

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



**Геолого-
географический
факультет**

Томского
государственного
университета

ДИНАМИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете
специалистов в области наук о Земле

8-12 ноября 2021 года

ТОМ II

Томск 2021

ТЕНДЕНЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.П. Горбатенко

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

vpgor@ggf.tsu.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-45-700010 p_a.

На фоне глобального изменения климата изменился диапазон значений ряда климатических характеристик, учитываемых при развитии разных отраслей экономики. Представлены результаты анализа изменчивости основных характеристик климата Западной Сибири используемых при планировании развития транспортной системы региона. В работе сделан акцент на анализ изменений основных климатических показателей территорий, ограниченных диапазоном 55–60° с.ш. и 65°–85° в.д.

Ключевые слова: развитие транспортной системы, изменение климата.

Against the background of global climate change, the range of values of a number of climatic characteristics that are taken into account in the development of various sectors of the economy has changed. The results of the analysis of the variability of the main characteristics of the climate of Western Siberia used in planning the development of the transport system of the region are presented. The work focuses on the analysis of changes in the main climatic indicators of territories limited to the range of 55–60° N and 65°–85° E.

Key words: development of the transport system, climate change.

Согласно долгосрочной программе развития экономики Российской Федерации и стратегии на ближайшие десятилетия предусматривается модернизация транспортной отрасли, и в первую очередь, ее инфраструктуры. Приоритетными являются задачи, связанные с перспективой развития грузоперевозок а для отдельных субъектов актуальным остается строительство дорог. Территория юго-востока Западной Сибири отличается сравнительно низкой транспортной освоенностью. В особенности это касается Томской области, имеющей большую концентрацию природных ресурсов, которая занимает 70 и 72 места соответственно по густоте автомобильных и железных дорог среди регионов России, в то время как по объему перевозимых грузов находится на 32 месте. Несмотря на благоприятные тенденции в работе транспорта, современное состояние системы не отвечает потребностям и перспективам развития экономики: старение и износ основных фондов по отдельным видам деятельности негативно сказывается на качестве обслуживания населения и хозяйствующих субъектов, оказывает отрицательное влияние на окружающую среду. Все большую роль в этом процессе играют изменившиеся характеристики климата.

Западная Сибирь относится к регионам наибольшей скорости потепления климата и, как следствие, больших изменений климатических характеристик, используемых при планировании экономической деятельности. Для реализации обширных планов по строительству новых дорог в Западной Сибири вообще и Стратегии развития транспортной системы Томской области в 2008–2025 гг. ([http://storage.esp.tomsk.](http://storage.esp.tomsk.gov.ru/files/2354/Strategiya_razvitiya_transportnoj_sistemy.pdf)

[gov.ru/files/2354/Strategiya_razvitiya_transportnoj_sistemy.pdf](http://storage.esp.tomsk.gov.ru/files/2354/Strategiya_razvitiya_transportnoj_sistemy.pdf)) необходимо обеспечение дорожных организаций информационными ресурсами о текущем и будущем климате области для решения задач проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог, а также обеспечения безопасности дорожного движения.

Целью настоящей работы является анализ изменений основных климатических параметров Западной Сибири, которые учитываются при планировании развития транспортной системы.

Материалы и методы. Материалом для исследования повторяемости климатических параметров, послужили данные метеорологических ежемесячников на 39 станциях юго-востока Западной Сибири за период 1966–2019 гг. и базы данных ВНИИГМИ МЦД (<http://meteo.ru>). Методы исследования: синоптический анализ, статистический анализ метеорологических рядов и географический анализ пространственной локализации анализируемых объектов. Обработка данных осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ (Statistica, Excel) стандартными методами математической статистики. Статистическая значимость выявленных тенденций оценивалась с применением критерия Стьюдента (при 5%-ном уровне значимости).

Поскольку территория Западной Сибири характеризуется разнообразием величин и направлений тенденций изменчивости климатических характеристик, общие для всей территории выделить невозможно. Большинство климатических характеристик в разных частях территории Западной Сибири демонстрируют

разные пределы изменчивости и разнонаправленные тенденции их повторяемости. В работе сделан акцент на изменение основных климатических показателей территорий, ограниченных диапазоном географических координат 55–60° с.ш. и 65–85° в.д.

