

International Conference and Early Career Scientists
School on Environmental Observations, Modeling
and Information Systems **ENVIROMIS-2018**

5 July – 11 July 2018, Tomsk, Russia



Международная конференция и школа молодых ученых
по измерениям, моделированию и информационным
системам для изучения окружающей среды:
ENVIROMIS-2018

5 июня – 11 июля 2018, Томск, Россия

Regional risks of artificial forestation in the steppe zone of Kazakhstan (the case of the green belt of Astana) <i>Kabanova S.A., Zenkova Zh.N., Danchenko M.A.</i>	340
Meteorological regime of the beginning and end of the heating season in Tomsk <i>Nosyreva O.V., Barashkova N.K., Kizhner L.I.</i>	344
Метеорологический режим начала и конца отопительного сезона в г. Томске <i>Носырева О.В., Барашкова Н.К., Кижнер Л.И.</i>	345
Influence of climatic and weather conditions of the Small Ice Age on the operation of land and water transport routes in the territory Altai mountain district in the XVIII century <i>Maloletko A.A.</i>	348
Влияние климатических и погодных условий Малой ледниковой эпохи на эксплуатацию сухопутных и водных транспортных путей на территории Алтайского горного округа в XVIII в. <i>Малолетко А.А.</i>	349
Variability of synoptic vortex circulation over Siberia in 1976-2015 <i>Podnebesnykh N.V., Ippolitov I.I., Loginov S.V., Kharyutkina E.V.</i>	352
Изменчивость синоптической вихревой циркуляции над Сибирью в 1976-2015 гг. <i>Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И., Логинов С.В., Харюткина Е.В.</i>	353
The complex forecast of heavy snowfalls in the Urals according to different hydrodynamic atmosphere models <i>Pischalnikova E.V., Kalinin N.A., Shikhov A.N., Bykov A.V.</i>	356
Комплексный прогноз сильных снегопадов на Урале по данным разных гидродинамических моделей атмосферы <i>Пищальникова Е.В., Калинин Н.А., Шихов А.Н., Быков А.В.</i>	357
The complex approach to assessment of icing zones for Tomsk aerodrome <i>Nechepurenko O.E., Kuzhevskaya I.V., Volkova M.A., Barashkova N.K., Kizhner L.I.</i>	360
Комплексный подход к оценке зон обледенения в районе аэродрома Томск <i>Нечепуренко О.Е., Кужевская И.В., Волкова М.А., Барашкова Н.К., Кижнер Л.И.</i>	363
The conditions of emergence of strong squalls in the Perm region <i>Kalinin N.A., Bykov A.V., Pischalnikova E.V., Shikhov A.N.</i>	364
Условия возникновения сильных шквалов в Пермском крае <i>Калинин Н.А., Быков А.В., Пищальникова Е.В., Шихов А.Н.</i>	365
Synoptic purification of heavy rain events in Perm region <i>Kostarev S.V., Sivkov B.A., Vetrov A.L., Tunov V.E., Bykov A.V.</i>	368
Синоптическая типизация случаев сильных дождей в Пермском крае <i>Костарев С.В., Сивков Б.А., Ветров А.Л., Тунов В.Е., Быков А.В.</i>	369
Periodicity of atmospheric droughts in Southern Siberia in the late XX - early XXI centuries <i>Ryazanova A.A., Voropay N.N.</i>	372
Повторяемость атмосферных засух на юге Сибири в конце XX – начале XXI вв. <i>Рязанова А.А., Воропай Н.Н.</i>	372

СЕКЦИЯ 7 ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА РЕГИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

