



XIV

СИБИРСКОЕ СОВЕЩАНИЕ И ШКОЛА
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО КЛИМАТО-
ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

19-22 ОКТЯБРЯ 2021 г.

г. ТОМСК

УДК 551.5: 504
Д23+Е080.4я431

Четырнадцатое Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу: Тезисы докладов российской конференции с международным участием. / Под ред. Е. А. Головацкой. – Томск, 2021. – 263 с.

В сборник включены тезисы докладов по методологии и результатам исследований современного состояния и тенденций изменения климатической системы Сибирского региона. Рассмотрены научно-методические вопросы организации многокомпонентного мониторинга мезомасштабных природно-территориальных комплексов Сибири по физической, химической, биологической и техногенной компонентам системы. Представлены доклады по методологии и результатам исследований, оценке состояния и выявлению происходящих изменений в экосистемах бореальных лесов. Рассмотрены вопросы заболачивания ландшафтов таёжной зоны. Представлены доклады о влиянии антропогенных факторов на трансформацию ландшафтов Сибири.

Сборник представляет интерес для специалистов в области климатологии, метеорологии, экологии, охраны окружающей среды, а также по физическим и техническим проблемам климато-экологических изменений.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Современное состояние и тенденции изменения климата Северной Евразии

<i>Гаврилов А.В., Малахова В.В., Пижанкова Е.И., Попова А.А.</i> Мощность многолетнемерзлых пород о. Новая Сибирь: результаты численного моделирования	6
<i>Долгова Н.В., Волкова М.А., Чередыко Н.Н., Кужевская И.В.</i> Изменение режима увлажнения ландшафтных зон Южной Сибири	10
<i>Иванова А.А.</i> Многолетние изменения температуры воздуха и их влияние на глубину сезонного протаивания на севере Западной Сибири	12
<i>Кижнер Л.И., Барашкова Н.К., Носырева О.В.</i> Современные тенденции температурно-влажностных показателей и явлений в Томске	15
<i>Логинов С.В., Поднебесных Н.В.</i> Вихревая циркуляция и изменчивость метеовеличин синоптического масштаба на территории Сибири	19
<i>Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В.</i> Современные тенденции изменения среднемесячной температуры пограничного слоя атмосферы Сибири	21
<i>Ломакина Н.Я., Лавриненко А.В.</i> Изменение среднегодовой и среднесезонной температуры в пограничном слое атмосферы Сибирского региона	25
<i>Малахова В.В.</i> Модельная оценка эмиссии метана в атмосферу с акватории арктических морей	29
<i>Мартынова Ю.В.</i> Эволюция исследований межсезонного влияния аномалий осеннего снежного покрова на динамику атмосферы в Северном полушарии	33
<i>Матюхина А.А., Воронай Н.Н., Мартынова Ю.В.</i> Снежный покров Сибири по данным спутниковых и ежедневных наземных наблюдений	36
<i>Немировская Л.Г.</i> Создание банков данных характеристик периодов режима осадков, дополненных показателями температурно-влажностных условий, для оценки на их примере изменения регионального климата и улучшения гидрометеобеспечения юго-востока Западной Сибири	39
<i>Переведенцев Ю.П., Лопух П.С., Гледко Ю.А., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М., Мирсаева Н.А.</i> Климатические изменения на территории России и республики Беларусь в XX-XXI веках	42
<i>Поднебесных Н.В.</i> Сезонные изменения характеристик циклонов и антициклонов над территорией Сибири по данным синоптических карт	46

