



ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ
ИМЕНИ В.Е. ЗУЕВА СО РАН

Сопоставление характеристик различных типов облачности по спутниковым данным MODIS и VIIRS в ночное время суток

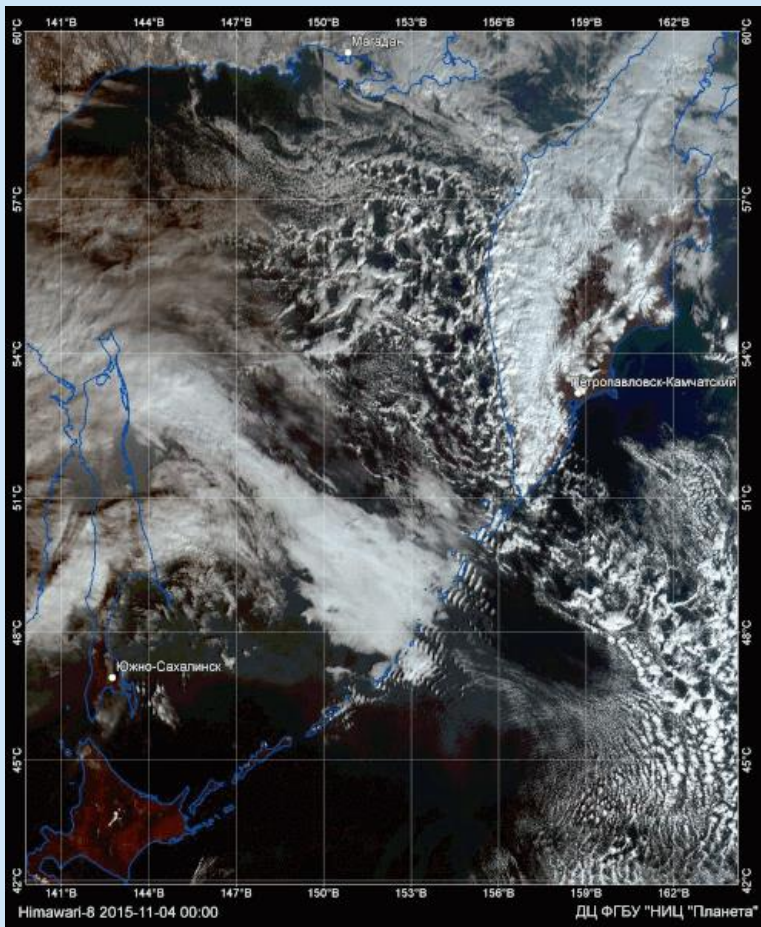
Скороходов А.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта №19-71-00049.

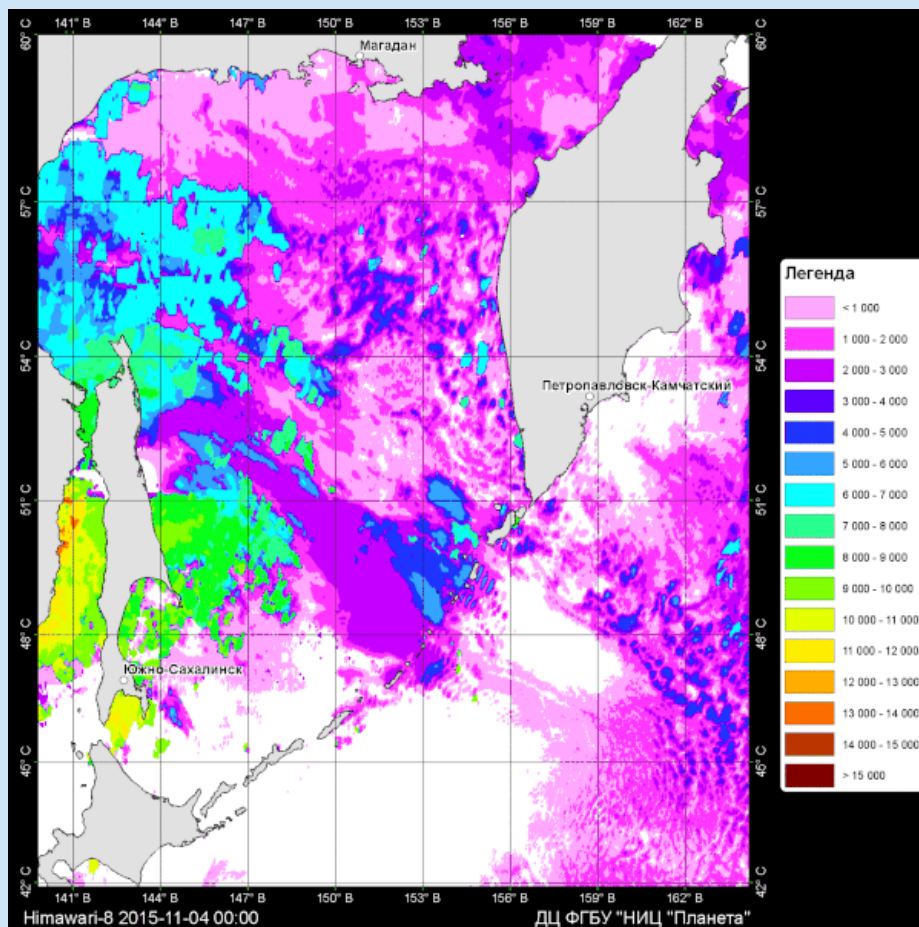
Содержание

1. Проблемы исследования облаков в ночное время суток.
2. Параметры радиометров MODIS и VIIRS.
3. Классификация облачности в ночное время суток и ее характеристики.
4. Алгоритм распознавания типов облаков по спутниковым данным VIIRS.
5. Методика сопоставления характеристик облачности.
6. Обсуждение результатов сопоставления.
7. Основные выводы.