Наряду с транспортными нагрузками на прочность дорожного покрытия особое влияние оказывают природно-климатические факторы: температура окружающего воздуха, влажность, облачность, солнечная радиация, атмосферные осадки и их распределение по сезонам года, в том числе высота снежного покрова, глубина промерзания, направление и скорость ветра. Особенно следует выделить температуру окружающего воздуха и воздействие солнечной радиации, которые напрямую формируют температурное поле в слоях конструкции дорожного покрытия, что сказывается на прочности конструкции. Количество и распределение атмосферных осадков по сезонам года тоже имеет важное значение, поскольку от них зависит водно-тепловой режим земляного полотна и дорожного покрытия.

Экстремумы температуры. Ведущую роль в формировании социально-экономических рисков, играет повторяемость положительных и отрицательных экстремальных значений температуры воздуха над Западной Сибирью. Продолжительные волны холода для зимних периодов в эпоху до глобального потепления были для исследуемой территории нормой, и к ним система хозяйственного комплекса была адаптирована. Но в последние десятилетия потепление в Западной Сибири наблюдается и в летние месяцы. Результаты исследования (Огурцов Л.А. и др., 2016) повторяемости периодов с высокими температурами воздуха (волн жары) в теплый период года, свидетельствуют о наличии тенденции повторяемости погоды, приводящей к ухудшению самочувствия людей (Кужевская И.В. и др., 2015), роста потребления электроэнергии, увеличения числа лесных пожаров (Горбатенко В.П. и др., 2015) и к ухудшению экологической обстановки в целом (Волкова М.А. и др., 2013). Получено, что в нескольких регионах Западной Сибири, в ближайшем будущем в летний период следует ожидать высокую повторяемость волн жары. Следовательно, актуально проведение и соответствующих мероприятий, которые будут способствовать минимизации экономического и социального ущерба в разных отраслях экономики конкретных регионов. Поскольку экстремальность климата увеличивается, следовательно необходимо усиливать меры по увеличению стойкости дорожных покрытий по всей территории области. Следует ориентироваться на более быстрое разрушение дорожных покрытий, чем было предусмотрено в предыдущий климатический период.

Температура воздуха ниже 0 °С. В периоды с отрицательной среднесуточной температурой особую опасность представляют нагрузки на хозяйственные объекты, обусловленные такими метеорологическими явлениями как снег, гололед, ветер, снежные заносы, гололедно-изморозевые явления, глубокое

промерзание грунтов, резкие перепады температур, характеристики снежного и ледового покрова. Наиболее часто встречающееся явление – изморозь – составляет 84% всех случаев всех явлений зимнего периода. Наиболее часто встречающаяся непрерывная продолжительность отложений изморози находится в диапазоне 7–12 часов, гололеда и отложений мокрого снега – в пределах 6 часов. В результате изучения метеорологических условия формирования зимней скользкости, получено, что количества используемых сегодня в практике дорожного обслуживания циклов обработки дорог противогололедными материалами недостаточно для обеспечения требуемого уровня содержания и безопасности движения на сети дорог северных регионов. Число циклов обработки противогололедными материалами необходимо увеличить почти в 1,5 раза (Кужевская И.В. и др., 2019). На фоне сокращения числа дней с низкими температурами воздуха в зимний период, увеличивается число погодных явлений погоды, характерных для оттепелей. Например, изменилась характеристика «толщина стенки гололеда» превышаемая определенную величину. В сложившемся климате диаметр гололедных отложений существенно увеличился и может достигать 30–40 мм. Ранее «толщина стенки гололеда» изменялась в пределах 3–5 мм. Это необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации дорожных покрытий.

Частота перехода температуры 0 °С. Среднее годовое число переходов температуры через 0 °С на территории Томской области составляет 65–66. При этом статистически значимых тенденций их увеличения на территории области не обнаружено. Тем не менее в северной части исследуемой территории наблюдаются смещение климатических сроков устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С как весной, так и осенью (Барашкова Н.К. и др., 2015). В некоторых районах увеличивается и число таких переходов, которые стали наблюдаться и в зимние месяцы. Например в феврале 2021 г. на протяжении нескольких суток температура воздуха была выше 0 °С. На территориях, где замечено увеличение числа таких переходов, следует ожидать ухудшения условий эксплуатации зданий и сооружений. В частности, сокращается период их доремонтной эксплуатации, уменьшается долговечность. При этом в конце холодного периода (весной) таких переходов становится больше, чем в начале (осенью). В ноябре случается 7–9 переходов, в апреле 12–16. На уровне 60 с.ш., даже в мае наблюдается от 8 до 12 таких переходов.