Секция 2. Экстремальные климатические и природные явления

<i>Волкова Е.С.</i> Пространственно-временная характеристика проявления заморозков на территории южной тайги Западной Сибири	49
<i>Газимов Т.Ф., Чурсин В.В.</i> Городской остров тепла над Новосибирском в период аномально жаркой погоды летом 2019 года	53
<i>Горбатенко В.П., Пустовалов К.Н.</i> Пространственные и временные особенности распределения полей атмосферного давления и скорости восходящих потоков над междуречьем Обь-Иртыш в летний период	57
<i>Громова А.В., Горбатенко В.П., Нагорский П.М., Пустовалов К.Н.</i> Грозовая активность на юге Западной Сибири по данным грозопеленгационной сети WWLLN	61
<i>Жуков Д.Ф., Пустовалов К.Н., Кошикова Т.С., Нагорский П.М., Оглезнева М.В.</i> Характеристики мезомасштабных конвективных систем над югом Западной Сибири по данным спутника CALIPSO	65
<i>Збираник А.А., Кужевская И.В., Газимов Т.Ф.</i> Площади положительных тепловых аномалий на территории Западной Сибири	68
<i>Картавых М.С., Пустовалов К.Н., Кошикова Т.С., Нагорский П.М., Оглезнева М.В.</i> Вертикальная структура мезомасштабных конвективных систем над югом Западной Сибири по данным спутника CLOUDSAT	71
<i>Нагорский П.М., Яковлева В.С., Пустовалов К.Н., Яковлев Г.А., Вуколов А.В., Смирнов С.В.</i> Радиационный фон приземной атмосферы, обусловленный интенсивными ливневыми осадками	75
<i>Наджарян А.А., Волкова М.А.</i> Метеорологические условия формирования опасных гидрологических явлений на юго-востоке Западной Сибири	79
<i>Пустовалов К.Н., Горбатенко В.П., Нагорский П.М., Нечепуренко О.Е., Оглезнева М.В.</i> Сравнительный анализ конвективной неустойчивости на юге Западной Сибири по данным индексов неустойчивости k-index и Total Totals (реанализ ERA5)	82
<i>Сабурова К. М., Емельянова Т. В., Шульгина Т. М.</i> Статистическая оценка влияния снежного покрова Западной Сибири на количество осадков в Калифорнии	86
<i>Харюткина Е.В., Логинов С.В., Морару Е.И.</i> Экстремальные осадки на территории Западной Сибири в холодный период года	87

Секция 3. Экосистемы среднеширотных и полярных природных зон

<i>Белова М.Н., Тимошок Е.Е., Филимонова Е.О.</i> Разнообразие сосудистых растений в экотоне верхней границы леса в долине р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай)	90
--	----

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНВЕКТИВНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ ИНДЕКСОВ НЕУСТОЙЧИВОСТИ K-INDEX И TOTAL TOTALS (РЕАНАЛИЗ ERA5)

Пустовалов К.Н.^{1,2}, Горбатенко В.П.², Назорский П.М.¹, Нечепуренко О.Е.^{1,2}, Оглезнева М.В.¹

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск)

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
const.pv@yandex.ru, vpgor@tpu.ru, npm_sta@mail.ru, o.e.nechepurenko@gmail.com,
oglezneva.m@yandex.ru

Известно, что конвективная деятельность ежегодно вызывает большое количество неблагоприятных и опасных явлений (грозы, интенсивные ливневые дожди, град, шквалы, микропорывы, торнадо и др.) [1, 2]. Для территории Западной Сибири частота таких событий в начале XXI века значительно возросла [3–4].

В формировании и трансформации облаков конвективных форм, а также связанных с ними неблагоприятных и опасных атмосферных явлений играют важную роль вертикальные движения воздуха [1, 5]. Интенсивность этих процессов определяется динамическими, термическими и орографическими факторами [6–8]. Восходящие потоки термического происхождения связаны с неустойчивой стратификацией атмосферы. Основным фактором, вызывающим их, являются конвективные движения либо в форме теплых струй воздуха, либо в форме отдельных замкнутых объемов теплого воздуха – «термиков», «пузырей». Эти потоки достигают наибольшего развития в середине дня (13–16 часов местного времени). Кроме того, восходящие потоки термического происхождения могут возникать и в ночное время вследствие различного излучения тепла отдельными участками земли [1, 5, 9].

Для оценки степени неустойчивости атмосферы и вероятности развития конвективной облачности и сопутствующих явлений разработано большое количество индексов неустойчивости, которые дают качественную и количественную оценку степени неустойчивости атмосферы [10, 11]. Ранее для юга Западной Сибири были получены оценки изменчивости индекса неустойчивости K-Index и было отмечено значительное увеличение степени неустойчивости атмосферы на фоне глобальных климатических изменений [12]. При этом, согласно [13], наилучшее согласие с реальными грозовыми ситуациями отмечается для индекса неустойчивости Total Totals.