Исследование облачности в ночное время суток (геостационарная съемка)

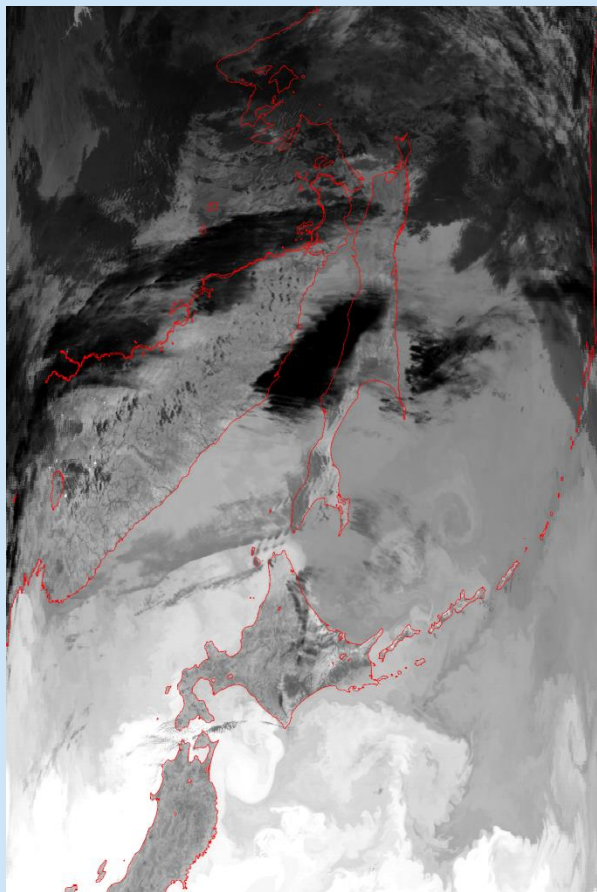


Изображение в видимом диапазоне спектра

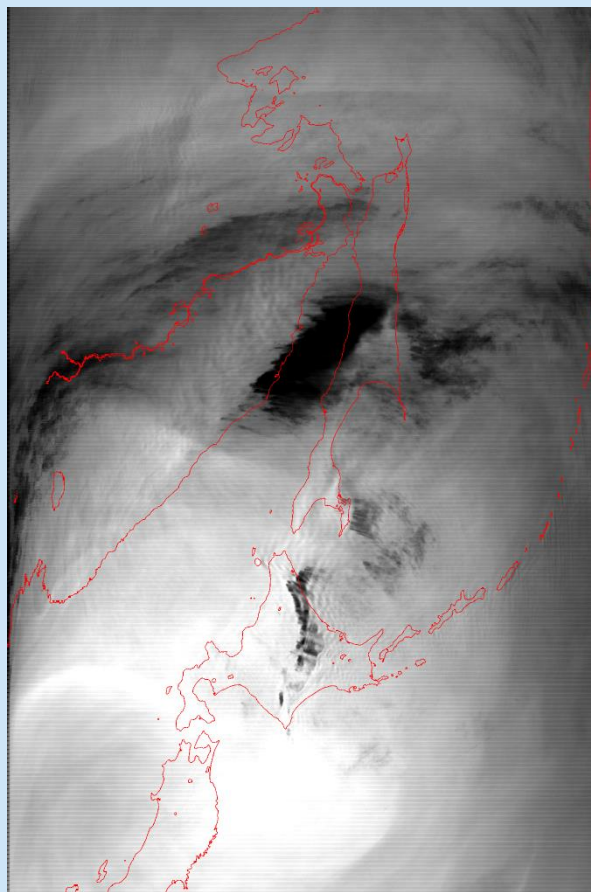


Высота верхней границы облаков

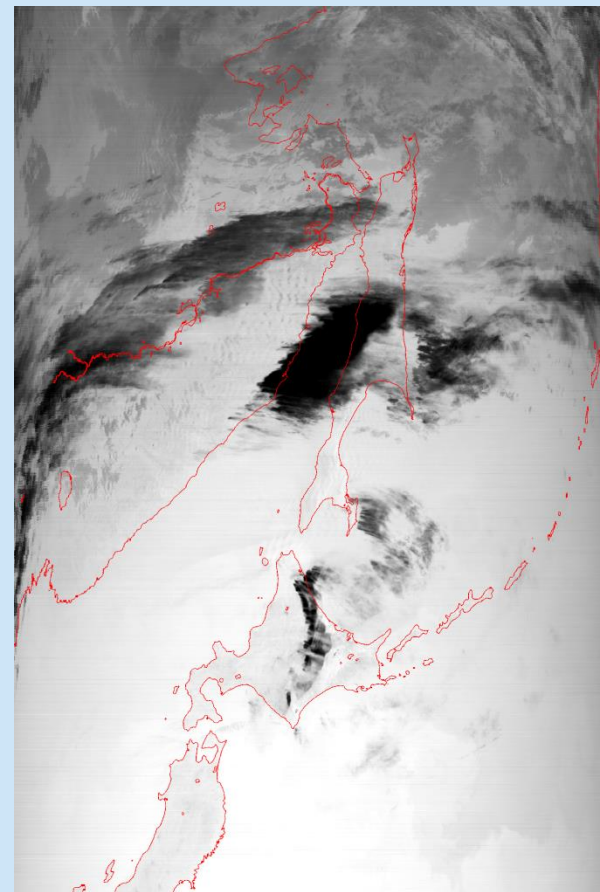
Исследование облачности в ночное время суток (полярно-орбитальная съемка)



20-й канал (3.660-3.840 мкм)
(температура облаков)



27-й канал (6.535-6.895 мкм)
(перистые облака)



33-й канал (13.185-13.485 мкм)
(высота верхней границы облаков)

Сопоставление характеристик MODIS и VIIRS

MODIS		VIIRS	
Band #	λ	λ	Band ID
1	620 - 670	600 - 680	I-1
2	841 - 876	845 - 885	I-2
3	459 - 479		
4	545 - 565		
5	1230 - 1250	1230 - 1250	M-8
6	1628 - 1652	1580 - 1670	M-10
		1580 - 1610	I-3
7	2105 - 2155	2225 - 2275	M-11
8	405 - 420	402-422	M-1
9	438 - 448	436-454	M-2
10	483 - 493	478-498	M-3
11	526 - 536		
12	546 - 556	545-565	M-4
13	662 - 672	662-682	M-5
14	673 - 683		
15	743 - 753	739-754	M-6
16	862 - 877	846-885	M-7
17	890 - 920		
18	931 - 941		
19	915 - 965		

MODIS Bands 1& 2 are 250 m at nadir
 MODIS Bands 3-7 are 500 m at nadir
 MODIS Bands 8-36 are 1,000 m at nadir