SESSION 7 INSTRUMENTAL INFRASTRUCTURE OF A REGIONAL ENVIRONMENTAL RESEARCH

Tools developed at IMCES SB RAS for environmental meteorological and ecological monitoring <i>Korolov V.A., Krutikov V.A., Tikhomirov A.A.</i>	375
Разработки ИМКЭС СО РАН для инструментального обеспечения метеорологического и экологического мониторинга окружающей среды <i>Корольков В.А., Крутиков В.А., Тихомиров А.А.</i>	376
Use of optical rain gauge in the system of monitoring of dangerous weather phenomena <i>Kobzev A.A., Kalchikhin V.V.</i>	379
Применение оптического измерителя осадков в составе системы мониторинга опасных метеорологических явлений <i>Кобзев А.А., Калчихин В.В.</i>	380
Differential optical absorption spectroscopy system for volcanic gas measurements <i>Smirnov S.S., Geiko P.P.</i>	382
Измеритель вулканических газов на основе метода дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии <i>Смирнов С.С., Гейко П.П.</i>	383
Distance monitoring of seismic activity from observations in the East of Siberia <i>Argunov V.V., Karimov R.R.</i>	386
Дистанционный мониторинг сейсмической активности по наблюдениям на Востоке Сибири <i>Аргунов В.В., Каримов Р.Р.</i>	387
Tool of investigation of natural radio noise of VLF range in Yakutsk <i>Kozlov V.I., Karimov R.R., Korsakov A.A., Tarabukina L.D., Dzyukova N.S.</i>	390
Инструментарий исследования естественных радиозумов ОНЧ диапазона в Якутске <i>Козлов В.И., Каримов Р.Р., Корсаков А.А., Тарабукина Л.Д., Дзюкова Н.С.</i>	391

Литература:

1. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Шаймарданов М.З. Влияние опасных гидрометеорологических явлений на устойчивое развитие экономики России. — *Метеорология и гидрология*, 2017, № 7, с. 59—67.
2. Калинин Е.Д., Юсупов Ю.И. Метод прогноза сильных конвективных осадков в холодный период года. — *Метеорология и гидрология*, 2013, № 4, с. 19—28.
3. Калинин Н.А., Ветров А.Л., Пицальникова Е.В., Связов Е.М., Шихов А.Н. Оценка качества прогноза очень сильного снегопада на Урале с помощью модели WRF. — *Метеорология и гидрология*, 2016, № 3, с. 55—62.
4. Руководящий документ. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и геофизических прогнозов. — Л., Гидрометеоиздат, 1991, 149 с.
5. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). — Обнинск, ИГ-СОЦИН, 2009. 62 с.
6. Пицальникова Е.В., Калинин Н.А., Ветров А.Л., Шихов А.Н., Связов Е.М., Быков А.В. Прогноз сильного и очень сильного снегопада на Урале на основе модели WRF. — *Труды Гидрометцентра России*, 2016, № 359, с. 58—72.
7. Пицальникова Е.В., Калинин Н.А. Условия формирования и прогноз обильных снегопадов в Пермском крае. — Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016, 168 с.
8. Толстых М.А. Глобальные модели атмосферы: современное состояние и перспективы развития. — *Труды Гидрометцентра России*, 2016, № 1, с. 5—33.
9. Choi H.J. and Hong S.Y. An updated subgrid orographic parameterization for global atmospheric forecast models. — *J. of Geoph. Res.*, 2015, vol. 120(24), pp. 445—457.
10. Fargey S., Henson W., Hanesiak J. and Goodson R. Characterization of an unexpected snowfall event in Iqaluit, Nunavut, and surrounding area during the Storm Studies in the Arctic field project. — *J. of Geoph. Res.*, 2014, vol. 119(9), pp. 5492—5511.
11. Pyankov S.V., Shikhov A.N., Kalinin N.A., Sviyazov E.M. A GIS-based modeling of snow accumulation and melt processes in the Votkinsk reservoir basin. — *J. of Geograph. Sci.*, 2018, vol. 28(2), pp. 221—237.
12. Skamarock W.C. et al. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Techn. Note –475 + STR, June 2008. 125 p.
13. Wang H., Yu E. and Yang S. An exceptionally heavy snowfall in Northeast China: Large-scale circulation anomalies and hindcast of the NCAR WRF model. — *Meteorol. and Atmos. Physics*, 2011, vol. 113(1), pp. 11—25.
14. Wetzell S.W. and Martin J.E. An operational ingredients-based methodology for forecasting midlatitude winter season precipitation. — *Wea. Forecasting*, 2001, vol. 16, pp. 156—167.

