше тепла, чем в последующие месяцы, приносят воздушные массы, сформированные над медленно охлаждающейся водной поверхностью Атлантического океана. Средняя по республике температура воздуха, полученная непосредственным осреднением данных 47 метеостанций, достаточно равномерно расположенных на ее территории, составляет в декабре - 3,4°C В очень холодном 1978 г. при длительном сохранении антициклонального характера погоды средние месячные температуры достигали - 10... - 14°C и только на юго-западе были несколько выше. Следует отметить, что в период очень теплых зим конца 1980-х - начала 1990-х гг., декабрь из всех зимних месяцев был наименее аномальным и часто являлся самым холодным месяцем. Январь - наиболее холодные месяц зимы. По сравнению с предыдущим месяцем температура воздуха понижается еще на 1,5-3,0°C. Несмотря на увеличение высоты солнца над горизонтом и увеличение суммарной солнечной радиации, радиационный баланс остается отрицательным и даже несколько уменьшается по сравнению с предыдущим месяцем, что связано с увеличением альбедо подстилающей поверхности, покрытой снежным покровом. Большую роль играет и изменение температуры приходящих воздушных масс. В январе и последующем феврале продолжает охлаждаться водная поверхность. Приходящие с Атлантики воздушные массы в январе имеют более низкую температуру, чем в предыдущем месяце. То же можно сказать и о холодных воздушных массах, приходящих с северо-востока и северо-запада. Формируясь в условиях полярной ночи или очень низкого стояния солнца над заснеженными территориями, они имеют более низкие температуры, чем в декабре. Средняя температура республики в целом в январе составляет - 4,7°C. В наиболее холодном январе 1987 г., когда наблюдались частые вторжения воздушных масс из Атлантического бассейна, средняя  $t^{\circ}$  воздуха за месяц составила - 15... - 18°C. В наиболее же теплые годы январская температура лишь немногим, на 1-2°C, ниже декабрьской. Февраль в Беларуси по температурным условиям близок к январю. Радиационный баланс возрастает до положительных значений на юге республики и слабоотрицательных на севере. Однако это не приводит к заметному росту температуры воздуха. по-прежнему основным источником тепла являются воздушные массы, приходящие с Атлантики, и изотермы составляют с меридианом угол близкий к 45°. Южные районы республики начинают прогреваться солнцем более значительно. В среднем по республике температура воздуха в феврале составляет - 4,9°. В последнее 30-летие очень холодный февраль был в 1985 г. Средняя месячная температура на территории республики изменялась от - 13°C на юго-западе до - 17°C на востоке. Отрицательные аномалии составляли

- 7... - 10°C. Как и в январе, абсолютный максимум средней месячной температуры в феврале приходится на теплый период конца 80-х - начала 90-х годов. Очень теплым был февраль 1989 г., когда на всей территории республики температуры удерживались в пределах 0-3°C тепла, что на 7-8°C было выше нормы. Это был самый теплый февраль за предыдущий 100-летний период наблюдений. Весна характеризуется быстрым нарастанием температуры воздуха, которое достигает максимума в начале апреля после схода снежного покрова. Весной быстро возрастает продолжительность дня, высота солнца над горизонтом и, как результат, количество приходящей радиации. Растет величина радиационного баланса, особенно после схода снежного покрова в связи с уменьшением альбедо. В связи с выравниванием температуры суши и водной поверхности океанов уменьшается циклоническая деятельность. Это приводит к уменьшению облачности и относительной влажности воздуха, поэтому весна в Беларуси воспринимается как пора света, чистого неба, молодой земли. Тем не менее, весной бывают и снежные заряды, и периодические возвраты холодов, и временами пасмурное небо, но они быстро сменяются хорошей погодой, продолжительность которой все увеличивается. Март еще является холодным месяцем года. Лишь на юго-западе снежный покров исчезает в начале месяца, на северо-востоке он сохраняется до конца его. Средняя республиканская температура воздуха в марте составляет - 0,1°C. Самой холодной в марте становится территория северной Витебской области. Самой теплой остается Брестская область. Температура центральных областей понижается с запада на восток. Изменчивость средних месячных температур в марте меньше, чем в зимние месяцы, что связано с ослаблением атмосферной циркуляции. Несмотря на то, что март является месяцем с отрицательной температурой, таких низких, как в зимние месяцы, температур уже не наблюдается. Если в среднем температура марта на 4°C выше февральской, то в холодные месяцы разница с февральской достигает 6-7°C, тогда как температура теплых месяцев возрастает всего на 2-3°C. Продолжительность похолоданий невелика и в среднем за месяц t° ниже - 11°C не опускалась. В аномально теплом марте 1990 г. температура воздуха составила 3,0-6,5°C (что на 6-7°C выше нормы). Эта аномалия явилась продолжением очень теплой бесснежной зимы. Отсутствие снежного покрова, вторжение теплых воздушных масс и превышающая норму продолжительность солнечного сияния, в южной половине на 30-40%, обеспечивали такие высокие температуры этой весной. Почти таким же теплым был март 1992 г., когда средняя месячная температура воздуха составила 3-6°C, немногим уступал и март 1989 г. - средняя месячная температура была 2-5°C. Апрель - месяц теплого полугодия. Изотермы, имея в основном широтный характер, огибают с севера более прогретые долины и с юга - возвышенности. Осредненная по территории республики температура в апреле составляет 7,0°C. По-прежнему самой холодной является Витебская область и самой теплой - юго-западная



Брестская. Заметно повышается температура на востоке и юго-востоке. Значительно уменьшились различия температур Брестской и Гомельской областей. Температура восточной Могилевской уже достигла уровня центральной Минской, хотя и уступает еще западной Гродненской. В холодные годы сохраняется зимнее распределение температуры воздуха с наиболее низкими температурами на востоке республики (Могилев) и наиболее теплым юго-западом (Брест). В теплые годы уже в апреле прослеживается летнее распределение температуры с более низкими на севере (Витебск) и северо-западе и самыми высокими на юго-востоке (Гомель). Разница средних месячных температур теплых и холодных апрелей может превышать 10°C. В мае температура в республике возрастает на 6,0-7,5°C и достигает 12-14°C. Температурное поле, в связи с более значительным прогреванием прохладных ранее восточных районов, становится более однородным. Более теплыми становятся восточные районы республики. Средняя многолетняя температура Гомельской области в мае выше, чем Брестской. Среди центральных областей более высокая температура характерна для восточной Могилевской области, в Минской и Гродненской температуры выравниваются. Самой холодной является Витебская область. Средняя температура по Беларуси в мае 13,1°C. В самом холодном 1980 г. температура воздуха по республике составляла 7,5-10,0°C. В теплые годы на большей части республики май был теплее июня. Подобное наблюдается достаточно редко - на востоке в среднем раз в 10 лет, на западе - раз в 20 лет. Таким образом, весной нарастание температуры идет столь быстро, что за весь столетний период на протяжении одной весны каждый последующий месяц был теплее предыдущего. Самый холодный апрель был все же теплее предшествующего марта. И каждый май был теплее предыдущего апреля. Хотя, если брать месяцы различных лет, это неравенство может и не. Лето начинается с перехода средней суточной температуры через 14°C (средняя температура вегетационного периода) во второй - третьей декаде мая. В летний период в связи ослаблением Исландской депрессии уменьшается циклоническая деятельность в умеренных широтах. Усиливается влияние Азорского максимума, который регенерирует антициклоны, направляющиеся к востоку. Преобладание малооблачной погоды обуславливает определяющие влияние солнечной радиации на формирование климата. Это приводит к широтному изменению, к усилению влияния рельефа в долинах, лучше прогреваемых, изотермы отклоняются к северу, а на возвышенностях - к югу. Температурные контрасты по территории невелики, находятся в пределах 1,5-2,0°C. В июне продолжается нарастание температуры воздуха, хотя и более медленно, чем в весенние месяцы. Достигают максимума продолжительность солнечного сияния и величина радиационного баланса. Средняя месячная температура воздуха составляет 16,3° С июня начинает уменьшаться величина поступающей солнечной радиации. Однако температура, как поверхности суши, так и океана, уже хорошо прогретая к

этому времени, получая, хотя и несколько уменьшающееся количество тепла, продолжает повышаться. Продолжает повышаться температура воздуха. На территории Беларуси она достигает 17,5-18,5°C, а максимум составляет 19,2°C. Холодная и дождливая погода летом отмечается в годы интенсивной циклонической деятельности. Циклоны тогда либо проходят через территорию республики, либо перемещаются (а иногда и стационарируют, и тогда похолодания нося длительный характер) к югу или востоку от Беларуси и по их периферии на территорию республики происходит заток холодных воздушных масс. В наиболее холодные летние месяцы температура воздуха составляла в июле 1979 г. - 14,0-15,5°C (аномалия - более 3°C), а в августе 1987 г. - 13,5-15,5°C (аномалия - 2,0-2,5°C). Чем реже циклонические вторжения, тем теплее в летний период. В наиболее теплые годы положительные аномалии достигали 3-4°C (август 1992 гг.) и на всей территории республики температура удерживалась в пределах 19,0-20,0°C и выше [1, с.67]. Осень начинается с понижения средней суточной температуры воздуха ниже 10°C (окончание активной вегетации растений). В Беларуси этот переход происходит в последней декаде сентября - начале октября. В сентябре происходит резкое падение величины радиационного баланса - от августа к сентябрю он сокращается почти в два раза, с 252 до 137 мДж/м<sup>2</sup> в Минске. Происходит перестройка барического поля атмосферы. Растет давление над охлаждающимся материком, усиливается роль Исландской депрессии в углублении циклонов, идущих из Северной Атлантики на Европейский континент. Смещается к югу и ослабляется Азорский максимум. Все более глубокие циклоны оказывают влияние на погоду в Беларуси. Чаше и длительнее периоды ухудшения погоды. Из месяца в месяц на 4-6°C понижается температура воздуха. Средняя месячная температура сентября по республике составляет 11,9°C. Изотермы еще имеют широтный характер, но юго-запад уже на 0,5°C теплее юго-востока. И наиболее низкие температуры отмечаются на северо-востоке. В наиболее теплые годы (1975, 1994) температура воздуха составляла 14,0-16,0°C в наиболее холодные (1973, 1986, 1993) - 8,0-10,0°C. В октябре на большей части территории республики температура воздуха составляет 5,3-8,0°C. усиливается роль адвекции в формировании температурного поля, что приводит к появлению меридиональной составляющей в распределении изотерм и уменьшению влияния рельефа. Температура возвышенностей и окружающих равнин почти не различается. Идет дальнейшее понижение средних областных температур воздуха, более интенсивное на востоке, чем на западе. Средняя температура октября по республике 6,5°C Температура в отдельные годы изменяется от 10-12 до 0,4°C. В холодном 1976 г. в Витебске, на единственной станции в республике, октябрь 1976 г. имел отрицательную температуру. В ноябре продолжается резкое падение температуры воздуха. Как и в предыдущем месяце, оно составляет 6,0°C. Положение изотерм типичное для зимнего периода. Средняя месячная температура воздуха составляет 0,6°C .В

отдельные годы ноябрь оказывается по настоящему зимним месяцем, тогда средняя месячная температура воздуха по большей части республики составляет - 4,0... - 7,0°C. Необычно холодным был ноябрь 1993 г., когда в течение почти всего месяца погода формировалась под влиянием арктического воздуха, вторгавшегося на территорию республики по периферии антициклонов, стационарировавших севернее Беларуси. В отличие от весны, в конце осени уже возможны единичные исключения. Октябрь 1976 г. на северо-востоке был очень холодным, на несколько десятых долей градуса холоднее следующего ноября. Ноябрь 1993 г. оказался холоднее декабря и даже января следующего года, что было обусловлено необыкновенно устойчивыми мощными антициклонами, стационарирующими севернее Беларуси, по периферии которых на территории республики осуществлялся заток холодного арктического воздуха. Рассмотрев средние месячные температуры по сезонам и по каждому месяцу, можно дать краткую характеристику годового хода температуры воздуха. Температура воздуха в течение года возрастает, достигая максимума в июле, а затем убывает, достигая минимума в феврале. Среднегодовая температура воздуха в Беларуси за данный период составляет 6,5°C. Теплый период года начинается в середине марта, когда температура проходит через 0°C. Холодный начинается с третьей декады ноября, когда температура проходит через 0°C, принимая отрицательные и в холодный период, в целом за год восточные области оказываются холоднее западных, расположенных на тех же широтах. Годовая температура более стабильна во времени, чем средние месячные.

### **Многолетний ход температуры воздуха**

Наблюдения за температурой воздуха за период 1975-2007 показали, что в Беларуси, в силу ее небольшой территории, отмечаются в основном синхронные колебания температуры во все месяцы года. Синхронность особенно выражена в холодные времена. Полученные за последние 30 лет средние многолетние значения температуры недостаточно устойчивы. Это связано с большой изменчивостью средних значений. В Беларуси среднее квадратическое отклонение в течение года изменяется от 1,3°C летом до 4,1°C зимой, что при нормальном распределении элемента позволяет получать средние многолетние значения за 30 лет с погрешностью в отдельные месяцы до 0,7°C. Среднее квадратичное отклонение годовой температуры воздуха за последние 30 лет не превышает 1,1°C и медленно растет к северо-востоку с ростом континентального климата. Максимальное среднее квадратическое отклонение приходится на январь и февраль (на большей части республики в феврале оно составляет  $\pm 3,9^\circ\text{C}$ ). А минимальные значения приходятся на летние месяцы, в основном на июль ( $s = \pm 1,4^\circ\text{C}$ ), что связано с минимальной временной изменчивостью температуры воздуха. Наиболее высокая температура в целом за год отмечена на преобладающей части территории

республики в 1989 г., для которого характерны необычно высокие температуры холодного периода. И лишь в западных и северо-западных районах республики от Лынтуп до Волковыска в 1989 г. не были перекрыты самые высокие температуры, отмеченные здесь в 1975 г. (положительная аномалия отмечалась во все сезоны года). Таким образом, отклонение составило  $\sim 2,5$ . Начиная с 1988 по 2007 г. средняя годовая температура была выше нормы (исключение составляет 1996 г.). Эта последняя положительная флюктуация температуры была самой мощной за всю историю инструментальных наблюдений. Вероятность случайности двух 7-летних серий положительных аномалий температуры составляет менее 5%. Из 7 самых крупных положительных аномалий температуры ( $t > 1,5^\circ\text{C}$ ) 5 приходится на последние 14 лет. Среднегодовая температура воздуха за период 1975-2007 гг. имела возрастающий характер, что связано с современным потеплением, которое началось с 1988г. Рассмотрим многолетний ход годовой температуры воздуха по областям. Рисунок 8 – Многолетний ход температуры воздуха в Бресте Рисунок 9 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Гомеле В Бресте Среднегодовая температура воздуха составляет  $8,0^\circ\text{C}$ . Теплый период начинается с 1988 г. Самая высокая годовая температура отмечалась в 1989 г. и составляла  $9,5^\circ\text{C}$ , самая холодная - в 1980 г. и составляла  $6,1^\circ\text{C}$ . Теплые годы: 1975, 1983, 1989, 1995, 2000. К холодным относятся 1976, 1980, 1986, 1988, 1996, 2002 (рисунок 8). В Гомеле среднегодовая температура составляет  $7,2^\circ\text{C}$ . Многолетний ход годовой температуры аналогичен Бресту. Теплый период начинается с 1989 г. Самая высокая годовая температура отмечена в 2007 г. и составила  $9,4^\circ\text{C}$ . Самая низкая - в 1987 г. и составила  $4,8^\circ\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1984, 1990, 2000, 2007. Холодные - 1977, 1979, 1985, 1987, 1994 (рисунок 9). Рисунок 10 – Многолетний ход годовой температуры воздуха в Гродно В Гродно среднегодовая температура составляет  $6,9^\circ\text{C}$ . Многолетний ход годовых температур имеет возрастающий характер. Теплый период начинается с 1988 г. Самая высокая годовая температура была в 2000 г. и составляла  $8,4^\circ\text{C}$ . Самая холодная - 1987 г.,  $4,7^\circ\text{C}$ . Теплые годы: 1975, 1984, 1990, 2000. Холодные - 1976, 1979, 1980, 1987, 1996. В Витебске среднегодовая температура за данный период составляет  $5,8^\circ\text{C}$ . Годовые температуры имеют возрастающий характер. Самая высокая годовая температура была в 1989 г. и составляла  $7,7^\circ\text{C}$ . Самая низкая - в 1987 г. и составляла  $3,5^\circ\text{C}$ ). В Минске среднегодовая температура составляет  $6,4^\circ\text{C}$ . Самая высокая годовая температура была в 2007 г. и составляла  $8,0^\circ\text{C}$ . Самая низкая была в 1987 г. и составляла  $4,2^\circ\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1984, 1990, 2000, 2007. Холодные - 1976, 1980, 1987, 1994, 1997, 2003. В Могилеве средняя годовая температура за период 1975-2007 гг. составляет  $5,8^\circ\text{C}$ , как и в Витебске. Самая высокая годовая температура была в 1989 г. и составляла  $7,5^\circ\text{C}$ . Самая низкая в 1987 г. -  $3,3^\circ\text{C}$ . Теплые года: 1975, 1983, 1989, 1995, 2001, 2007. Холодные - 1977, 1981, 1986, 1988, 1994, 1997 Многолетний ход температуры воздуха в январе

характеризуется средним квадратическим отклонением, которое составляет  $\pm 3,8^{\circ}\text{C}$ . Средние месячные температуры в январе наиболее изменчивы. Средняя месячная температура января в наиболее теплые и холодные годы отличалась на  $16-18^{\circ}\text{C}$ . Если средние многолетние значения январских температур ниже декабрьских на  $2,5-3,0^{\circ}\text{C}$ , то разности наиболее холодных лет весьма значительны. Так, средняя температура холодных январей 5% -й обеспеченности на  $5-6^{\circ}\text{C}$  ниже температуры холодных декаблей той же обеспеченности и составляет  $-12... -16^{\circ}\text{C}$  и менее. В наиболее холодном январе 1987 г., когда наблюдались частые вторжения воздушных масс из Атлантического бассейна, средняя  $t^{\circ}$  воздуха за месяц составила  $-15... -18^{\circ}\text{C}$ . В наиболее же теплые годы январская температура лишь немногим, на  $1-2^{\circ}\text{C}$ , ниже декабрьской. Необычно теплые январы отмечаются в Беларуси несколько лет подряд, начиная с 1989г. В 1989г. На всей территории Беларуси, за исключением крайнего запада, средняя месячная температура января была наибольшей за весь период инструментальных наблюдений: от  $1^{\circ}\text{C}$  на востоке до  $+2^{\circ}\text{C}$  на крайнем западе, что на  $6-8^{\circ}\text{C}$  выше средних многолетних значений. Январь 1990 г. лишь на  $1-2^{\circ}\text{C}$  уступал предыдущему. Положительная январская аномалия последующих лет была несколько меньше и тем не менее составила  $3-6^{\circ}\text{C}$ . Для этого периода характерно преобладание зонального типа циркуляции. На протяжении зимы и, главным образом второй ее половины, территория Беларуси почти непрерывно оказывается под влиянием теплого и влажного воздуха Атлантики. Преобладает синоптическая ситуация, когда через Скандинавию с дальнейшим продвижением на восток смещаются циклоны и вслед за ними развиваются теплые отроги Азорского максимума. За данный период самым холодным месяцем на большей территории Беларуси является февраль, а не январь. Это относится к восточным и северо-восточным районам (Гомель, Могилев, Витебск и др.) А вот, например, в Бресте, Гродно и Вилейке, которые находятся на западе и юго-западе, самым холодным за этот период являлся январь (в 40% лет). В среднем по республике 39% лет именно февраль является наиболее холодным месяцем года. В 32% лет наиболее холодным является январь, в 23% лет - декабрь, в 4% лет - ноябрь. Временная изменчивость температуры летом минимальна. Среднее квадратическое отклонение составляет  $\pm 1,4^{\circ}\text{C}$ . Лишь в 5% лет температура летнего месяца может понизиться до  $13,0^{\circ}\text{C}$  и ниже. И так же редко, лишь в 5% лет в июле она повышается выше  $20,0^{\circ}\text{C}$ . В июне и августе такое характерно лишь для южных районов республики. В наиболее холодные летние месяцы температура воздуха составляла в июле 1979 года  $-14,0-15,5^{\circ}\text{C}$  (аномалия более  $3,0^{\circ}\text{C}$ ), а в августе 1987 года  $-13,5-15,5^{\circ}\text{C}$  (аномалия  $-2,0-2,5^{\circ}\text{C}$ ). Чем реже циклонические вторжения, тем теплее в летний период. В наиболее теплые годы положительные аномалии достигали  $3-4^{\circ}\text{C}$  и на всей территории республики температура удерживалась в пределах  $19,0-20,0^{\circ}\text{C}$  и выше. В 62% лет самым теплым месяцем года в Беларуси является июль. Однако в 13% лет этим месяцем бывает июнь, в 27% - август и в 3% лет - май

.В среднем раз в 10 лет июнь бывает холоднее мая, а на западе республики в 1993 г. июль был холоднее сентября. За 100-летний период наблюдений за температурой воздуха ни разу, ни май, ни сентябрь не были самыми теплыми месяцами года. Однако исключением стало лето 1993 г., когда для западных районов республики (Брест, Волковыск, Лида) май оказался самым теплым В подавляющем числе месяцев года, за исключением декабря, мая и сентября, с середины 1960-х годов отмечался рост температуры. Он оказался наиболее существенным в январе-апреле. Рост температуры летом зафиксирован только в 1980-е годы, т.е. почти на двадцать лет позже, чем в январе-апреле. Он оказался наиболее выраженным в июле последнего десятилетия (1990-2000 гг.). Последняя положительная флюктуация температуры (1997-2002 гг.) в июле соизмерима по амплитуде с положительной флюктуацией температуры этого же месяца в 1936-1939 гг. Несколько меньшие по продолжительности, но близкие по величине значения температуры летом наблюдались в конце XIX столетия (особенно в июле). Осенью наблюдалось слабое понижение температуры с 1960-х до середины 1990-х годов. В последние годы в октябре, ноябре и осенью в целом отмечается небольшой рост температуры. В сентябре каких-либо заметных изменений температуры не зафиксировано. Таким образом, генеральной особенностью изменения температуры является наличие двух наиболее существенных потеплений в последнем столетии. Первое потепление, известное как потепление Арктики, наблюдалось в основном в теплое время года в период с 1910 по 1939 г. Далее последовала мощная отрицательная аномалия температуры в январе-марте 1940-1942 г. Указанные годы были самыми холодными за всю историю инструментальных наблюдений. Среднегодовая аномалия температуры в эти годы составляла около  $-3,0^{\circ}\text{C}$ , а в январе и марте 1942 г. - среднемесячная аномалия температуры соответственно составила около  $-10^{\circ}\text{C}$  и  $-8^{\circ}\text{C}$ . Текущее потепление наиболее выражено в большинстве месяцев холодного времени года, оно оказалось более мощным, чем предыдущее; в отдельные месяцы холодного периода года температура за 30 лет возросла на несколько градусов. Особенно мощным было потепление в январе месяце (около  $6^{\circ}\text{C}$ ). За последние 14 лет (1988-2001 гг.) только одна зима была холодной (1996 г.). Другие детали изменения климата Беларуси в последние годы следующие. Важнейшей особенностью изменения климата Беларуси является изменение годового хода температуры (I-IV месяцы) в 1999-2001 гг. Современное потепление началось в 1988 г. и характеризовалось очень теплой зимой в 1989 г., когда температура в январе и феврале была на  $7,0-7,5^{\circ}\text{C}$  выше нормы. Средняя годовая температура в 1989 г. была самой высокой за всю историю инструментальных наблюдений. Положительная аномалия среднегодовой температуры составила  $2,2^{\circ}\text{C}$ . В среднем за период с 1988 по 2002 г. температура была выше нормы на  $1,1^{\circ}\text{C}$ . Потепление было более выраженным на севере республики, что согласуется с основным выводом численного моделирования температуры, свидетельствующем о большем повышении

температуры в высоких широтах. В изменении температуры Беларуси в последние несколько лет наметилась тенденция к повышению температуры не только в холодное время, но и летом, особенно во вторую половину лета. Очень теплым оказались 1999, 2000 и 2002 гг. Если учесть, что среднеквадратическое отклонение температуры зимой почти в 2,5 раза выше, чем летом, то нормированные на среднеквадратические отклонения аномалии температуры в июле и августе приближаются по величине к зимним. В переходные сезоны года имеются несколько месяцев (май, октябрь, ноябрь), когда наблюдалось небольшое снижение температуры (около  $0,5^{\circ}\text{C}$ ). Наиболее яркой особенностью изменения температуры в январе и, как следствие, смещение ядра зимы на декабрь, а иногда и на конец ноября. Зимой (2002/2003 гг.) температура декабря была существенно ниже нормы, т.е. сохранилась указанная особенность изменения температуры зимних месяцев. Положительные аномалии марта и апреля приводили к раннему сходу снежного покрова и переходу температуры через  $0^{\circ}$  в среднем на две недели раньше. В отдельные годы переход температуры через  $0^{\circ}$  в самые теплые годы (1989, 1990, 2002) наблюдался еще в январе [2, 81, 87-88].

### **Распределение температуры воздуха на территории беларуси**

Распределение температуры воздуха по территории Беларуси зависит от климатообразующих факторов, главный из которых - ее географическое положение. Рисунок 14 – Распределение средней годовой температуры воздуха В теплый период года, когда велики высота солнца над горизонтом и продолжительность солнечного сияния, солнечная радиация формирует широтный характер изменения температуры по территории Беларуси. В среднем температура воздуха повышается на  $0,5^{\circ}\text{C}$  с продвижением на 200 км к югу. В холодный период температурный режим определяется в основном циркуляцией атмосферы. Аккумулятор тепла - Атлантический океан и господствующий в умеренных широтах западный перенос оказывают основное влияние на распределение температуры в Беларуси: изотермы направлены почти меридионально. В среднем на каждые 100 км к востоку температура понижается на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . В целом для теплового режима Беларуси характерно постепенное повышение температуры воздуха с северо-востока на юго-запад (летом на юго-восток).. Средняя годовая температура воздуха в Беларуси составляет  $6,5^{\circ}\text{C}$ , и увеличивается с северо-востока от  $5,2^{\circ}\text{C}$  на юго-запад до  $8,0^{\circ}\text{C}$ . Как и в среднем за год восточные области оказываются холоднее западных. Среднее квадратическое отклонение не превышает  $1,0^{\circ}\text{C}$  и медленно растет к северо-востоку с ростом континентального климата [6, с.181]. На территории республики температура воздуха в январе плавно понижается от  $-2,8^{\circ}\text{C}$  на юго-западе и ниже на востоке и северо-востоке до  $-6,4$  (рисунок 15). Средняя температура республики в целом в январе составляет  $-4,7^{\circ}\text{C}$ . По-прежнему самой холодной является восточная

Могилевская область, она почти на 2°С холоднее западной Гродненской, расположенной на тех же широтах. Такое же соотношение между южными областями западной Брестской и восточной Гомельской. Однако различия между ними меньше. Северная Витебская, простирающаяся далеко на запад, лишь несколько теплее Могилевской. Температура Минской области в январе близка к средней по республике. Часто для оценки температурных условий области используют температуру областного центра. Однако t° в областных центрах, расположенных в большинстве случаев вблизи границ области, не характеризует температурные условия области в целом. Так в декабре t° Бреста и Гродно, расположенных на западной границе своих областей, значительно выше, а Гомеля и Витебска, расположенных на восточных границах, ниже средних областных. Лишь t° Могилева и Минска ближе к областной. Однако расположенные вблизи границ республики областные города позволяют охарактеризовать пределы изменения температуры по территории республики. В июле с ослаблением Исландской депрессии уменьшается циклоническая деятельность на территории Беларуси. Усиливается влияние Азорского максимума, который регенерирует антициклоны, направляющиеся к востоку. Преобладание малооблачной погоды обуславливает определяющее влияние солнечной радиации на формирование климата. Это приводит к широтному изменению температуры воздуха, возрастанию значения теплообмена с подстилающей поверхностью, к усилению влияния рельефа в долинах, лучше прогреваемых, изотермы отклоняются к северу, а на возвышенностях - к югу. Температурные контрасты по территории невелики, находятся в пределах 1,5-2,0°С. Средняя температура июля составляет 16,9°С. Средние месячные температуры увеличиваются с севера и северо-востока от 16,8°С на юг и юго-восток до 19,0°С. В июле сохраняется и углубляется начавшееся в мае летнее распределение температур по областям республики. Самая высокая температура характерна для восточных областей. Гомельская область по-прежнему теплее западной Брестской, но к августу эта разность значительно уменьшается. Из центральных областей более высокая температура наблюдается в восточной Могилевской. В июне и июле температура понижается к западу, но в августе большая облачность и влажность западных районов приводит к более медленному ее падению и самой холодной оказывается срединная Минская область.