MODIS		VIIRS	
Band #	λ	λ	Band ID
20	3.660 - 3.840	3.610 - 3.790	M-12
		3.550 - 3.930	I-4
21	3.929 - 3.989		
22	3.940 - 4.001		
23	4.020 - 4.080	3.973 - 4.128	M-13
24	4.433 - 4.498		
25	4.482 - 4.549		
26	1.360 - 1.390		M-9
27	6.535 - 6.895		
28	7.175 - 7.475		
29	8.400 - 8.700	8.400 - 8.700	M-14
30	9.580 - 9.880		
31	10.780 - 11.280	10.263 - 11.263	M-15
		10.050 - 12.400	I-5
32	11.770 - 12.270	11.538 - 12.488	M-16
33	13.185 - 13.485		
34	13.485 - 13.785		
35	13.785 - 14.085		
36	14.085 - 14.385		
		0.500 - 0.900	DNB

VIIRS Bands I-1 & I-2 are 371 m at nadir
 VIIRS Band I-3 is 371 m at nadir
 VIIRS Bands I-4 & I-5 are 371 m at nadir

Особенности DNB-изображений:

- полоса обзора 3000 км (размер изображений 4064×3232 пикселя),
- условно постоянное пространственное разрешение 750 м по всему скану,
- отсутствие эффекта бабочки по краям съемочной полосы,
- изображения аналогичны дневным сценам при хороших условиях съемки.

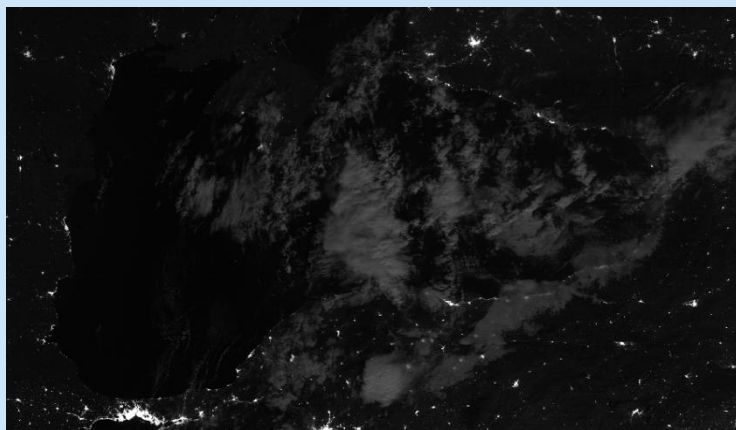
Сопоставление характеристик MODIS и VIIRS



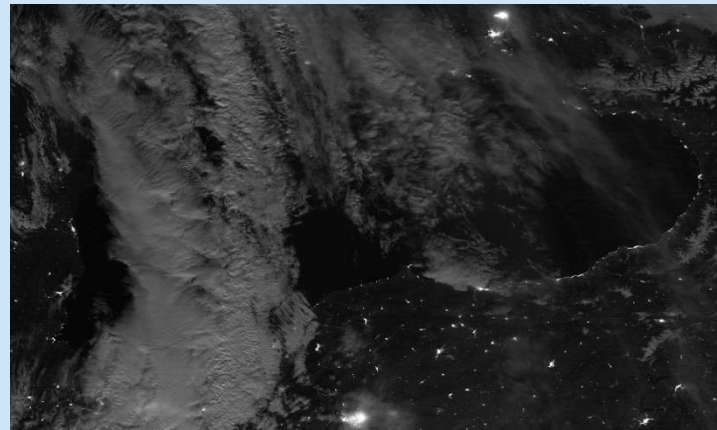
Зенитный угол 75° и освещенность Луны 69%



Зенитный угол 81° и освещенность Луны 72%



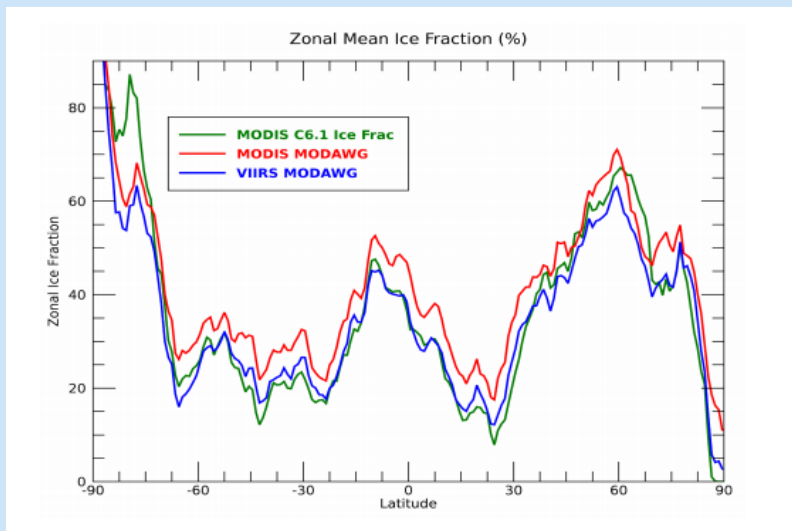
Зенитный угол 43° и освещенность Луны 88%



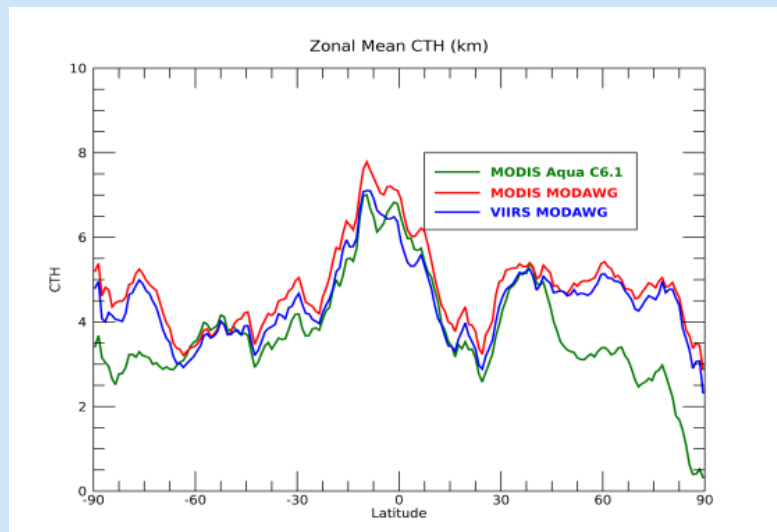
Зенитный угол 55° и освещенность Луны 97%

Установлено, что при зенитных углах Луны более 75° и освещенности ее диска менее 72% текстура облаков и подстилающей поверхности становится неразличима. Благоприятные условия наблюдаются 10 – 12 дней в месяце для умеренных широт.