Описанные выше процессы являются мезомасштабными во временном и пространственном диапазоне [9]. Таким образом, для общей оценки их изменчивости могут быть применены данные современных реанализов, пространственно-временное разрешение которых в настоящее время достигло масштаба мезо-β.

Целью данной работы является согласованный анализ пространственно-временной изменчивости конвективной неустойчивости и вертикальных потоков на юге Западной Сибири за летние месяцы 1990–2019 гг. по данным реанализа ERA5.

Реанализ ERA5 создан Европейским центром среднесрочных прогнозов (ECMWF) и является пятым поколением реанализа глобальных атмосферных наблюдений ECMWF. Применение данных реанализа ERA5 обусловлено рядом его достоинств: непрерывными рядами надёжных данных за период более 40 лет (с 1979 г. по настоящее время), высоким пространственным разрешением (0,25°×0,25°), и частым шагом по времени (1 час) [14].

В исследовании были использованы продукты реанализа ERA5: «K-Index» и «Total Totals» с июня по август в сроки 6, 9 и 12 UTC, полученные с сервера Copernicus Climate Change Service [15].

Индекс неустойчивости (далее *KI*) в ERA5 рассчитывается по формуле:

$$KI = (T_{850} - T_{500}) + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}),$$

где T – температура воздуха (°C), а Td – температура точки росы (°C) на указанных изобарических уровнях (850, 700 и 500 гПа).

Индекс Total Totals (далее TT), в свою очередь, рассчитывается по формуле:

$$TT = T_{850} + Td_{850} - 2 \times T_{500}.$$

Территория исследования разбивалась на расчётную сетку (матрицу) с шагом $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ по долготе и широте (57×141 ячеек).

Производилась обработка данных KI и TT , полученных из реанализа ERA5, в ходе которой для каждой ячейки сетки в каждый год вычислялись соответствующее 75-перцентилю значения этих индексов KI_{P75} и TT_{P75} и отбирались значения этих индексов большие или равные KI_{P75} и TT_{P75} , соответственно. На основе отобранных значений вычислялись средние значения индексов KI и TT , соответствующие первому квартилю повторяемости, то есть условиям повышенной неустойчивости в атмосфере (далее KI_{Q1} и TT_{Q1}). Расчёт выполнялся для сроков 6, 9 и 12 UTC, соответствующих началу, максимуму и окончанию активной конвективной деятельности. На основе значений KI_{Q1} и TT_{Q1} за отдельные годы вычислялись их среднеарифметические значения для декад и в среднем для всего периода исследования в каждой ячейке.

Анализ результатов показал следующее. В пространственном распределении как KI_{Q1} , так и TT_{Q1} максимум конвективной неустойчивости располагается на границе России (Алтайский край, юг Омской области) и Казахстана (Павлодарская область) и приурочен к поймам рек Иртыш и Обь в их верхнем течении (Рис. 1, 2).