The complex approach to assessment of icing zones for Tomsk aerodrome

Nechepurenko O.E., Kuzhevskaja I.V., Volkova M.A., Barashkova N.K., Kizhner L.I.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: o.e.nechepurenko@gmail.com

Icing is among aviation's most serious weather hazards because it renders to loss of lift force, to reduce flight speed and, in some cases, to loss of control in-flight (LOC-I). Climatic and weather conditions in the south of Western Siberia (air temperature and humidity combination, cloudiness and supercooled precipitation) contribute to the high probability of icing zones formation within atmospheric boundary layer.

The aims of this study are to assess the periodicity of icing events, to determine the synoptic conditions for formation of ice on an aircraft and to explore the possibility of using remote sensing data to detect actual and potential icing zones.

The database of icing recorded in the area of Tomsk aerodrome (within a radius of 200–250 km) was formed on the basis of pilot reports (PIREP) for the period 2011–2017. In total 361 days with icing were recorded during this period. In addition to this for selected icing events satellite data acquired with the MODIS spectroradiometer (on board NASA's Terra and Aqua space platforms) and ATOVS radiometer (NOAA 18, NOAA 19) were processed.

As an example of using the remote sensing data the event of prolonged severe icing near the Tomsk aerodrome was studied. According to PIREP on January 4 (23:54 UTC), there was a moderate icing in 3700/1000 m layer. Since January 5 (00:00 UTC) an increase in the intensity of the process to the severe icing was noted, lasted until the next day (00:52 UTC).

To determine the spatial localization of cloudiness fields with actual and potential icing zones, the MODIS data were obtained. The visualization of 1.375 and 8.5 μm channels allow assessing the water content in any phase. In the area of the Tomsk aerodrome, cloudiness has volutus (rolls) structure, which consists mainly of cumulonimbus and stratocumulus clouds with high water content. This is confirmed by the spatial visualization of the cloud water path (Fig. 1), which was restored from MODATML2 product of the MODIS/Terra. There is a specific "spotted" distribution of stratocumulus clouds with cumulonimbus inclusions, which can be detected at cloud water path values above 1500 gm^{-2} .

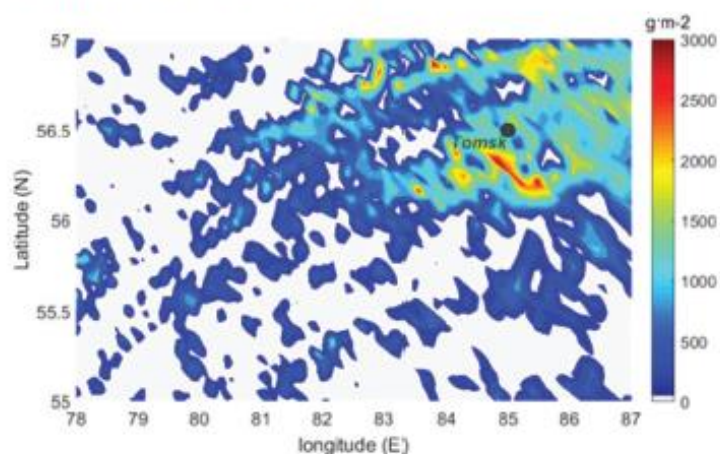


Fig. 1. Cloud water path (gm^{-2}) imagery for 06:35 UTC 5 January 2017. The black point marks a location of Tomsk aerodrome.

It should be noted that the annual icing frequency in the area of the Tomsk is quite high and amounts to 14% days per year pursuant to PIREP. A frontal passage with cumulonimbus clouds and showers are favorable synoptic conditions for the formation of potential icing zones.