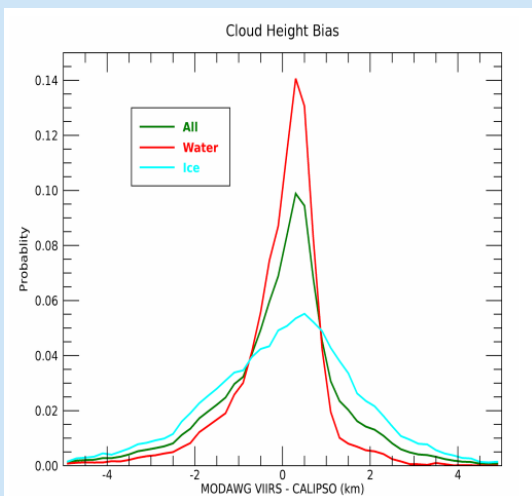
Сопоставление характеристик MODIS и VIIRS



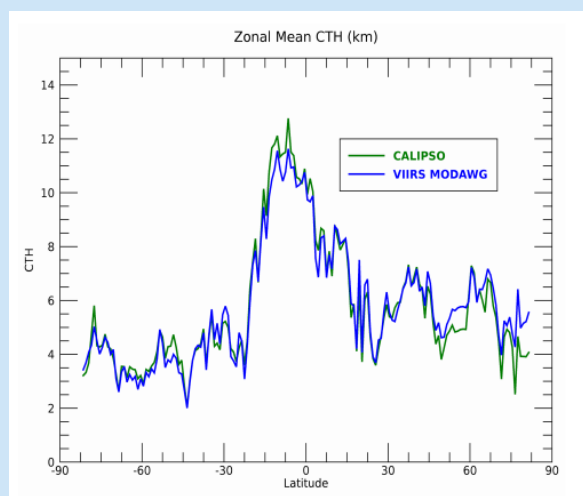
Процент ледяных кристаллов на 01.02.2014 г.



Высота верхней границы облаков на 01.02.2014 г.



Смещение высоты верхней границы по VIIRS
относительно данных CALYPSO



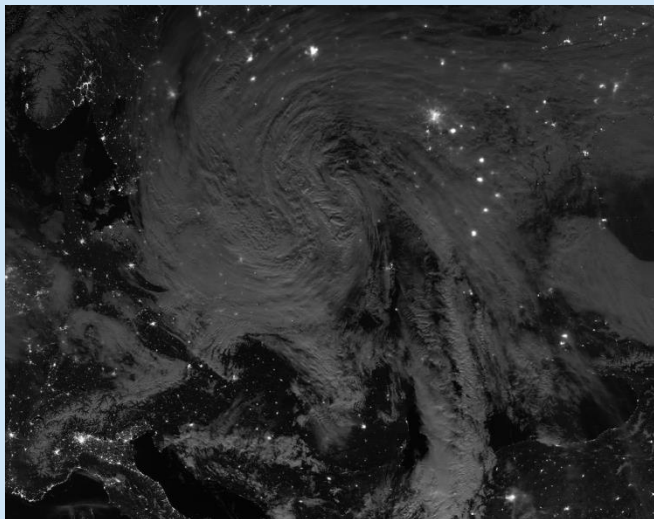
Сопоставление высоты верхней границы по
данным VIIRS и CALYPSO на 01.02.2014 г.

Тип облачности	MODIS (день)	VIIRS (ночь)
Облака вертикального развития		
Кучевые плоские (Cu hum)	+	+
Кучевые средние и мощные (Cu med/cong)	+	+
Кучево-дождевые лысые (Cb calv)	+	+
Кучево-дождевые волосатые (Cb cap)	+	+
Облака нижнего яруса		
Слоисто-кучевые кучевообразные (Sc cuf)	+	+
Слоисто-кучевые волнистообразные (Sc und)	+	+
Слоистые (St)	+	+
Облака среднего яруса		
Высокослоистые (As)	+	+
Слоисто-дождевые (Ns)	+	+
Высококучевые кучевообразные (Ac cuf)	+	+
Высококучевые волнистообразные (Ac und)	+	+
Облака верхнего яруса		
Перистые волокнистые (Ci fib)	+	+
Перистые плотные (Ci sp)	+	+
Перисто-слоистые (Cs)	+	+
Перисто-кучевые (Cc)	+	+

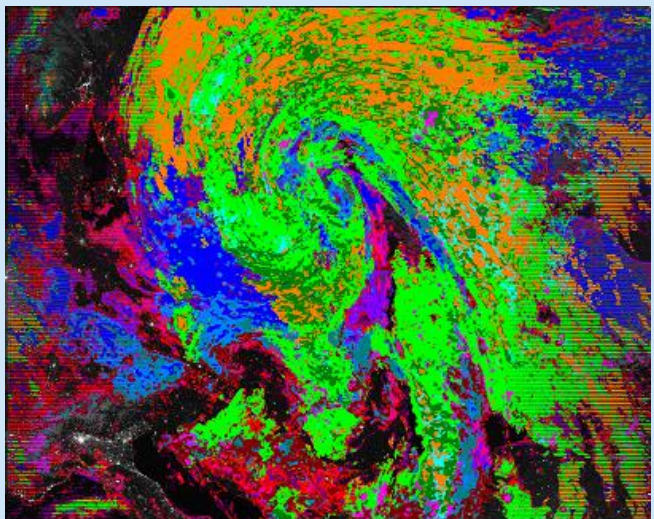
Классификация облачности и ее характеристики