### **Заключение**

В работе ставилась задача изучить температурный режим на территории Беларуси за период 1975-2007, проанализировать распределение температур и рассмотреть динамику температурного режима в Беларуси. Согласно результатам исследования динамики температуры воздуха в Северном полушарии по инструментальным и палеоклиматическим данным, самым



теплым годом не только за последние 100 лет, но и за последнее тысячелетие признан 1998 год, а 1990-е годы признаны самым теплым десятилетием за указанные периоды. Десять самых теплых лет за время инструментальных наблюдений (с 1860 г.) приходится на период с 1983 г. по 2000 г., а 7 из них - на 1990-е годы. За период с 1950 по 1993 г. ночные минимальные температуры воздуха над сушей увеличивалась примерно на 0,2°C за десятилетие, что почти вдвое больше, чем рост дневных максимальных температур. Это привело к удлинению безморозного периода в средних и высоких широтах. Анализ изменений температуры показал, что в Беларуси отмечаются в основном синхронные колебания температуры во все месяцы года. Особенно мощная положительная флюктуация обнаруживается в последние 30 лет. Если сравнить температуры середины 60-х годов и конца 90-х XX столетия и начала XXI столетия, то зимой отмечается ее рост на величину около 3°C, а в январе он составил около 6°C. В Беларуси, как и в Северном полушарии, за последние 30 лет самым теплым годом был 1998 год, а 1990-е года также признаны самым теплым периодом. Потепление за последние 30 лет можно назвать потеплением зимнего типа. Региональное изменение климата может быть в какой-то мере обусловлено и обширной мелиорацией южной части республики и определенных территорий Украины и Польши. Изменение температуры в годовом ходе не противоречит физическим представлениям о климате мелиорации на изменения температуры в различные сезоны года. Температурный режим Беларуси за последние 30 лет характеризуется возрастанием годовой температуры и уменьшением безморозного периода. Среднегодовая температура составила 6,5°C, что примерно на 0,2-0,5°C выше среднегодовой температуры за последние 100 лет и примерно на столько же ниже среднегодовой температуры за теплый период 1986-2007 гг.

### Литература

1. Логинов В.Ф. Климат Беларуси. - Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. - 230 с.
2. Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия. - Мн.: "Тоник", 2003. - 330 с.
3. География Беларуси/ под ред. Дементьева и др. - Мн.: "Высшая школа", 1997. - 320 с.
4. Географія Беларусі: Энцыкл. Давед. / Беларус. Энцыкл.; Рэдкал. Л.В. Кайзлойская і інш. - Мн.: БелЭн, 1992. - 383 с.
5. География Беларуси: учеб. пособие для 10 кл. учреждений, обеспечивающих получения общ. сред. образования, с рус. яз. обучения с 12-летним сроком обучения (базовый и повышенный уровни) / Брилевский М.Н., Смоляков Г.С., Яльчик Н.Т. - Мн.: "Народная асвета", 2006. - 373 с.

6. Логинов В.Ф., Микуцкий В.С. Изменение амплитуды годового хода температуры в Беларуси // Природные ресурсы, 1999. - 314 с.
7. Погода на погода. by: <http://www.pagoda.by/315/klim.php?m=12>
8. Агроперспектива: <http://www.agroperspectiva.com/ru/new/16417>
9. Интернет-портал отдых в Беларуси: <http://www.beltur.by/?art=2024>
10. Яндекс: <http://www.slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00075/31600.htm>
11. Размещено на Allbest.ru

## **Суточный и годовой ход влажности воздуха на территории Беларуси**

Муравьев А.И.

Белорусский национальный технический университет

### **Введение**

Влажность воздуха — это величина, характеризующая содержание водяных паров в атмосфере Земли - одна из наиболее существенных характеристик погоды и климата. Влажность воздуха в земной атмосфере колеблется в широких пределах. Так, у земной поверхности содержание водяного пара в воздухе составляет в среднем от 0,2 % по объёму в высоких широтах до 2,5 % в тропиках. Упругость пара в полярных широтах зимой меньше 1 мбар (иногда лишь сотые доли мбар) и летом ниже 5 мбар; в тропиках же она возрастает до 30 мбар, а иногда и больше. В субтропических пустынях упругость пара понижена до 5—10 мбар.

### **Суточный и годовой ход влажности воздуха на территории Беларуси**

Влажность воздуха зависит от свойств воздушных масс, прежде всего их температуры и содержания влаги. Для Беларуси характерна повышенная влажность воздуха в течение года. Обусловлено это преобладанием влажного атлантического воздуха со сравнительно невысокими температурами. В осенне-зимний период на всей территории Беларуси относительная влажность воздуха превышает 80%. Весной и летом она понижается до 50-60%, а в отдельные дни даже до 30%. Понижение относительной влажности воздуха обусловлено более высокими температурами. С высокой влажностью воздуха связана и значительная облачность над территорией Беларуси. В холодную половину года пасмурные дни составляют 85% времени, летом - 50%.

С относительной влажностью связаны и туманы. Число дней с туманами в Беларуси колеблется от 35 до 100. Самая большая повторяемость туманов (65-100 дней) характерна для Минской и Новогрудской возвышенностей. Чаще всего туманы возникают в замкнутых котловинах, на болотах и озерах.

В течение года наибольшее число дней с туманами бывает в холодное полугодие (октябрь - март), 60-80% всей суммы [3, с.29].

Повышенная влажность воздуха и высокая облачность приводят к выпадению большого количества осадков. Беларусь относится к зоне достаточного увлажнения [5, с.80]. Режим осадков почти одинаков на всей территории Белоруссии: максимум приходится на июль и август, когда испарение влаги с океана и в особенности с поверхности почвы и транспирация растительности наиболее интенсивны, а минимум - на январь и февраль, когда резко уменьшается влагосодержание притекающего с Атлантического океана воздуха, теряющего влагу при прохождении над поверхностью суши. Исключение составляет юго-запад, где максимум осадков приходится на июнь. В отдельные годы ход осадков меняется [3, с.30]. Количество осадков постепенно уменьшается с северо-запада на юго-восток. На него значительное влияние оказывает рельеф. В связи с этим центральная часть Беларуси, где преобладают возвышенности, получает 650-700 мм осадков (рисунок 2). Самым увлажненным местом республики является Новогрудская возвышенность, где выпадает более 750 мм. На равнинах и низменностях северных и южных районов республики количество осадков уменьшается до 600-650 мм. Наблюдаются значительные колебания осадков по годам. В засушливые годы может выпасть всего 400 мм, а в наиболее влажные - свыше 1000 мм.

Режим выпадения осадков почти одинаковый на всей территории Беларуси. На теплую половину года приходится 70% годовой суммы осадков. Более всего осадков выпадает в июле, меньше всего в феврале, марте и январе (рисунок 3). В среднем за год количество суток с осадками на возвышенностях составляет около 180-190, а на низменностях уменьшается до 160-170. Чаще осадки выпадают зимой и осенью (ноябрь-январь). Летом осадки выпадают реже, но их интенсивность значительно больше. Они довольно часто сопровождаются грозами. Изредка осадки выпадают в виде града.

Данные по влажности воздуха получены на основе наблюдений по психрометру, а при температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  – по гигрометру, установленным в психрометрической будке на высоте 2 м над поверхностью земли. Приведены средние месячные и годовые значения относительной влажности, вычисленные по рядам наблюдений за период 1936-2000 гг. Фактические годы работы станций (обобщаемого периода) даны в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Средняя месячная и годовая оптимальная влажность воздуха на территории Беларуси, %.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
<b>Витебская область</b>													
<b>Верхнедвинск</b>	86	84	80	74	69	72	75	78	82	85	88	88	80
<b>Езерище</b>	85	82	77	72	69	73	76	79	82	84	87	87	79

<b>Полоцк</b>	86	84	79	73	68	71	75	78	82	85	88	88	80
<b>Шарковщина</b>	86	85	81	75	69	72	75	78	82	85	88	88	80
<b>Витебск</b>	85	83	78	72	67	71	75	77	81	84	87	88	79
<b>Лынтупы</b>	88	86	81	75	69	72	75	78	83	86	90	91	81
<b>Докшицы</b>	85	84	79	74	69	72	75	77	81	85	87	88	80
<b>Лепель</b>	86	84	79	73	68	70	75	76	81	84	88	88	79
<b>Сенно</b>	85	83	78	72	68	72	75	77	81	83	86	88	79
<b>Березинский зап.</b>	85	83	79	74	70	73	77	79	84	85	88	88	81
<b>Орша</b>	86	84	80	75	68	71	74	76	80	84	88	89	80
<b>Славное-Толочин</b>	86	84	80	76	70	71	76	78	81	85	89	89	80
<b>Минская область</b>													
<b>Нарочь, озерная</b>	87	85	82	77	72	73	76	79	82	87	89	89	82
<b>Вилейка</b>	86	84	79	73	67	71	74	76	80	84	88	89	79
<b>Радошковичи</b>	85	84	79	74	70	72	75	78	81	84	87	88	80
<b>Борисов</b>	87	84	79	72	66	69	73	75	80	84	88	89	79
<b>Воложин</b>	87	84	79	72	67	69	73	74	79	84	89	89	79
<b>Минск</b>	86	84	79	72	66	69	72	74	79	84	88	89	78
<b>Березино</b>	86	83	78	72	67	70	74	76	80	84	88	89	79
<b>Столбцы</b>	87	85	80	72	68	72	73	73	79	84	88	89	79
<b>Марьина Горка</b>	87	85	80	73	68	72	75	76	81	85	89	90	80
<b>Слуцк</b>	87	85	81	74	69	72	75	76	80	84	89	89	80
<b>Гродненская область</b>													
<b>Ошмяны</b>	87	85	80	74	69	72	75	76	81	85	89	90	80
<b>Лида</b>	86	84	79	73	68	71	74	76	80	84	88	89	79
<b>Гродно</b>	87	85	80	74	70	72	74	76	80	85	89	90	80
<b>Щучин</b>	88	86	81	74	69	71	74	74	80	86	90	91	80
<b>Новогрудок</b>	89	87	81	74	69	72	74	75	80	85	91	91	81
<b>Волковыск</b>	86	84	78	72	68	70	72	74	79	83	88	89	79
<b>Могилевская область</b>													
<b>Горки</b>	87	85	82	76	69	72	75	77	81	85	89	90	81
<b>Могилев</b>	86	84	81	74	68	71	74	75	80	84	88	89	80
<b>Кличев</b>	85	83	80	73	69	72	75	76	80	84	88	89	80
<b>Славгород</b>	86	83	80	72	67	70	74	75	79	83	88	89	79
<b>Костюковичи</b>	85	83	80	73	68	71	74	75	79	83	87	88	79
<b>Бобруйск</b>	86	86	79	72	67	71	74	75	80	83	88	89	79

<b>Брестская область</b>													
<b>Барановичи</b>	87	85	80	73	68	71	73	74	79	84	89	89	79
<b>Ганцевичи</b>	85	83	78	72	70	73	75	78	82	83	88	89	80
<b>Ивацевичи</b>	86	84	79	72	68	70	73	75	80	83	88	89	79
<b>Пружаны</b>	87	86	80	74	71	73	74	76	81	84	89	89	80
<b>Высокое</b>	86	85	79	72	69	71	73	74	79	83	88	89	79
<b>Полесская</b>	85	83	78	72	71	74	76	78	81	84	88	89	80
<b>Брест</b>	85	83	77	70	68	70	71	73	79	82	87	88	78
<b>Пинск</b>	85	83	79	72	69	71	74	75	79	83	88	88	79
<b>Гомельская область</b>													
<b>Жлобин</b>	85	83	79	71	66	69	72	74	78	82	87	88	78
<b>Чечерск</b>	85	83	80	73	67	70	73	75	78	83	87	88	79
<b>Октябрь</b>	85	82	78	71	67	71	74	75	79	82	88	88	78
<b>Гомель</b>	85	83	79	70	65	68	71	73	77	81	87	87	77
<b>Василевичи</b>	85	82	78	70	66	70	73	75	78	82	87	88	78
<b>Житковичи</b>	85	82	77	70	66	70	73	75	80	82	87	88	78
<b>Мозырь</b>	84	82	78	69	65	69	71	73	77	81	87	88	77
<b>Лельчицы</b>	84	81	77	69	65	70	72	74	78	81	86	87	77
<b>Брагин</b>	85	83	80	73	69	72	74	75	79	83	87	88	79

### **Заключение**

Значительное количество осадков, сравнительно невысокие температуры воздуха обуславливают повышенную влажность воздуха. В весенне-летний период днём влажность уменьшается и в 15 часов составляет 50 - 70 %. Минимальная относительная влажность наблюдается в мае. В отдельные годы в начале лета отмечается засуха. Высокая влажность воздуха обуславливает частые туманы. Среднее годовое число дней с туманом изменяется от 35 до 100 в зависимости от высоты местности над уровнем моря.

С высокой влажностью связана и значительная облачность над территорией Беларуси. В осенне-зимний период около 85 % времени преобладает пасмурное небо, в основном с плотными облаками нижнего яруса. В весенне-летний период облачность уменьшается, в мае - августе небо пасмурное 40 - 60 % времени. На большей части территории страны максимум ясных дней приходится на апрель - май, только на юго-востоке - на июль - сентябрь.

## Литература

- 1 Интернет ресурс <http://www.beltur.by>
- 2 Интернет ресурс [http://otherreferats.allbest.ru/geography/00148130\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/geography/00148130_0.html)
- 3 Интернет ресурс <http://www.svali.ru/climat/13/index.htm>
- 4 Интернет ресурс <http://ru.wikipedia.org>
- 5 Интернет ресурс <http://www.pogoda.by>

## Инверсии температуры и их характеристики

Наварич А. В.

Белорусский национальный технический университет

### Введение

Температурная инверсия – (от лат. *inversio* — перестановка), повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы, вместо обычного её убывания.

Температура воздуха при изменении высоты над земной поверхностью меняется. В тропосфере (самом нижнем слое атмосферы) с увеличением высоты обычно температура воздуха падает, но порой встречаются слои, где температура воздуха с высотой не меняется или даже начинает повышаться. Такие слои называются соответственно изотермическими и инверсионными.

### Инверсии температуры и их характеристики

Температурная инверсия – (от лат. *inversio* — перестановка), повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы, вместо обычного её убывания. Встречается в приземном слое воздуха и в этих случаях называется приземная Т.и., а также в свободной атмосфере. Приземные И. т. чаще всего образуются в безветренные ночи (зимой иногда и днём) в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью, что приводит к охлаждению как её самой, так и прилегающего слоя воздуха. Кроме того приземная Т.и. возникает при ночном выхолаживании воздуха над почвой, снежным и ледяным покровом, скоплением холодного воздуха в котловинах и долинах, притоками холодного воздуха. Толщина приземных И. т. составляет десятки — сотни метров. Увеличение температуры в инверсионном слое колеблется от десятых долей градусов до 15—20 °С и более

Причинами инверсии являются:

1) тип инверсии, вызываемой соприкосновением воздуха на малых высотах с расположенной ниже холодной землей, называется излучающей инверсией.

2) морской бриз, при котором охлажденный воздух от большой водной поверхности перемещается ветром под слой теплого воздуха;

3) эффект долины. Такой эффект может быть двух видов. В первом случае воздух, который охлаждается от земли на более значительных высотах, перемещается вниз по склону, поднимая теплый воздух со дна долины. Это может вызывать так называемые "вечерние тепловые потоки" - область перемещающегося вверх воздуха в долине. Однако окончательным результатом является инверсия на очень небольшой высоте над дном долины вследствие наличия теплого воздуха, над холодным воздухом. При наличии достаточной влажности это может подтверждаться слоем низко лежащей дымки. В другом случае после охлаждения воздуха в долине ветер может перемещать сюда воздух с более высоких районов. Этот воздух будет нагреваться из-за компрессии по мере его опускания, вызывая в результате этого инверсию (теплый воздух над холодным воздухом) в долине;

4) Инверсия может образоваться между соседними слоями воздуха, движущимися с разными скоростями и в разных направлениях.

Лучшим способом определения вертикального градиента, а, следовательно, и условий стабильности, является непосредственное измерение температуры у поверхности и по крайней мере на одном более высоком уровне, например на высоте 10 м.

Это может быть выполнено с помощью самолета или наполненного гелием привязного аэростата, оборудованного термометром, или просто с помощью термометров, установленных на столбе. В любом случае термометры должны обладать чувствительностью примерно до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Целесообразно использовать один и тот же термометр для измерения обеих уровней, поскольку важно именно разность температур, а не фактическое значение температуры, а использование одного и того же прибора исключит ошибки в калибровке между различными приборами.

Если непосредственное измерение не может быть выполнено, необходимо получить характеристики устойчивости из дополнительной косвенной информации. Ниже приводятся некоторые методы и примерные правила.

1) В утренние часы после ясной ночи инверсия является обычным явлением; вскоре инверсия начнет уменьшаться после того, как температура воздуха вблизи земли начнет подниматься.

2) Если ветра у земли нет, следует предположить инверсию (и учитывать сдвиг ветра на малых высотах).

3) Низко лежащие слои дымки или тумана указывают на наличие инверсии.

4) Для обнаружения инверсии могут использоваться дымовой факел или устройство, выпускающее клубы дыма, например окуриватель для пчел. Если дым не поднимается вообще или поднимается, а затем остается на одном уровне, это свидетельствует о наличии инверсии.

5) Резкое изменение ветра с высотой, по-видимому, следует ассоциировать с инверсией; это также может быть обнаружено с помощью клубов дыма или наблюдения за наполненным гелием аэростатом

Инверсии непостоянны. Прежде всего их разрушает солнечное тепло. Инверсии, сформировавшиеся на границах антициклонов разрушаются благодаря широко распространенному вертикальному движению атмосферы. На границах антициклонов обычно опускаются большие воздушные массы. Они обладают большой массой и инерцией. Воздух ведет себя как своего рода пружина. Фаза сжатия сменяется обратным процессом – подъемом воздуха. Это ведет к подъему инверсии и ее исчезновению. В результате инверсия ведет себя, как широкий батут, который как бы «проминается» под излишней массой воздуха в антициклоне и затем медленно возвращается в первоначальное положение.

Инверсию температуры можно характеризовать высотой нижней границы, т. е. высотой, с которой начинается повышение температуры, толщиной слоя, в котором наблюдается повышение температуры с высотой, и разностью температур на верхней и нижней границах инверсионного слоя — скачком температуры.

По высоте все тропосферные инверсии можно разделить на инверсии приземные и инверсии в свободной атмосфере.

Приземная инверсия начинается от самой подстилающей поверхности. Над открытой водой такие инверсии наблюдаются редко. У подстилающей поверхности температура самая низкая, с высотой она растет, причем этот рост может распространяться на слой в несколько десятков и даже сотен метров. Затем инверсия сменяется нормальным падением температуры с высотой.

Инверсия в свободной атмосфере наблюдается в некотором слое воздуха, лежащем на той или иной высоте над земной поверхностью, основание инверсии может находиться на любом уровне в тропосфере, однако наиболее часты инверсии в пределах нижних 2 км. Толщина инверсионного слоя также может быть самой различной — от немногих десятков до многих сотен метров. Наконец, скачок температуры на инверсии, т. е. разность температур на верхней и нижней границах инверсионного слоя, может колебаться от  $1^{\circ}\text{C}$  и меньше до  $10\text{—}15^{\circ}\text{C}$  и больше.

Слишком сильная турбулентность неблагоприятна для образования и сохранения инверсии, так как охлажденный воздух будет ею быстро рассеиваться.



## **Приземные инверсии**

Для образования приземных инверсий особенно благоприятны ясные ночи со слабым ветром. Такие условия погоды характерны для антициклонов и весной и осенью могут привести к ночным заморозкам. Явление заморозков, как правило, связано с образованием приземной инверсии.. С приземными инверсиями связаны также так называемые поземные

С восходом Солнца приземная инверсия радиационного типа разрушается, так как ночное охлаждение почвы сменяется прогреванием.

Рельеф местности может усиливать инверсию. Так, охлаждение воздуха в ясную погоду особенно велико в котловинах, откуда выхоложенный воздух не находит выхода.

Весной теплый воздух, текущий над снежным покровом, охлаждается, потому что тепло идет на таяние снега. Над поверхностью тающего снежного покрова возникает так называемая снежная или весенняя инверсия. Если ветер достаточно сильный, то вследствие турбулентности эта инверсия обнаруживается не у самой земной поверхности, а на некоторой высоте.

Над полярными льдами приземные инверсии часты и летом. В это время они связаны с охлаждением воздуха над тающим льдом. Вместо инверсии может наблюдаться также состояние, близкое к изотермическому, т. е. с вертикальными градиентами температуры, близкими к нулю.

## **Приподнятые инверсии**

Приподнятые инверсии, т. е. инверсионные слои в свободной атмосфере, возникают преимущественно в устойчивых антициклонах как над сушей, так и над морем, и наблюдаются над большими территориями на протяжении длительных периодов.

Большинство инверсий в свободной атмосфере являются инверсиями оседания. Они возникают вследствие нисходящего движения воздуха и его адиабатического нагревания. Инверсии оседания образуются именно в устойчивых воздушных массах антициклонов, где воздух обладает нисходящими составляющими движения. При этом решающее значение имеет наличие максимума оседания в свободной атмосфере. Опускаясь вниз, оседая вследствие горизонтального растекания, атмосферный слой в то же самое время сжимается вследствие повышения давления.

Инверсии оседания покрывают обширные территории в соответствии с размерами антициклонов, в которых они возникают. Особенно велики инверсии оседания в зимних устойчивых антициклонах над материками умеренных широт. Почти постоянно инверсии или изотермии наблюдаются в нижних двух километрах в зоне пассатов на обращенной к экватору периферии субтропических антициклонов.

## **Заключение**

Инверсию температуры можно характеризовать высотой нижней границы, т. е. высотой, с которой начинается повышение температуры, толщиной слоя, в котором наблюдается повышение температуры с высотой, и разностью температур на верхней и нижней границах инверсионного слоя — скачком температуры.

## **Литература**

1. [http://cribs.me/meteorologiya-i-klimatologiya/inversii-temperature\\_](http://cribs.me/meteorologiya-i-klimatologiya/inversii-temperature_)
2. <http://3ys.ru/teplovoj-rezhim-atmosfery-i-atmosfernaya-tsirkulyatsiya/inversii-temperature.html>

## **Радиационный режим атмосферы и его влияние на поверхность земли**

Нестерович А.А.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Источники тепла. В жизни атмосферы решающее значение имеет тепловая энергия. Главнейшим источником этой энергии является Солнце. Что же касается теплового излучения Луны, планет и звезд, то оно для Земли настолько ничтожно, что практически его нельзя принимать во внимание. Значительно больше тепловой энергии дает внутреннее тепло Земли. По вычислениям геофизиков, постоянный приток тепла из недр Земли повышает температуру земной поверхности на  $0^{\circ},1$ . Но подобный приток тепла все же настолько мал, что принимать его в расчет также нет никакой необходимости. Таким образом, единственным источником тепловой энергии на поверхности Земли можно считать только Солнце.

## **Солнечная радиация**

Солнце, имеющее температуру фотосферы (излучающей поверхности) около  $6000^{\circ}$ , излучает энергию в пространство во всех направлениях. Часть этой энергии в виде огромного пучка параллельных солнечных лучей попадает на Землю. Солнечная энергия, дошедшая до поверхности Земли в виде прямых лучей Солнца, носит название прямой солнечной радиации. Но не вся солнечная радиация, направленная на Землю, доходит до земной поверхности, так как солнечные лучи, проходя через мощный слой

атмосферы, частично поглощаются ею, частично рассеиваются молекулами и взвешенными частичками воздуха, некоторая часть отражается облаками. Та часть солнечной энергии, которая рассеивается в атмосфере, называется рассеянной радиацией. Рассеянная солнечная радиация распространяется в атмосфере и попадает к поверхности Земли. Нами этот вид радиации воспринимается как равномерный дневной свет, когда Солнце полностью закрыто облаками или только что скрылось за горизонтом.

Прямая и рассеянная солнечная радиация, достигнув поверхности Земли, не полностью поглощается ею. Часть солнечной радиации отражается от земной поверхности обратно в атмосферу и находится там в виде потока лучей, так называемой отраженной солнечной радиации.

Состав солнечной радиации весьма сложный, что связано с очень высокой температурой излучающей поверхности Солнца. Условно по длине волн спектр солнечной радиации делят на три части: ультрафиолетовую ( $\eta < 0,4 \mu$  видимую глазом ( $\eta$  от  $0,4 \mu$  до  $0,76 \mu$ ) и инфракрасную часть ( $\eta > 0,76 \mu$ ). Кроме температуры солнечной фотосферы, на состав солнечной радиации у земной поверхности влияет еще поглощение и рассеивание части солнечных лучей при их прохождении через воздушную оболочку Земли. В связи с этим состав солнечной радиации на верхней границе атмосферы и у поверхности Земли будет неодинаков. На основании теоретических расчетов и наблюдений установлено, что на границе атмосферы на долю ультрафиолетовой радиации приходится 5%, на видимые лучи — 52% и на инфракрасные — 43%. У земной же поверхности (при высоте Солнца  $40^\circ$ ) ультрафиолетовые лучи составляют только 1%, видимые — 40%, а инфракрасные — 59%.

Интенсивность солнечной радиации. Под интенсивностью прямой солнечной радиации понимают количество тепла в калориях, получаемого в 1 мин. от лучистой энергии Солнца поверхностью в  $1 \text{ см}^2$ , расположенной перпендикулярно к солнечным лучам.

Для измерения интенсивности прямой солнечной радиации применяются специальные приборы — актинометры и пиргелиометры; величина рассеянной радиации определяется пиранометром. Автоматическая регистрация продолжительности действия солнечной радиации производится актинографами и гелиографами. Спектральная интенсивность солнечной радиации определяется спектроболографом.

На границе атмосферы, где исключено поглощающее и рассеивающее воздействие воздушной оболочки Земли, интенсивность прямой солнечной радиации равна приблизительно 2 кал на  $1 \text{ см}^2$  поверхности в 1 мин. Эта величина носит название солнечной постоянной. Интенсивность солнечной радиации в 2 кал на  $1 \text{ см}^2$  в 1 мин. дает такое большое количество тепла в течение года, что его хватило бы, чтобы расплавить слой льда в 35 м толщиной, если бы такой слой покрывал всю земную поверхность.

Многочисленные измерения интенсивности солнечной радиации дают основание полагать, что количество солнечной энергии, приходящее к верхней границе атмосферы Земли, испытывает колебания в размере нескольких процентов. Колебания бывают периодические и непериодические, связанные, по-видимому, с процессами, происходящими на самом Солнце.

Кроме того, некоторое изменение в интенсивности солнечной радиации происходит в течение года благодаря тому, что Земля в годовом своем вращении движется не по окружности, а по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. В связи с этим меняется расстояние от Земли до Солнца и, следовательно, происходит колебание интенсивности солнечной радиации. Наибольшая интенсивность наблюдается около 3 января, когда Земля находится ближе всего от Солнца, а наименьшая около 5 июля, когда Земля удалена от Солнца на максимальное расстояние.

Колебание интенсивности солнечной радиации по этой причине очень невелико и может представлять только теоретический интерес. (Количество энергии при максимальном расстоянии относится к количеству энергии при минимальном расстоянии, как 100 : 107, т. е. разница совершенно ничтожна.)

Условия облучения поверхности земного шара. Уже одна только шарообразная форма Земли приводит к тому, что лучистая энергия Солнца распределяется на земной поверхности весьма неравномерно. Так, в дни весеннего и осеннего равноденствия (21 марта и 23 сентября) только на экваторе в полдень угол падения лучей будет  $90^\circ$  (рис. 30), а по мере приближения к полюсам он будет уменьшаться от  $90$  до  $0^\circ$ . Таким образом, если на экваторе количество полученной радиации принять за 1, то на 60-й параллели она выразится в 0,5, а на полюсе будет равна 0.

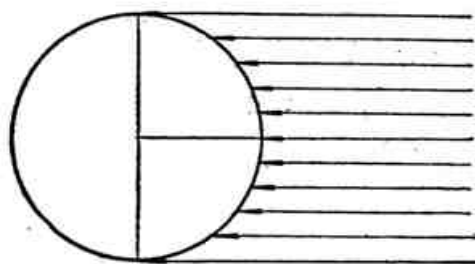


Рис. 30. Изменение угла падения солнечных лучей в зависимости от широты местности.

Земной шар, кроме того, имеет суточное и годовое движение, причем земная ось наклонена к плоскости орбиты на  $66^\circ,5$ . В силу этого наклона между плоскостью экватора и плоскостью орбиты образуется угол в  $23^\circ 30'$ . Это обстоятельство приводит к тому, что углы падения солнечных лучей для одних и тех же широт будут меняться в пределах  $47^\circ$  ( $23,5+23,5$ ).

В зависимости от времени года меняется не только угол падения лучей, но также продолжительность освещения. Если в тропических странах во все

времена года продолжительность дня и ночи приблизительно одинакова, то в полярных странах, наоборот, она очень различна. Так, например, на 70° с. ш. летом Солнце не заходит 65 суток, на 80° с. ш.— 134, а на полюсе —186. В силу этого на Северном полюсе радиация в день летнего солнцестояния (22 июня) на 36% больше, чем на экваторе. Что же касается всего летнего полугодия, то общее количество тепла и света, получаемого полюсом, только на 17% меньше, чем на экваторе. Таким образом, в летнее время в полярных странах продолжительность освещения в значительной мере компенсирует тот недостаток радиации, который является следствием малого угла падения лучей. В зимнее полугодие картина совершенно другая: количество радиации на том же Северном полюсе будет равно 0. В результате за год среднее количество радиации на полюсе оказывается в 2,4 меньше, чем на экваторе. Из всего сказанного следует, что количество солнечной энергии, которое получает Земля путем радиации, определяется углом падения лучей и продолжительностью облучения.

Земная поверхность при отсутствии атмосферы на различных широтах за сутки получала бы следующее количество тепла, выраженное в калориях на 1 см<sup>2</sup> (см. таблицу на стр. 92).