Комплексный подход к оценке зон обледенения в районе аэродрома Томск

Нечепуренко О.Е., Кужевская И.В., Волкова М.А., Барашкова Н.К., Кижнер Л.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
E-mail: o.e.nechepurenko@gmail.com

Развитие авиационной техники, расширение географии полетов и увеличение интенсивности перевозок предъявляют все новые требования к обеспечению аэронавигационных служб метеорологической информацией. Этот процесс сопровождается совершенствованием измерительной техники, внедрением новых средств дистанционного обнаружения атмосферных явлений, а также развитием компьютерных технологий и численного моделирования, что расширяет возможности все более точного и надежного прогнозирования метеорологических условий для авиации. Наличие этих тенденций находит свое отражение в стратегии ИКАО. В частности, сформулированный на период до 2028 года Глобальный аэронавигационный план [7] предусматривает в будущем полную автоматизацию обеспечения метеорологической информацией в любой точке, на любой высоте в каждый момент времени [5]. Таким образом, одной из основных тенденций развития метеорологического обеспечения авиации является развитие сверхкраткосрочного прогнозирования и наукастинга на основе, с одной стороны, численного прогноза, с другой – дистанционных измерений (радаров и спутников) и данных густых сетей наземных (автоматических) станций, а также самолетных измерений и передачи метеоинформации с бортов [6]. Сверхкраткосрочный прогноз и наукастинг в рамках метеорологического обслуживания авиации включают информацию о комплексе метеорологических характеристик и атмосферных явлений, таких как высота нижней границы облачности, турбулентность атмосферы, обледенение воздушных судов и т.д.

Обледенение самолетов представляет собой серьезную угрозу, которая приводит к потере подъемной силы, снижению скорости полета и, в некоторых случаях, полной потере контроля над ВС. Все это

может привести к авиационным происшествиям [1], в том числе с человеческими жертвами. Ухудшение летных качеств воздушных судов при полете в зоне обледенения зависит от интенсивности обледенения, количества отложившегося на поверхности самолета льда, формы ледяных отложений и структуры льда. Перечисленные причины, в свою очередь, зависят от водности облака, фазового состояния и размера облачных частиц, температуры воздуха и поверхности самолета, скорости полета ВС [3].

Климатические и погодные условия юга Западной Сибири, а именно сочетания температуры и влажности воздуха, облачности и переохлажденных осадков, способствуют высокой вероятности возникновения обледенения в пограничном слое атмосферы. Поэтому исследование вопросов диагноза и прогноза обледенения необходимо для обеспечения безопасности полетов над этой территорией.

Для уточнения диагноза и сверхкраткосрочного прогнозирования зон обледенения следует использовать получаемую со спутников информацию, которые сканируют область исследования, в частности информацию спектро радиометра MODIS (КА Terra, Aqua) и радиометра ATOVS (NOAA18, NOAA19). На кафедре метеорологии и климатологии ТГУ проводятся исследования по оценке метеорологических и синоптических условий формирования зон обледенения с использованием данных спутникового зондирования, а также, совместно с Механико-математическим факультетом, эксперименты по численному мезомасштабному моделированию обледенения в пограничном слое [10, 11].

Цель работы заключается в оценке повторяемости случаев обледенения, синоптических условий их формирования и возможности применения спутниковой информации для обнаружения фактических и потенциальных зон.

Материалами для исследования послужили данные о случаях обледенения воздушных судов по данным бортовой погоды в районе аэродрома Томск за период с 2011 по 2017 гг., данные спектро радиометров MODIS, установленных на космических аппаратах (КА) Terra и Aqua, обработанные для отдельных выбранных случаев с обледенением.

Архив данных со случаями обледенения в районе аэродрома Томск (в радиусе до 200-250 км) был сформирован на основе сообщений бортовой погоды за период с 2011 по 2017 гг. Всего за этот период был зафиксирован 361 день с обледенением. Наибольшее число дней наблюдалось с октября по декабрь – в среднем по 9 дней в месяц, с максимальным количеством в декабре 2015 года (14 дней). Чаще всего отмечалось обледенение умеренной интенсивности (52%) и слабой (42%). Дни с сильным обледенением (22 дня за 2011–2017 годы) регистрировались с октября по май с максимумом в декабре (7 дней).