Обозначение	Признаки	Обозначение	Признаки
Gray-Level Co-occurrence Matrix		$T_{85} - T_{88}$	Кластерное затенение
$T_1 - T_4$	Второй угловой момент	$T_{89} - T_{92}$	Кластерная рельефность
$T_5 - T_8$	Энтропия	Sum And Difference Histogram	
$T_9 - T_{12}$	Максимальная вероятность	$T_{93} - T_{96}$	Математическое ожидание
$T_{13} - T_{16}$	Локальная однородность	$T_{97} - T_{100}$	Стандартное отклонение
$T_{17} - T_{20}$	Инверсия	$T_{101} - T_{104}$	Второй угловой момент
$T_{21} - T_{24}$	Дисперсия	$T_{105} - T_{108}$	Контраст
$T_{25} - T_{28}$	Контраст	$T_{109} - T_{112}$	Корреляция
$T_{29} - T_{32}$	Суммарное среднее	$T_{113} - T_{116}$	Энтропия
$T_{33} - T_{36}$	Суммарная дисперсия	$T_{117} - T_{120}$	Локальная однородность
$T_{37} - T_{40}$	Суммарная энтропия	$T_{121} - T_{124}$	Кластерное затенение
$T_{41} - T_{44}$	Дифференциальная дисперсия	$T_{125} - T_{128}$	Кластерная рельефность
$T_{45} - T_{48}$	Дифференциальная энтропия	One-Dimensional Signal Histogram	
$T_{49} - T_{52}$	Корреляция	T_{129}	Первый начальный момент
$T_{53} - T_{56}$	Информационная мера -1	T_{130}	Энтропия
$T_{57} - T_{60}$	Информационная мера -2	T_{131}	Энергия
Gray-Level Difference Vector		T_{132}	Вариация
$T_{61} - T_{64}$	Математическое ожидание	Физические параметры	
$T_{65} - T_{68}$	Стандартное отклонение	T_{133}	Фазовый состав
$T_{69} - T_{72}$	Второй угловой момент	T_{134}	Высота верхней границы
$T_{73} - T_{76}$	Энтропия	T_{135}	Температура верхней границы
$T_{77} - T_{80}$	Локальная однородность	T_{136}	Давление на верхней границе
$T_{81} - T_{84}$	Контраст	T_{137}	Эффективная излучательная способность

Алгоритм распознавания типов облаков по спутниковым данным VIIRS

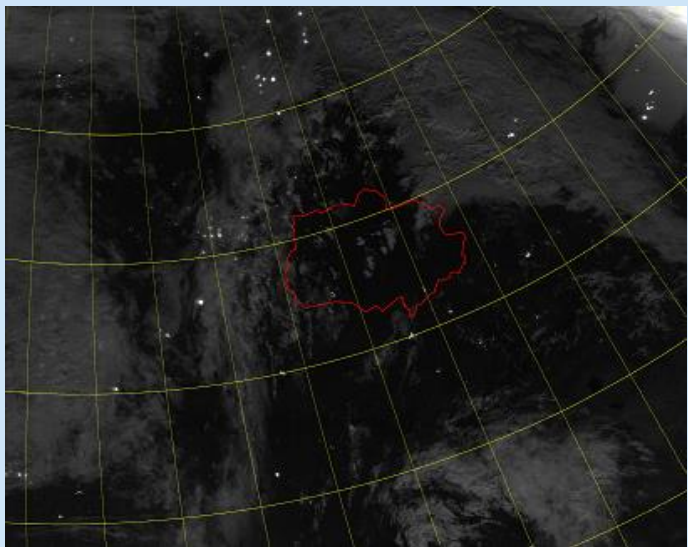


Исходное изображение

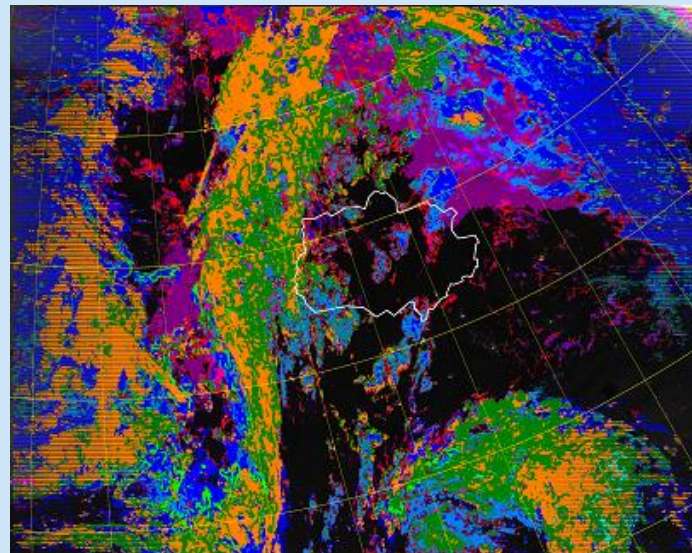


Результат классификации



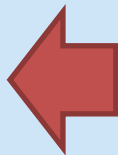


Исходное DNB-изображение VIIRS

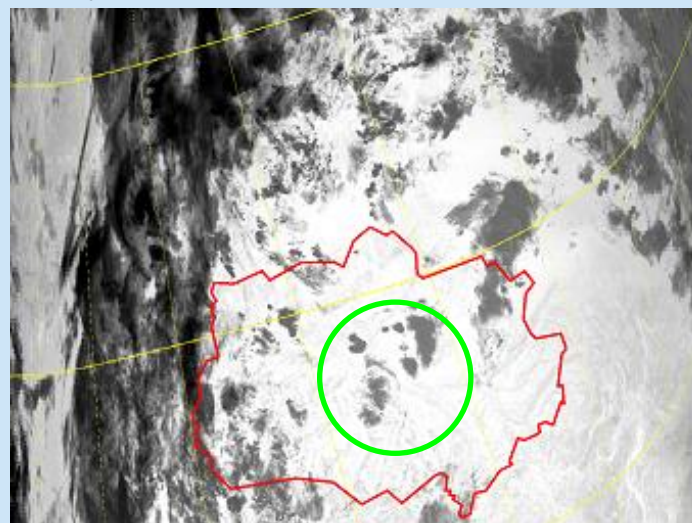


Результат классификации облачности

Расчет средних значений высоты (h_{CT}), температуры (T_{CT}), давления (p_{CT}) на верхней границе облаков и коэффициента их излучательной способности (ϵ) по данным MODIS и VIIRS