Приведенное в таблице распределение радиации по земной поверхности принято называть солярным климатом. Повторяем, что такое распределение радиации мы имеем только у верхней границы атмосферы.

Градусы широты	0	20	40	60	90
Среднее годовое . . . . .	880	830	694	500	366
Летнее солнцестояние . . . . .	809	958	1015	1002	1103
Зимнее солнцестояние . . . . .	863	624	326	51	0

Ослабление солнечной радиации в атмосфере. До сих пор мы говорили об условиях распределения солнечного тепла по земной поверхности, не принимая во внимание атмосферы. Между тем атмосфера в данном случае имеет огромное значение. Солнечная радиация, проходя через атмосферу, испытывает рассеивание и, кроме того, поглощение. Оба эти процесса вместе ослабляют солнечную радиацию в значительной степени.

Солнечные лучи, проходя через атмосферу, прежде всего испытывают рассеивание (диффузию). Рассеивание создается тем, что лучи света, преломляясь и отражаясь от молекул воздуха и частичек твердых и жидких тел, находящихся в воздухе, отклоняются от прямого пути к действительно «рассеиваются».

Рассеивание сильно ослабляет солнечную радиацию. При увеличении количества водяных паров и особенно пылевых частиц рассеивание увеличивается и радиация ослабляется. В больших городах и пустынных областях, где запыленность воздуха наибольшая, рассеивание ослабляет силу

радиации на 30—45%. Благодаря рассеиванию получается тот дневной свет, который освещает предметы, если даже на них непосредственно солнечные лучи не падают. Рассеивание обуславливает и самый цвет неба.

Остановимся теперь на способности атмосферы поглощать лучистую энергию Солнца. Основные газы, входящие в состав атмосферы, поглощают лучистую энергию сравнительно очень мало. Примеси же (водяной пар, озон, углекислый газ и пыль), наоборот, отличаются большой поглотительной способностью.

В тропосфере наиболее значительную примесь составляют водяные пары. Они особенно сильно поглощают инфракрасные (длинноволновые), т. е. преимущественно тепловые лучи. И чем больше водяных паров в атмосфере, тем естественно больше и поглощение. Количество же водяных паров в атмосфере подвержено большим изменениям. В естественных условиях оно меняется от 0,01 до 4% (по объему).

Очень большой поглотительной способностью отличается озон. Значительная примесь озона, как уже говорилось, находится в нижних слоях стратосферы (над тропопаузой). Озон поглощает ультрафиолетовые (коротковолновые) лучи почти полностью.

Большой поглотительной способностью отличается также и углекислый газ. Он поглощает главным образом длинноволновые, т. е. преимущественно тепловые лучи.

Пыль, находящаяся в воздухе, также поглощает некоторое количество солнечной радиации. Нагреваясь под действием солнечных лучей, она может заметно повысить температуру воздуха.

Из общего количества солнечной энергии, приходящей к Земле, атмосфера поглощает всего около 15%.

Ослабление солнечной радиации путем рассеивания и поглощения атмосферой для различных широт Земли очень различно. Это различие зависит прежде всего от угла падения лучей. При зенитном положении Солнца лучи, падая вертикально, пересекают атмосферу кратчайшим путем. С уменьшением угла падения путь лучей удлинится и ослабление солнечной радиации становится более значительным. Последнее хорошо видно по чертежу (рис. 31) и приложенной таблице (в таблице величина пути солнечного луча при зенитном положении Солнца принята за единицу).

Угол падения лучей	90°	50°	30°	10°	0°
Длина пути лучей через атмосферу	1	1,30	2,00	5,56	35,4
Степень ослабления радиации	25%	31%	44%	80%	100%

В зависимости от угла падения лучей изменяется не только количество лучей, но также и их качество. В период, когда Солнце находится в зените (над головой), на ультрафиолетовые лучи приходится 4%, на видимые — 44% и инфракрасные — 52%. При положении Солнца у горизонта ультрафиолетовых лучей совсем нет, видимых 28% и инфракрасных 72%.

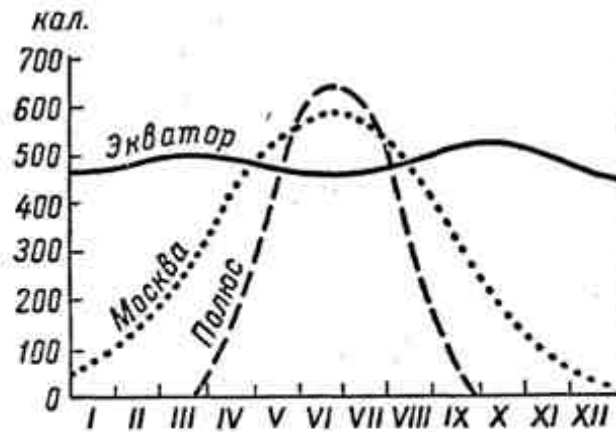


Рис. 32. Годовой ход притока тепла солнечной радиации для безоблачного неба на различных широтах.

Сложность влияния атмосферы на солнечную радиацию усугубляется еще тем, что пропускная ее способность очень сильно меняется в зависимости от времени года и состояния погоды. Так, если бы небо все время оставалось безоблачным, то годовой ход притока солнечной радиации на различных широтах можно было бы графически выразить следующим образом (рис. 32). Из чертежа ясно видно, что при безоблачном небе в Москве в мае, июне и июле тепла от солнечной радиации получалось бы больше, чем на экваторе. Точно так же во вторую половину мая, в июне и первой половине июля на Северном полюсе тепла получалось бы больше, чем на экваторе и в Москве. Повторяем, что так было бы при безоблачном небе. Но на самом деле этого не получается, потому что облачность в значительной мере ослабляет солнечную радиацию. Приведем пример, изображенный на графике (рис. 33). На графике видно, как много солнечной радиации не доходит до поверхности Земли: значительная часть ее задерживается атмосферой и облаками.

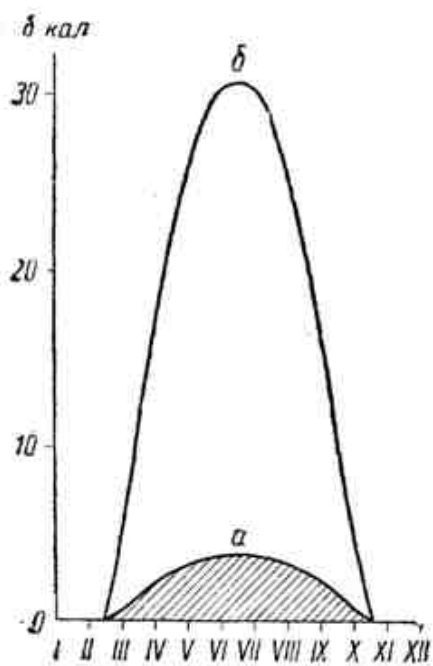


Рис. 33. Годовой ход притока тепла солнечной радиации при отсутствии атмосферы (б) и при реальной атмосфере (а) для бухты Тихой.

Однако нужно сказать, что тепло, поглощенное облаками, частью идет на нагревание атмосферы, а частью косвенным образом достигает и земной поверхности.

Суточный и годовой ход интенсивности солнечной радиации. Интенсивность прямой солнечной радиации у поверхности Земли зависит от высоты Солнца над горизонтом и от состояния атмосферы (от ее запыленности). Если бы прозрачность атмосферы в течение суток была постоянная, то максимальная интенсивность солнечной радиации наблюдалась бы в полдень, а минимальная — при восходе и заходе Солнца. В этом случае график хода суточной интенсивности солнечной радиации был бы симметричным относительно полдня.

Содержание пыли, водяного пара и других примесей в атмосфере непрерывно меняется. В связи с этим меняется прозрачность воздуха и нарушается симметричность графика хода интенсивности солнечной радиации. Нередко, особенно в летний период, в полуденное время, когда происходит усиленное нагревание земной поверхности, возникают мощные восходящие токи воздуха, увеличивается количество водяного пара и пыли в атмосфере. Это приводит к значительному ослаблению солнечной радиации в полдень; максимум интенсивности радиации в этом случае наблюдается в дополуночные или послеполуденные часы. Годовой ход интенсивности солнечной радиации также связан с изменениями высоты Солнца над



горизонтом в течение года и с состоянием прозрачности атмосферы в различные сезоны. В странах северного полушария наибольшая высота Солнца над горизонтом бывает в июне месяце. Но в это же время наблюдается и наибольшая запыленность атмосферы. Поэтому максимальная интенсивность обычно приходится не на середину лета, а на весенние месяцы, когда Солнце довольно высоко\* поднимается над горизонтом, а атмосфера после зимы остается еще сравнительно чистой. Для иллюстрации годового хода интенсивности солнечной радиации в северном полушарии приводим данные среднемесячных полуденных величин интенсивности радиации в Павловске.

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средние полуденные величины интенсивности радиации (в кал)	0,92	1,06	1,22	1,26	1,26	1,24	1,21	1,22	1,20	1,14	0,98	0,79

Сумма тепла солнечной радиации. Поверхность Земли в течение дня непрерывно получает тепло от прямой и рассеянной солнечной радиации или только от рассеянной радиации (при пасмурной погоде). Определяют суточную величину тепла на основании актинометрических наблюдений: по учету количества прямой и рассеянной радиации, поступившей на земную поверхность. Определив сумму тепла за каждые сутки, вычисляют и количество тепла, получаемого земной поверхностью за месяц или за год.

Суточное количество тепла, получаемого земной поверхностью от солнечной радиации, зависит от интенсивности радиации и от продолжительности ее действия в течение суток. В связи с этим минимум притока тепла приходится на зиму, а максимум на лето. В географическом распределении суммарной радиации по земному шару наблюдается ее увеличение с уменьшением широты местности. Это положение подтверждается следующей таблицей.

Годовая величина суммарной радиации.

Пункты	Широта (в °)	Суммарная радиация (б. кал)	Пункты	Широта (в °)	Суммарная радиация (б. кал.)
Бухта Тихая	80,3	57	Париж	48,8	98
Бухта Тикси	71,6	70	Ницца		
Павловск	59,7	69	(Франция)	43,7	143
Минск	53,9	83	Ташкент	41,3	138
Саратов	51,7	108	Вашингтон	38,9	122
			Фресно		
			(Калифорния)	36,7	170

Роль прямой и рассеянной радиации в годовом количестве тепла, получаемом земной поверхностью на разных широтах земного шара, неодинакова. В высоких широтах в годовой сумме тепла преобладает рассеянная радиация. С уменьшением широты преобладающее значение переходит к прямой солнечной радиации. Так, например, в бухте Тихой рассеянная солнечная радиация дает 70% годовой суммы тепла, а прямая радиация только 30%. В Ташкенте, наоборот, прямая солнечная радиация дает 70%, рассеянная только 30%.

Отражательная способность Земли. Альbedo. Как уже указывалось, поверхность Земли поглощает только часть солнечной энергии, поступающей к ней в виде прямой и рассеянной радиации. Другая часть отражается в атмосферу. Отношение величины солнечной радиации, отраженной данной поверхностью, к величине потока лучистой энергии, падающей на эту поверхность, называется альbedo. Альbedo выражается в процентах и характеризует отражательную способность данного участка поверхности.

Альbedo зависит от характера поверхности (свойства почвы, наличия снега, растительности, воды и т. д.) и от величины угла падения лучей Солнца на поверхность Земли. Так, например, если лучи падают на земную поверхность под углом в  $45^\circ$ , то:

свежевыпавший снег	отражает	85%
песок	»	30%
лес	»	10—18%
трава зеленая	»	26%
трава сухая	»	19%
вода	»	2—5%

Из приведенных примеров видно, что отражающая способность у различных предметов неодинакова. Она всего больше у снега и меньше всего у воды. Однако взятые нами примеры относятся лишь к тем случаям, когда высота Солнца над горизонтом равна  $45^\circ$ . При уменьшении же этого угла отражающая способность увеличивается. Так, например, при высоте Солнца в  $90^\circ$  вода отражает только 2%, при  $50^\circ$  — 4%, при  $20^\circ$  — 12%, при  $5^\circ$  — 35—70% (в зависимости от состояния водной поверхности).

В среднем при безоблачном небе поверхность земного шара отражает 8% солнечной радиации. Кроме того, 9% отражает атмосфера. Таким образом, земной шар в целом при безоблачном небе отражает 17% падающей на него лучистой энергии Солнца. Если же небо покрыто облаками, то от них отражается 78% радиации. Если взять естественные условия, исходя из того соотношения между безоблачным небом и небом, покрытым облаками, которое наблюдается в действительности, то отражательная способность Земли в целом равна 43%.

Земная и атмосферная радиация. Земля, получая солнечную энергию, нагревается и сама становится источником излучения тепла в мировое пространство. Однако лучи, испускаемые земной поверхностью, резко отличаются от солнечных лучей. Земля излучает лишь длинноволновые ( $\lambda$  8—14  $\mu$ ) невидимые инфракрасные (тепловые) лучи. Энергия, излучаемая земной поверхностью, называется земной радиацией. Излучение Земли происходит и днем и ночью. Интенсивность излучения тем больше, чем выше температура излучающего тела. Земное излучение определяется в тех же единицах, что и солнечное, т. е. в калориях с 1 см<sup>2</sup> поверхности в 1 мин. Наблюдения показали, что величина земного излучения невелика. Обычно она достигает 15—18 сотых калории. Но, действуя непрерывно, она может дать значительный тепловой эффект.

Наиболее сильное земное излучение получается при безоблачном небе и хорошей прозрачности атмосферы. Облачность (особенно низкие облака) значительно уменьшает земное излучение и часто доводит его до нуля. Здесь можно сказать, что атмосфера вместе с облаками является хорошим «одеялом», предохраняющим Землю от чрезмерного остывания. Части атмосферы подобно участкам земной поверхности излучают энергию в соответствии с их температурой. Эта энергия носит название атмосферной радиации. Интенсивность атмосферной радиации зависит от температуры излучающего участка атмосферы, а также от количества водяных паров и углекислого газа, содержащихся в воздухе. Атмосферная радиация относится к группе длинноволновой. Распространяется она в атмосфере во всех направлениях; некоторое количество ее достигает земной поверхности и поглощается ею, другая часть уходит в межпланетное пространство.

О приходе и расходе энергии Солнца на Земле. Земная поверхность, с одной стороны, получает солнечную энергию в виде прямой и рассеянной радиации, а с другой стороны, теряет часть этой энергии в виде земной радиации. В результате прихода и расхода солнечной энергии получается какой-то результат. В одних случаях этот результат может быть положительным, в других отрицательным. Приведем примеры того и другого.

8 января. День безоблачный. На 1 см<sup>2</sup> земной поверхности поступило за сутки 20 кал прямой солнечной радиации и 12 кал рассеянной радиации; всего, таким образом, получено 32 кал. За это же время в силу излучения 1 см<sup>2</sup> земной поверхности потерял 202 кал. В результате, выражаясь языком бухгалтерии, в балансе имеется потеря 170 кал (отрицательный баланс).

6 июля. Небо почти безоблачно. От прямой солнечной радиации получено 630 кал, от рассеянной радиации 46 кал. Всего, следовательно, земная поверхность получила на 1 см<sup>2</sup> 676 кал. Путем земного излучения потеряно 173 кал. В балансе прибыль на 503 кал (баланс положительный).

Из приведенных примеров, помимо всего прочего, совершенно ясно, почему в умеренных широтах зимой холодно, а летом тепло.

## **Заключение**

Использование солнечной радиации для технических и бытовых целей. Солнечная радиация является неисчерпаемым природным источником энергии. О величине солнечной энергии на Земле можно судить по такому примеру: если, например, использовать тепло солнечной радиации, падающей только на 1/10 часть площади России, то можно получить энергию, равную работе 30 тыс. Днепрогэсов.

Люди издавна стремились использовать даровую энергию солнечной радиации для своих нужд. К настоящему времени создано много различных гелиотехнических установок, работающих на использовании солнечной радиации и получивших большое применение в промышленности и для удовлетворения бытовых нужд населения. В южных районах России в промышленности и в коммунальном хозяйстве на основе широкого использования солнечной радиации работают солнечные водонагреватели, кипятильники, опреснители соленой воды, гелиосушилки (для сушки фруктов), кухни, бани, теплицы, аппараты для лечебных целей. Широко используется солнечная радиация на курортах для лечения и укрепления здоровья людей.

## **Литература**

1. [http://big-archive.ru/geography/basis\\_of\\_common\\_geography/20.php](http://big-archive.ru/geography/basis_of_common_geography/20.php)
2. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_радиация](http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_радиация)
3. <http://klimatologia.ru/solnce.html>
4. <http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-11-14-54-45/114-2011-02-21-16-29-48/445-2011-02-21-06-53-00.html>

## **Физические свойства воздуха и методы их оценки**

Сетинский А.Д.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Физические свойства атмосферного воздуха – температура (Т), влажность, атмосферное давление и скорость движения составляют метеорологические факторы воздуха. Измерение их физических параметров осуществляется специальными приборами: температура – с помощью термометра, влажности – психрометра и гигрометра, скорости воздуха – анемометра (в атмосфере) и кататермометра – в жилище, атмосферного давления – барометром.

## Физические свойства воздуха и методы их оценки

*Температура воздуха* зависит от времени года, климатического пояса, времени суток, интенсивности солнечного свечения и подстилающей поверхности земли. Солнечные лучи, проходя через атмосферу, не нагревают ее. Нагрев воздуха происходит от теплоотдачи почвы, поглощающей солнечные лучи. Нагретый воздух поднимается вверх, уступая место холодному, – это перемещение называется конвекцией - она способствует перемещению воздушных масс и равномерному прогреву приземных слоев атмосферы.

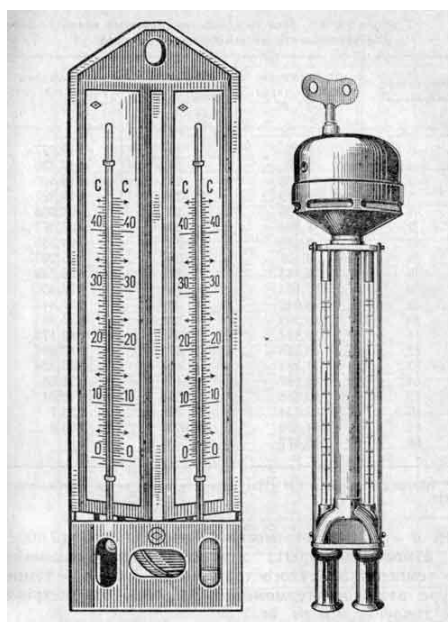
Приборы, измеряющие температуру воздуха условно подразделяют на фиксирующие (максимальные и минимальные) и измеряющие (в момент наблюдения). Максимальные термометры обычно ртутные, минимальные — спиртовые, измеряющие — жидкостные (спиртовые, ртутные) и электрические.

Чаще применяются ртутные термометры, они более точные, измеряют температуру воздуха в пределах от — 35 до +357 °С; с помощью спиртовых термометров удобно измерять низкие температуры воздуха (до — 130 °С). (Точка кипения спирта 78,3 °С, ртуть замерзает при — 39,4 °С).

*Влажность воздуха* - это количество водяных паров в воздухе. Зависит от климатического пояса, сезона года и близости водных бассейнов: в морском климате влаги больше, чем в континентальном или пустынном. Степень влажности воздуха определяется тремя показателями: абсолютной, максимальной и относительной влажностью. Абсолютная влажность – количество водяных паров в граммах в 1 м<sup>3</sup> воздуха при данной температуре. Максимальная влажность – сколько максимально может содержаться в воздухе водяных паров при данной температуре, измеряется в г на м<sup>3</sup>. Относительная влажность – это отношение абсолютной влажности к максимальной, измеряется в %. Оптимальные параметры для здоровья относительной влажности - 30-60%.

Влажность воздуха определяют психрометрами и гигрометрами. Психрометры показывают температуру сухого и влажного термометров, по показаниям которых рассчитывается абсолютная и относительная влажность воздуха. Гигрометры показывают непосредственно относительную влажность воздуха.

Для определения влажности воздуха пользуются двумя видами психрометров: стационарным (Августа) и аспирационным (Ассмана).

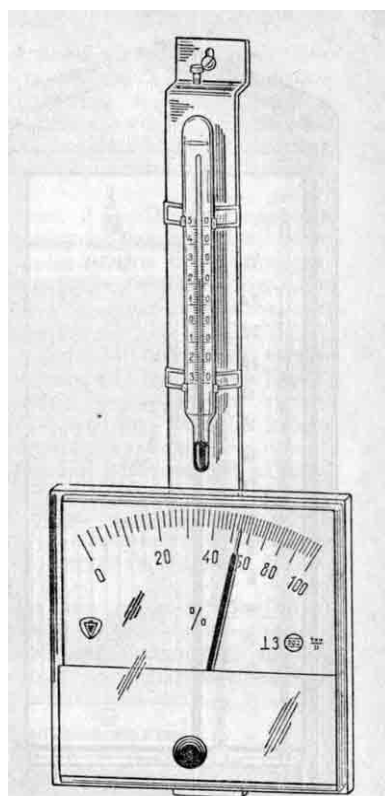


Принцип психрометрии заключается в определении показаний двух термометров, шарик одного из которых увлажнен. Влага, испаряясь с различной скоростью в зависимости от влажности и скорости движения воздуха, отнимает тепло от термометра, поэтому показания влажного термометра будут ниже, чем показания сухого. На основании показаний двух термометров вычисляют относительную влажность воздуха расчетным методом и по таблицам.

#### Гигрометр волосяной

Принцип работы основан на свойстве обезжиренных человеческих волос изменять свою длину в зависимости от влажности. Изменение длины волос передается стрелке, которая, перемещаясь вдоль шкалы, указывает относительную влажность воздуха в процентах.

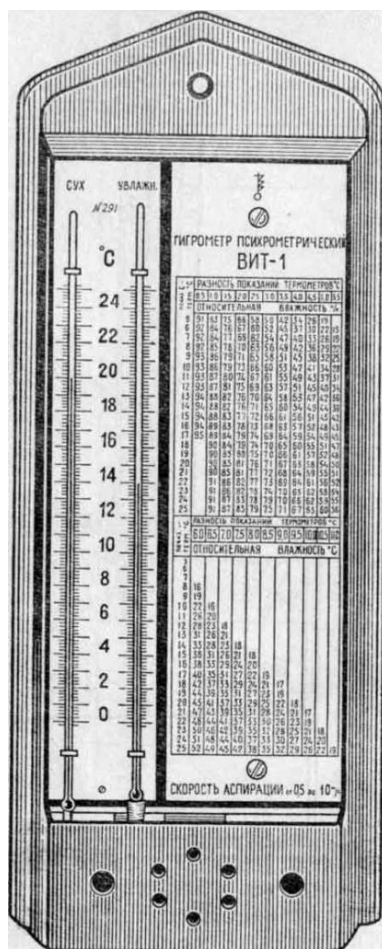
При определении влажности в помещении гигрометр подвешивают на стене вдали от источника тепла. Показания гигрометра следует периодически проверять по аспирационному психрометру, так как чувствительность волоса со временем меняется.



### Гигрометр психрометрический ВИТ

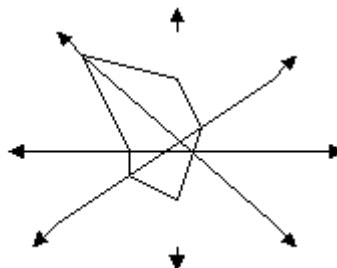
Состоит из двух термометров со шкалой и психрометрической таблицы. Метод измерения основан на зависимости между влажностью воздуха и психрометрической разностью показаний «сухого» и «увлажненного» термометров.

Сначала снимают показания термометров, определяют их разность. Затем по показанию «сухого» термометра и разности показаний определяют относительную влажность воздуха по психрометрической таблице.



*Атмосферное давление* – это давление атмосферного столба воздуха в результате земного притяжения. На уровне моря давление постоянно: на 1 см<sup>2</sup> – 1,033 кг или 760 мм ртутного столба. Величину атмосферного давления определяют с помощью ртутного и металлического барометров.

*Движение воздуха* - определяется скоростью его движения и направлением ветра. Скорость ветра измеряется в м/сек. Графическое изображение повторяемости ветра в данной местности по направлению частей света называется розой ветров.

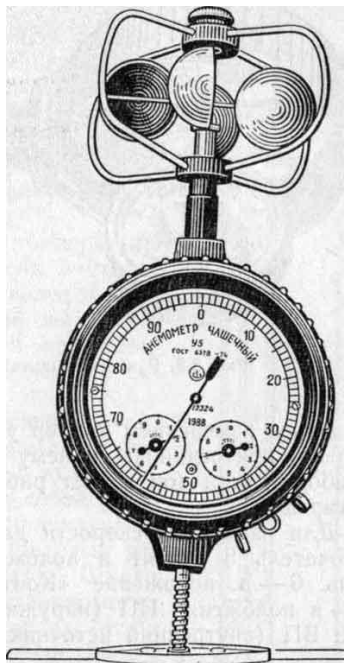


Розу ветров обязательно учитывают архитекторы при строительстве жилых кварталов и промышленных предприятий: жилые кварталы следует располагать с наветренной стороны по отношению к промышленным предприятиям.



Скорость движения воздуха определяют с помощью анемометров (прямой способ) или кататермометров (косвенный способ).

Чашечный анемометр используют для определения скорости движения воздуха в интервале от 1 до 50 м/с. В верхней части прибора имеются четыре полушария, связанные со счетчиком оборотов посредством зубчатой передачи, оси которых снабжены стрелками и выведены на поверхность коробки.



### **Заключение**

При оценке воздушной среды следует учитывать все ее свойства. Физические свойства — температура, влажность, подвижность воздуха, барометрическое давление, электрическое состояние; химические — содержание составных частей воздуха и различных газообразных примесей, бактериологический состав и присутствие в воздухе разнообразных механических примесей в виде пыли, сажи. Действие воздушной среды на организм комплексное, но одно из существенных воздействий связано с физическими свойствами воздуха, поскольку они в значительной степени определяют теплообмен организма с окружающей средой.

### **Литература**

1. <http://www.highexpert.ru/content/gases/air.html>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Воздух>
3. [http://www.energo-mash.com/articles/compressors/01-structure\\_and\\_properties\\_air.html](http://www.energo-mash.com/articles/compressors/01-structure_and_properties_air.html)
4. <http://bettly.ru/tabulky/vzduch.htm>
5. <http://www.doctorhelp.ru/info/2807.html>

# **Современные методы наблюдений и исследований в метеорологии**

Снежко А.В.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

На протяжении современного периода инструментальных метеорологических измерений наблюдались существенные изменения климатических факторов. Способность климатических факторов реагировать на внешние воздействия, может быть количественно охарактеризована значениями целого ряда параметров. Во второй половине 1970-х годов обнаружилась возможность получения эмпирических оценок этих параметров посредством целенаправленной статистической обработки имеющихся материалов сетевых метеорологических наблюдений. Многие важные закономерности современных изменений климатических факторов были выявлены и изучены по данным наблюдений мировой сети метеорологических станций в работах М. И. Будыко, О. А. Дроздова, Е. С. Рубинштейн, Лэма, Митчела и других. Данные факторы очень сложны и они действуют совместно, налагаясь друг на друга, и учесть роль каждого из них нелегко. Это привело к созданию концепции глобальной климатической системы и методов исследования ее чувствительности к воздействиям.

## **Современные методы наблюдений и исследований в метеорологии**

Исходными величинами обработки материалов методами оценки изменений климатических факторов на хозяйственную деятельность человека в основном служат метеорологические и агроклиматические наблюдения. Основные понятия, используемые при обработке таких данных: климатическая норма, среднее многолетнее значение, ряды наблюдений и другие.

При обработке материалов необходимых для оценки изменения и колебания климатических факторов в основном используются общие методы математической статистики. Данные методы легко применимы для исследования степени влияния колебания климата на хозяйственную деятельность человека. Ниже приведены наиболее распространенные и эффективные методы, описанные в научной литературе, которые в дальнейшем будут использоваться для оценки изменений климатических факторов юга Тюменской области:

*Метод скользящих (перекрывающихся) средних.* Этот метод является одним из наиболее часто применяемых при исследовании изменения климата; так же как и метод интегральных кривых, он был предложен еще в конце 20 века для сглаживания рядов наблюдений.

$$\frac{1}{m} \sum_1^m a_i, \frac{1}{m} \sum_2^{m+1} a_i, \dots, \frac{1}{m} \sum_{n+1-m}^n a_i,$$

Суть этого метода заключается в преобразовании исходного ряда  $a_1, a_2, \dots, a_n$  в ряд полученный после осреднения по  $m$  последовательных членов первого ряда при  $m < n$ . Таким образом, метод скользящих средних представляет некоторый «математический фильтр», позволяющий, значительно погасить короткопериодические колебания [1].

*Методы спектрального разложения рядов наблюдений.* Целью метода является отыскание скрытых колебаний в рядах метеорологических наблюдений [2].

*Периодоскоп Карузера.* Основой этого метода, как и других методов такого рода, является разложение рядов наблюдений на несколько составляющих, выбранных с таким расчетом, чтобы выделить периоды с интересующей длиной волны, сглаживая при этом другие волны. Путем весьма несложных подсчетов получают ориентировочные величины длины, амплитуды и фазы периодичностей. В дальнейшем при необходимости возможно уточнение этих величин методом гармонического анализа тех колебаний, которым можно дать определенное физическое истолкование [1].