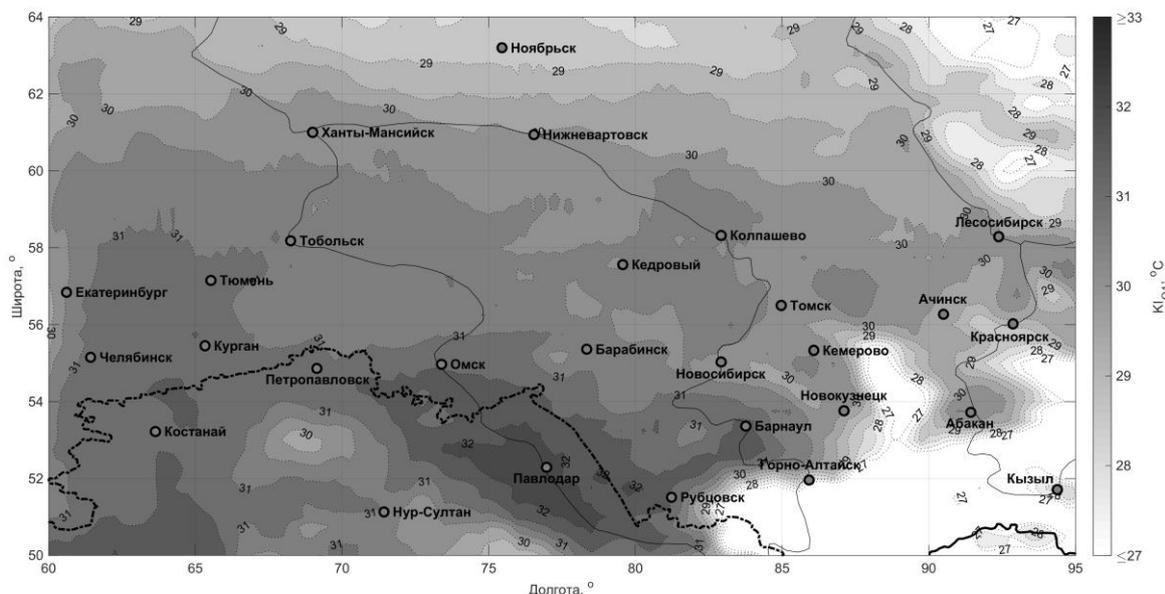


Рисунок 1. Пространственное распределение средних значений KI_{Q1} в 9:00 UTC за летние месяцы 1990–2019 гг.

Кроме отмеченного выше главного очага конвективной неустойчивости над регионом также можно выделить ещё два крупных очага, расположенных над юго-восточной периферией Урала (Челябинская, Свердловская, Курганская и Тюменская области России и Костанайская область Казахстана) и над средним течением р. Обь (Томская область) и проявляющихся в полях обоих индексов неустойчивости. При этом первый из этих очагов более ярко проявляется в распределении KI_{Q1} , а второй – в TT_{Q1} .

Расположение области минимума конвективной неустойчивости по данным KI_{Q1} и TT_{Q1} также совпадает. Минимальные значения этих индексов приходятся на средне- и высокогорные районы Алтайско-Саянской горной страны. Кроме того, пониженные значения отмечаются над Казахским мелкосопочником и Енисейским кряжем.

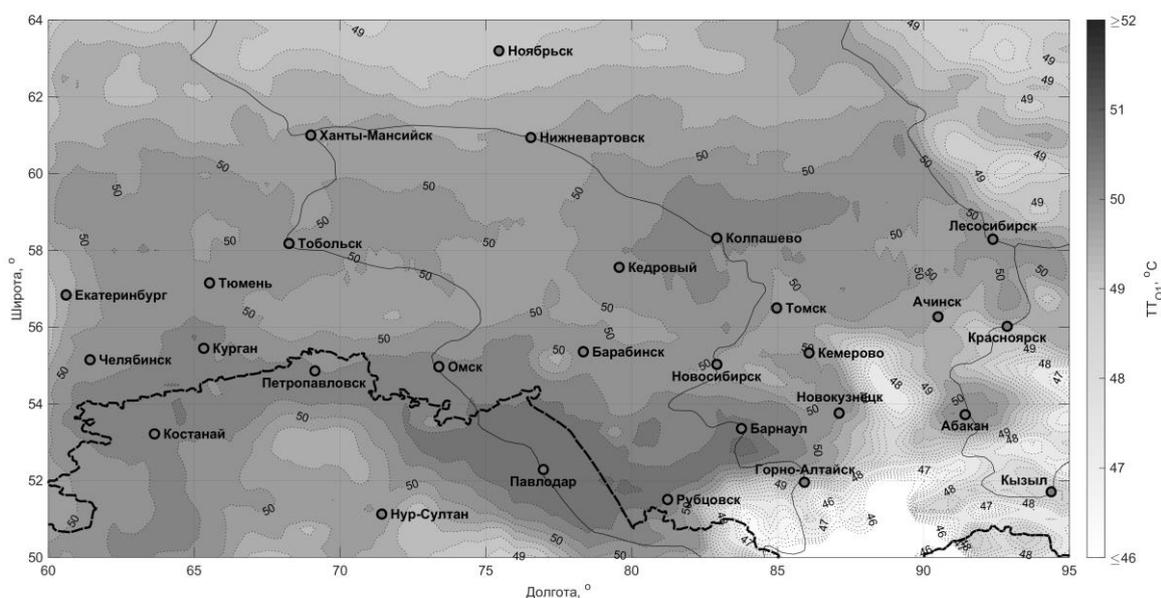


Рисунок 2. Пространственное распределение средних значений TT_{Q1} в 9:00 UTC за летние месяцы 1990–2019 гг.