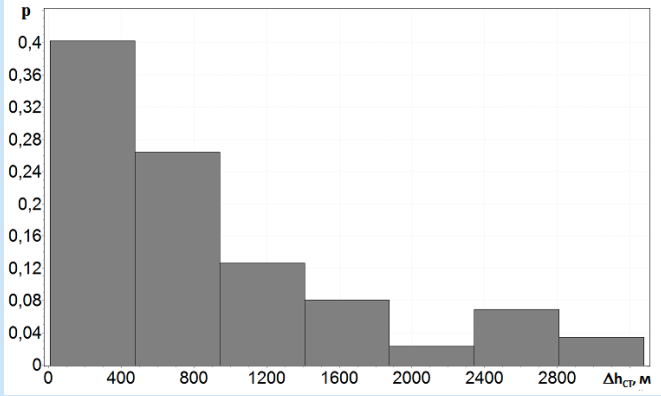
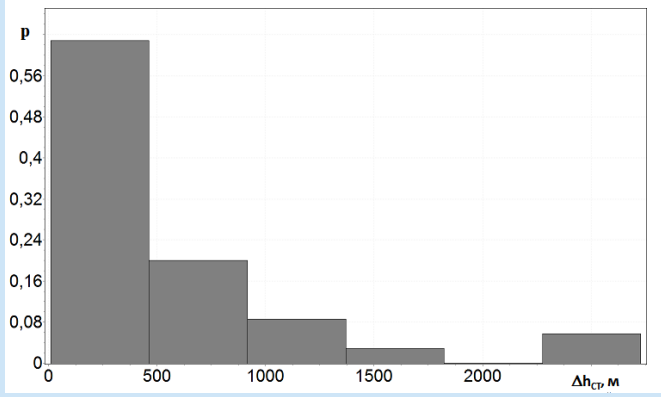
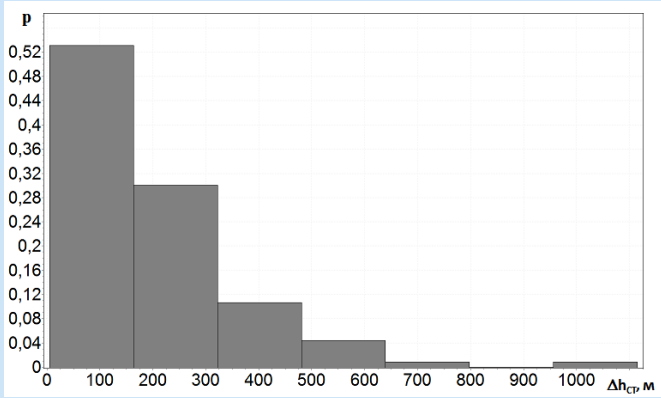
Определение отклонений исследуемых характеристик облачности
 $\Delta h_{CT}, \Delta T_{CT}, \Delta p_{CT}, \Delta \epsilon$



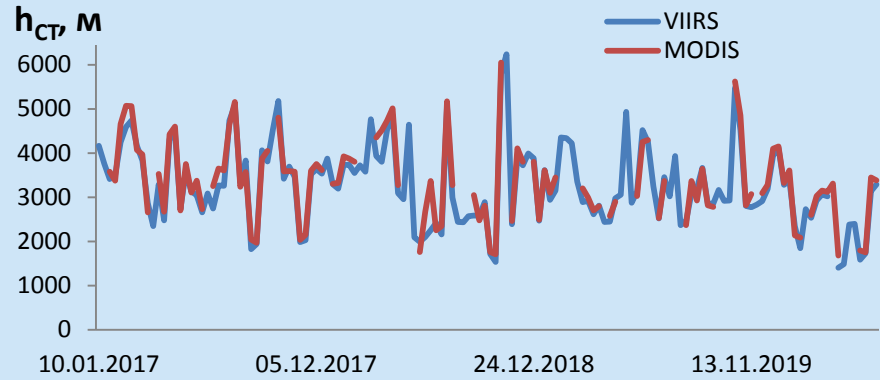
Локализация облаков на ИК-снимке MODIS за сходное время



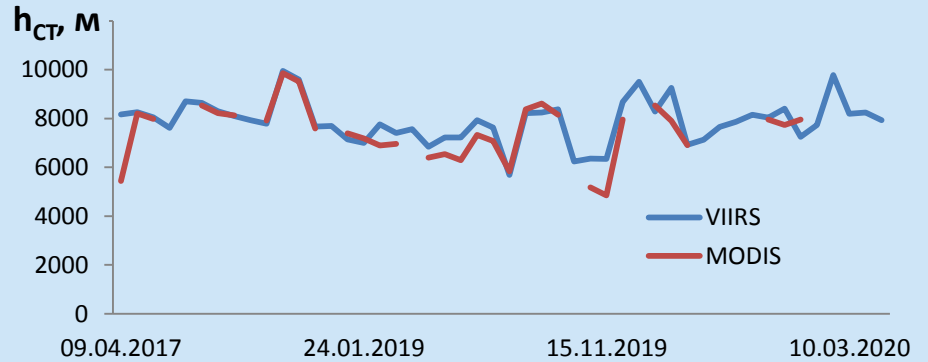
Обсуждение результатов сопоставления (высота верхней границы)