*Метод анализа непрерывного спектра колебаний.* Исходя из того, что временные ряды можно представить состоящими из бесконечно большого числа колебаний, дающих непрерывное распределение длин волн, производят измерение распределения колебаний во временных рядах в непрерывной области всех возможных длин волн от бесконечно длинных до наиболее коротких. С помощью спектрального разложения выделяют преобладающие периоды колебаний и оценивают масштабы возмущений, которые вносят наибольший вклад в эти колебания. Непрерывный спектр или спектральная плотность вычисляется на основании эмпирических корреляционных функций [2].

*Метод наименьших квадратов.* Это один из методов регрессионного анализа для оценки неизвестных величин по результатам измерений, содержащих случайные ошибки [3].

*Метод вероятностных характеристик или метод номограмм.* На номограмме, на оси ординат откладываются средние многолетние суммы температур воздуха, по оси абсцисс - возможные градации сумм температур воздуха в отдельные годы, в поле графика имеются кривые вероятности различной обеспеченности. Номограммы выражают основные закономерности временной и пространственной структуры распределения элемента [4].

*Методы коррекции данных, имеющие целью восстановление однородности рядов.* Основная трудность использования метеорологических

и агроклиматических материалов для изучения климатических факторов связана с тем, что полученные временные ряды аномалий средней месячной температуры воздуха не являются однородными [2].

*Метод интерполяции.* Способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений [2].

Заключение

Наличие противоречивых мнений о генезисе современных колебаний климата приводит к выводу, что наиболее эффективным методом оценки и прогноза климатических изменений является применение расчетно-экспериментальных методов или методов математической статистики. Поскольку методика обработки данных не может быть сведена к достаточно четкому алгоритму, встает вопрос о выборе методов анализа климатических факторов. Статистически-оптимальными методами могут являться методы осреднения, позволяющие обеспечить получение необходимой точности информации при использовании данных метеорологических или агроклиматических измерений.

### Литература

1. Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. Современное изменение климата, Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. – 268с.
2. Винников К.Я. Чувствительность климата. Эмпирические исследования закономерностей современных изменений климата. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1986. – 228с.
3. Будыко М.И. Изменения климата, Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. – 279с.
4. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки данных - Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. Современное изменение климата, Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. – 150 с.

# Климатообразующие факторы

Стрельченок Т.Г.

Белорусский национальный технический университет

## Введение

### КЛИМАТООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ



Чтобы раскрыть условия формирования климата, необходимо определить его причины. Их называют климатообразующими факторами. Основные климатообразующие факторы приведены на схеме.

На Земле при условии однородной, достаточно влажной поверхности различия в климате любых

участков Земли зависели бы от радиационного баланса и циркуляции атмосферы. В этом случае климатические пояса располагались бы строго зонально и границы их совпадали бы с параллелями. На самом деле климатические пояса выражены не столь идеально. Это объясняется тем, что климат различных участков Земли формируется под влиянием всех климатообразующих факторов.

Солнечная радиация — источник энергии всех процессов, происходящих в атмосфере. За счет солнечной радиации происходит передача тепла Солнцем через космическое пространство. Шарообразная форма Земли определяет различия климата в зависимости от географической широты, а наклонное положение оси вращения Земли — сезонность климата. Циркуляция воздушных масс в атмосфере влияет на режим осадков и географию их распределения на земном шаре, температуру воздуха.

Для характеристики климата очень важно знать, как в данном месте распределяется суша и море. Удаленность от берегов океана в глубь материков отражается на режиме температуры, влажности, определяет степень континентальности данного климата. Теплые течения в морях и океанах способствуют повышению температуры в прибрежных районах суши и увеличению осадков. Холодные течения, наоборот, понижают температуру на окраинах материков и препятствуют выпадению осадков. Климат восточных и западных побережий Южной Америки, Австралии и Африки, находящихся в пределах одного тропического климата, различен. Это

объясняется именно наличием там океанических течений.

Велико воздействие на климат к рельефа. Так, в горах на разной высоте местности над уровнем моря климатические условия различаются; на климат влияет направление горных хребтов, служащих препятствием для ветра и вторжения воздушных масс. Равнины, наоборот, позволяют континентальным или океаническим воздушным массам беспрепятственно проникать в соседние районы.

Климат в большой степени зависит от характера подстилающей поверхности, под которой понимают компоненты земной поверхности, взаимодействующие с атмосферой. Лес, например, уменьшает суточную амплитуду температур почвы и, значит, окружающего воздуха. Снег уменьшает потери тепла почвой, но он отражает значительное количество солнечных лучей, и Земля поэтому нагревается слабо.

С развитием на Земле человеческого общества появился новый фактор, влияющий на климат планеты. В городах температура воздуха выше, чем в окрестностях. Запыленность воздуха способствует образованию туманов, облаков, что ведет к сокращению продолжительности солнечного сияния и выпадению осадков. Хозяйственная деятельность человека порой имеет необратимое пагубное влияние на климат. Например, загрязнение атмосферы двуокисью серы и окислами азота породило такое явление, как кислотные дожди, отравляющие почву и водоемы, губящие леса. Эти загрязнения переносятся на большие расстояния воздушными массами и вместе с осадками выпадают далеко от источников загрязнения. Только в США и Западной Европе ими уничтожено уже более 30 млн. га, являющихся «легкими» планеты. Кислотные дожди выпадают и на территории России.

Другой опасностью является разрушение озонового слоя, особенно над Антарктидой. Этот слой защищает нашу Землю от избытка ультрафиолетового излучения. Причина разрушения озонового слоя — производство и использование фреона в холодильных установках, в аэрозолях.

## **Климатообразующие факторы**

### *Климатическая система, глобальный и локальный климат*

Климатическая система - атмосфера, гидросфера, литосфера, криосфера и биосфера.

Глобальный климат - статистическая совокупность состояний, проходимых климатической системой за периоды времени в несколько десятилетий.

Компоненты климатической системы и различные процессы, влияющие на формирование и изменения климата, делят на внешние и внутренние.

*К внешним процессам относят:*

1. приток солнечной радиации
2. изменения состава атмосферы, вызванные процессами в литосфере и притоком аэрозолей и газов из космоса
3. изменения очертаний океанов, суши, орографии, растительности

*К внутренним процессам относят:*

1. взаимодействия атмосферы с океаном, с поверхностью суши и льдом (теплообмен, испарение, осадки)
2. взаимодействие лед-океан
3. изменение газового и аэрозольного состава атмосферы
4. облачность
5. снежный и растительный покров
6. рельеф и очертания материков

Распределение метеорологических величин в пространстве и во времени определяет распределение локальных климатов на земном шаре.

Локальный климат - совокупность атмосферных условий за многолетний период, характерный для данной местности в зависимости от ее географического положения.

*Теплооборот, влагооборот и атмосферная циркуляция как климатообразующие факторы*

В атмосферных условиях теплооборот характеризует сложные процессы получения, передачи, переноса и потери тепла в системе Земля - атмосфера. Прямая солнечная радиация, прошедшая через атмосферу, и рассеянная радиация, частично от нее отражаются, но в большей части поглощаются ею и нагревают верхние слои почвы и водоемов. Земная поверхность испускает невидимую инфракрасную радиацию, которую в большей части поглощает атмосфера и нагревается. Атмосфера излучает инфракрасную радиацию, большую часть которой поглощает земная поверхность. Одновременно земная и атмосферная радиации непрерывно излучаются в мировое пространство и вместе с отраженной солнечной радиацией уравнивают приток солнечной радиации к Земле. Часть лучистой энергии идет на нагревание земной поверхности и атмосферы.

Кроме теплообмена путем излучения, между земной поверхностью и атмосферой происходит обмен теплом путем теплопроводности. В передаче тепла внутри атмосферы важную роль играет перемешивание воздуха в вертикальном направлении. Значительная часть тепла, поступающего на земную поверхность, затрачивается на нагревание воды. При конденсации водяного пара в атмосфере выделяется тепло, которое идет на нагревание воздуха. Существенным процессом в теплообороте является горизонтальный перенос тепла воздушными течениями.

Температура воздуха имеет суточный и годовой ход в зависимости от притока солнечной радиации по широтам, распределения суши и моря,

которые имеют различные условия поглощения радиации и соответственно по-разному нагреваются, а также горизонтального переноса воздуха с океана на сушу и с суши на океан.

Между атмосферой и земной поверхностью происходит постоянный влагооборот. С водной поверхности, почвы, растительности в атмосферу испаряется вода, на что затрачивается большое количество тепла из почвы и верхних слоев воды. В реальных условиях в атмосфере водяной пар конденсируется, вследствие этого возникают облака и туманы. Осадки, выпадающие из облаков, уравнивают испарение в целом для всего земного шара. Количество осадков и распределение их в пространстве и во времени определяют особенности растительного покрова и земледелия. От распределения количества осадков, их изменчивости, зависит гидрологический режим водоемов. Промерзание почвы, режим многолетней мерзлоты обусловлены высотой снежного покрова.

Неравномерное распределение тепла в атмосфере приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, и как следствие движению воздуха. На характер движения воздуха относительно земной поверхности большое влияние оказывает суточное вращение Земли. В пограничном слое атмосферы на движение воздуха влияет трение.

Совокупность основных воздушных течений, которые реализуют горизонтальный и вертикальный обмен масс воздуха, - общая циркуляция атмосферы. Ее проявление в первую очередь зависит от постоянно возникающих в атмосфере волн и вихрей, перемещающихся с различной скоростью. Это образование атмосферных возмущений - циклонов и антициклонов - характерная черта атмосферной циркуляции. Общая циркуляция атмосферы является одной из характеристик состояния климатической системы. С перемещениями воздуха связаны основные изменения погоды.

Состояние глобальной климатической системы определяет характер климатообразующих процессов - атмосферной циркуляции, теплооборота и влагооборота, проявляющихся в различных географических регионах. В связи с этим типы локальных климатов зависят от широты, распределения суши и моря, орографии, почвы, растительного и снежного покрова, океанических течений.

### **Влияние географической широты на климат**

Географическая широта определяет зональность в распределении элементов климата. Солнечная радиация поступает на верхнюю границу атмосферы в зависимости от географической широты, которая определяет полуденную высоту Солнца и продолжительность облучения. Поглощенная радиация распределяется сложнее, так как зависит от облачности, альбедо земной поверхности, степени прозрачности воздуха.



Зональность лежит и в основе распределения температуры воздуха, которое зависит не только от поглощенной радиации, но и от циркуляционных условий. Зональность в распределении температуры приводит к зональности других метеорологических величин климата.

Влияние географической широты на распределение метеорологических величин становится заметнее с высотой, когда ослабевает влияние других факторов климата, связанных с земной поверхностью.

### **Изменение климата с высотой**

Атмосферное давление с высотой падает, солнечная радиация и эффективное излучение возрастают, температура, удельная влажность убывают. Ветер достаточно сложно меняется по скорости и направлению.

Такие изменения происходят в свободной атмосфере над равнинной местностью, с большими или меньшими возмущениями (связанными с близостью земной поверхности) они происходят и в горах. В горах намечаются и характерные изменения с высотой облачности и осадков. Осадки, как правило, сначала возрастают с высотой местности, но, начиная с некоторого уровня, убывают. В результате в горах создается высотная климатическая зональность.

Климатические условия могут сильно различаться в зависимости от высоты места. При этом изменения с высотой намного больше, чем изменения с широтой - в горизонтальном направлении.

Высотная климатическая зональность определяется тем, что в горах изменение метеорологических величин с высотой создает быстрое изменение всего комплекса климатических условий. Образуются лежащие одна над другой климатические зоны (или пояса) с соответствующим изменением растительности. Смена высотных климатических зон напоминает смену климатических зон в широтном направлении. Разница, однако, в том, что для изменений, которые в горизонтальном направлении происходят на протяжении тысяч километров, в горах нужно изменение высоты только на километры. Типы растительности в горах сменяются в следующем порядке. Сначала идут лиственные леса. В сухих климатах они начинаются не от подножия гор, а с некоторой высоты, где температура падает, а осадки возрастают настолько, что становится возможным произрастание древесной растительности. Затем идут хвойные леса, кустарники, альпийская растительность из трав и стелющихся кустарников. За снеговой линией следует зона постоянного снега и льда

Верхняя граница леса в районах с сухим континентальным климатом поднимается выше, чем в районах с влажным океаническим климатом. На экваторе она достигает 3800 м, а в сухих районах субтропиков - выше 4500 м. От умеренных широт к полярным граница леса быстро снижается в связи с тем, что произрастание леса ограничено средней июльской температурой.

Смена высотных климатических зон в горах за полярным кругом сводится к смене зоны тундры на зону постоянного мороза.

Граница земледелия в горах близка к границе леса; в сухом континентальном климате она проходит значительно выше, чем в морском. В умеренных широтах эта граница порядка 1500 м. В тропиках и субтропиках полевые культуры выращивают до высот около 4000 м, а на Тибетском нагорье - выше 4600 м.

### **Влияние распределения моря и суши на климат**

Распределение суши и моря определяет деление типов климата на морской и континентальный. Зональность климатических характеристик оказывается возмущенной или перекрытой влиянием неравномерного распределения суши и моря. В Южном полушарии, где океаническая поверхность преобладает, а распределение суши более симметрично относительно полюса, чем в Северном, зональность в распределении температуры, давления, ветра выражена лучше.

Центры действия атмосферы на многолетних средних картах давления обнаруживают явную связь с распределением суши и моря: субтропические зоны высокого давления разрываются над материками летом; в умеренных широтах над материками выражено преобладание высокого давления зимой и низкого давления летом. Это усложняет систему атмосферной циркуляции, а значит, и распределение климатических условий на Земле.

Положение места относительно береговой линии существенно влияет на режим температуры, влажности, облачности, осадков, определяя степень континентальности климата.

### **Континентальность климата, индексы континентальности**

Континентальность климата - совокупность характерных особенностей климата, определяемых воздействиями материка на процессы климатообразования.

В климате над морем (морской климат) наблюдаются малые годовые амплитуды температуры воздуха по сравнению с континентальным климатом над сушей с большими годовыми амплитудами температуры.

Годовой ход температуры воздуха на широте 62° с.ш. в Торсхавне (Фарерские острова) и Якутске отражает географическое положение этих пунктов: в первом случае - у западных берегов Европы, во втором - в восточной части Азии. Средняя годовая амплитуда в Торсхавне 8°, в Якутске 620С. На континенте Евразия наблюдается возрастание годовой амплитуды в направлении с запада на восток.

Величина годовой амплитуды температуры воздуха зависит от географической широты. В низких широтах годовые амплитуды температуры

меньше по сравнению с высокими широтами.

### **Орография и климат**

На климатические условия в горах влияет высота местности над уровнем моря, высота и направление горных хребтов, экспозиция склонов, направление преобладающих ветров, ширина долин, крутизна склонов.

Воздушные течения могут задерживаться и отклоняться хребтами. В узких проходах между хребтами скорость воздушных течений меняется. В горах возникают местные системы циркуляции - горно-долинные и ледниковые ветры.

Над склонами, по-разному экспонированными, создается различный режим температуры. Формы рельефа оказывают влияние на суточный ход температуры. Задерживая перенос масс холодного или теплого воздуха, горы создают резкие разделы в распределении температуры на больших географических пространствах.

В связи с перетеканием воздушных течений через хребты на наветренных склонах гор увеличиваются облачность и осадки. На подветренных склонах возникают фены с повышением температуры и уменьшением влажности. Над горами возникают волновые возмущения воздушных течений и особые формы облаков. Над нагретыми склонами гор также увеличивается конвекция и, следовательно, облакообразование. Все это отражается в многолетнем режиме климата горных районов.

### **Океанические течения и климат**

Океанические течения создают особенно резкие различия в температурном режиме поверхности моря и тем самым влияют на распределение температуры воздуха и на атмосферную циркуляцию. Устойчивость океанических течений приводит к тому, что их влияние на атмосферу имеет климатическое значение. Гребень изотерм на картах средней температуры наглядно показывает тепляющее влияние Гольфстрима на климат восточной части Северной Атлантики и Западной Европы.

Холодные океанические течения также обнаруживаются на средних картах температуры воздуха соответствующими возмущениями в конфигурации изотерм - языками холода, направленными к низким широтам.

Над районами холодных течений увеличивается повторяемость туманов, в частности у Ньюфаундленда, где воздух может переходить с теплых вод Гольфстрима на холодные воды Лабрадорского течения. Над холодными водами в пассатной зоне ликвидируется конвекция и резко уменьшается облачность. Это, в свою очередь, является фактором, поддерживающим существование так называемых прибрежных пустынь.

## **Влияние снежного и растительного покрова на климат**

Снежный (ледяной) покров уменьшает потерю тепла почвой и колебания ее температуры. Поверхность покрова отражает солнечную радиацию днем и охлаждается излучением ночью, поэтому она понижает температуру приземного слоя воздуха. Весной на таяние снежного покрова тратится большое количество тепла, которое берется из атмосферы: таким образом, температура воздуха над тающим снежным покровом остается близкой к нулю. Над снежным покровом наблюдаются инверсии температуры: зимой - связанные с радиационным выхолаживанием, весной - с таянием снега. Над постоянным снежным покровом полярных областей даже летом отмечаются инверсии или изотермии. Таяние снежного покрова обогащает почву влагой и имеет большое значение для климатического режима теплого времени года. Большое альbedo снежного покрова приводит к усилению рассеянной радиации и увеличению суммарной радиации и освещенности.

Густой травяной покров уменьшает суточную амплитуду температуры почвы и снижает ее среднюю температуру. Следовательно, он уменьшает суточную амплитуду температуры воздуха. Более сложное влияние на климат имеет лес, который может увеличивать над собой количество осадков, вследствие шероховатости подстилающей поверхности.

Однако влияние растительного покрова имеет в основном микроклиматическое значение, распространяясь преимущественно на приземный слой воздуха и на небольших площадях.

## **Принципы классификации климатов**

Для анализа закономерностей формирования климатов в рамках глобальной системы и решения практических задач необходимо знать распределение климатических величин по земному шару или району, а также климатического комплекса в целом.

В зависимости от задачи исследования существуют различные подходы к классификации климатов. Если это делается для целей анализа происхождения самого климата или для увязки с комплексом природных условий (ландшафтно-географических зон), то такое разделение климатов называется климатической классификацией, а если для прикладных целей (обслуживание сельского хозяйства, строительства, транспорта) - климатическим районированием.

Классификации климатов и районирования многочисленны и определяются различными задачами. Существуют классификации, увязывающие с климатом распространение растительности, почв, речной сети, рельефа в целом или изучающие закономерности формирования из локальных климатов глобальной климатической системы.

Современные классификации и районирования не ограничиваются разделением климатов, они также выявляют их систему, тем самым обращая внимание и на их сходство.

### **Заключение**

Климат является одним из важнейших природных факторов, под непосредственным влиянием которых протекает большинство процессов в верхней части земной коры, атмосфере, гидросфере и биосфере. Он оказывает существенное влияние на развитие жизни, интенсивность разрушений земной поверхности, накопление разнообразных осадочных горных пород, ценных минералов и полезных ископаемых. Под непосредственным воздействием климата развиваются процессы, связанные с перемещением воздушных масс, образуются поверхностные и глубоководные морские течения и многое другое.

Особенности климата обусловлены целым рядом факторов, известных под названием климатообразующих. К ним относятся солнечная радиация, циркуляция атмосферы и характер земной поверхности. Постоянное взаимодействие этих факторов и их изменения в количественном выражении в различные геологические эпохи приводят к разным условиям формирования природной среды.

### **Литература**

- 1.Хромов, С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л., 1958.
- 2.Леонович, И.И. Дорожная климатология. – Мн., 1994.
- 3.Строительная климатология: справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990.
- 4.Андрющенко, О.Н., Исупова, А.И. Как образуется климат. – Мн.: Нар. асвета, 1979.
- 5.Лосев, К.С. Климат вчера, сегодня и завтра. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.

# **Климатические ресурсы и их использование**

Судленков Д.С.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Развитие человеческого общества во все времена было связано с использованием разнообразных ресурсов. Природная среда является местом обитания человека и источником всех благ, необходимых для его жизни и производственной деятельности.

С развитием общественного производства все более возрастает влияние человека на природу, использование ее сил и ресурсов. Причем достижения науки и техники создали иллюзию как бы обособленности человека от природы и даже господства над ней. Для удовлетворения своих потребностей современный человек нуждается в значительно большем количестве ресурсов, чем раньше, в связи с чем перед человечеством встанут серьезные и сложные проблемы охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

## **Понятие ресурсов и классификация**

Развитие человеческого общества и социально-экономического прогресса связано с использованием разнообразных природных (естественных) ресурсов.

Природные ресурсы – компоненты природы, которые используются непосредственно для удовлетворения потребностей человеческого общества с учетом технических, экономических и др. возможностей.

Все они связаны с литосферой, гидросферой, атмосферой, биосферой, космосом. Это минеральные ресурсы, земля, воды, растительность, живые организмы, газы, солнечная радиация и др. Природные ресурсы человек использует непосредственно или в переработанном виде. Само понятие ресурса появилось в то время, когда началась хозяйственная деятельность человека и возникла необходимость широкого и разнообразного использования природных богатств и объектов окружающей среды.

Природные ресурсы выступают и как компоненты природы, и как экономическая категория. Естественные ресурсы, вовлеченные в процесс общественного производства, в конечном итоге входят в качестве составной части в производительные силы общества.

Из различных классификаций природных ресурсов наиболее широко используются классификации по их принадлежности к тем или иным компонентам окружающей среды: функциональному назначению;

способности к естественному восстановлению или сохранению, т.е. по истощаемости.

Природные ресурсы Земли по способности к естественному восстановлению или сохранению делят на неисчерпаемые и исчерпаемые.

Климатические ресурсы относятся к ресурсам атмосферы, и являются Неисчерпаемыми ресурсами, т.е. могут быть использованы многократно, и запасы их практически неограниченны. Они обладают способностью к возобновлению. Однако усиливающаяся в последнее время антропогенная нагрузка на природную среду может существенно ухудшить их качество, а ухудшение качеств атмосферы посредством ее загрязнения может привести к изменению климата на Земле.

### **Влияние климата на экономику страны**

Известно, что климат оказывает существенное влияние на многие отрасли экономики. Под влиянием климатических условий валовой национальный продукт может изменяться на несколько процентов.

Каждый удачный прогноз серьезных изменений климата без дополнительных затрат позволяет экономить значительные суммы бюджетных средств.

Например, в Китае при проектировании и строительстве металлургического комплекса учет климатологических данных позволил сэкономить 20 млн. долларов США. Использование климатической информации и специальных прогнозов в масштабах Канады дает ежегодно экономию 50-100 млн. долларов США.

В США сезонные прогнозы даже не очень точные (с оправдываемостью 60%) дают выгоду 180 млн. долларов США в год с учетом только сельскохозяйственной, лесной и рыболовной отраслей. Если бы удалось повысить точность прогнозов до 77% , то выгода составила бы 310 млн. долларов США.

В зависимости от климатических изменений могут наблюдаться возникновения или обострение сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний. Эпидемиологические исследования свидетельствуют о влиянии экстремальных условий (жара, мороз, загрязнение воздуха, угнетающая погода) на заболеваемость и смертность.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что адаптированная климатологическая информация и прогностическое обслуживание приносят прибыль самым разным секторам экономики и здравоохранения.

На международной конференции "Гидрометеорология - человеку", состоявшейся в Санкт-Петербурге в ноябре 1997 г., было зафиксировано, что проблема климата в последние 1,5-2 десятилетия стала настолько серьезной, что отражается не только на экономике, но также на социальной и политической жизни.

Такое обстоятельство с климатом усугубилось тем, что, во-первых, внимание к климатическим исследованиям и исследованиям по проблеме "Человек и окружающая среда" (в основном по финансовым мотивам) недопустимо ослабла. И это происходит в то время, когда ущерб от опасных климатических явлений (засухи, лесных пожаров, наводнений, катастрофических холодов, лавин и селевых потоков) ежегодно только по России оценивается тремя-четырьмя миллионами рублей. За последние 15 лет экономический ущерб от стихийных явлений природы возрос в 8 раз, не считая ущерба от землетрясений и катастрофического подъема уровня Каспийского моря, которые обусловили ущерб на сумму около 300 миллиардов долларов.

Вопрос о сверхдолгосрочном прогнозировании колебаний климата и стихийных природных явлений стал не только чрезвычайно важным, но и перерос в вопрос неотложной государственной политики.

Существуют убеждения и соответствующие доказательства того, что человеческое сообщество само усугубляет некоторые климатические явления. Признаки потепления планетарного климата воспринимаются как явное антропогенное воздействие на окружающую среду.

Теперь даже возникла дилемма: либо решительно и быстро вводить квоты на выброс в атмосферу промышленных загрязнений, либо поступившись климатом, дать дальнейшую свободу промышленному загрязнению ради экономических успехов.

Прогнозы колебаний элементов климата до 2000 года, составленные в семидесятых годах, не вызвали широкого научного интереса к ним ("Колебания климата Кустанайской области в XX столетии. Гидрометеиздат, Ленинград, 1971 г.), хотя в зарубежной печати метод прогноза был оценен весьма высоко.

Однако тогдашние руководители Казахской ССР с выходом в свет упомянутой монографии, заказали работу по осуществлению расчетов годовых и летних сумм атмосферных осадков по всему Казахстану до 2000 года. Разумный учет этого прогноза, в котором значилось наступление в восьмидесятых годах ряда сильно засушливых лет (что и осуществилось), позволил свести до минимума ущерб от засушливого десятилетия, как в части зернового хозяйства, так и в животноводстве.

Прогноз осадков по бассейну Аральского моря также до 2000 года (Труды КазНИГМИ, вып. 44, 1972 г.) в свою очередь, помог решить проблему выживания этого моря, сильно беспокоившую как Казахскую, так и Узбекскую республики. Согласно прогнозу до 2000 года увеличение атмосферных осадков в бассейне Аральского моря в девяностых годах текущего столетия, не привело к катастрофическому сокращению площади моря.

И приведенные, и ряд других примеров, свидетельствуют о том, что долгосрочное прогнозирование дает возможность существенно уменьшить,



вызываемый климатическими колебаниями, ущерб народному хозяйству и даже иметь от таких прогнозов большой экономической эффект. Это касается, прежде всего, сельскохозяйственного производства. С характером ожидаемой погоды должны согласовываться многие сельхозмероприятия и агротехника, виды удобрения и сорта различных культур. Структура посевных площадей, сроки сева, нормы высева, глубина заделки семян и т.д. в культурном земледелии немыслимы без надежного прогноза ожидаемых погодных условий посевного и вегетационного периода. И в этом отношении приведем пример. Принятый во внимание долгосрочный прогноз на весну и лето 1990 г., данный по просьбе сельхозартеля "Азов" в Донецкой области, позволил перестроить структуру посевных площадей, применительно к ожидаемым погодным условиям со значительными летними осадками, и получить урожай пшеницы по 54 центнера с гектара, против обычных 25-30. Увеличение площади яровых культур, за счет парового поля, стал ключом к тому, что артель за один год стала миллионером.

Несомненно, что и удобрения, и вся агротехника, и уход за посевами влияют на уровень урожайности, но биологические условия, создаваемые характером погоды - фактор доминирующий. Таким образом, можно сказать, что земледелие много не дополучает из того, что способны давать климатические ресурсы.

Таким образом, рациональное ведение хозяйственной деятельности и ее планирование невозможно без учета климатических особенностей региона.

### **Состав атмосферы и последствия загрязнения климатических ресурсов**

Внешняя оболочка Земли — атмосфера — один из важнейших элементов биосферы. Атмосфера выполняет жизнеобеспечивающие, защитные, терморегулирующие, геологические и другие функции. Она оказывает решающее влияние на здоровье и производственно-хозяйственную деятельность человека, состояние растительного и животного мира.

В газовый состав современной атмосферы входят (в %): азот — 78,9, кислород — 20,95, аргон — 0,93, углекислый газ — 0,03, неон — 0,00018. В атмосфере содержатся также пары воды. В результате фотосинтеза современных растений кислород в атмосфере обновляется за 5 тыс. лет, углекислый газ — за 11 лет (за счет метаболизма высших растений, водорослей и бактерий).

Атмосферный воздух — неисчерпаемый ресурс, однако, в отдельных районах земного шара он подвергается столь сильному антропогенному воздействию, что вполне уместно ставить вопрос о качественном изменении воздуха в результате атмосферного загрязнения.

Под атмосферным загрязнением понимают избыточное наличие в воздухе различных газов, частичек твердых и жидких веществ, паров (поступивших из

природных или антропогенных источников), концентрация которых отрицательно влияет на флору и фауну Земли, и жизненные условия человеческого общества. Основные антропогенные источники загрязнения атмосферного воздуха — транспорт, промышленные предприятия, теплоэлектростанции (котельные установки), поэтому в атмосферу попадают газообразные выбросы, твердые частицы, радиоактивные вещества и влага. Во время пребывания в атмосфере их температура, свойства и состояние могут существенно меняться. Эти изменения проявляются в виде осаждения тяжелых фракций, распада на компоненты (по массам и размерам), химических и фотохимических реакций и т.д. Вследствие этого в атмосферном воздухе образуются новые компоненты, свойства и поведение которых могут значительно отличаться от исходных.

Газообразные выбросы образуют соединения углерода, серы и азота. Оксиды углерода практически не взаимодействуют с другими веществами в атмосфере, и время их существования неограниченно. Диоксид серы  $SO_2$  является одним из наиболее токсичных веществ и составляет почти 99% выбросов сернистых соединений, содержащихся в отходящих газах теплоэнергетических установок. Продолжительность нахождения  $SO_2$  в атмосфере ограничена, так как он принимает участие в различных реакциях (фотохимических, каталитических и др.), в результате которых окисляется и образует сульфаты. Одновременно с  $SO_2$  в атмосферу выделяется  $SO_3$ , превращающийся в мельчайшие капельки серной кислоты, аэрозоль которой содержится в воздухе.