Северная граница со значениями индексов выше пороговых ($KI_{Q1} \geq 30$ °C и $TT_{Q1} \geq 50$ °C), характеризующих атмосферу как сильно неустойчивую и указывающих на высокую вероятность возникновения гроз (более 75%), простирается до 61–62° с.ш. При этом, в полях TT_{Q1} над центральной частью Обь-Иртышского междуречья, в целом, отмечается снижение конвективной неустойчивости и «пригибание» изолинии $TT_{Q1} = 50$ °C вплоть до 56° с.ш. Ослабление неустойчивости над этим районом также прослеживается в значениях KI_{Q1} , но выражено значительно слабее чем в TT_{Q1} и не приводит к смещению на юг пороговой изолинии.

В ходе исследования проведён сравнительный анализ пространственной изменчивости конвективной неустойчивости на юге Западной Сибири по данным индексов K-Index и Total Totals, полученных из реанализа ERA5. В целом, отмечено хорошее согласие в расположении максимумов и минимумов конвективной неустойчивости, а также границы распространения зоны сильной неустойчивости над рассматриваемым регионом по данным этих индексов неустойчивости.

Работа выполнена при поддержке госбюджетной темы (номер госрегистрации 121031300154-1).

1. Шметер С.М. Термодинамика и физика конвективных облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 288 с.
2. Rakov V.A., Uman M.A. Lightning: Physics and Effects. – New York: Cambridge Univ. Press, 2003. – 687 p.
3. Чернокульский А.В., Козлов Ф.А., Золина О.Г., Булыгина О.Н. Климатология осадков разного генезиса в Северной Евразии / Метеорология и гидрология. – 2018. – № 7. – С. 5–18.
4. 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. 108–117.
5. Горбатенко В.П., Дульзон А.А. Влияние изменения подстилающей поверхности на грозовую активность // География и природные ресурсы. 1997. № 2. С. 142–146.
6. Фрик П.Г. Турбулентность: подходы и модели. М.: R&C Dynamics, 2010. – 330 с.
7. Носов В.В., Григорьев В.М., Ковадло П.Г., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. Когерентные структуры в турбулентной атмосфере. Эксперимент и теория // Солнечно-земная физика. 2009. Т. 127, № 14. С. 97–113.

8. Глазунов А.В., Дымников В.П. Пространственные спектры и характерные горизонтальные масштабы флуктуаций температуры и скорости в конвективном пограничном слое атмосферы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49, № 1. С. 37–61.
9. Атмосфера. Справочник / под ред. Седунова Ю.С. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 508 с.
10. Быков А.В., Ветров А.Л., Калинин Н.А. Прогноз опасных конвективных явлений в Пермском крае с использованием глобальных прогностических моделей // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2017. № 363. – С. 101–119.
11. Нечепуренко О.Е., Горбатенко В.П., Константинова Д.А., Севастьянов В.В. Индексы неустойчивости атмосферы и их пороговые значения, оптимальные для прогноза гроз над Сибирью // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2018. – № 2 (368). – С. 44–59.
12. Gorbatenko V.P., Pustovalov K.N., Konstantinova D.A. Convective potential of the atmosphere of Western Siberia amid global climate change // IOP Conference Series. Earth and Environmental Sciences. – 2020. – V. 611. – P. 012001-1–012001-6.
13. Nechepurenko O.E., Gorbatenko V.P., Konstantinova D.A., Pustovalov K.N. Linking the storm cells position and high values of instability indices – a case study in the southeast of Western Siberia // Journal of Physics. Conference Series. – 2020. – V. 1604. – P. 012006-1–012006-7.
14. ERA5: data documentation. – URL: <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation> (дата обращения: 11.08.2021).
15. Copernicus Climate Change Service. – URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/> (дата обращения: 11.08.2021).