Переход средней суточной температуры через 5 °С. Для определения периода производства основных дорожных работ (железобетонных, асфальтовых покрытий) весной и осенью принят устойчивый переход средней суточной температуры через 5 °С. На исследуемой территории обнаружено смещение дат перехода через 5 °С на более ранние сроки на 6–9 дней. При этом наибольшая величина сдвига дат отмечается на севере территории, наименьшая – в ее южной

части (Барашкова Н.К. и др. 2015). На севере области планирование дорожных работ в весенний период рекомендуется сдвинуть раньше на две недели, в южной части на неделю. Причем продолжительность выполнения таких мероприятий может быть увеличена практически на месяц. В осенний период такие мероприятия следует планировать позднее и также с большей продолжительностью.

Структура и динамика изменчивости суммы атмосферных осадков. Исследованы важнейшие для транспортной отрасли характеристики осадков: непрерывная продолжительность периодов с осадками и без осадков, тенденции их изменения (Волкова М.А. и др., 2015). Получено, что годовое количество атмосферных осадков в течение последних 50 лет имеет тенденцию повсеместного роста на величину от 2 мм/10 лет до 20 мм/10 лет в разных районах Западной Сибири. Учитывая, что увеличилась, в основном, доля ливневых осадков, увеличивается вероятность затопления территорий, образование новых оврагов, оползней, провалов грунта. Если такая тенденция сохранится в ближайшее десятилетие, то возможно и размытие фундаментов зданий, размыв берегов рек. В городах это также повлечет за собой затруднение работы транспорта. Особенно актуально готовиться к учащению таких событий в южных районах Западной Сибири и на территории Алтайского края.

Автомобильный транспорт также уязвим к воздействию ветровых нагрузок с возможными последствиями аварий вследствие сдвига автомобиля, изменения траектории или опрокидывания. Число дней с ветром 15 м/с и более существенно сокращается (на 70–80 %), варьируя в диапазоне 5–15 дней, что является благоприятным фактором в новых климатических условиях (Журавлев и др., 2019). Другим преимуществом сложившегося климата является уменьшение повторяемости метелей. За последние три десятилетия произошло уменьшение в 2–3 раза как числа дней с метелью, так и средней продолжительности метелей (Горбатенко и др., 2018).

Пространственные особенности изменений в профилях температуры почвы, влияющих на физико-механические характеристики грунтов земляного полотна. Кроме транспортных нагрузок на прочность дорожного покрытия особое влияние оказывает глубина промерзания почвы. Анализировалась температура почвы на глубине 5 см на метеорологических станциях Томской области за период 2000–2019 гг. отдельно для мая, июня и июля каждого года. Получено, что при наличии синхронности в межгодовых вариациях температуры почвы над всей территорией Томской области, зональность ее распределения сохраняется. Температура почвы в северных частях территории ниже чем на остальных станциях. В мае разница температур почвы на глубине 5 см составляет по территории области в среднем 3–4 °С, в июне 2–3 °С, в июле 1,0–1,5 °С. Однако на всей территории области до 1962 г. температура почвы на глубине 5 см в июне была на 2–3 °С ниже чем в настоящее время; в

июле на 1 °С ниже чем в анализируемый период. Наибольшая скорость потепления почвы на глубине 5 см приходится на весенние месяцы и начало лета. Наибольшее увеличение температуры почвы на глубине 5 см приходится на более северные станции Томской области.

Продолжительность залегания снежного покрова, формирующего снежные заносы, в Томской области в среднем составляет 180 дней. Наблюдается уменьшение продолжительности залегания за последние 30 лет, что обусловлено изменением сроков залегания и разрушения снежного покрова (Gorbatenko et al., 2019). Однако в разных частях исследуемой территории тенденции изменения толщины снежного покрова и продолжительности его залегания различны. Поэтому при проектировании работ, для которых эти характеристики являются значимыми необходимы дополнительные исследования.