Поведение влаги в атмосфере обусловлено ее концентрацией и наличием фазовых переходов (плавление и др.). Строгие количественные оценки режима влаги в атмосферном воздухе пока не разработаны.

Выбросы радиоактивных веществ в атмосферу наиболее опасны для всего живого на Земле, поэтому источники образования их и закономерности размещения в атмосфере являются объектом постоянных наблюдений. В зависимости от динамических процессов в атмосфере, включающих общие и локальные перемещения воздушных масс, примесные выбросы могут распространяться на значительные расстояния.

Ежегодно на территории бывшего СССР в воздушный бассейн поступало около 100 млн. т вредных веществ. За 1987—1990 гг. максимальные разовые концентрации вредных веществ, превышающие 10 ПДК, отмечались более чем в ста городах страны.

Наиболее сильное загрязнение атмосферы в результате антропогенной деятельности наблюдается, в настоящее время. Установлено, например, что с 1900 г. объемная доля диоксида углерода в атмосфере увеличилась от 0,027 до 0,0323%. При сохранении существующих темпов поступления углекислого газа в атмосферу его доля к 2000 г. будет составлять 0,04%. Соответственно снижается наличие кислорода в атмосфере, ежегодно его становится меньше на несколько миллиардов тонн. По мнению некоторых ученых, накопление в

атмосфере углекислого газа может вызвать так называемый парниковый эффект, который заключается в том, что уплотняющийся слой диоксида углерода, свободно пропуская солнечную радиацию к Земле, задерживает возврат теплового излучения в верхние слои атмосферы. В связи с этим в нижних слоях атмосферы возможно повышение температуры, которое вызовет таяние льдов и снегов на полюсах, подъем уровня океанов, морей и затопление значительной части суши.

Хотя климатические ресурсы и названы неисчерпаемыми, но проблема заключается в качестве, которое соответствует влиянию этих ресурсов на человека. Из-за увеличения озоновых дыр, вместе с солнечным теплом и светом мы стали получать огромное число различных излучений, от которых страдают и животный мир, и сами люди. Разрушение озонового слоя происходит из-за влияния промышленных отходов, выбрасываемых в воздушное пространство. После того, как человек почувствовал гарь от заводов, он начал строить выше заводские трубы, разрушая защиту планеты от космических невзгод.

В последние десятилетия появилось множество цветных дождей, которые в равной степени отрицательно влияют на здоровье людей и на почву, ведь яды, содержащиеся в воде, попадают в растения, которыми питается человек, и они становятся несъедобными или погибают.

Загрязнение атмосферы наносит огромный вред здоровью людей, приводит к значительному ущербу в сельском и лесном хозяйствах, в различных отраслях промышленности.

Воздействие современного экономического пространства на окружающую среду приобретает все более угрожающие масштабы, создавая тем самым определенные ограничения как в сфере экономического, так и в любой другой сфере жизнедеятельности. Актуальность экономических проблем требует их разрешения максимально возможным рациональным способом. Таким образом, в совокупность знаний и навыков современного экономиста должны входить и сведения об основах экологического нормирования и способах их реализации.

## **Заключение**

Современное состояние экономической сферы и ее воздействие на окружающую среду в процессе производства требуют признания природных ресурсов важнейшим звеном в цепи взаимосвязи между экономической деятельностью и развитием окружающей среды. Отсюда следует, что разумное осуществление экономической деятельности невозможно без проведения совокупности мероприятий, направленных на охрану окружающей среды.

## Литература

1. Аналитический доклад «Природные ресурсы и окружающая среда России». Сайт «Природные ресурсы». [www.priroda.ru](http://www.priroda.ru)
2. Кочев М.А. «Экологический кризис, структура и причины». (<http://aeli.altai.ru>)
3. Климат и экономика. ([www.meteo.ru](http://www.meteo.ru))

## Основные этапы истории метеорологии

Фалей М.Г.

Белорусский национальный технический университет

### Введение

Еще в древности в Китае, Индии, странах Средиземноморья делались попытки регулярных метеорологических наблюдений и существовали зачаточные научные представления об атмосферных процессах и о климате. Наблюдения над наиболее выдающимися атмосферными явлениями велись и регистрировались и в средние века. Современная научная метеорология, однако, ведет начало с XVII века, когда были заложены основы физики, частью которой на первых порах являлась метеорология. Тогда же были изобретены (Галилеем и его учениками) первые метеорологические приборы и появилась возможность инструментальных наблюдений.

### 1. Основные этапы истории метеорологии

Еще на заре своей истории человек сталкивался с неблагоприятными атмосферными явлениями. Не понимая их, он обожествлял грозные и стихийные явления, связанные с атмосферой (боги – Перун, Зевс, Дажбог и др.). По мере развития цивилизации в Китае, Индии, странах Средиземноморья делаются попытки регулярных метеорологических наблюдений, появляются первые научные представления о климате. Первый труд об атмосферных явлениях был составлен Аристотелем. Современная научная метеорология ведет начало с XVII в., когда были заложены основы физики. Великим ученым Галилеем и его учениками были изобретены термометр (1610г.), барометр, дождемер, то есть появилась новая возможность инструментальных наблюдений. Начиная с середины XVII в. академия экспериментирования в Тоскане организовало первую

немногочисленную сеть инструментальных наблюдений, которые проводились в нескольких пунктах Европы. Кроме того, непременной частью программ всех морских плаваний было проведение наблюдений за погодой.

В это же время появились первые метеорологические теории. Э. Галлей дал первое объяснение муссонов, а Э. Гадлей опубликовал трактат о пассатах. К середине XVIII в. М. В. Ломоносов считал метеорологию самостоятельной наукой, главной задачей которой было "предзнание погоды". Было организовано по частной инициативе Маннгеймское метеорологическое общество, которое создало в Европе на добровольной основе сеть из 39 метеорологических станций (в том числе три в России – Санкт-Петербурге, Москве, Пышменский завод), укомплектованных единообразными и проградированными приборами. Сеть функционировала 12 лет.

В середине XIX в. возникают государственные сети станций. А в начале века трудами А. Гумбольдта и Г. Дове в Германии закладываются основы климатологии. Около 1820 года Г. В. Брандесу в Германии пришла мысль нанести на географические карты наблюдения Маннгеймской сети станций. Таким образом, появились первые синоптические карты, позволившие обнаружить области высокого и низкого давления. Они оказались подвижные и двигались, как правило, с запада на восток. После изобретения телеграфа, с 50-х годов, по инициативе астронома У. Леверье во Франции и адмирала Р. Фицроя в Англии синоптический метод исследования атмосферных фронтов быстро вошел в общее употребление. На его основе возникла новая отрасль метеорологии – синоптическая метеорология.

К середине XIX в. относится организация первых метеорологических институтов, в том числе Главной физической обсерватории в Петербурге (1849г.). Во второй половине XIX столетия были заложены основы динамической метеорологии, т. е. применения законов гидромеханики и термодинамики к исследованиям атмосферных процессов. Большой вклад в эту область метеорологии был сделан Кориолисом и Пуассоном во Франции, В. Феррелем в США, Г. Гельмгольцем в Германии, Г. Моном и К. Гульдбергом в Норвегии. К концу столетия усилилось изучение радиационных и электрических процессов в атмосфере.

Развитие метеорологии в XX в. шло нарастающими темпами. Большие успехи достигнуты в области аэрологических исследований. Широкое использование радиолокационной техники для аэрологических исследований связано с именами Г. И. Голышева, В. В. Костарева, Б.д. Рождественского.

Велик прогресс в актинометрии – учении о радиации в атмосфере. Основные заслуги в разработке методов и приборов для измерения лучистой энергии, организации сети актинометрических станций в России принадлежит Н. Н. Калитину, В. А. Михельсону, О. Д. Хвольсону, С. И. Савинову.

В XX в. появились новые, углубленные подходы к климатологическим исследованиям. Особенно большой вклад в разработку проблем климатологии

в России внесены трудами А. А. Каминского, Л. С. Берга, М. И. Будыко, М. М. Сомова и др.

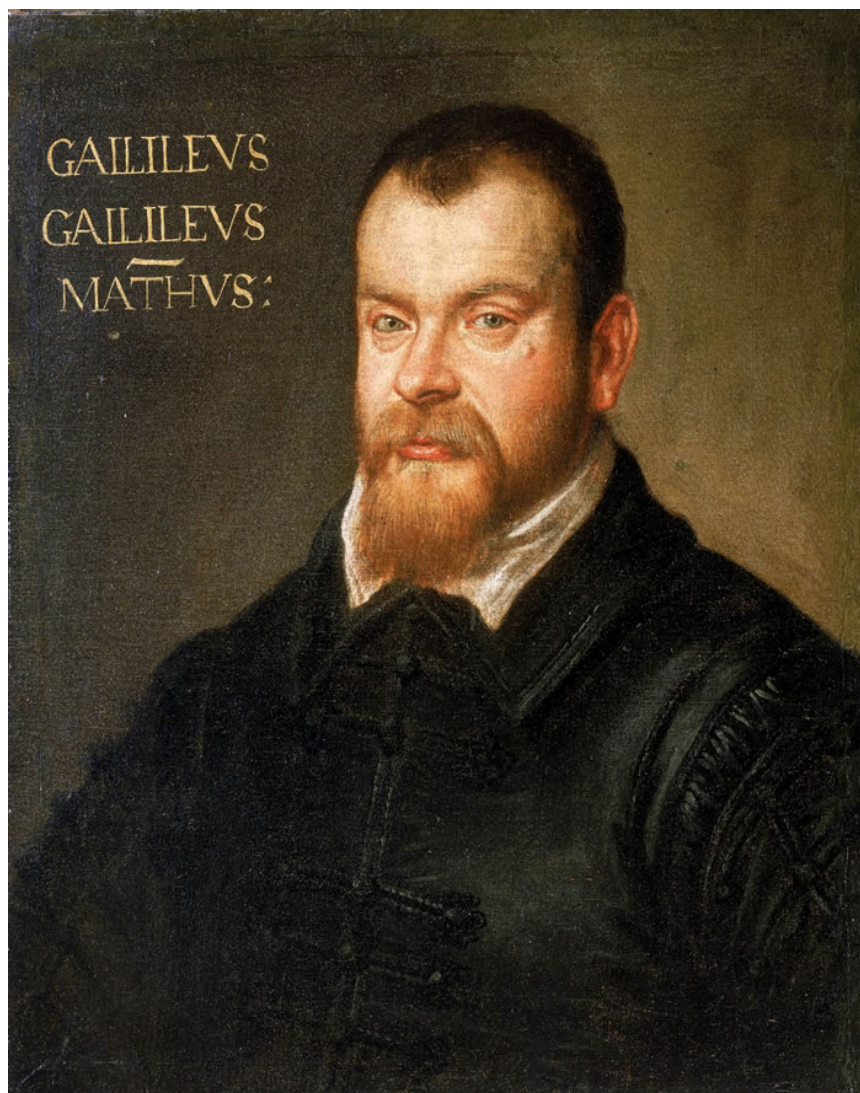
Бурный рост промышленности во второй половине 20-го века оказал неблагоприятное влияние на атмосферу. Огромное значение приобрели проблемы загрязнения атмосферы и распространения примесей как естественного, так и антропогенного происхождения. Потребовалось создание специальной службы загрязнений, под руководством Е. К. Федорова и Ю. А. Израэля.

Развитие народного хозяйства привело к необходимости более тщательного учета свойств атмосферных процессов. Поэтому стали интенсивно развиваться многие отрасли прикладной климатологии, такие, как авиационная, медицинская, строительная и др.

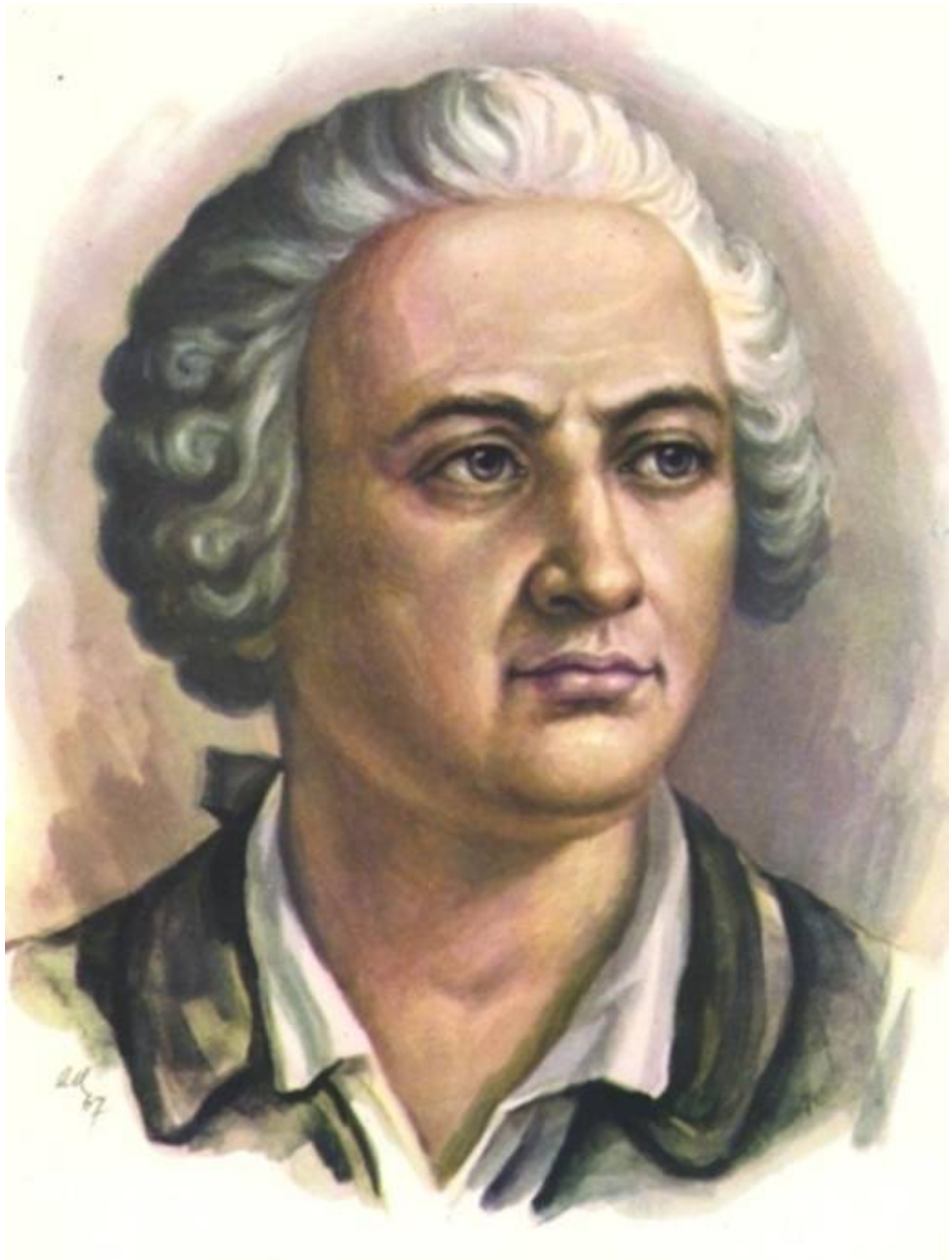
### **Заключение**

Во всем мире объем метеорологических исследований растет, накоплен большой опыт международного сотрудничества в проведении таких международных программ, как Программа исследования глобальных атмосферных процессов, и уникальных экспериментов, подобных Международному геофизическому году (1957-1958), Атлантическому тропическому эксперименту (1974) и т.д.

### *Приложение*

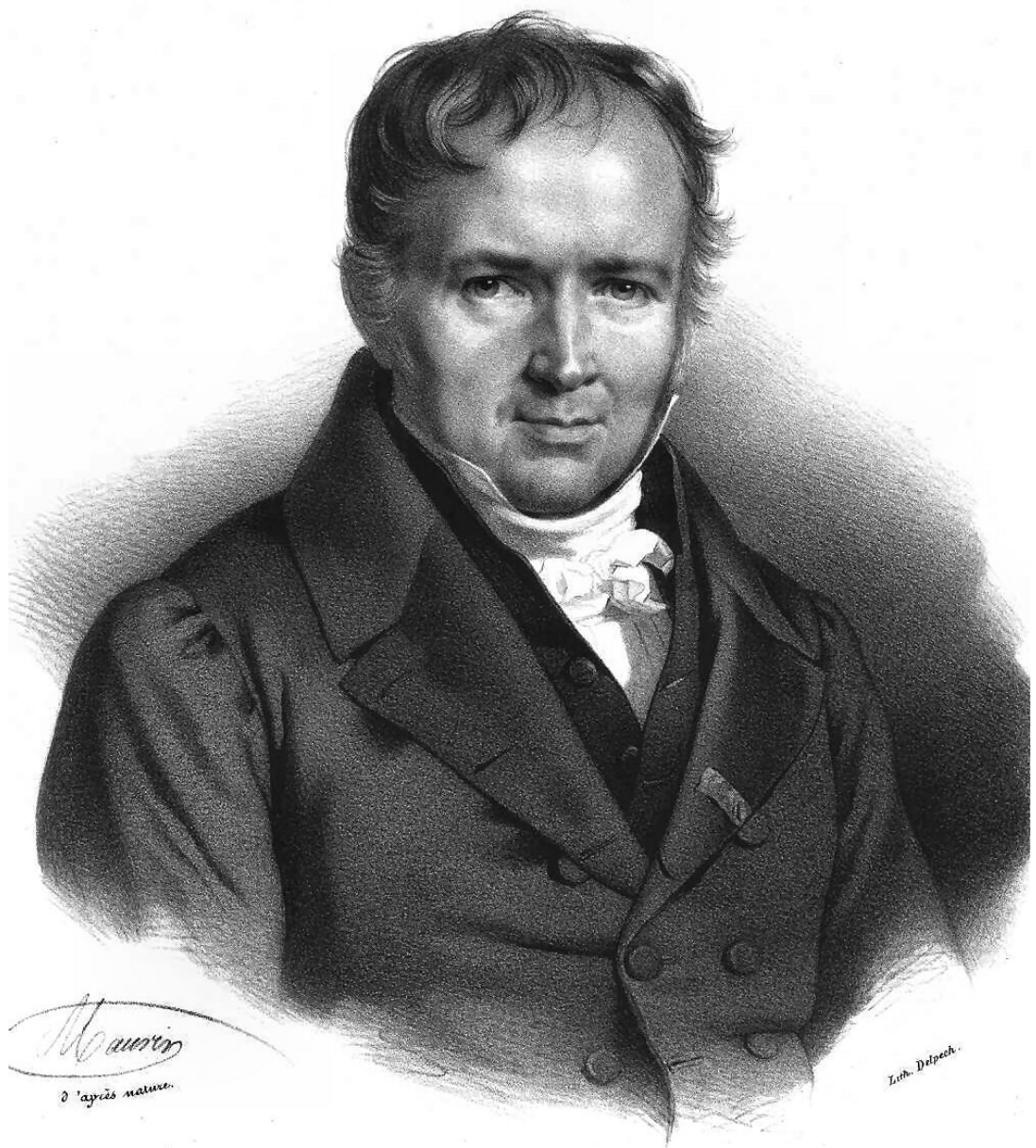


Галилео Галилей (1564г – 1642)



Михаил Васильевич Ломоносов (1711г – 1765г)





Симеон Дени Пуассон (1781 – 1840)

### Литература

1. Интернет ресурс [http://primpogoda.ru/articles/prosto\\_o\\_pogode/o\\_meteorologii/](http://primpogoda.ru/articles/prosto_o_pogode/o_meteorologii/)
2. Интернет ресурс <http://students.russianplanet.ru/geography/atmosphere/atmo8.htm>
3. Интернет ресурс <http://ru.wikipedia.org>

# **Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог**

Филинович С.С.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Распределение температуры воздуха в атмосфере и непрерывные изменения этого распределения называют тепловым режимом атмосферы. Тепловой режим атмосферы является важнейшей характеристикой климата и определяется прежде всего теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой. Под окружающей средой при этом понимают космическое пространство, соседние массы или слои воздуха и особенно земную поверхность.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ — количественные показатели динамики температурного фактора, имеющие первостепенное значение для жизнедеятельности организмов. Тепловой режим определяется широтой местности, высотой над уровнем моря и временем года.

## **Отражение погодно-климатических факторов в проектах автомобильных дорог**

Поверхность, непосредственно нагреваемую солнечными лучами и отдающую тепло нижележащим слоям и воздуху, называют деятельной. Температура деятельной поверхности, ее величина и изменение (суточный и годовой ход) определяются тепловым балансом.

Максимальное значение почти всех составляющих теплового баланса наблюдается в околополуденные часы. Исключение представляет максимум теплообмена в почве, приходящийся на утренние часы.

Максимальные амплитуды суточного хода составляющих теплового баланса отмечаются в летнее время, минимальные — зимой. В суточном ходе температуры поверхности, сухой и лишенной растительности, в ясный день максимум наступает после 13 часов, а минимум — около момента восхода Солнца. Облачность нарушает правильный ход температуры поверхности и вызывает смещение моментов максимумов и минимумов. Большое влияние на температуру поверхности оказывают ее влажность и растительный покров. Дневные максимумы температуры поверхности могут составлять + 80°С и более. Суточные колебания достигают 40°. Их величина зависит от широты места, времени года, облачности, тепловых свойств поверхности, ее цвета, шероховатости, от растительного покрова, а также от экспозиции склонов.

Годовой ход температуры деятельного слоя различен на разных широтах. Максимум температуры в средних и высоких широтах обычно

наблюдается в июне, минимум — в январе. Амплитуды годовых колебаний температуры деятельного слоя в низких широтах очень малы, в средних широтах на суше они достигают  $30^{\circ}$ . На годовые колебания температуры поверхности в умеренных и высоких широтах сильно влияет снежный покров.

На передачу тепла от слоя к слою затрачивается время, и моменты наступления максимальных и минимальных в течение суток температур запаздывают на каждые 10 см примерно на 3 часа. Если на поверхности наивысшая температура была около 13 часов, на глубине 10 см максимум температуры наступит около 16 часов, а на глубине 20 см — около 19 часов и т. д. При последовательном нагревании нижележащих слоев от вышележащих каждый слой поглощает некоторое количество тепла. Чем глубже слой, тем меньше тепла он получает и тем слабее в нем колебания температуры. Амплитуда суточных колебаний температуры с глубиной уменьшается на каждые 15 см в 2 раза. Это значит, что если на поверхности амплитуда равна  $16^{\circ}$ , то на глубине 15 см —  $8^{\circ}$ , а на глубине 30 см —  $4^{\circ}$ .

На глубине в среднем около 1 м суточные колебания температуры почвы "затухают". Слой, в котором эти колебания практически прекращаются, называется слоем постоянной суточной температуры.

Чем больше период колебания температур, тем глубже они распространяются. В средних широтах слой постоянной годовой температуры находится на глубине 19—20 м, в высоких широтах на глубине 25 м. В тропических широтах годовые амплитуды температуры невелики и слой постоянной годовой амплитуды расположен на глубине всего 5—10 м. Моменты наступления в течение года максимальных и минимальных температур запаздывают в среднем на 20—30 суток на каждый метр. Таким образом, если наименьшая температура на поверхности наблюдалась в январе, на глубине 2 м она наступает в начале марта. Наблюдения показывают, что температура в слое постоянной годовой температуры близка к средней годовой температуре воздуха над поверхностью.

Вода, обладая большей теплоемкостью и меньшей теплопроводностью, чем суша, медленнее нагревается и медленнее отдает тепло. Часть солнечных лучей, падающих на водную поверхность, поглощается самым верхним слоем, а часть их проникает на значительную глубину, нагревая непосредственно некоторый ее слой.

Подвижность воды делает возможным перенос тепла. Вследствие турбулентного перемешивания передача тепла вглубь происходит в 1000 — 10 000 раз быстрее, чем путем теплопроводности. При остывании поверхностных слоев воды возникает тепловая конвекция, сопровождающаяся перемешиванием. Суточные колебания температуры на поверхности Океана в высоких широтах в среднем всего  $0,1^{\circ}$ , в умеренных —  $0,4^{\circ}$ , в тропических —  $0,5^{\circ}$ . Глубина проникновения этих колебаний 15—20 м. Годовые амплитуды температуры на поверхности Океана от  $1^{\circ}$  в экваториальных широтах до  $10,2^{\circ}$  в умеренных. Годовые колебания температуры проникают на глубину 200—

300 м. Моменты максимумов температуры водоемов запаздывают по сравнению с сушей. Максимум наступает около 15—16 часов, минимум — через 2—3 часа после восхода Солнца.

### **Тепловой режим нижнего слоя атмосферы.**

Воздух нагревается в основном не солнечными лучами непосредственно, а за счет передачи ему тепла подстилающей поверхностью (процессы излучения и теплопроводности). Важнейшую роль в переносе тепла от поверхности в вышележащие слои тропосферы играют турбулентный теплообмен и передача скрытой теплоты парообразования. Беспорядочное движение частиц воздуха, вызванное его нагреванием неравномерно нагретой подстилающей поверхности, называют термической турбулентностью или термической конвекцией.

Если вместо мелких хаотических движущихся вихрей начинают преобладать мощные восходящие (термики) и менее мощные нисходящие движения воздуха, конвекция называется упорядоченной. Нагревающийся у поверхности воздух устремляется вверх, перенося тепло. Термическая конвекция может развиваться только до тех пор, пока воздух имеет температуру выше температуры той среды, в которой он поднимается (неустойчивое состояние атмосферы). Если температура поднимающегося воздуха окажется равной температуре окружающей его среды, поднятие прекратится (безразличное состояние атмосферы); если же воздух станет холоднее окружающей среды, он начнет опускаться (устойчивое состояние атмосферы).

При турбулентном движении воздуха все новые и новые его частицы, соприкасаясь с поверхностью, получают тепло, а поднимаясь и перемешиваясь, отдают его другим частицам. Количество тепла, получаемое воздухом от поверхности посредством турбулентности, больше количества тепла, получаемого им в результате излучения, в 400 раз и в результате передачи путем молекулярной теплопроводности — почти в 500 000 раз. Тепло переносится от поверхности в атмосферу вместе с испарившейся с нее влагой, а затем выделяется в процессе конденсации. Каждый грамм водяного пара содержит 600 кал скрытой теплоты парообразования.

В поднимающемся воздухе температура изменяется вследствие адиабатического процесса, т. е. без обмена теплом с окружающей средой, за счет преобразования внутренней энергии газа в работу и работы во внутреннюю энергию. Так как внутренняя энергия пропорциональна абсолютной температуре газа, происходит изменение температуры. Поднимающийся воздух расширяется, производит работу, на которую затрачивает внутреннюю энергию, и температура его понижается. Опускающийся воздух, наоборот, сжимается, затраченная на расширение энергия освобождается, и температура воздуха растет.

Сухой или содержащий водяные пары, но ненасыщенный ими воздух, поднимаясь, адиабатически охлаждается на  $1^\circ$  на каждые 100 м. Воздух, насыщенный водяными парами, при подъеме на 100 м охлаждается менее чем на  $1^\circ$ , так как в нем происходит конденсация, сопровождающаяся выделением тепла, частично компенсирующего тепло, затраченное на расширение.

Величина охлаждения насыщенного воздуха при подъеме его на 100 м зависит от температуры воздуха и от атмосферного давления и изменяется в значительных пределах. Ненасыщенный воздух, опускаясь нагревается на  $1^\circ$  на 100 м, насыщенный на меньшую величину, так как в нем происходит испарение, на которое затрачивается тепло. Поднимающийся насыщенный воздух обычно теряет влагу в процессе выпадения осадков и становится ненасыщенным. При опускании такой воздух нагревается на  $1^\circ$  на 100 м.

В результате понижение температуры при подъеме оказывается меньше, чем ее повышение при опускании, и поднявшийся, а затем опустившийся воздух на одном и том же уровне при одном и том же давлении, будет иметь разную температуру — конечная температура будет выше начальной. Такой процесс называется псевдоадиабатическим.

Так как воздух нагревается главным образом от деятельной поверхности, температура с высотой в нижнем слое атмосферы, как правило, понижается. Вертикальный градиент для тропосферы в среднем составляет  $0,6^\circ$  на 100 м. Он считается положительным, если температура с высотой убывает, и отрицательным, если она повышается. В нижнем, приземном слое воздуха (1,5—2 м) вертикальные градиенты могут быть очень большими.

Возрастание температуры с высотой называется инверсией, а слой воздуха, в котором температура с высотой возрастает,— слоем инверсии. В атмосфере почти всегда можно наблюдать слои инверсии. У земной поверхности при сильном ее охлаждении в результате излучения возникает радиационная инверсия (инверсия излучения). Она появляется в ясные летние ночи и может охватить слой в несколько сотен метров. Зимой в ясную погоду инверсия сохраняется несколько суток и даже недель. Зимние инверсии могут охватывать слой до 1,5 км.

Усилению инверсии способствуют условия рельефа: холодный воздух стекает в понижение и там застаивается. Такие инверсии называются орографическими. Мощные инверсии, называемые адвективными, образуются в тех случаях, когда сравнительно теплый воздух приходит на холодную поверхность, охлаждающую нижние его слои. Адвективные инверсии днем выражены слабо, ночью они усиливаются радиационным выхолаживанием. Весной образованию таких инверсий способствует еще не стаявший снежный покров.