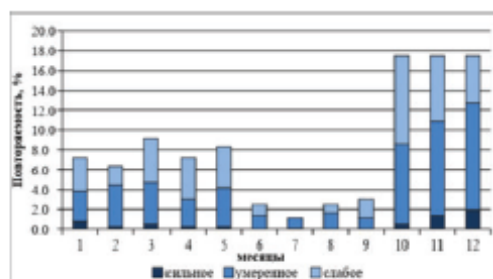


Рис. 1. Повторяемость дней с обледенением различной интенсивности в районе аэродрома Томск

Следует отметить, что более трети случаев (35%) отмечались на высотах до 1000 м, около 32% – в слое от 1000 до 2000 м, 20% – приходится на слой 2000–3000 м, и на высоте 3000 и более – около 13%. Максимальная высота, до которой было зафиксировано обледенение ВС по данным бортовой погоды, составила 8000 м.

Обзор синоптических процессов, способствующих формированию зон с обледенением, показал, что около 85% всех случаев с обледенением в районе аэродрома Томск наблюдались при пониженном атмосферном давлении. Так, на фронты окклюзии пришлось около 13% всех случаев, на ситуации прохождения холодных фронтов, барической ложбины, центров и тыловой части циклона – 30% случаев и более 30% обледенения отмечалось при прохождении теплых фронтов и в теплых секторах. За весь рассматриваемый период обледенение в районе аэродрома Томск в большинстве случаев сопровождалось различными видами атмосферных явлений, преимущественно осадков (снег, ливневый снег, дождь, ливневый дождь, морось, переохлажденная морось, снежные зёрна), а также переохлажденного тумана и дымки. Наиболее часто обледенение с различной интенсивностью наблюдалось при ливневом снеге (~40%).

В качестве примера использования данных спутникового мониторинга рассмотрим случай с сильным обледенением 5–6 января 2017 г., который продолжался более суток в районе аэродрома Томск. По данным бортовой погоды с 23:54 UTC за 4 января было зафиксировано умеренное обледенение в слое 3700/1000 м. Изменение интенсивности обледенения до сильного произошло 5 января с 00:00 UTC, которое продолжалось до 6 января 00:52 UTC.

Метеорологические и синоптические условия образования условий для формирования обледенения складывались под влиянием ослабления деятельности Сибирского антициклона бурной циклонической деятельностью с выходом южных циклонов в первой декаде января 2017 года [2]. Температурный фон первой декады складывался из более высоких значений приземной температуры воздуха по сравнению с нормой на 2–5 °C [4]. В первой пятидневке температуры воздуха в районе города Томска и аэродрома удерживалась в пределах -1÷ -7 °C. Погодные условия сопровождалась ливневым снегом раз-

личной интенсивности, поземкой и метелями с порывами ветра до 15–17 м/с с направлением 180–270°, наблюдалось ухудшение видимости до 400 м при сильном ливневом снеге. Синоптические условия рассматриваемого примера 5 января определялись прохождением фронта окклюзии, при наличии следующих форм облачности: *Cb*, *Sc*, *Fmb*, *Ac*.

Для определения пространственной локализации полей облачности с фактическими и потенциальными зонами обледенения и оценки содержания воды любого фазового состояния были визуализированы каналы 1,375 и 8,5 мкм (рис. 2а, 2б).