Грозовая активность на территории Западной Сибири невелика. В районах среднего течения рек Обь и Иртыш, южнее 58° с.ш., ежегодно наблюдается 20–30 дней с грозой. Ранее, столь умеренная грозовая активность не требовала больших расходов на молниезащитные мероприятия. На фоне глобального потепления климата, атмосфера Западной Сибири стала не только более теплой, но и более насыщенной влагой. Это сопровождается интенсификацией конвективных процессов и увеличением частоты опасных погодных явлений, обусловленных ее развитием. Чрезвычайные ситуации, обусловленные развитием глубокой мезомасштабной конвекции (град, шквал, смерч), в последние десятилетия повторяются гораздо чаще, чем до 2000 г. (Горбатенко и др., 2020). Несмотря на то, что статистически значимых тенденций в изменении уровня грозовой активности над Томской областью за исследуемый период не выявлено, замечено увеличение числа гроз в весенний и осенний периоды. Увеличилась повторяемость выпадений града и его величина, что представляет опасность для многих отраслей экономики. Безусловное увеличение грозовой активности замечено в области 60–62° с.ш. Увеличивается продолжительность грозового сезона и число дней с грозой в году.

Лесные пожары вызывают ограничения дальности видимости на дорогах. На территории Томской области наибольшие проблемы с видимостью на автомобильных дорогах возникают в южной, наиболее заселенной части области (Кижнер и др., 2021). Поскольку плотность автомобильных дорог в этом районе наибольшая, то их безопасную эксплуатацию в теплый период года могут обеспечить меры по быстрой ликвидации пожаров и предотвращение их разрастание по площади.

Выводы:

Несмотря на то, что потепление климата в Сибири для жителей региона является фактором, на первый взгляд положительным, изменение ряда климатических характеристик может иметь значительные последствия для ряда отраслей экономики, включая

развитие и эксплуатацию сети автомобильных дорог региона.

Для внедрения результатов научных исследований в экономические расчеты необходима масштабная пропаганда необходимости быстрого реагирования на новые климатические условия, необходима новая модель коммуникации климатологов и экономистов. Значения климатических параметров, применяемые в нормативных документах разных отраслей экономики должны обновляться с периодичностью не более чем 5 лет. На сегодняшний день применяющиеся нормативы утверждены 30 и более лет назад. В сегодняшнем климате они не обеспечивают запланированный уровень безопасности функционирующих объектов экономики.

Литература

1. Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Носырева О.В. Климатические характеристики режимов устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы на юге Западной Сибири // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 1. С. 87–97.
2. Волкова М.А., Ивашкова О.А., Чередыко Н.Н. Особенности формирования и социально-экономические последствия температурных рисков в Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 374. С. 180–187.
3. Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Соколов К.И., Огурцов Л.А. Современная пространственно-временная структура поля экстремальных осадков на территории Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 390. С. 202–210.
4. Горбатенко В.П., Громницкая А.А., Константинова Д.А., Ершова Т.В., Нечепуренко О.В. Оценка роли климатических факторов в возникновении и распространении лесных пожаров на территории Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 395. С. 233–243.
5. Горбатенко В.П., Журавлев Г.Г., Носырева О.В., Волкова М.А., Кижнер Л.И., Константинова Д.А. Современные изменения климатических условий, определяющих накопление снега на автомобильных дорогах Томской области // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. Т. 4. С. 39–54.
6. Журавлев Г.Г., Горбатенко В.П., Тунаев Е.Л. Метели на территории Томской области // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 594. С. 137–151.
7. Горбатенко В.П., Кужевская И.В., Пустовалов К.Н., Чурсин В.В., Константинова Д.А. Оценка изменчивости конвективного потенциала атмосферы в условиях изменяющегося климата Западной Сибири // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 108–116.
8. Кужевская И.В., Поляков Д.В., Волкова М.А., Барашкова Н.К. Температурные волны тепла как отражение изменчивости современных климатических условий жизнедеятельности на территории Томской области // Экология человека. 2015. № 2. С. 3–9.
9. Кужевская И.В., Волкова М.А., Нечепуренко О.Е., Киряков Е.И., Чурсин В. В. Климатические характеристики формирования зимней скользкости на сети автомобильных дорог на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югра // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2019. № 595. С. 190–203.
10. Кижнер Л.И., Барашкова Н.К., Носырева О.В. Пожарная опасность в лесах Томского региона: климатический фактор и экономические риски // Геосферные исследования. 2021. № 2. С. 110–119.
11. Огурцов Л.А., Чередыко Н.Н., Волкова М.А., Журавлев Г.Г. Динамика показателей экстремальности климата на территории Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 8. С. 633–639.
12. Gorbatenko V.P., Sevast'yanov V.V., Konstantinova D.A., Nosy'reva O.V. Characteristic of the snow cover for the Western Siberia territory // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 232. pp. 1–5.