С явлением инверсии температуры в приземном слое воздуха связаны заморозки. Заморозки — понижение температуры воздуха ночью до  $0^\circ$  и ниже в то время, когда средние суточные температуры выше  $0^\circ$  (осень, весна).

Может быть и так, что заморозки наблюдаются только на почве при температуре воздуха над ней выше нуля.

Тепловое состояние атмосферы оказывает влияние на распространение в ней света. В тех случаях, когда температура с высотой резко изменяется (повышается или понижается), возникают миражи.

Мираж — мнимое изображение предмета, появляющееся над ним (верхний мираж) или под ним (нижний мираж). Реже бывают боковые миражи (изображение появляется сбоку). Причина миражей — искривление траектории световых лучей, идущих от предмета к глазу наблюдателя, в результате их преломления на границе слоев с разной плотностью.

Суточный и годовой ход температуры в нижнем слое тропосферы до высоты 2 км в общем отражает ход температуры поверхности. С удалением от поверхности амплитуды колебаний температуры уменьшаются, а моменты максимума и минимума запаздывают. Суточные колебания температуры воздуха зимой заметны до высоты 0,5 км, летом — до 2 км.

Амплитуда суточных колебаний температуры с увеличением широты места уменьшается. Наибольшая суточная амплитуда — в субтропических широтах, наименьшая — в полярных. В умеренных широтах суточные амплитуды различны в разные времена года. В высоких широтах наибольшая суточная амплитуда весной и осенью, в умеренных — летом.

Годовой ход температуры воздуха зависит прежде всего от широты места. От экватора к полюсам годовая амплитуда колебаний температуры воздуха увеличивается.

Выделяют четыре типа годового хода температуры по величине амплитуды и по времени наступления крайних температур.

Экваториальный тип характеризуется двумя максимумами (после моментов равноденствия) и двумя минимумами (после моментов солнцестояния). Амплитуда над Океаном около  $1^{\circ}$ , над сушей — до  $10^{\circ}$ . Температура весь год положительная.

Тропический тип — один максимум (после летнего солнцестояния) и один минимум (после зимнего солнцестояния). Амплитуда над Океаном — около  $5^{\circ}$ , на суше — до  $20^{\circ}$ . Температура весь год положительная.

Умеренный тип — один максимум (в северном полушарии над сушей в июле, над Океаном в августе) и один минимум (в северном полушарии над сушей в январе, над Океаном в феврале). Отчетливо выделяются четыре сезона: теплый, холодный и два переходных. Годовая амплитуда температуры увеличивается с увеличением широты, а также по мере удаления от Океана: на побережье  $10^{\circ}$ , вдали от Океана — до  $60^{\circ}$  и более (в Якутске —  $-62,5^{\circ}$ ). Температура в холодный сезон отрицательна.

Полярный тип — зима очень продолжительная и холодная, лето короткое, прохладное. Годовые амплитуды  $25^{\circ}$  и больше (над сушей до  $65^{\circ}$ ). Температура большую часть года отрицательная. Общая картина годового хода температуры воздуха осложняется влиянием факторов, среди которых

особенно большое значение принадлежит подстилающей поверхности. Над водной поверхностью годовой ход температуры сглаживается, над сушей, наоборот, выражен резче. Сильно снижает годовые температуры снежный и ледяной покров. Влияют также высота места над уровнем Океана, рельеф, удаленность от Океана, облачность. Плавный ход годовой температуры воздуха нарушается возмущениями, вызываемыми вторжением холодного или, наоборот, теплого воздуха. Примером могут быть весенние возвраты холодов (волны холода), осенние возвраты тепла, зимние оттепели в умеренных широтах.

### **Распределение температуры воздуха у подстилающей поверхности.**

Если бы земная поверхность была однородна, а атмосфера и гидросфера неподвижны, распределение тепла по поверхности Земли определялось бы только поступлением солнечной радиации и температура воздуха постепенно убывала бы от экватора к полюсам, оставаясь одинаковой на каждой параллели (солярные температуры). Действительно среднегодовые температуры воздуха определяются тепловым балансом и зависят от характера подстилающей поверхности и непрерывного межширотного теплообмена, осуществляемого посредством перемещения воздуха и вод Океана, а поэтому существенно отличаются от солярных.

Действительные средние годовые температуры воздуха у земной поверхности в низких широтах ниже, а в высоких, наоборот, выше солярных. В южном полушарии действительные средние годовые температуры на всех широтах ниже, чем в северном. Средняя температура воздуха у земной поверхности в северном полушарии в январе  $+8^{\circ}\text{C}$ , в июле  $+22^{\circ}\text{C}$ ; в южном — в июле  $+10^{\circ}\text{C}$ , в январе  $+17^{\circ}\text{C}$ . Годовые амплитуды колебаний температуры воздуха, составляющие для северного полушария  $14^{\circ}$ , а для южного только  $7^{\circ}$ , свидетельствуют о меньшей континентальности южного полушария. Средняя за год температура воздуха у земной поверхности в целом  $+14^{\circ}\text{C}$ .

Если отметить на различных меридианах наивысшие средние годовые или месячные температуры и соединить их, получим линию теплового максимума, называемую также часто термическим экватором. Правильнее, вероятно, считать термическим экватором параллель (широтный круг) с наивысшими нормальными средними температурами года или какого-либо месяца. Термический экватор не совпадает с географическим и "сдвинут" к северу. В течение года он перемещается от  $20^{\circ}$  с. ш. (в июле) до  $0^{\circ}$  (в январе). Причин смещения термического экватора к северу несколько: преобладание суши в тропических широтах северного полушария, антарктический полюс холода, и, возможно, имеет значение продолжительность лета (лето южного полушария короче).

## Тепловые пояса

За границы тепловых (температурных) поясов принимают изотермы. Тепловых поясов семь:

жаркий пояс, расположенный между годовой изотермой  $+20^{\circ}$  северного и южного полушарий; два умеренных пояса, ограниченные со стороны экватора годовой изотермой  $+20^{\circ}$ , со стороны полюсов изотермой  $+10^{\circ}$  самого теплого месяца;

два холодных пояса, находящиеся между изотермой  $+10^{\circ}$  и самого теплого месяца;

два пояса мороза, расположенные около полюсов и ограниченные изотермой  $0^{\circ}$  самого теплого месяца. В северном полушарии это Гренландия и пространство около северного полюса, в южном — область внутри параллели  $60^{\circ}$  ю. ш.

Температурные пояса — основа климатических поясов. В пределах каждого пояса наблюдаются большие разнообразия температур в зависимости от подстилающей поверхности. На суше очень велико влияние рельефа на температуру. Изменение температуры с высотой на каждые 100 м неодинаково в различных температурных поясах. Вертикальный градиент в нижнем километровом слое тропосферы изменяется от  $0^{\circ}$  над ледяной поверхностью Антарктиды до  $0,8^{\circ}$  летом над тропическими пустынями. Поэтому способ приведения температур к уровню моря с помощью среднего градиента ( $6^{\circ}/100$  м) может иногда привести к грубым ошибкам. Изменение температуры с высотой — причина вертикальной климатической поясности.

## Вода в атмосфере

В земной атмосфере содержится около 14000 км<sup>3</sup> водяного пара. Вода попадает в атмосферу в основном в результате испарения с поверхности Земли. В атмосфере влага конденсируется, переносится воздушными течениями и выпадает снова на земную поверхность. Совершается постоянный круговорот воды, возможный благодаря ее способности находиться в трех состояниях (твердом, жидком и парообразном) и легко переходить из одного состояния в другое.

### Характеристика влажности воздуха

Содержание водяного пара в воздухе — влажность воздуха — характеризуется абсолютной влажностью, удельной влажностью, относительной влажностью, дефицитом влажности, точкой росы.

Абсолютная влажность — содержание в атмосфере водяного пара в граммах на 1 м<sup>3</sup> воздуха ("а").



Относительная влажность — отношение фактической упругости водяного пара к упругости насыщения, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Дефицит влажности — недостаток насыщения при данной температуре:

Точка росы — температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар насыщает его.

Испарение и испаряемость. Водяной пар попадает в атмосферу посредством испарения с подстилающей поверхности (физическое испарение) и транспирации. Процесс физического испарения заключается в преодолении быстро движущимися молекулами воды сил сцепления, в отрыве их от поверхности и переходе в атмосферу. Чем выше температура испаряющей поверхности, тем быстрее движение молекул и тем больше их попадает в атмосферу.

При насыщении воздуха водяным паром процесс испарения прекращается.

Процесс испарения требует затрат тепла: на испарение 1 г воды требуется 597 кал, на испарение 1 г льда на 80 кал больше. В результате температура испаряющейся поверхности понижается.

Испарение с Океана на всех широтах значительно больше, чем испарение с суши. Максимальная величина его для Океана достигает 3000 см в год. В тропических широтах годовые суммы испарения с поверхности Океана наибольшие и в течение года оно меняется мало. В умеренных широтах максимальное испарение с Океана — зимой, в полярных широтах — летом. Максимальные величины испарения с поверхности суши составляют 1000 мм. Его различия по широтам определяются радиационным балансом и увлажнением. В общем в направлении от экватора к полюсам в соответствии с понижением температуры испарение уменьшается.

В случае отсутствия достаточного количества влаги на испаряющей поверхности испарение не может быть большим даже при высокой температуре и огромном дефиците влажности. Возможное испарение — испаряемость — в этом случае очень велико. Над водной поверхностью испарение и испаряемость совпадают. Над сушей испарение может быть значительно меньше испаряемости. Испаряемость характеризует, величину возможного испарения с суши при достаточном увлажнении. Суточный и годовой ход влажности воздуха. Влажность воздуха постоянно изменяется в связи с изменениями температуры испаряющей поверхности и воздуха, соотношения процессов испарения и конденсации, переноса влаги.

^ Суточный ход абсолютной влажности воздуха может быть простым и двойным. Первый совпадает с суточным ходом температуры, имеет один максимум и один минимум и характерен для мест с достаточным количеством влаги. Его можно наблюдать над Океаном, а зимой и осенью — над сушей.

Двойной ход имеет два максимума и два минимума и характерен для суши. Утренний минимум перед восходом Солнца объясняется очень слабым испарением (или даже его отсутствием) в ночные часы. С увеличением прихода лучистой энергии Солнца испарение растет, абсолютная влажность достигает максимума около 9 час. В результате развивающаяся конвекция — перенос влаги в более верхние слои — происходит быстрее, чем поступление ее в воздух с испаряющей поверхности, поэтому около 16 час возникает второй минимум. К вечеру конвекция прекращается, а испарение с нагретой днем поверхности еще достаточно интенсивно и в нижних слоях воздуха накапливается влага, создавая около 20—21 часа второй (вечерний) максимум.

Годовой ход абсолютной влажности также соответствует годовому ходу температуры. Летом абсолютная влажность наибольшая, зимой — наименьшая. Суточный и годовой ход относительной влажности почти всюду противоположен ходу температуры, так как максимальное влагосодержание с повышением температуры растет быстрее абсолютной влажности.

Суточный максимум относительной влажности наступает перед восходом Солнца, минимум — в 15—16 часов. В течение года максимум относительной влажности, как правило, приходится на самый холодный месяц, минимум — на самый теплый. Исключение составляют области, в которых летом дуют влажные ветры с моря, а зимой — сухие с материка.

Распределение влажности воздуха. Содержание влаги в воздухе по направлению от экватора к полюсам в общем убывает от 18—20 мб до 1—2. Максимальная абсолютная влажность (более 30 г/м<sup>3</sup>) зафиксирована над Красным морем и в дельте р. Меконг, наибольшая средняя годовая (более 67 г/м<sup>3</sup>) — над Бенгальским заливом, наименьшая средняя годовая (около 1 г/м<sup>3</sup>) и абсолютный минимум (меньше 0,1 г/м<sup>3</sup>) — над Антарктидой. Относительная влажность с изменением широты изменяется сравнительно мало: так, на широтах 0—10° она составляет максимум 85%, на широтах 30—40° — 70% и на широтах 60—70° — 80%. Заметное понижение относительной влажности отмечается только на широтах 30—40° в северном и южном полушариях. Наибольшая среднегодовая величина относительной влажности (90%) наблюдалась в устье Амазонки, наименьшая (28%) — в Хартуме (долина Нила).

Конденсация и сублимация. В воздухе, насыщенном водяным паром, при понижении его температуры до точки росы или увеличении в нем количества водяного пара происходит конденсация — вода из парообразного состояния переходит в жидкое. При температуре ниже 0°С вода может, минуя жидкое состояние, перейти в твердое. Этот процесс называется сублимацией. И конденсация и сублимация могут происходить в воздухе на ядрах конденсации, на земной поверхности и на поверхности различных предметов. Когда температура воздуха, охлаждающегося от подстилающей поверхности, достигает точки росы, на холодную поверхность из него оседают роса, иней, жидкий и твердый налеты, изморозь.

Роса — мельчайшие капельки воды, часто сливающиеся. Она появляется обычно ночью на поверхности, на листьях растений, охладившихся в результате излучения тепла. В умеренных широтах за ночь роса дает 0,1—0,3 мм, а за год— 10—50 мм влаги.

Иней — твердый белый осадок. Образуется в тех же условиях, как и роса, но при температуре ниже 0° (сублимация). При образовании росы выделяется скрытая теплота, при образовании инея тепло, наоборот, поглощается.

Жидкий и твердый налет — тонкая водяная или ледяная пленка, образующаяся на вертикальных поверхностях (стены, столбы и т. п.) при смене холодной погоды на теплую в результате соприкосновения влажного и теплого воздуха с охлажденной поверхностью.

Изморозь — белый рыхлый осадок, оседающий на деревьях, проводах и углах зданий из воздуха, насыщенного влагой при температуре значительно ниже 0°. Сплошной слой плотного льда на земной поверхности и различных предметах, появляющийся при выпадении переохлажденных капелек дождя или тумана на охлажденную ниже 0° поверхность, называется гололедом. Обычно он образуется осенью и весной при температуре 0°, —5°.

Скопление продуктов конденсации или сублимации (капелек воды, кристалликов льда) в приземных слоях воздуха называется туманом или дымкой. Туман и дымка различаются размерами капелек и вызывают разную степень снижения видимости. При тумане видимость 1 км и менее, при дымке — более 1 км. При укрупнении капелек дымка может превратиться в туман. Испарение влаги с поверхности капелек способно вызвать переход тумана в дымку.

Если конденсация (или сублимация) водяного пара происходит на некоторой высоте над поверхностью, образуются облака. От тумана они отличаются положением в атмосфере, физическим строением и разнообразием форм. Возникновение облаков связано главным образом с адиабатическим охлаждением поднимающегося воздуха. Поднимаясь и при этом постепенно охлаждаясь, воздух достигает границы, на которой его температура оказывается равной точке росы. Эта граница называется уровнем конденсации. Выше, при наличии ядер конденсации, начинается конденсация водяных паров и могут образовываться облака. Таким образом, нижняя граница облаков практически совпадает с уровнем конденсации. Верхняя граница облаков определяется уровнем конвекции — границы распространения восходящих токов воздуха. Она часто совпадает с задерживающими слоями.

На большой высоте, где температура поднимающегося воздуха ниже 0°, в облаке появляются ледяные кристаллики. Кристаллизация происходит обычно при температуре —10° С, —15° С. Резкой границы между расположением жидких и твердых элементов в облаке нет, существуют мощные переходные слои. Капельки воды и кристаллики льда, составляющие облако, увлекаются вверх восходящими токами и снова опускаются под

действием силы тяжести. Опускаясь ниже границы конденсации, капельки могут испаряться. В зависимости от преобладания тех или других элементов облака делятся на водяные, ледяные, смешанные.

Водяные облака состоят из капелек воды. При отрицательной температуре капельки в облаке переохлаждены (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Радиус капелек чаще всего от 2 до 7 мк, редко до 100 мк. В 1 см<sup>3</sup> водяного облака — несколько сотен капелек.

Ледяные облака состоят из кристалликов льда.

Смешанные содержат одновременно капельки воды разных размеров и кристаллики льда. В теплое время года водяные облака возникают главным образом в нижних слоях тропосферы, смешанные — в средних, ледяные — в верхних. В основу современной международной классификации облаков положено их разделение по высоте и внешнему виду.

По внешнему виду и высоте расположения облака делят на 10 родов:

I семейство (верхний ярус):

1-й род. Перистые (C) — отдельные нежные облака, волокнистые или нитевидные, без "теней", обычно белые, часто блестящие.

2-й род. Перисто-кучевые (Cc) — слои и гряды прозрачных хлопьев и шариков без теней.

3-й род. Перисто-слоистые (Cs) — тонкая, белая, просвечивающая пелена.

Все облака верхнего яруса ледяные.

II семейство (средний ярус):

4-й род. Высококучевые (Ac) — слои или гряды из белых пластин и шаров, валы. Состоят из мельчайших капелек воды.

5-й род. Высокослоистые (As) — ровная или слегка волнистая пелена серого цвета. Относятся к смешанным облакам.

III семейство (нижний ярус):

6-й род. Слоисто-кучевые (Sc) — слои и гряды из глыб и валов серого цвета. Состоят из капель воды.

7-й род. Слоистые (St) — пелена облаков серого цвета. Обычно это облака водяные.

8-й род. Слоисто-дождевые (Ns) — бесформенный серый слой. Часто "эти облака сопровождаются нижележащими разорванно-дождевыми (Fn),

Слоисто-дождевые облака смешанные.

IV семейство (облака вертикального развития):

9-й род. Кучевые (Cu) — плотные облачные клубы и кучи с почти горизонтальным основанием. Кучевые облака водяные. Кучевые облака с разорванными краями называются разорванно-кучевыми (Fc).

10-й род. Кучево-дождевые (Cb) — плотные клубы, развитые по вертикали, в нижней части водяные, в верхней — ледяные.

Характер и форма облаков обуславливаются процессами, вызывающими охлаждение воздуха, приводящее к облакообразованию. В результате конвекции, развивающейся при нагревании неоднородной поверхности, образуются кучевые облака (IV семейство). Они различаются в зависимости от интенсивности конвекции и от положения уровня конденсации: чем интенсивнее конвекция, чем выше ее уровень, тем больше вертикальная мощность кучевых облаков.

При встрече теплых и холодных масс воздуха теплый воздух всегда стремится подняться вверх по холодному. При поднятии его в результате адиабатического охлаждения формируются облака. Если теплый воздух медленно поднимается по слабонаклонной (1—2 км на расстоянии 100—200 км) поверхности раздела теплых и холодных масс (процесс восходящего скольжения), образуется сплошной облачный слой, простирающийся на сотни километров (700—900 км). Возникает характерная облачная система: внизу часто находятся разорванно-дождевые облака (Fn), над ними — слоисто-дождевые (Ns), выше — высокосоистые (As), перисто-слоистые (Cs) и перистые облака (C).

В том случае, когда теплый воздух энергично выталкивается вверх подтекающим под него холодным воздухом, образуется иная облачная система. Так как приземные слои холодного воздуха вследствие трения двигаются медленнее вышележащих слоев, поверхность раздела в ее нижней части круто изгибается, теплый воздух поднимается почти вертикально и в нем возникают кучево-дождевые облака (Cb). Если выше наблюдается восходящее скольжение теплого воздуха по холодному, развиваются (как и в первом случае) слоисто-дождевые, высокосоистые и перисто-слоистые облака. Если же восходящее скольжение прекращается, облака не образуются.

Облака, образующиеся при подъеме теплого воздуха по холодному, называются фронтальными. Если подъем воздуха вызван его натеканием на склоны гор и возвышенностей, образующиеся при этом облака получили название орографических. На нижней границе слоя инверсии, разделяющей более плотный и менее плотные слои воздуха, возникают волны длиной в несколько сотен метров и высотой 20—50 м. На гребнях этих волн, там, где воздух, поднимаясь, охлаждается, образуются облака; в понижениях между гребнями облакообразования не происходит. Так возникают длинные параллельные друг другу полосы или валы волнистых облаков. В зависимости от высоты их расположения они бывают высококучевыми или слоисто-кучевыми.

Если в атмосфере до возникновения волнового движения уже были облака, происходит их уплотнение на гребнях волн и уменьшение плотности в понижениях. В результате возникает часто наблюдаемое чередование более темных и светлых облачных полос. При турбулентном перемешивании воздуха на значительном пространстве, например в результате увеличения трения о поверхность при движении его с моря на сушу, образуется слой

облаков, отличающийся неодинаковой мощностью в разных частях и даже разрывами. Потери тепла излучением ночью зимой и осенью вызывают в воздухе с большим содержанием водяных паров облакообразование. Так как процесс этот протекает спокойно и непрерывно, возникает сплошной слой облаков, тающих днем.

Гроза. Процесс облакообразования всегда сопровождается электризацией и скоплением в облаках свободных зарядов. Электризация наблюдается даже в небольших кучевых облаках, но особенно интенсивно проявляется она в мощных кучево-дождевых облаках вертикального развития с низкой температурой в верхней части ( $t < -25^\circ$ ). Верхняя часть такого облака обычно несет положительный заряд, а его основание — отрицательный.

Между участками облака с разными зарядами или между облаком и землей происходят электрические разряды — молнии, сопровождаемые громом. Это гроза. Продолжительность грозы максимум несколько часов. На Земле ежечасно происходит около 2000 гроз. Благоприятные условия для возникновения грозы — сильная конвекция и большая водность облаков. Поэтому особенно часты грозы над сушей в тропических широтах (до 150 дней в году с грозами), в умеренных широтах над сушей — с грозами 10—30 дней в году, над морем — 5—10. В полярных районах грозы очень редки.

^ Световые явления в атмосфере. В результате отражения, преломления и дифракции световых лучей в капельках и ледяных кристалликах облаков возникают гало, венцы, радуги.

Гало - это круги, дуги, световые пятна (ложные солнца), окрашенные и бесцветные, возникающие в ледяных облаках верхнего яруса, чаще в перисто-слоистых. Разнообразие гало зависит от формы ледяных кристалликов, их ориентировки и движения; имеет значение высота Солнца над горизонтом.

Венцы — светлые слегка окрашенные кольца, окружающие просвечивающие сквозь тонкие водяные облака Солнце или Луну. Венец может быть один, примыкающий к светилу (ореол), и может быть несколько "дополнительных колец", разделенных промежутками. У каждого венца внутренняя, обращенная к светилу сторона голубая, внешняя — красная. Причина появления венцов — дифракция света при прохождении его между капельками и кристаллами облака. Размеры венца зависят от величины капель и кристаллов: чем больше капли (кристаллы), тем меньше венец, и наоборот. Если в облаке происходит укрупнение облачных элементов, радиус венца постепенно сокращается, при уменьшении размеров облачных элементов (испарение) — увеличивается. Большие белые венцы вокруг Солнца или Луны "ложные солнца", столбы — признаки сохранения хорошей погоды.

Радуга видна на фоне освещенного Солнцем облака, из которого выпадают капли дождя. Она представляет собой светлую дугу, окрашенную в спектральные цвета: внешний край дуги красный, внутренний — фиолетовый. Эта дуга — часть окружности, центр которой соединен "осью" (одной прямой) с глазом наблюдателя и с центром солнечного диска. Если Солнце стоит низко

над горизонтом, наблюдатель видит половину окружности, если Солнце поднимается, дуга становится меньше, так как центр окружности опускается за горизонт. При высоте солнца  $>42^\circ$  радуга не видна. С самолета можно наблюдать радугу в виде почти полного круга.

Кроме основной радуги, бывают вторичные, слабоокрашенные. Радуга образуется при преломлении и отражении солнечных лучей в капельках воды. Падающие на капли лучи выходят из капель как бы расходящимися, цветными, и такими их и видит наблюдатель. Когда лучи преломляются в капле дважды, возникает вторичная радуга. Окраска радуги, ее ширина, вид вторичных дуг зависят от размеров капелек. Крупные капли дают менее широкую, но более яркую радугу; с уменьшением капель радуга становится шире, цвета ее делаются расплывчатыми; при очень мелких каплях она почти белая. Световые явления в атмосфере, вызываемые изменениями светового луча под влиянием капелек и кристалликов, позволяют судить о строении и состоянии облаков и могут быть использованы при предсказаниях погоды.

### **Облачность, суточный и годовой ход, распределение облаков**

Облачность — степень покрытия неба облаками: 0 — чистое небо, 10 — сплошная облачность, 5 — половина неба покрыта облаками, 1 — облака покрывают 1/10 часть неба и т. п. При вычислении средней облачности используются и десятые доли единицы, например: 0,5 5,0, 8,7 и т.д. В суточном ходе облачности над сушей обнаруживаются два максимума — ранним утром и после полудня. Утром понижение температуры и увеличение относительной влажности способствует возникновению слоистых облаков, после полудня в связи с развитием конвекции появляются кучевые облака. Летом дневной максимум выражен сильнее утреннего. Зимой преобладают слоистые облака и максимум облачности приходится на утренние и ночные часы. Над Океаном суточный ход облачности обратен ходу ее над сушей: максимум облачности приходится на ночь, минимум — на день.

Годовой ход облачности очень разнообразен. В низких широтах облачность в течение года существенно не изменяется. Над континентами максимальное развитие облаков конвекции приходится на лето. Летний максимум облачности отмечается в области развития муссонов, а также над Океанами в высоких широтах. В общем в распределении облачности на Земле заметна зональность, обусловленная прежде всего господствующим движением воздуха — его поднятием или опусканием. Отмечаются два максимума — над экватором в связи с мощными восходящими движениями влажного воздуха и над  $60—70^\circ$  с. и ю.ш. в связи с поднятием воздуха в циклонах, господствующих в умеренных широтах. Над сушей облачность меньше, чем над Океаном, и зональность ее выражена менее. Минимумы облачности приурочиваются к  $20—30^\circ$  ю. и с. ш. и к полюсам; они связаны с опусканием воздуха.

Средняя годовая облачность для всей Земли 5,4; над сушей 4,9; над Океаном 5,8. Минимальная средняя годовая облачность отмечена в Асуане (Египет) 0,5. Максимальная средняя годовая облачность (8,8) наблюдалась на Белом море; большой облачностью отличаются северные районы Атлантического и Тихого океанов и берега Антарктиды.

Облака играют очень важную роль в географической оболочке. Они переносят влагу, с ними связаны осадки. Облачный покров отражает и рассеивает солнечную радиацию и в то же время задерживает тепловое излучение земной поверхности, регулируя температуру нижних слоев воздуха: без облаков колебания температуры воздуха приобрели бы очень резкий характер.

Осадки. Атмосферными осадками называют воду, выпавшую на поверхность из атмосферы в виде дождя, мороси, крупы, снега, града. Осадки выпадают в основном из облаков, но далеко не всякое облако дает осадки. Капельки воды и кристаллики льда в облаке очень малы, их легко удерживает воздух, и даже слабые восходящие токи увлекают их вверх. Для образования осадков требуется укрупнение элементов облака настолько, чтобы они могли преодолеть восходящие токи и сопротивление воздуха. Укрупнение одних элементов облака происходит за счет других, во-первых, в результате слияния капелек и сцепления кристаллов, во-вторых, — и это главное — в результате испарения одних элементов облака, диффузного переноса и конденсации водяного пара на других.

Столкновение капель или кристаллов происходит при беспорядочных (турбулентных) движениях или при их падении с различной скоростью. Процессу слияния препятствует пленка воздуха на поверхности капелек, заставляющая отскакивать столкнувшиеся капельки, а также одноименные электрические заряды. Рост одних элементов облака за счет других вследствие диффузного переноса водяного пара особенно интенсивен в смешанных облаках. Так как максимальное влагосодержание над водой больше, чем над льдом, для кристаллов льда в облаке водяной пар может насыщать пространство, в то время как для капелек воды насыщения не будет. В результате капельки начнут испаряться, а кристаллы быстро расти за счет конденсации влаги на их поверхности.

При наличии в водяном облаке капелек разного размера начинается перемещение водяного пара к более крупным каплям и их рост. Но так как этот процесс очень медленный, из водяных облаков (слоистых, слоисто-кучевых) выпадают очень мелкие (диаметром 0,05—0,5 мм) капли. Облака, однородные по своей структуре, обычно осадков не дают. Особенно благоприятны условия для возникновения осадков в облаках вертикального развития. В нижней части такого облака - капли воды, в верхней - кристаллики льда, в промежуточной зоне - переохлажденные капли и кристаллики.



В редких случаях, при наличии в очень влажном воздухе большого количества ядер конденсации, можно наблюдать выпадение отдельных капель дождя без облаков. Капли дождя имеют диаметр от 0,05 до 7 мм (в среднем 1,5 мм), более крупные капли распадаются в воздухе. Капли диаметром до 0,5 мм образуют морось.

Падение капелек мороси на глаз незаметно. Настоящий дождь тем крупнее, чем сильнее восходящие токи воздуха, преодолеваемые падающими каплями. При скорости восходящего воздуха 4 м/сек на земную поверхность падают капли диаметром не меньше 1 мм: восходящих токов со скоростью 8 м/сек не могут преодолеть даже самые крупные капли. Температура падающих дождевых капель всегда несколько ниже температуры воздуха. Если кристаллики льда, выпадающие из облака, не тают в воздухе, на поверхность выпадают твердые осадки (снег, крупа, град).

Снежинки представляют собой шестигранные кристаллы льда с образовавшимися в процессе сублимации лучами. Мокрые снежинки, слипаясь, образуют хлопья снега. Снежная крупа — это сферокристаллы, возникающие при беспорядочном росте ледяных кристаллов в условиях высокой относительной влажности (больше 100%). Если снежная крупа покрывается тонкой ледяной оболочкой, она превращается в ледяную крупу.