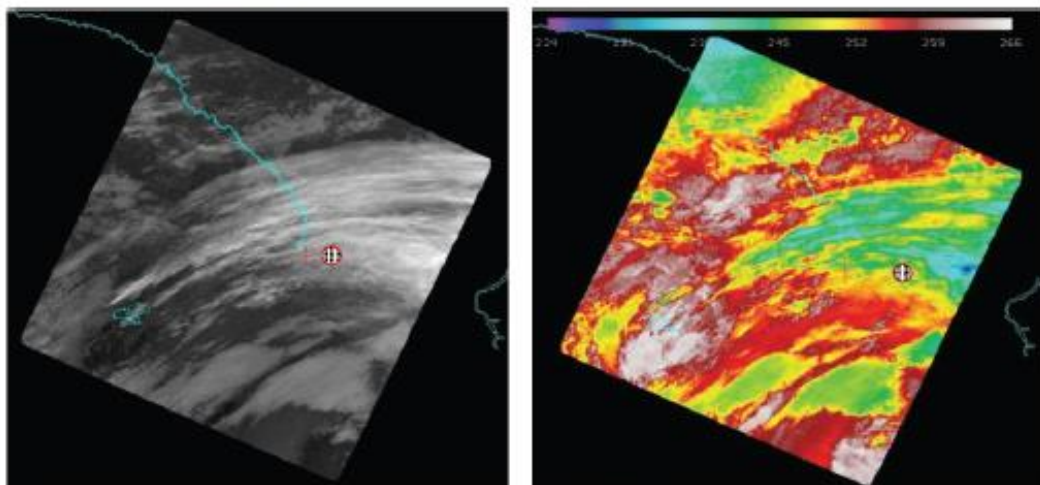


Рис. 2. Фрагмент изображения облачности для (а) канала 1,375 мкм; (б) канала 8,5 мкм (КА Terra, время пролета – 06:35 UTC). Красным маркером отмечены координаты г. Томска.

В районе аэродрома Томска облачность имеет ярко выраженную валовую (грядовую) структуру из преимущественно кучево-дождевых и слоисто-кучевых форм облачности с высокой водностью. Распределение значений температуры верхней границы облаков (рис. 2б) также позволяет идентифицировать температуру на верхней границе облачности в рассматриваемом районе.

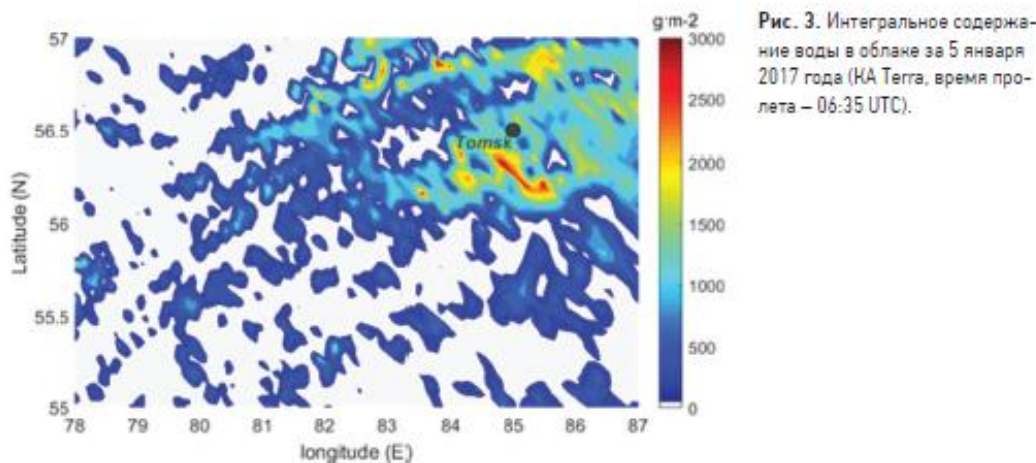


Рис. 3. Интегральное содержание воды в облаке за 5 января 2017 года (КА Terra, время пролета – 06:35 UTC).

На рисунке 3 представлен результат визуализации продукта MODATML2 спектро радиометра MODIS/Terra [8] по интегральному содержанию облачной влаги (в $г/м^3$). Изображение демонстрирует высокую очаговость, характерную для слоисто-кучевой облачности с вкраплениями кучево-дождевой, которая обнаруживается при значениях свыше $1500 г/м^3$. Важно заметить, что при использовании данных спектро радиометра MODIS следует учитывать ряд допущений: наиболее точными измерениями спектро радиометра являются измерения, полученные при отсутствии облачности [9] или при наличии разрывов в плотном слое облаков и т.д. Радиометр ATOVS позволяет восстанавливать температурные профили во всей толще тропосферы, что позволит уточнять сверхкраткосрочный прогноз зон обледенения с использованием критерия К. Голске.

В заключении следует отметить, что повторяемость случаев обледенения в районе аэродрома Томск достаточно высокая и составляет 14% дней в году по данным бортовой погоды. Наиболее благо-

приятные синоптические условия формирования потенциальных зон обледенения складываются при прохождении фронтальных разделов при наличии *Cb* облаков и осадков ливневого характера. Применение спутниковой информации для обнаружения фактических и потенциальных зон обледенения, при отсутствии данных аэрологического зондирования является перспективной альтернативой.