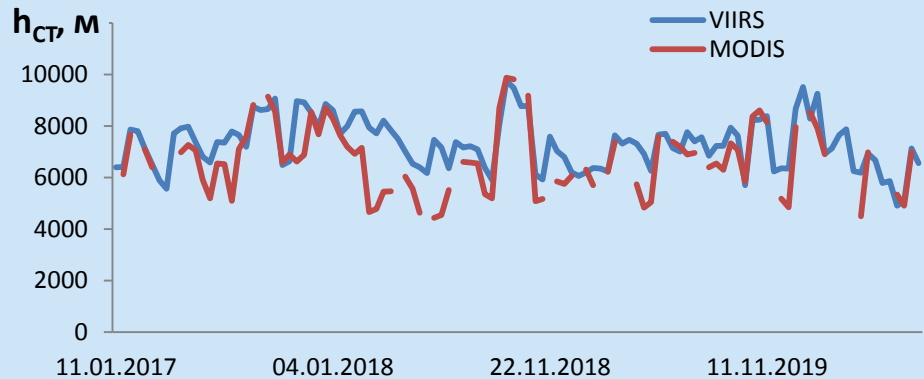
As & Ns



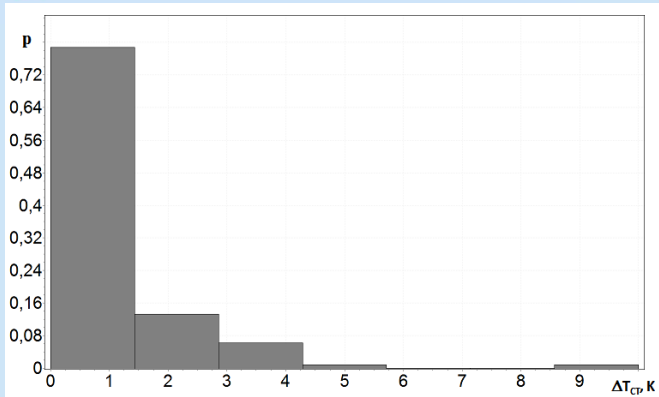
Ci sp



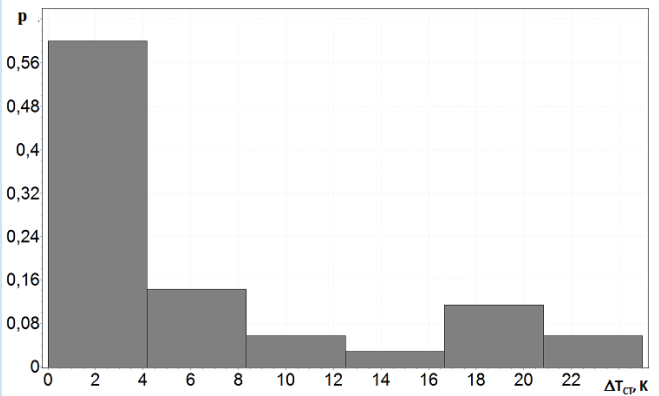
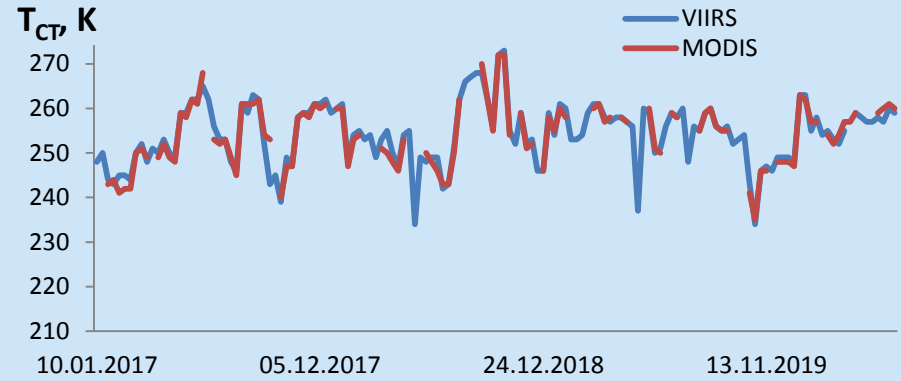
Cs



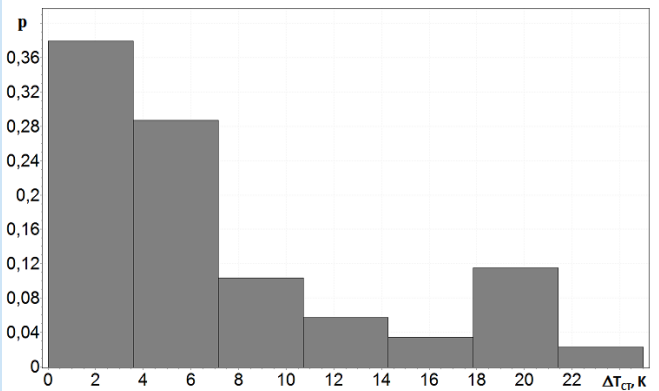
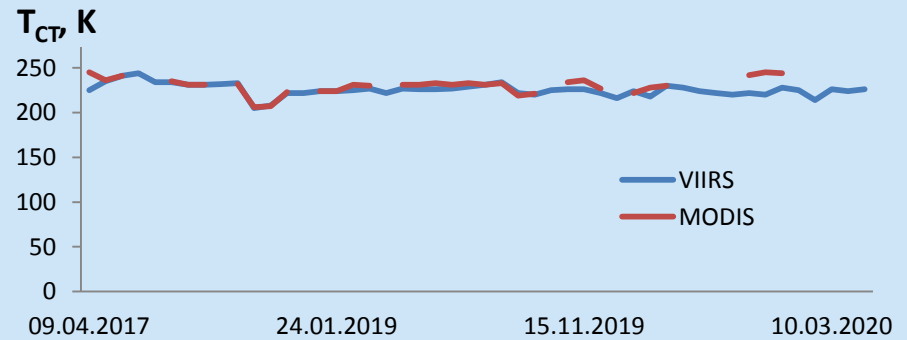
Обсуждение результатов сопоставления (температура верхней границы)



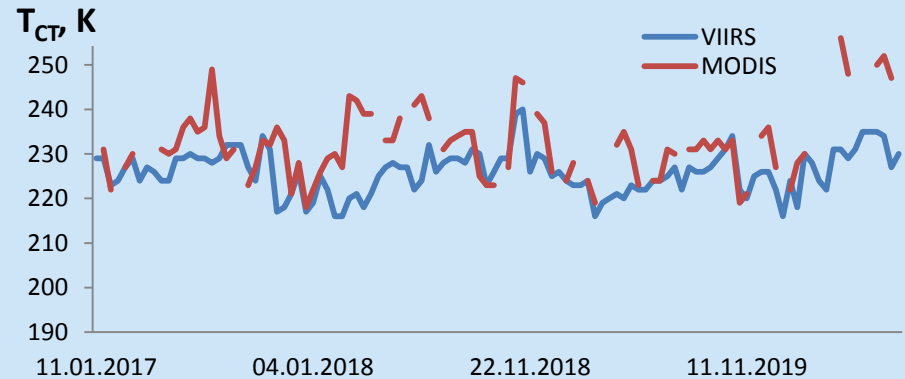
As & Ns



Ci sp

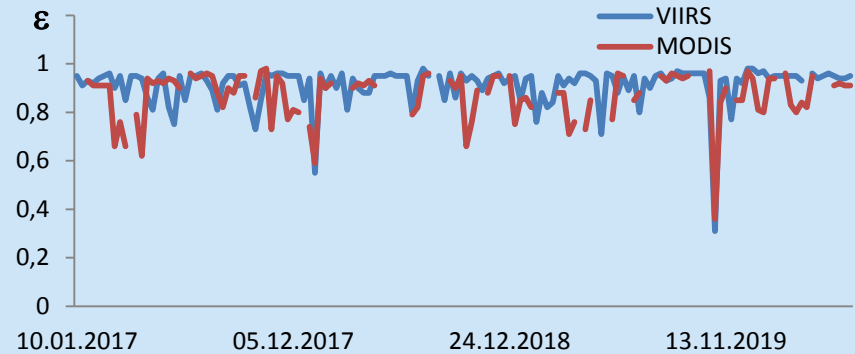


Cs

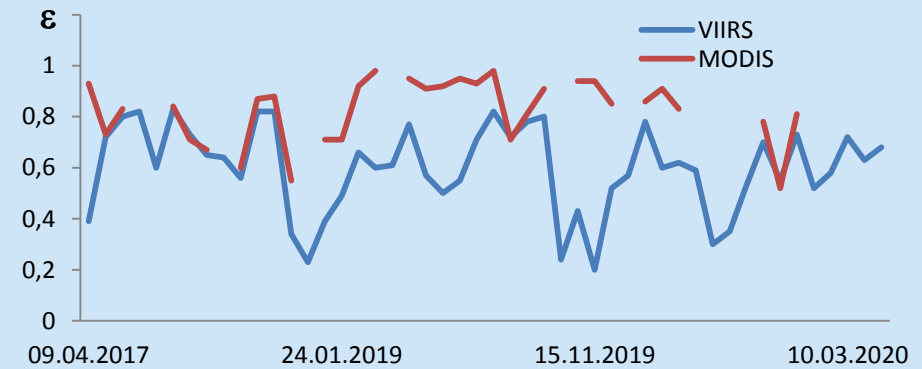


Обсуждение результатов сопоставления (эффективная излучательная способность)