Град выпадает в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков. Обычно выпадение града непродолжительно. Градины образуются в результате неоднократного перемещения ледяной крупы в облаке вниз и вверх. Падая вниз, крупинки попадают в зону переохлажденных капелек воды и покрываются прозрачной ледяной оболочкой; затем они снова поднимаются в зону ледяных кристаллов и на их поверхности образуется непрозрачный слой из мельчайших кристалликов.

Градина имеет снежное ядро и ряд чередующихся прозрачных и непрозрачных ледяных оболочек. Количество оболочек и размер градины зависят от того, сколько раз она поднималась и опускалась в облаке. Чаще всего выпадают градины диаметром 6—20 мм, иногда встречаются и значительно более крупные. Обычно град выпадает в умеренных широтах, но наиболее интенсивные выпадения града бывают в тропиках. В полярных районах град не выпадает.

Количество осадков измеряется толщиной слоя воды в миллиметрах, который мог бы образовываться в результате их выпадения на горизонтальную поверхность при отсутствии испарения и просачивания в почвогрунт. По интенсивности (количеству миллиметров осадков в 1 мин) осадки делятся на слабые, умеренные и сильные. Характер выпадения осадков зависит от условий их образования.

Обложные осадки, отличающиеся равномерностью и длительностью, обычно выпадают в виде дождя из слоисто-дождевых облаков.

Ливневые осадки характеризуются быстрым изменением интенсивности и непродолжительностью. Они выпадают из кучево-слоистых облаков в виде

дождя, снега, иногда дождя и града. Отмечены отдельные ливни интенсивностью до 21,5 мм/мин (Гавайские острова).

Морозящие осадки выпадают из слоистых и слоисто-кучевых облаков. Составляющие их капельки (в холодное время — мельчайшие кристаллики) едва видны и кажутся взвешенными в воздухе.

Суточный ход осадков совпадает с суточным ходом облачности. Выделяются два типа суточного хода осадков — континентальный и морской (береговой). Континентальный тип имеет два максимума (в утренние часы и после полудня) и два минимума (ночью и перед полуднем). Морской тип — один максимум (ночью) и один минимум (днем). Годовой ход осадков различен в разных широтных зонах и в разных частях одной и той же зоны. Он зависит от количества тепла, термического режима, движения воздуха, распределения воды и суши и в значительной степени от рельефа. Все разнообразие годового хода осадков нельзя свести к нескольким типам, но можно отметить характерные особенности для разных широт, позволяющие говорить о его зональности. Для экваториальных широт характерны два дождевых сезона (после равноденствий), разделенные двумя сухими сезонами. По направлению к тропикам происходят изменения в годовом режиме осадков, выражающиеся в сближении влажных сезонов и слиянии их близ тропиков в один сезон с обильными дождями, длящийся 4 месяца в году. В субтропических широтах (35—40°) также один дождевой сезон, но он приходится на зиму. В умеренных широтах годового ход осадков различен над Океаном, внутренними частями материков и побережьями. Над Океаном преобладают зимние осадки, над материками — летние. Летние осадки типичны и для полярных широт. Объяснить годовой ход осадков в каждом случае можно лишь с учетом циркуляции атмосферы.

Наиболее обильны осадки в экваториальных широтах, где годовое количество их превосходит 1000—2000 мм. На экваториальных островах Тихого океана выпадает до 4000—5000 мм в год, а на наветренных склонах гор тропических островов до 10000 мм. Причиной обильных осадков являются мощные конвективные токи очень влажного воздуха. К северу и югу от экваториальных широт количество осадков уменьшается, достигая минимума около параллели 25—35°, где среднее годовое их количество не более 500 мм. Во внутренних частях континентов и на западных побережьях дожди местами не выпадают по нескольку лет. В умеренных широтах количество осадков снова возрастает и в среднем составляет 800 мм в год; во внутренней части континентов их меньше (500, 400 и даже 250 мм в год); на берегах Океана больше (до 1000 мм в год). В высоких широтах при низкой температуре и малом содержании влаги в воздухе годовое количество осадков

Максимальное среднее годовое количество осадков выпадает в Черрапунджи (Индия) — около 12 270 мм. Наибольшая годовая сумма

осадков там около 23 000 мм, наименьшая — более 7 000 мм. Минимальное отмеченное среднее годовое количество осадков — в Асуане (0).

Общее количество осадков, выпадающих на поверхность Земли, за год может образовать на ней сплошной слой высотой до 1000 мм.

Снежный покров. Снежный покров образуется за счет выпадения на земную поверхность снега в условиях достаточно низкой для его сохранения температуры. Он характеризуется высотой и плотностью.

Высота снежного покрова, измеряемая в сантиметрах, зависит от количества осадков, выпавших на единицу поверхности, от плотности снега (отношение массы к объему), от рельефа местности, от растительного покрова, а также от ветра, перемещающего снег. В умеренных широтах обычная высота снежного покрова 30—50 см. Наибольшая его высота в России отмечена в бассейне среднего течения Енисея— 110 см. В горах она может достигать нескольких метров.

Обладая большим альбедо и большим излучением, снежный покров способствует понижению температуры приземных слоев воздуха, особенно в ясную погоду. Минимальные и максимальные температуры воздуха над снежным покровом ниже, чем в тех же условиях, но при его отсутствии.

В полярных и высокогорных районах снежный покров лежит постоянно. В умеренных широтах продолжительность его залегания различна в зависимости от климатических условий. Снежный покров, сохраняющийся в течение месяца, называется устойчивым. Такой снежный покров образуется ежегодно на большей части территории России. На Крайнем Севере он сохраняется 8—9 месяцев, в центральных районах — 4—6, на берегах Азовского и Черного морей снежный покров неустойчив. Таяние снега вызвано в основном воздействием на него теплого воздуха, приходящего из других районов. Под действием солнечных лучей тает около 36% снежного покрова. Способствует таянию теплый дождь. Быстрее тает загрязненный снег.

Снег не только тает, но и испаряется в сухом воздухе. Но испарение снежного покрова имеет меньшее значение, чем таяние.

Увлажнение. Для оценки условий увлажнения поверхности совершенно недостаточно знать только сумму осадков. При одинаковом количестве осадков, но разной испаряемости условия увлажнения могут быть весьма различными. Для характеристики условий увлажнения пользуются коэффициентом увлажнения ( $K$ ), представляющим собой отношение суммы осадков ( $\tau$ ) к испаряемости ( $E_m$ ) за тот же период.

Увлажнение обычно выражается в процентах, но можно выразить его дробью. Если сумма осадков меньше испаряемости, т. е.  $K$  меньше 100% (или  $K$  меньше 1), увлажнение недостаточное. При  $K$  больше 100% увлажнение может быть избыточным, при  $K=100\%$  нормальное. Если  $K=10\%$  (0,1) или меньше 10%, говорят о ничтожном увлажнении.

В полупустынях  $K < 30\%$ , в сухих степях  $> 30\%$ , но  $< 60\%$ , в лесостепи  $100\%$ , в тундре, в лесах умеренных широт и лесах экваториальных  $> 100\%$  (100—150%).

За год на земную поверхность выпадает в среднем 511 тыс. км<sup>3</sup> осадков, из них 108 тыс. км<sup>3</sup> (21%) попадают на сушу, остальные в Океан. Почти половина всех осадков выпадает между 20° с. ш. и 20° ю. ш. На полярные области приходится всего 4% осадков.

С поверхности Земли в среднем за год испаряется столько же воды, сколько выпадает на нее. Основным "источником" влаги в атмосфере является Океан в субтропических широтах, где нагревание поверхности создает условия для максимального испарения при данной температуре. В тех же широтах на суше, где испаряемость большая, а испаряться нечему, возникают бессточные области и пустыни. Для Океана в целом баланс воды отрицательный (испарение больше осадков), на суше положительный (испарение меньше осадков). Общий баланс выравнивается посредством стока "излишков" воды с суши в Океан.

### **Заключение**

Распределение температуры воздуха в атмосфере и непрерывные изменения этого распределения называют тепловым режимом атмосферы. Тепловой режим атмосферы является важнейшей характеристикой климата и определяется прежде всего теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой. Также в заключении хотелось бы сказать что на тепловой режим атмосферы оказывают наибольшее влияние такие показатели как: влажность, снежный покров, температура воздуха и др.

### **Литература**

- 1.Хромов, С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л., 1958.
- 2.Леонович, И.И. Дорожная климатология. – Мн., 1994.
- 3.Строительная климатология: справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1990.
- 4.Андрющенко, О.Н., Исупова, А.И. Как образуется климат. – Мн.: Нар. асвета, 1979.

# Парниковый эффект и его влияние на климат Земли

Царук А.И.

Белорусский национальный технический университет

## Введение

Мир становится теплее, и человечество в значительной мере ответственно за это, говорят эксперты. Но многие факторы, влияющие на изменение климата, еще не изучены, а другие и вовсе не изучены. Некоторые засушливые места в Африке за последние 25 лет стали еще более сухими. Редкие озера, приносящие людям воду, высыхают. Усиливаются песчаные ветры. Дожди прекратились там еще в 1970-х. Все более острой становится проблема питьевой воды. Согласно компьютерным моделям такие местности продолжают высушиваться и станут совсем непригодными для жизни.

Добыча угля распространена по всей планете. В атмосферу выбрасывается огромное количество углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) при сжигании угля. Так как развивающиеся страны идут по следам своих индустриальных соседей, объем  $\text{CO}_2$  удвоится в течение XXI века. Большинство специалистов, изучая комплексность климатической системы Земли, связывают повышение глобальной температуры и грядущие изменения климата с увеличением уровня  $\text{CO}_2$  в атмосферном воздухе. Жизнь процветает на планете около четырех миллиардов лет. В течение этого времени колебания климата были радикальными, от ледникового периода – длившегося 10 000 лет – до эпохи стремительного потепления. С каждым изменением неопределенное число видов жизненных форм изменялись, развивались и выживали. Другие ослабли или просто вымерли. Сейчас многие эксперты считают, что человечество подвергает опасности мировую экологическую систему в связи с глобальным потеплением, вызванное так называемым парниковым эффектом. Испарение продуктов цивилизации в форме парниковых газов, таких как диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), задержали достаточно отраженного от земной поверхности тепла, чтоб средняя температура у поверхности Земли повысилась на пол градуса Цельсия в течение XX столетия. Если такое направление современной индустрии сохранится, то климатическая система изменится повсеместно – таяние льдов, повышение уровня Мирового океана, уничтожение растений засухами, превращение местностей в пустыни, перемещение зеленых зон. Но этого может и не быть. Климат на планете зависит от комбинации многих факторов, взаимодействующих по отдельности друг с другом и в комплексных путях, которые еще не до конца изучены. Возможно, что потепление, наблюдавшееся в течение прошлого столетия, произошло вследствие естественных колебаний, несмотря на то, что его скорости

значительно превышали тех, что наблюдались в течение последних десяти веков. Более того, компьютерные симуляции могут быть неточными.

Тем не менее, в 1995 году, после долгих лет интенсивного изучения Международная конференция по проблеме изменения климата, спонсируемая Объединенными нациями, ориентировочно заключила, что «многие доказательства свидетельствуют, что влияния человечества на глобальный климат огромны». Объем этих влияний, как замечают специалисты, неизвестно, так как не определен ключевой фактор, включая степень воздействия облаков и океанов на изменение глобальной температуры. Возможно, потребуется десяток лет или больше дополнительного исследования, чтобы исключить эти неопределенности.

Тем временем, многое уже известно. И хотя специфика обстоятельств хозяйственной деятельности человека остаются неясными, наша способность изменять состав атмосферы бесспорна.

### Сущность парникового эффекта

Воздух, которым мы дышим, является необходимым условием нашей жизни во многих аспектах. Без нашей атмосферы средняя температура на Земле составила бы около  $-18^{\circ}\text{C}$  вместо сегодняшних  $15^{\circ}\text{C}$ . Весь поступающий на Землю солнечный свет (около  $180 \text{ Вт/м}^2$ ) приводит к тому, что Земля излучает инфракрасные волны как гигантский радиатор. Отраженное тепло просто бы беспрепятственно возвращалось в космос.

Из-за атмосферы, однако, только часть этого тепла напрямую возвращается в космос. Оставшееся задерживается в нижних слоях атмосферы, которые содержат ряд газов – водяной пар,  $\text{CO}_2$ , метан и другие – которые собирают исходящее инфракрасное излучение. Как только эти газы нагреваются, некоторое накопленное ими тепло вновь поступает на земную поверхность. В целом, этот процесс называется **парниковый эффект**, главной причиной которого является избыточное содержание в атмосфере парниковых газов. Чем больше в атмосфере будет содержаться парниковых газов, тем больше тепла, отраженного земной поверхностью, будет задерживаться. Так как парниковые газы не препятствуют поступлению солнечной энергии, то температура у земной поверхности будет повышаться.

С повышением температуры увеличится испарение воды из океанов, озер, рек и т.д. Так как нагретый воздух может содержать в себе больший объем водяного пара, это создает мощный эффект обратной связи: **чем теплее становится, тем выше содержание водяного пара в воздухе, а это, в свою очередь, увеличивает парниковый эффект.**

Человеческая деятельность мало влияет на объем водяного пара в атмосфере. Но мы выбрасываем другие парниковые газы, что делает парниковый эффект все более и более интенсивным. Ученые считают, что увеличение объема выбросов  $\text{CO}_2$ , в основном от сжигания ископаемого

топлива, объясняет, по крайней мере, около 60 % потепления на Земле, наблюдавшегося с 1850 года. Концентрация диоксида углерода в атмосфере возрастает примерно на 0,3 % в год, и сейчас составляет примерно на 30 % выше, чем до индустриальной революции. Если это выразить в абсолютных измерителях, то каждый год человечество добавляет примерно 7 миллиардов тонн. Несмотря на то, что это небольшая часть по отношению ко всему количеству углекислого газа в атмосфере – 750 миллиардов тонн, и еще меньшая по сравнению с количеством CO<sub>2</sub>, содержащимся в Мировом океане – примерно 35 триллионов тонн, она остается весьма значительной. Причина: естественные процессы находятся в равновесии, в атмосферу поступает такой объем CO<sub>2</sub>, который оттуда изымается. А человеческая деятельность только добавляет CO<sub>2</sub>.

Если текущие темпы сохранятся, то содержание углекислого газа в атмосфере увеличится вдвое к 2060 году по сравнению с доиндустриальным уровнем, а к концу столетия – в четыре раза. Это очень беспокоит, так как жизненный цикл CO<sub>2</sub> в атмосфере составляет более ста лет, по сравнению с восьмидневным циклом водяного пара.

**Метан**, основной компонент природного газа, является причиной 15 % потепления в современное время. Генерируемый бактериями на рисовых полях, разлагающимся мусором, продуктами сельского хозяйства и ископаемого топлива, метан циркулирует в атмосфере около десятилетия. Сейчас его в атмосфере в 2,5 раза больше, чем в XVIII веке.

Другой парниковый газ – это **оксид азота**, продуцируемый как сельским хозяйством, так и промышленностью – различные растворители и хладагенты, как хлорфторуглероды (фреоны), которые запрещены международным соглашением вследствие их разрушающего действия на защитный озоновый слой Земли.

Неослабевающее накопление парниковых газов в атмосфере привело ученых к решению, что в нынешнем столетии средняя температура повысится от 1 до 3,5<sup>0</sup>C. (см. приложение № 1) Для многих это может показаться немного. Для объяснения приведем пример. Аномальное похолодание в Европе, длившееся с 1570 по 1730 годы, вынудившее европейских фермеров забросить свои поля, было вызвано изменением температуры всего в пол градуса Цельсия. Можно представить какие последствия может иметь повышение температуры на 3,5<sup>0</sup>C.

### Пути исследования изменения климата

В современное время становится популярным изобретение разных компьютерных моделей изменения климата на Земле. Они основаны на вариантах взаимодействия различных климатических факторов, таких как почва, воздух, вода, ледники и солнечная энергия. Эти общие

циркуляционные модели состоят из уравнений, показывающие изученные зависимости атмосферной физики и океанической циркуляции.

Для каждой части планеты ученые рассчитали эффект таких факторов как температура, вращение Земли, часть поверхности выше уровня моря и другие климатические условия.

Но насколько правдоподобны эти проекты? Совершенной считается модель, если при введении информации о климатических условиях на Земле несколько сотен лет назад она выдает точное описание сегодняшнего климата. Очень редко сегодняшние модели выдают результат сопоставимый с настоящим глобальным климатом без различных неточностей. Отчасти это объясняется тем, что только самые мощные компьютеры могут справиться с этой задачей. А отчасти – тем, что некоторые аспекты климатического изменения не до конца изучены. Создатели моделей предупреждают, что их создания еще не достаточно совершенны, чтобы определять детальный эффект в конкретных регионах. Модели разбивают всю поверхность Земли на квадраты со стороной обычно 200 км, но такие факторы как океанические бури, шторм и облачная активность действуют на значительно меньших участках. В этих случаях модели могут определять примерный результат.

Компьютерные модели обычно проектируют парниковый эффект в далеком будущем, и они все лучше и лучше приспособляются к быстро растущему объему знаний человечества. К тому же невероятно сложно правильно учесть влияние человека на всемирные колебания климата.

Согласно Кевину Тренберту, ведущему американскому специалисту в Национальном центре атмосферных исследований в Колорадо, все компьютерные модели предсказывают глобальное потепление, но они могут определить только пределы изменения температуры. Потепление может составить один градус Цельсия в этом веке, или оно может быть в более чем в три раза больше. «Использование таких моделей – это важный и незаменимый инструмент, – говорит Тренберт, – но они не могут решить проблему парникового эффекта».

### **Влияние диоксида углерода на интенсивность парникового эффекта**

Многое еще должно быть изучено о круговороте углерода и роли Мирового океана как огромного хранилища углекислого газа. Как было сказано выше, человечество каждый год добавляет 7 миллиардов тонн углерода в форме  $\text{CO}_2$  к имеющимся 750 миллиардам тонн. Но только около половины наших выбросов – 3 миллиарда тонн – остаются в воздухе. Это можно объяснить тем, что большая часть  $\text{CO}_2$  используется земными и морскими растениями, хоронится в морских осадочных породах, поглощается морской водой или по другому абсорбируется. Из этой большей части



CO<sub>2</sub> (около 4 миллиардов тонн) океаном поглощается около двух миллиардов тонн атмосферного диоксида углерода каждый год.

Все это увеличивает число не отвеченных вопросов: Как именно морская вода взаимодействует с атмосферным воздухом, поглощая CO<sub>2</sub>? Сколько еще углерода могут поглотить моря, и какой уровень глобального потепления может повлиять на их емкость? Какова способность океанов поглощать и сохранять тепло, задержанное изменением климата?

Роль облаков и суспензированных частиц в воздушных потоках, называемых аэрозолями не просто учесть при построении климатической модели. Облака затевают земную поверхность, приводя к похолоданию, но в зависимости от их высоты, плотности и других условий, они так же могут задерживать тепло, отраженное от земной поверхности, повышая интенсивность парникового эффекта. Действие аэрозолей также интересно. Некоторые из них изменяют водяной пар, конденсируя его в маленькие капельки, образующие облака. Эти облака очень плотные и затевают поверхность Земли неделями. То есть они блокируют солнечный свет, пока не выпадут с осадками.

Комбинированный эффект может быть огромен: извержение вулкана Пинатуба в 1991 в Филиппинах выбросило в стратосферу колоссальный объем сульфатов, что явилось причиной всемирного понижения температуры, которое длилось два года.

Таким образом, наши собственные загрязнения, вызванные, главным образом, сжиганием серосодержащего угля и масел, могут временно сгладить эффект глобального потепления. Специалисты оценивают, что в течение XX века аэрозоли снизили объем потепления на 20 %. В общем, температура поднималась с 1940-х, но с 1970 года снизилась. Эффект аэрозолей может помочь объяснить аномальное похолодание в середине прошлого века.

В 1996 году выбросы углекислого газа в атмосферу составили 24 миллиарда тонн. Очень активная группа исследователей возражает против мнения о том, что одной из причин глобального потепления является деятельность человека. По ее мнению, главное заключается в естественных процессах изменения климата и повышении солнечной активности. Но, по словам Клауса Хассельмана, руководителя Немецкого климатологического центра в Гамбурге, только 5 % можно объяснить природными причинами, а остальные 95 % - это техногенный фактор, вызванный деятельностью человека.

Некоторые ученые также не связывают увеличение объема CO<sub>2</sub> с повышением температуры. По словам скептиков, если винить в повышении температуры увеличение выбросов CO<sub>2</sub>, то температура должна была подняться в течение послевоенного экономического бума, когда ископаемое топливо сжигалось в огромных количествах. Однако Джерри Мэлмен, директор Геофизической лаборатории динамики жидкостей, вычислил, что увеличение использование угля и масел быстро увеличило

содержание серы в атмосфере, вызывая похолодание. После 1970 года термический эффект длинного жизненного цикла  $\text{CO}_2$  и метана подавил быстро распадающиеся аэрозоли, вызывая повышение температуры. Таким образом, можно заключить, что влияние диоксида углерода на интенсивность парникового эффекта огромно и неоспоримо.

Однако увеличивающийся парниковый эффект может не быть катастрофическим. В самом деле, высокие температуры могут приветствоваться там, где они достаточно редки. С 1900 года наибольшее потепление наблюдается от 40 до 70<sup>0</sup> северной широты, включая Россию, Европу, северную часть США, где раньше всего начинались промышленные выбросы парниковых газов. Большая часть потепления относится к ночному времени, прежде всего, из-за увеличения облачного покрова, который задерживал исходящее тепло. Как следствие посевной сезон увеличился на неделю.

Более того парниковый эффект может быть хорошей новостью для некоторых фермеров. Высокая концентрация  $\text{CO}_2$  может иметь положительный эффект на растения, так как растения используют углекислый газ в процессе фотосинтеза, превращая его в живую ткань. Следовательно, больше растений означает больше поглощения  $\text{CO}_2$  из атмосферы, замедляя глобальное потепление.

Это явление было исследовано американскими специалистами. Они решили создать модель мира с двойным содержанием  $\text{CO}_2$  в воздухе. Для этого они использовали четырнадцатилетний сосновый лес в Северной Калифорнии. Газ нагнетался через трубки, установленные среди деревьев. Фотосинтез увеличился на 50-60 %. Но эффект вскоре стал обратным. Задыхающиеся деревья не справлялись с таким объемом углекислого газа. Преимущество в процессе фотосинтеза было потеряно. Это еще один пример как человеческие манипуляции приводят к неожиданным результатам.

Но эти небольшие положительные аспекты парникового эффекта не идут ни в какое сравнение с отрицательными. Взять хотя бы опыт с сосновым лесом, где объем  $\text{CO}_2$  был увеличен вдвое, а к концу этого века прогнозируется увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  в четыре раза. Можно представить какими катастрофическими могут быть последствия для растений. А это в свою очередь повысит объем  $\text{CO}_2$ , так как чем меньше растений, тем больше концентрация  $\text{CO}_2$ .

#### **Глобальное потепление.**

Значимость потепления, определенная американскими учеными, может побудить распространенную катастрофу. Во-первых, потепление вызовет увеличение концентрации водяного пара в атмосфере (на 6 % больше с каждым градусом повышения температуры), что вызовет увеличение осадков и возможно большую напряженность погоды, в общем.

Хотя частота дождей и снегопадов может увеличиться, наиболее ожидаемый эффект, который заключается в том, что средние колебания осадков могут быть еще более выраженными, как утверждает Томас Карл, американский специалист в области изменения климата. В местностях, предрасположенных к затоплениям и водным эрозиям, прогнозы будут ужасными. Увеличение осадков будет крайне неравномерно, затопляя наиболее влажные территории, сделает сухие местности еще более засушливыми.

**(см. приложение № 2)**

В дополнение Карл предполагает, что тепловые волны могут стать еще серьезнее там, где местность имеет маленький шанс охладиться ночью. Трехградусное повышение средней температуры увеличит возможность возникновения опасных тепловых волн (выше 35 °С) в средних широтах от одного раза в 12 лет до одного раза в 4 года.

Такие жестокие картины становятся все более и более правдоподобными. Существует единодушное согласие, что глобальная средняя температура повысилась на пол градуса Цельсия с конца XVIII века, и 13 самых жарких лет наблюдались после 1980 года. По некоторым оценкам 1997 был самым жарким. Это неоспоримое доказательство, что человечество причастно к глобальному потеплению.

Еще потепление может быть частью естественного цикла колебаний средней температуры, которая изменялась в пределах 6 °С за последние 150 000 лет. Климатические колебания в течение тысячелетий зависят от периодических изменений солнечной активности, орбиты и наклона Земли, то есть от количества тепла, поступающего на Землю.

Вращение Земли не сохраняет постоянную позицию по отношению к Солнцу. В 1930-х сербский математик Милутин Миланкович установил, что существует зависимость между тремя основными циклами движения Земли и ее климатом: 100 000-летний цикл земной орбиты, 41 000-летний цикл наклона земной оси, 23 000-летний цикл раскачивания земной оси.

Эффект этих циклов можно последить по графику изменения объема ледяных покровов относительно солнечного освещения, который увеличивался, когда интенсивность солнечного освещения падала, позволяя снежному покрову продлевать период таяния и накапливаться со временем.

Согласно этим циклам мы сейчас находимся в середине периода похолодания. А в настоящее время наблюдается повышение температуры, как если бы мы находились в период потепления.

Доказательства этих климатических изменений были взяты из состава льда, добытого из недр древних ледников Гренландии и Антарктиды и среди останков морских организмов в осадочных породах на морском дне.

Повышение и понижение температуры за последние 750 000 лет было также исследовано путем анализа древнего тибетского 300 метрового ледника – самого большого в средних широтах. Образцы льда были собраны с

различных глубин. В каждом образце было измерено содержание особого изотопа кислорода  $^{18}\text{O}$ . Чем больше было его содержание, тем выше была температура в соответствующем периоде.

На основе этого исследования был построен график. Полученная температура была наложена на график колебания интенсивности солнечного освещения, согласно 100 000-летнему циклу Миланковича.

750,000 лет назад 50,000 10,000 1,000 250 100 0

Возможно, что около 1860 года, когда ученые впервые занялись проблемой глобального потепления, планета еще находилась в периоде аномального похолодания. Настоящее потепление может быть вызвано окончанием этого периода, и парниковый эффект может быть наложен на это направление колебаний климата.

Однако в опровержение этого мнения, для многих ученых критическим аспектом является скорость сегодняшнего климатического потепления, которая не может быть сопоставлена со скоростями естественных колебаний климата. В XX веке потепление составило  $0,5^{\circ}\text{C}$ , оно необычно большое, внезапное и распространенное.

За последние 150 лет уменьшение ледяных покровов вследствие глобального потепления наблюдается по всей планете. А за последние 40 лет температура в Антарктиде повысилась на  $2,5^{\circ}\text{C}$ , одно из крупнейших ледяных полей уменьшилось на одну треть, а другое за один только 1995 год подтаяло на  $1300\text{ м}^2$ . Таяние ледников уже привело к повышению уровня Мирового океана на 10-25 см в прошлом столетии. Известно, что если уровень Мирового океана поднимется на 1 метр, то многие прибрежные города будут затоплены.

Уменьшение ледяного покрова можно рассмотреть на примере ледника в Швейцарии, который 150 лет назад был в составе Альпов.

### **Последствия парникового эффекта**

Какова срочность действий, рассмотренных в 1997 на конференции по изменению климата в Киото, Япония, на которой промышленные нации принципиально согласились сократить выбросы парниковых газов? Не один другой вопрос не оспаривается так горячо среди ученых и политиков как этот. Некоторые считают, что немедленные действия неоправданны: ощутимые изменения климата, говорят они, достаточно постепенны, чтобы мы могли адаптироваться к ним. И даже если все выбросы парниковых газов в атмосферу прекратятся завтра, планета все равно будет еще нагреваться несколько десятилетий, из-за длинного жизненного цикла газов в атмосфере.

С другой стороны, есть доказательства, что некоторые события могут радикально изменить климат период нескольких десятков дней. Возможно наибольший страх – это внезапный крах огромного Атлантического транспортировочного пояса – системы, которая приносит теплую воду к северу от экватора, делающей Европу на несколько градусов теплее.

Испарение этого приходящего потока оставляет этот пояс с большей концентрацией соли, чем оставшуюся Северную Атлантику, которая содержит устойчивый избыток воды из континентальных бассейнов. Пояс становится холоднее и плотнее по мере того, как он достигает Гренландии, где совсем тонет.

Но что, если порожденное человеком глобальное потепление изменит температурную разницу между потоками и, в то же время увеличит количество осадков, разбавляя соленость направленного на север потока? Весь Атлантический транспортировочный пояс может прекратиться, как свидетельствуют океанические осадочные породы, это уже было несколько раз в прошлом. Эффект будет губительный. По некоторым расчетам, в Ирландии будет такая же температура, как сегодня в Шпицбергене, который расположен на сотни километров выше полярного круга. Почти вся северная Европа будет непригодна для жизни.

Но никто не знает наверняка, случатся ли такие вещи. Помимо этого, специфический эффект человека на изменение климата останется еще долгое время неопределенным, пока наши знания увеличатся, а модели улучшатся.

«Следующие десять лет покажут», говорит Тим Барнетт, климатолог из Института океанографии, Калифорния «Мы должны подождать этот срок, чтобы по-настоящему все увидеть».