Литература:

1. *Авиационные происшествия и инциденты в 2012–2017 гг.* [Электронный ресурс] / URL: http://www.aviamettelecom.ru/?id_top=34 (дата обращения: 15.03.2018).
2. Бережная Т.В., Голубев А.Д., Паршина Л.Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в январе 2017 г. // *Метеорология и гидрология*. 2017. № 4. С. 135–144.
3. Босаткин О.Г. *Авиационная метеорология*. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2005. 328 с.
4. Захаренкова В.И. *Погода на территории Российской Федерации в январе 2017 г.* // *Метеорология и гидрология*. 2017. № 4. С.130–135.
5. Иванова А.Р., Шакина Н.П. Перспективы развития наукастинга для метеорологического обеспечения авиации в рамках реализации Глобального аэронавигационного плана (ГАНП) // *Труды Гидрометцентра России*. 2013. Вып. 360. С. 113–134.
6. Шакина Н.П., Иванова А.Р. *Прогнозирование метеорологических условий для авиации*. М.: Триада, 2016. 312 с.
7. *Global Air Navigation Plan 2013–2028*. [Электронный ресурс] / URL: https://www.icao.int/WACAF/Documents/edocs/9750_cons_en.pdf (дата обращения: 16.03.2018).
8. *Joint Atm. (ATML2)* [Электронный ресурс] / URL: <https://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/products/joint-atm> (дата обращения: 19.03.2018).
9. *MODIS atmospheric profile retrieval algorithm theoretical basis document* [Электронный ресурс] / URL: http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/MOD07_L2/atbd.html (дата обращения 09.03.2018).
10. Sitnikov G.I., Starchenko A.V., Terenteva M.V., Barashkova N.D., Volkova M.A., Kuzhevskaya I.A., Kizhner L.I. *Forecast of Extreme Weather Conditions that Promote Aircraft Icing During Take-off or Landing* // *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2015. Vol. 9680. P. 1–7.
11. *Society for Optical Engineering*. 2015. Vol. 9680. P. 1–7.
12. Volkova M.A., Starchenko A.V., Kuzhevskaya I.V., Bart A.A., Kizhner L.I., Barashkova N.K. *Forecast of icing zones using possibilities of hydrodynamic simulation for the atmospheric boundary layer* // *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2016. Vol. 10035. P. 1–7.

The conditions of emergence of strong squalls in the Perm region

Kalinin N.A., Bykov A.V., Pischalnikova E.V., Shikhov A.N.

Perm State University, Russia
E-mail: kalinin@psu.ru

Strong squalls with a speed of wind of 25 m/s and more are one of the most dangerous meteorological phenomena in Russia. They pose threat to security of people and are capable to cause significant damage to branches of economy. Increase in forecast success rate and advance time of storm warnings about emergence of strong squalls is one of the main objectives of the meteorological organizations.

In the summer strong squalls are characteristic also of the Perm region. 39 cases of strong squalls were observed in the Perm region from 2001 for 2016. Many of these cases haven't been predicted. Studying of conditions of emergence of not predicted cases of squalls and with significant material damage has the greatest relevance.

The paper describes the condition for the formation of four strong (≥ 25 m/s) squalls, which were observed in the Perm region in 2014-2016. All these storm events were not predicted by the Perm' Center of Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Characteristics of the underlying surface which could promote increase in speed of wind at squalls are analysed. For the short-term forecast of squalls the possibilities of application of various indexes of instability of the atmosphere and the mesoscale-scale WRF-ARW model with advance time to 27 h and steps of a grid of 7,2 and 3 km are considered.

All considered cases of squalls were fixed locally. They or were observed on one meteorological station, or passed by supervisory network. Squalls were formed in different synoptic conditions and had intra mass and frontal genesis. The synoptic-scale conditions of squalls formation were very diverse, and two events occurred in non-typical synoptic environments.