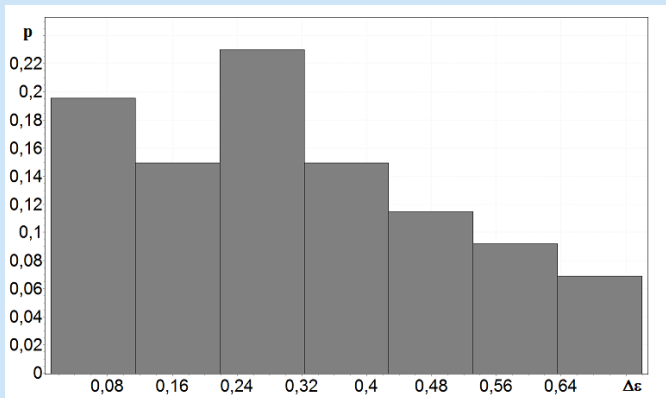
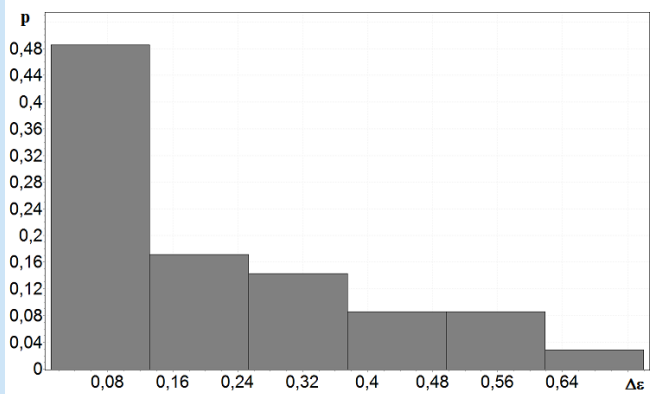
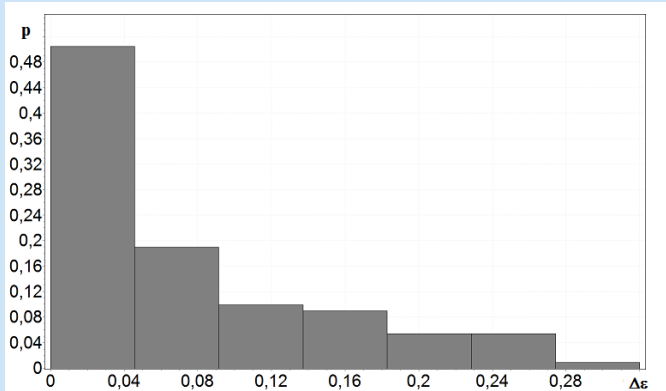
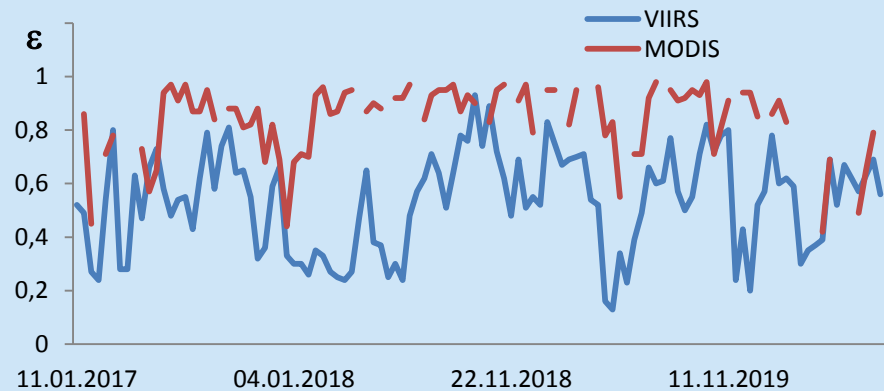
As & Ns



Ci sp



Cs





	\bar{h}_{CT}	\bar{T}_{CT}	\bar{p}_{CT}	$\bar{\varepsilon}$	Число образцов
Cu hum	-	-	-	-	2
Cb calv	-	-	-	-	3
Cb cap	-	-	-	-	1
Sc cuf	128,30	0,70	13,60	0,05	10
Sc und	118,88	0,63	12,63	0,04	8
St	597,67	4,50	88,50	0,15	6
As & Ns	198,21	1,10	18,71	0,08	115
Ac cuf	176,73	1,76	16,45	0,07	11
Ac und	176,73	1,55	16,27	0,06	11
Ci fib	975,42	11,50	49,50	0,16	13
Ci sp	527,74	6,31	29,63	0,20	35
Cs	857,80	6,79	52,56	0,31	87
Cc	-	-	-	-	1

- 1) Представлена методика сопоставления спутниковых данных MODIS и VIIRS, полученных в ночное время суток.
- 2) Выполнено сопоставление характеристик для различных типов облачности, наблюдаемых в ночное время суток над территорией Томской области в период с 2017 по 2020 год.
- 3) Установлено, что результаты восстановления характеристик оптически плотной облачности по данным MODIS и VIIRS хорошо согласуются собой.
- 4) При анализе характеристик оптически тонкой облачности по данным MODIS необходимо вводить поправочные коэффициенты.
- 5) Полученные результаты можно использовать при анализе суточной изменчивости характеристик различных типов облачности над отдельно взятыми регионами планеты.

Скороходов Алексей Викторович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук (ИОА СО РАН)

пл. Академика Зуева, 1, 634055, г. Томск, Россия

+7-923-401-60-70

E-mail: vazime@yandex.ru