### **Факторы изменения климата**

После проведенной оценки мнений различных специалистов можно определить, что климат изменяется вследствие различных комбинаций различных климатических факторов, механизм многих из которых еще не понят современной наукой. Приведем перечень основных климатических факторов.

1. **Солнечная радиация.** Пролетевший 149 миллиардов километров, солнечный свет нагревает верхний слой атмосферы с интенсивностью 180 Вт/м<sup>2</sup>. Одна треть этого тепла отражается обратно в космос. Оставшаяся часть проходит сквозь атмосферу, нагревая земную поверхность

2. **Атмосфера.** Тонкий баланс газов в атмосфере дает Земле среднюю температуру 15 °С. Парниковые газы – водяной пар, СО<sub>2</sub>, метан, оксиды азота и другие – задерживают энергию, отраженную земной поверхностью, и отражают ее обратно на землю.

3. **Океаны.** Покрывая 71 % площади земной поверхности, океаны являются главным источником атмосферного водяного пара. Океаны могут долгое время сохранять тепло и транспортировать его на тысячи километров. Когда теплая вода собирается в одном месте, испарение и образование облаков могут увеличиться. Морские организмы потребляют огромное количество диоксида углерода.

4. **Круговорот воды.** Повышение температуры воздуха может означать увеличение испарения воды и таяния льда на воде и земле. Также водяной пар это самый действенный и эффективный парниковый газ. Однако образование облаков может иметь эффект похолодания.

5. **Облака.** Роль облаков не до конца изучена, но известно, что облака имеют двойное действие: охлаждают, затеняя земную поверхность, и нагревают, задерживая отраженное земной поверхностью тепло.

6. **Ледники и снежные покровы.** Яркий белый цвет ледников и снежных покровов отражает солнечный свет обратно в космос, охлаждая планету. Таяние льдов в океанах понижает температуру воды. В Северном полушарии площадь снежных покровов уменьшилась за последние 25 лет на 10 %, но существенного уменьшения объема льдов в Антарктиде еще не наблюдалось. Хотя вероятность, что это случится, непрерывно возрастает.

7. **Земная поверхность.** Когда солнечная энергия попадает на земную поверхность, она превращается в тепло, часть которого быстро отражается в атмосферу. Поэтому топография (взаимное расположение отдельных пунктов местности<sup>1</sup>) и обработка земли оказывают огромное влияние на климат. Горные ряды могут блокировать движение облаков, создавая засушливые местности по направлению ветра. Рыхлые земли могут впитывать большее количество влаги, делая воздух более сухим. Тропический лес может поглотить большой объем углекислого газа, но если лес будет вырублен, эта же самая местность станет источником метана. Если же такой лес сжечь, выделится большое количество углекислого газа. В среднем по планете на сжигание лесов приходится половина увеличения объема CO<sub>2</sub> в атмосфере.

8. **Воздействие человека.** Добавляя парниковые газы в атмосферу, человечество вызывает глобальное потепление. Сжигание топлива – это главная причина увеличения концентрации CO<sub>2</sub>. Скотоводство, сеяние риса и мусорные свалки увеличили уровень содержания метана в атмосфере. Аэрозоли, промышленные выбросы сульфатов отражают поступающий солнечный свет, образуя временный локализованный эффект похолодания.

В 1992 году в Рио-де-Жанейро ведущие индустриальные страны взяли на себя обязательство к 2000 году уменьшить выбросы в атмосферу углекислого газа до уровня 1990 года. При вступлении в должность в 1993 году президент США Билл Клинтон подчеркивал важность достижения намеченных в Рио-де-Жанейро целей. Но в конце октября 1999 года заявил, что только к 2008 году промышленные страны могут вернуться к уровню выбросов парниковых газов в 1990 году, да и то лишь в том случае, если Китай тоже возьмет на себя обязательства принять в своей стране соответствующие законы.

Сейчас в среднем житель США сжигает ежегодно столько топлива, что высвобождается 19 тонн углекислого газа (в Германии – 11 тонн, в Китае – две, в Индии – одна тонна).

## Заключение

В последнее время проблема парникового эффекта становится все более и более острой. Климатическая обстановка в мире требует принятия безотлагательных мер. Доказательством этому могут служить некоторые последствия парникового эффекта, проявляющиеся уже сегодня.

Во влажные районы становятся еще влажнее. Непрерывные дожди, которые вызывают резкое увеличение уровня рек и озер, случаются все чаще. Разливающиеся реки затопливают прибрежные поселения, вынуждая жителей покидать свои дома, спасая свои жизни.

Интенсивные дожди прошли в марте 1997 года в США. Погибло много людей, ущерб оценивался в 400 миллионов долларов. Такие непрерывные осадки становятся более интенсивными и вызваны глобальным потеплением. Теплый воздух может содержать больше влаги, а в атмосфере Европы уже гораздо больше влаги, чем было 25 лет назад. Где выпадут новые дожди? Эксперты говорят, что местности, предрасположенные к затоплению должны готовиться к новым катастрофам.

В противоположность этому, сухие районы стали еще более засушливыми. В мире наблюдаются засухи столь интенсивные, какие не наблюдались уже в течение 69 лет. Засуха уничтожает кукурузные поля в Америке. В 1998 году кукуруза, которая обычно достигает двух метров и более, доросла только до талии человека.

Однако, несмотря на эти природные предупреждения, человечество не принимает меры по снижению выбросов в атмосферу. Если человечество продолжит так безответственно вести себя по отношению к своей планете, то неизвестно какими еще бедствиями это обернется.

## Литература

1. Зубаков В.А. «XXI – сценарий будущего: анализ последствий глобального экологического кризиса» СПб ГМТУ 1995 г. 255 с.
2. Ливчак И.Ф., Воронов Ю.В., Стрелков Е.В. «Охрана окружающей среды» М, Колос 1995 г, 265 с.
3. Миллер Т. «Спешите спасти планету» М, Прогресс-Пангея 1994 г, 336с.
4. Орден Дж. «Глобальная экология» М, Мир 1999 г. 2 тома, 358 с., 377 с.
5. Стадницкий Г.В., Родинов А.И. «Экология» СПб, Химия 1996 г. 240 с.
7. Журнал «National Geographic» Май 1998 г. Vol. 193, NO. 5, 155 с.

# **Вклад П.А. Ковриго в развитие метеорологии и климатологии**

Шидловский М.В.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Ковриго Павел Антонович - родился 8 июня 1946 г. в д. Кайтени, Молодеченского района Минской области.

Закончил Белорусский государственный университет по специальности «География» в 1969г.

Доцент, кандидат географических наук, куратор, член секции по географии и картографии при Министерстве образования.

## **Вклад П.А. Ковриго в развитие метеорологии и климатологии**

Ковриго Павел Антонович - родился 8 июня 1946 г. в д. Кайтени, Молодеченского района Минской области.

Закончил Белорусский государственный университет по специальности «География» в 1969г.

Доцент, кандидат географических наук, куратор, член секции по географии и картографии при Министерстве образования.

## **Награды:**

1.Медаль ВДНХ СССР. Павильон «Мелиорация и водное хозяйство». Экспозиция "Эффективное использование мелиорированных почв Беларуси". 1986.

2.Почетная грамота Министерства образования Республики Беларусь. 1987.

3.Почетная грамота Президиума Географического общества АН СССР. 1987.

4.Почетная грамота Республиканского комитета Белорусского профсоюза работников геологии, геодезии и картографии. 2001.

5.Почетная грамота Республиканского гидрометеоцентра. 2006.

6.Почетная грамота Белорусского географического общества. 2006.

7.Диплом в номинации "Следы в истории" географического факультета БГУ. 2006.

8.Диплом Общества белорусского школы по поводу 125-летия со дня рождения Янки Купалы и Якуба Коласа. 2007.

9.Лауреат премии имени академика Вацлава Ластовского для белорусскоязычных преподавателей высших учебных заведений Беларуси. 2007.



10. Диплом и медаль Аркадия Смолича "За почитание родного края" общественного объединения "Спадчына". 2008.

11. Почетная грамота Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. 2009.

#### Учебно-методические пособия

1. Коврига П. А. География Климат Земли / П. А. Коврига. Минск, Метэа, 2007. 172 с.

2. Коврига П. А. Практика по метеорологии / П. А. Коврига // Учебный сельскохозяйственные практики на географической станции «Западная Березин». Минск: БГУ, 2007. С. 218-237.

3. Коврига П. А. Климатические пояса и области климата земного шара / П. А. Коврига. М 1:20000000 Минск, Белкартография. 2005. 5 д. а.

4. Коврига П. А. Климатическая карта мира / П. А. Коврига. М 1:20000000. Минск, Белкартография. 2008. 5 д. а.

5. Коврига П. А. Программный комплекс "Автоматизированное рабочее место АРМ-Метеоролог" и его использование в учебном процессе / П. А. Коврига // Система географического финансов Беларуси в условии инновационного развития. Минск, БГУ. 2010. С. 242-244.

6. Коврига П. А. Характеристика климата. Методическое пособие по выполнению самостоятельной работы / П. А. Коврига. Минск, БГУ. Минск: БГУ, 2006. 52 с.

7. Коврига П. А. Методические указания для студентов заочного отделения по курсу "Метеорология и климатология" // П. А. Коврига. Минск: БГУ, 2006. 58 с.

Последней на данный момент изданной книгой Павла Анатольевича является: «Коврига П. А. Метеорология и климатология: белорусско-русско-английский справочник. 2011, 361с».

Справочник содержит около 2000 терминов по основным разделам метеорологии – общей и синоптической, климатологии, аэрологии, агрометеорологии. Вошли ряд новых терминов по компьютерной обработке и архивации данных, радиолокации, численным и дистанционным методам исследования, загрязнению атмосферы, а также по характеристике климатических поясов, типов климата Земли и его современных изменений. Толкование терминов дается на белорусском языке. Белорусскоязычные термины переведены на русский и английский языки.

Расчитан на широкий круг специалистов – научных сотрудников, студентов, аспирантов и преподавателей в области метеорологии, климатологии, геофизики, экологии и географии. Полезный он также для читателей, которые интересуются погодой и климатом.

## **Заключение**

В данный момент Ковриго Павел Анатольевич является доцентом кафедры общего землеведения и гидрометеорологии географического факультета Белорусского государственного университета.

## **Литература**

1. Коврига П. А. География Климат Земли / П. А. Коврига. Минск, Метэа, 2007. 172 с.
2. Коврига П. А. Практика по метеорологии / П. А. Коврига // Учебный сельскохозяйственные практики на географической станции «Западная Березин». Минск: БГУ, 2007. С. 218-237.

## **Вопросы климата и погоды в трудах академика В.Ф. Логинова**

Шиманская Ю..В.

Белорусский национальный технический университет

## **Введение**

Факты об изменении климата последних десятилетий уже не оставляют сомнений в том, что климат изменяется и это происходит с нарастающей скоростью. Влияния изменений климата на экономику и жизнедеятельность человека становятся все более заметными. Несмотря на то, что вопрос о причинах современного глобального потепления не является до конца решенным, в исследованиях многих ведущих климатологов мира делается вывод об антропогенном характере потепления, связанного с ростом концентрации CO<sub>2</sub>, метана и других парниковых газов в атмосфере. Признание антропогенного фактора в качестве главной причины изменения климата означает, что человечество в своем развитии достигло потенциала, способного создавать крупномасштабные и необратимые изменения в климатической и экологических системах Земли. Совместно с естественными колебаниями климата эти изменения проявляются, как на глобальном и региональном уровнях, так и на континентально-океаническом взаимодействии.

Изменения климата могут оказывать как позитивное, так и негативное влияние на естественные и социально-экономические системы, однако, по многим оценкам, отрицательные последствия в большинстве регионов Земли могут оказаться доминирующими.

Угроза необратимости происходящих современных изменений глобального и регионального климата с их негативными последствиями,

недостаточная изученность причин и пространственно-временных закономерностей происходящих изменений климата, а также связанная с этим неопределенность в планировании стратегических мер по ослаблению изменений климата делает тему доклада актуальной.

### **Вопросы климата и погоды в трудах академика В.Ф. Логинова**

**Владимир ЛОГИНОВ**-известный ученый в области географии и геоэкологии. Академик Национальной академии наук Беларуси (2000; чл.-корр. с 1994), доктор географических наук (1982), профессор (1989). Окончил арктический факультет Ленинградского высшего инженерного морского училища им. С.О. Макарова. В 1969-1973 гг. старший научный сотрудник Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Сибирского отделения АН СССР. С 1973 г. заведующий лабораторией Всесоюзного НИИ гидрометеорологической информации - Мирового центра данных, с 1977 г. заведующий лабораторией и заместитель директора Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, с 1985 г. научный сотрудник Всемирной метеорологической организации ООН (Женева). С 1990 г. заместитель директора по научной работе, а в 1997-2008 гг. директор Института проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси. В 1995-2002 гг. заведующий кафедрой Белорусского государственного университета, с 2006 г. заведующий кафедрой Международного экологического университета им. А.Д.Сахарова. Государственная премия Республики Беларусь 2002 г. за цикл работ по диагностике состояния природной среды на основе аэрокосмических, лидарных, наземных и химико-аналитических методов и средств: исследования, разработки, внедрение. Премии НАН Беларуси 1997 г. и 2007 г. Автор 420 научных работ, в том числе 20 монографий, брошюр, справочников, учебных пособий. Награжден медалью Франциска Скорины (2009). *Основные труды: Климат Беларуси*. Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996 (в соавт.). *Природная среда Беларуси*. Мн.: НООО "БИП-С", 2002 (в соавт.). *Изменения климата Беларуси и их последствия*. Мн.: Тонпик, 2003 (в соавт.). *Водный баланс речных водосборов в Беларуси*. Мн.: Тонпик, 2006 (в соавт.). *Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия*. Мн.: Тетрасистемс, 2008.

Климат на Земле меняется – сегодня в этом убеждены даже те, кто еще десяток лет тому скептически относился к теориям ученых о глобальном потеплении. Специалисты говорят о большом количестве факторов, влияющих на климат: это и изменение параметров орбиты Земли, и

парниковые газы, и антропогенные факторы, включающие в себя деятельность человека, которая изменяет окружающую среду. Так или иначе, но процесс глобального потепления остановить невозможно, и уже сегодня он влияет практически на все сферы жизни: на здоровье человека, сельское хозяйство и другие отрасли экономики различных стран, флору и фауну определенных регионов.



В Беларуси большего профессионала в вопросах изменения климата, нежели академик Владимир Логинов, не сыскать. Заслышав об интересе к этой проблеме, все ученые, с которыми доводилось общаться, отправляли за консультацией к Логинову: "Он знает о климате все!" Действительно, Владимир Логинов – автор многих научных работ в области диагноза и прогноза изменения климата. Он установил пространственно-временные закономерности изменения климата и экстремальных климатических явлений (засух, наводнений) под влиянием естественных и антропогенных факторов, а также предложил наиболее полные оценки влияния аэрозолей вулканического и антропогенного происхождения на солнечную радиацию и климат, разработал сценарии изменения климата Беларуси и оценил их последствия в различных сферах хозяйственной деятельности; руководил созданием системы информирования государственных органов и населения о состоянии природной среды Беларуси и ее изменениях.

Чем больше углубляешься в тему глобального потепления и изменения климата, тем более неоднозначной она кажется: слишком много факторов на них влияют. По мнению Логинова, главное – понять причины изменения климата. Они должны быть ранжированы по степени воздействия на климат. Обратите внимание, сколь велика научная неопределенность в этом вопросе. Нет единого мнения по поводу влияния аэрозолей, солнечной активности, парниковых газов. Для того, чтобы давать квалифицированные и грамотные прогнозы, необходимо постичь степень влияния различных факторов на климат. Очень важны сбор информации и обработка полученных данных, но и этот вопрос до конца не решен: существуют некоторые проблемы математического толка, не все специалисты однозначно интерпретируют

результаты спутниковых, лидарных наблюдений и те, которые получены в результате наземных измерений.

Говоря об изучении климата, давайте не будем забывать и о такой важной составляющей, как компьютерная техника, которая должна быть на самом высоком уровне. Задумайтесь: не зря ведь лучшие компьютеры всегда отправляются в Министерство обороны, а на втором месте оказывается НОАА – Национальное управление США по океану и атмосфере. Еще один фактор, подтверждающий важность технологии управления данными: американцы не стремятся продавать свою лучшую технику другим странам, например, России. И происходит это потому, что она является стратегической. В принципе, изучением проблем изменения климата могут заниматься только богатые страны. Далеко не все страны мира, даже имея желание, оказываются в состоянии создать прогностические модели, которые могут правильно и корректно прогнозировать изменение погоды и климата на долгие сроки. Поэтому модели общей циркуляции атмосферы созданы только очень богатыми странами с большим экономическим потенциалом. Скажем, если бы мы поставили экзотическую задачу создать подобную модель в Беларуси, то не смогли бы ее осуществить на практике. Дело тут и в финансах, и в том, что уровень подготовки местных специалистов настолько низок, что мы не прошли бы и половину пути в этом вопросе. Но такие модели существуют в других странах – в США, Германии, Англии, Франции, чуть менее совершенная модель общей циркуляции атмосферы создана в России.

– В специальной литературе и в статьях ученых много говорится о влиянии изменения климата на жизнь человека и на такие аспекты его жизнедеятельности, как, например, сельское хозяйство. Тот же подход применим к дикой природе. Известно, что изменение климата на 1 градус соответствует движению климатической зоны на 150 – 200 километров. Изменение климатических условий на несколько градусов сильно отразится на дикой природе. Знаете, как ловят рыбу в промышленных объемах? Не просто выходят с судами в море и забрасывают сети, как думают некоторые. Существует разведка, которая измеряет термодинамические условия в океане – температуру, соленость и другие показатели. Каждый вид рыбы приспособлен к определенным условиям жизни, и если определенному виду рыбы комфортно при температуре 10 градусов, то она не сможет нормально существовать, если вода будет 12 градусов. Вот простейший пример воздействия климата на дикую природу.

– Выходит, наиболее верным и простым оказывается простой анализ соответствия изменения температуры и условий жизни растений и животных. Большое количество засух в последнее время привело к тому, что гибнет ель. При потеплении создаются прекрасные условия для развития вредителей, под действием которых хвойные начинают болеть и усыхать. Изменения климата могут оказаться не совсем приемлемыми для многих видов растений и животных, которые существуют сейчас.

– Но в то же время должны появиться другие, новые виды, которых сейчас нет. Потепление климата в Беларуси приводит к смещению зоны степей на нашу территорию. Те растения, которых не было в Полесье еще 20 – 30 лет назад, прекрасно развиваются сейчас в этом регионе Беларуси. То же касается и животных. Если они привыкли к определенному термическому режиму, то они движутся вслед за изменением климата. Так что дикая природа, безусловно, будет реагировать. И более того – она реагирует уже сейчас.

– Человек может участвовать в управлении природой. Но каким бы могучим и всемогущим ни чувствовал себя человек, естественный этап развития природы он изменить не в состоянии.

Вот примеры влияния человеческой деятельности на климат. Парниковые газы, мелиорация Полесья, в результате которой изменилась и шероховатость поверхности, и физико-химические свойства почвы. Естественно, это приводит к изменению условий существования растений и животных. Чтобы представить соотношение сил природы и человека, скажу, что мощность одного среднего циклона равна мощности около тысячи атомных станций, которые планируется построить в Беларуси. Да, мы можем сейчас в аэропорту рассеять туман или облачность. Но каков масштаб этого действия? Километры, десятки километров. А принципиально изменить климат человечество не в состоянии, так как не

"В настоящее время многие сырьевые компании получают огромные прибыли от хищнического использования природных ресурсов. В таком коллективном ослеплении мало кто задумывается о чрезмерно быстром разрушении биосферы. Другая стратегия поведения – охрана природы, где возможны только успешная оборона или отступление". Вот самый главный посыл: есть только два пути – успешная оборона или отступление.

Наступление на биосферу в принципе ущербно, так как вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены, поскольку невозможно воссоздать эту же экосистему с точно таким же видовым составом. Восстановленная система начнет эволюционировать несколько по-иному, поскольку, как утверждают экологи, генетическая конструкция слагающих ее популяций отличается от исходной. Строго говоря, выйти на тот же уровень, который мы разрушили, мы не сможем уже никогда. Вот еще цитата: "Надо иметь в виду, что имеются разные группы людей, которые по-разному смотрят на эту проблему. Самая многочисленная группа – это политики, экономисты, инженеры, технологи и хозяйственники, в большинстве своем благонамеренные и все понимающие люди. Но они хотят продолжать действовать так, как они действовали до сих пор. Это им проще и экономически выгоднее. Но такая стратегия ни в коем случае не согласуется со стратегией охраны природы, краеугольным камнем которой является успешная оборона либо даже отступление".

Если посмотреть на нашу Красную книгу, то можно увидеть, что еще два десятка лет назад ее толщина была меньше. Значит, в списке редких растений и животных появляется все больше и больше видов. Впрочем, справедливости ради можно сказать, что некоторые виды, наоборот, исключаются из Красной книги. Их стало настолько много, что нет смысла охранять эти виды так, как мы охраняли их до сих пор. Но в целом толщина Красной книги становится все больше, а это о чем-то говорит.

С проблемой глобального потепления тесно взаимосвязана еще одна серьезная проблема нашего времени – продовольственная. Вне всякого сомнения, изменение климата заставит людей еще больше вмешиваться в дикую природу, пользоваться ее дарами и использовать для своих целей. И, на мой взгляд, эта проблема очень трудно решаемая. Сейчас на одного человека приходится около 315 килограммов зерна, а каких-нибудь два десятилетия назад мы имели 350 килограммов. Проблема голода как была, так и остается. Идет опустынивание, но тут прежде всего стоит говорить не о буквальном наступлении пустыни, а о потере биологической продуктивности земель. Раньше на этой земле что-то выращивали, а сейчас построили город, проложили дорогу или попросту загрязнили почву до такой степени, что на ней и выращивать ничего нельзя. Вот и идет у нас этот процесс опустынивания в самом широком смысле слова. А население продолжает расти со скоростью, грубо говоря, 1,5 процента в год. В то же время продукты питания возрастают со скоростью приблизительно 0,5 процента в год. Налицо дисбаланс.

Эту проблему можно было бы решить элементарно, брось развитые страны хотя бы часть своих благ, которыми они располагают, на поддержание стран третьего мира. Но, к сожалению, этого не происходит. Около 70 процентов всех природных ресурсов потребляет примерно

1 миллиард населения планеты – это так называемый "золотой" миллиард. На долю оставшихся 5,5 миллиарда приходится 30 процентов. Те 70 процентов, которые находятся в лучших условиях, ухудшать свою жизнь и делиться с бедными не намерены. Строго говоря, стратегия непрерывного роста экономической системы противоречит законам охраны природы. Молодежи не говорят всей правды. Мы никогда не будем жить так, как живут американцы, как живет "золотой" миллиард населения земли. Этот "золотой" миллиард пропагандирует общество потребления и живет не по средствам, активно потребляет биосферу и тем самым отнимает у остального 5,5 миллиарда перспективы развития. На такое огромное число машин, коттеджей, продуктов питания на душу все растущего населения может не хватить природных ресурсов: металла, леса, продуктов питания и так далее. Ограниченность природных ресурсов в конце концов должна заставить мировое сообщество задуматься и перейти к щадящему их использованию на основе экологических законов. К этому больше готов славянский мир,

который в силу своей религиозной и коммунистической идеи может жить по таким законам.

Постепенно мы пришли к такому важному моменту обсуждаемой темы, как сознание человека. Увы, но человек человеку чаще всего оказывается совсем не другом; и второе – чем лучше в стране экономическая ситуация, тем эффективнее в ней развивается общество потребления. Имеет человек одну машину, а ему мало, хочется больше и лучше – и он покупает вторую, третью. Должно быть совершенно другое сознание. И если мы не отойдем от ценностей общества потребления, то никогда эту проблему не решим. Ни-когда! Даже на законодательном уровне. Все много говорят, но ни одна страна не хочет делиться с другими. Человек хочет иметь три машины на семью, а потом пять машин, сначала хочет пять костюмов, а потом тридцать, и так далее. Это и есть общество потребления, существование которого, честно говоря, рано или поздно приведет к кризису. Поэтому до бесконечности так продолжаться не может. Да и бедные рано или поздно возьмут палку и начнут отбирать у богатых. История всегда будет повторяться – пусть не через 10-20 лет, а через 100, но повторится. Общество потребления – это тупиковый и ущербный для биосферы путь.

75 миллиардов евро в год – именно такую сумму вывела консалтинговая компания, специализирующаяся на оценке экономических последствий глобального потепления. Согласно оценкам компании McKinsey Climate Initiative Global, на которую ссылается датская газета Politiken, для того, чтобы предотвратить критический рост температур, человечеству необходимо до 2030 года ежегодно тратить 75 миллиардов евро.

### **Заключение**

В последние годы средства массовой информации, базируясь на различного рода докладах, подготовленных зачастую непрофессионалами, прогнозируют апокалипсис, связывая его как с потеплением, так и с похолоданием климата. Уровень научной неопределенности влияния естественных и антропогенных факторов порождает и противоположные сценарии изменения климата. Основываясь на мнении большинства профессиональных ученых (хотя наука – это не та область, где вопрос можно решить большинством голосов), модельных расчетах, экспериментальных данных с большей вероятностью можно говорить о будущем потеплении, а не похолодании климата. В геологических масштабах времени однако развивается похолодание климата за счет изменения орбитальных параметров Земли, но его скорость как минимум на два порядка ниже, чем скорость современного потепления (около  $0,1^{\circ}\text{C}$  за десятилетие).

Видно однако и то, что если температура на планете будет увеличиваться, то растают многолетние льды и теплые воды Гольфстрима будут вытесняться с поверхности более легкими опресненными водами на глубину. В результате



похолодает в Европе, но это крайне медленный процесс, и апокалипсис, связанный с "оледенением" Европы, в ближайшие десятилетия маловероятен. Для того, чтобы он наступил, падение температуры должно составить около 3-5°C. Это приведет к сокращению вегетационного периода на два-три месяца и станет катастрофой для растительности в ряде районов.

Более реальный сценарий – глобальное потепление к концу столетия на 2-3°C. Увеличение среднегодовой температуры на 1°C отвечает смещению климатических зон на 150-200 км. Этого будет достаточно, чтобы в ряде районов обострилась конкуренция за ресурсы, продовольствие и пресную воду.

Глобальное потепление может стать еще одной причиной межгосударственных конфликтов, кроме ныне существующих религиозных, национальных, идеологических. Давлению подвергнутся страны, которые обладают большими сырьевыми ресурсами (нефть, газ, уголь, вода, лес). Желание ряда крупных стран, в первую очередь США, обладать глобальной информацией о сельскохозяйственном производстве, минерально-сырьевых, климатических, лесных и водных ресурсах вполне понятно в эпоху наступления истощения природных ресурсов. Информация может стать одним из рычагов глобального управления ресурсами.

... Человечество, вероятно, еще не полностью осознало катастрофичность сложившейся экологической ситуации. Наше мышление продолжает еще оставаться далеким от ноосферного, а сбалансированное, коэволюционное развитие природы и общества пока мало просматривается. В силу сложившихся стереотипов мышления стать на устойчивый путь развития в ближайшие 10-20 лет человечество вряд ли сможет, а большим временем для такой, воистину революционной, трансформации оно не располагает.

Глобальное потепление – процесс постепенного увеличения среднегодовой температуры атмосферы Земли и Мирового океана. Научное мнение, выраженное Межгосударственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН, и непосредственно поддержанное национальными академиями наук стран "Большой восьмерки", заключается в том, что средняя температура по Земле поднялась на 0,7 °C по сравнению со временем начала промышленной революции (со второй половины XVIII века), и что "большая доля потепления, наблюдавшегося в последние 50 лет, вызвана деятельностью человека", в первую очередь выбросом газов, вызывающих парниковый эффект, таких как углекислый газ (CO<sub>2</sub>) и метан (CH<sub>4</sub>). Оценки, полученные по климатическим моделям, на которые ссылается МГЭИК, говорят, что в XXI веке средняя температура поверхности Земли может повыситься на величину от 1,1 до 6,4 °C. В отдельных регионах температура может немного понизиться. В Европе, если верить многим прогнозам, к 2010 году температура снизится на 1 градус из-за замедления Гольфстрима, однако после 2010 года температура будет стремительно расти и в Европе, так как

процесс похолодания в Европе накрывает общее глобальное потепление (к середине или концу столетия в Европе станет теплее примерно на 10 градусов). Как ожидается, потепление и подъем уровня Мирового океана будут продолжаться на протяжении тысячелетий, даже в случае стабилизации уровня парниковых газов в атмосфере. Этот эффект объясняется большой теплоемкостью океанов. Помимо повышения уровня Мирового океана повышение глобальной температуры также приведет к изменениям в количестве и распределении атмосферных осадков. В результате могут участиться природные катаклизмы, такие как наводнения, засухи, ураганы и другие, понизится урожай сельскохозяйственных культур и исчезнут многие биологические виды. Потепление должно, по всей вероятности, увеличивать частоту и масштаб таких явлений. Некоторые исследователи считают, что глобальное потепление — это миф, некоторые отрицают значительность роли человека в этом процессе.

### Литература

1. Климат Беларуси. Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996
2. Природная среда Беларуси. Мн.: НООО "БИП-С", 2002
3. Изменения климата Беларуси и их последствия. Мн.: Тонпик, 2003
4. Водный баланс речных водосборов в Беларуси. Мн.: Тонпик, 2006
5. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия. Мн.: Тетрасистемс, 2008.