



**ИНСТИТУТ ОПТИКИ АТМОСФЕРЫ**  
ИМЕНИ В.Е. ЗУЕВА СО РАН

# **ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН И ИХ СИГНАТУР НАД ТИХООКЕАНСКИМ ПОБЕРЕЖЬЕМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДАННЫМ HIMAWARI-8**

Скороходов А.В., Курьянович К.В.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-1745.2018.5

## Атмосферные внутренние волны

**Атмосферные внутренние волны** представляют собой вид волновых движений в устойчиво стратифицированной атмосфере.

### Причины слабой изученности:

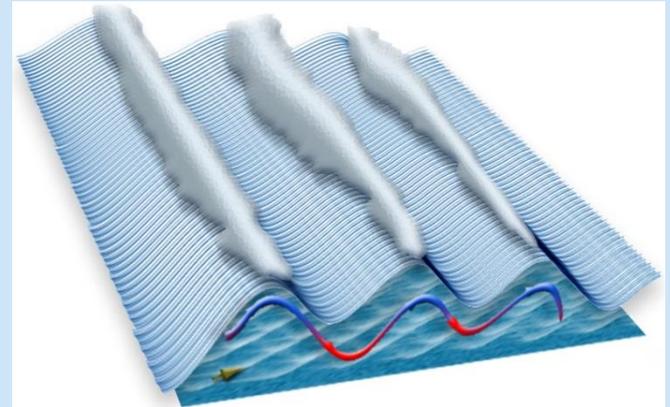
- нерегулярность их появления над определенной территорией,
- ограниченное время их «жизни»,
- сложность детектирования.

### Основные методы их регистрации:

- акустическое зондирование,
- лидарное зондирование,
- радиолокационное зондирование,
- спутниковое зондирование.

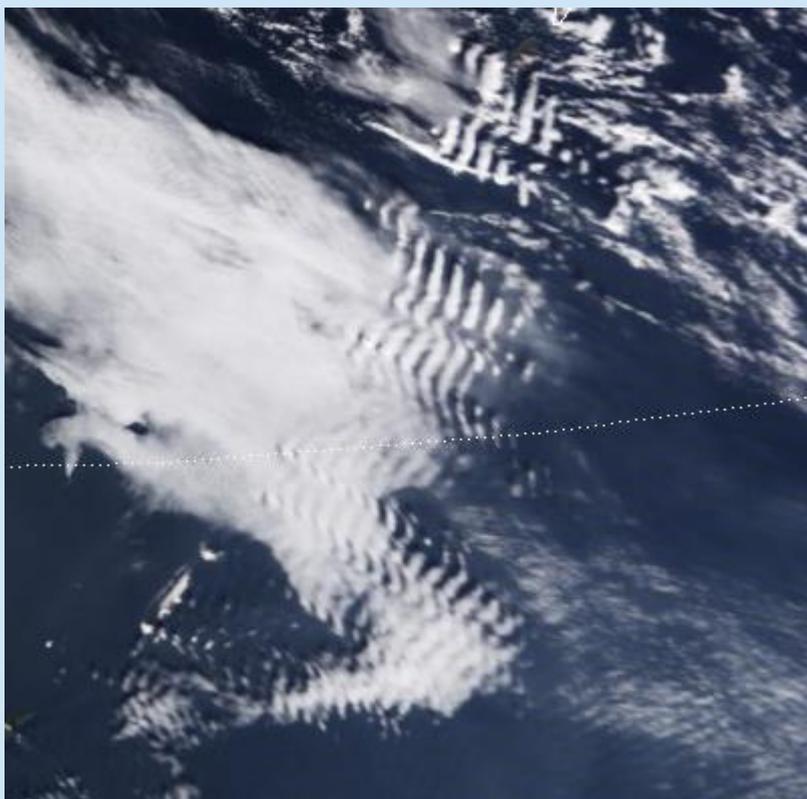
### Разновидности волновых процессов:

- атмосферные орографические волны (поднятие теплых воздушных масс над препятствием (горами, островами, холмами) с последующим перемешиванием со встречным холодным воздухом);
- атмосферные гравитационные волны (нарушение устойчивости слоев температурной инверсии под воздействием различных процессов (атмосферного фронта, конвекции, конвергенции)).

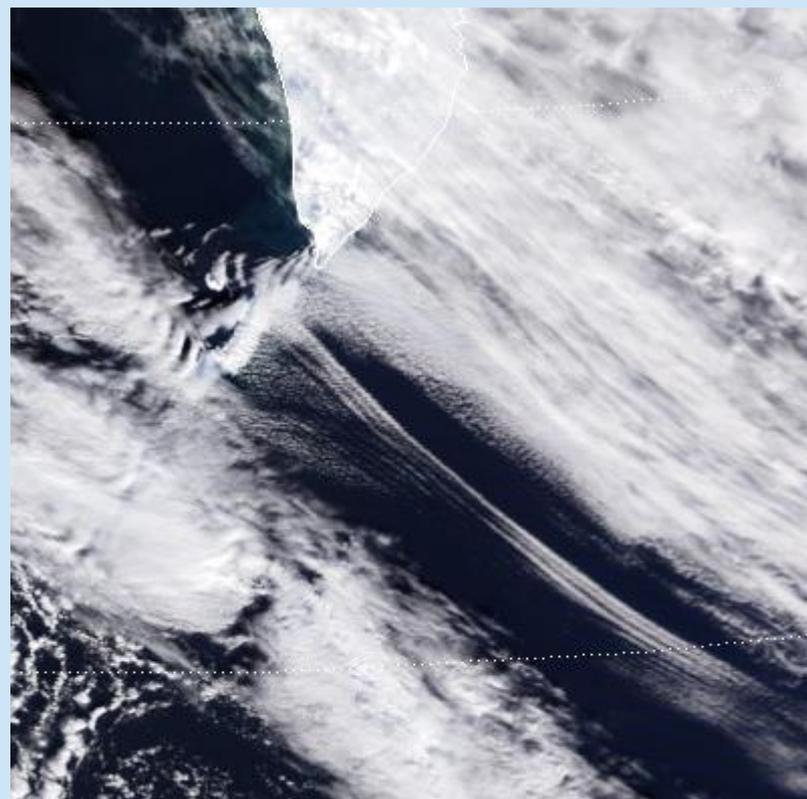


## Атмосферные внутренние волны (полярно-орбитальные спутники)

На спутниковых снимках видимого диапазона спектра такие волновые процессы проявляются в виде групп квазипараллельных полос, образованных облаками нижнего и среднего ярусов.

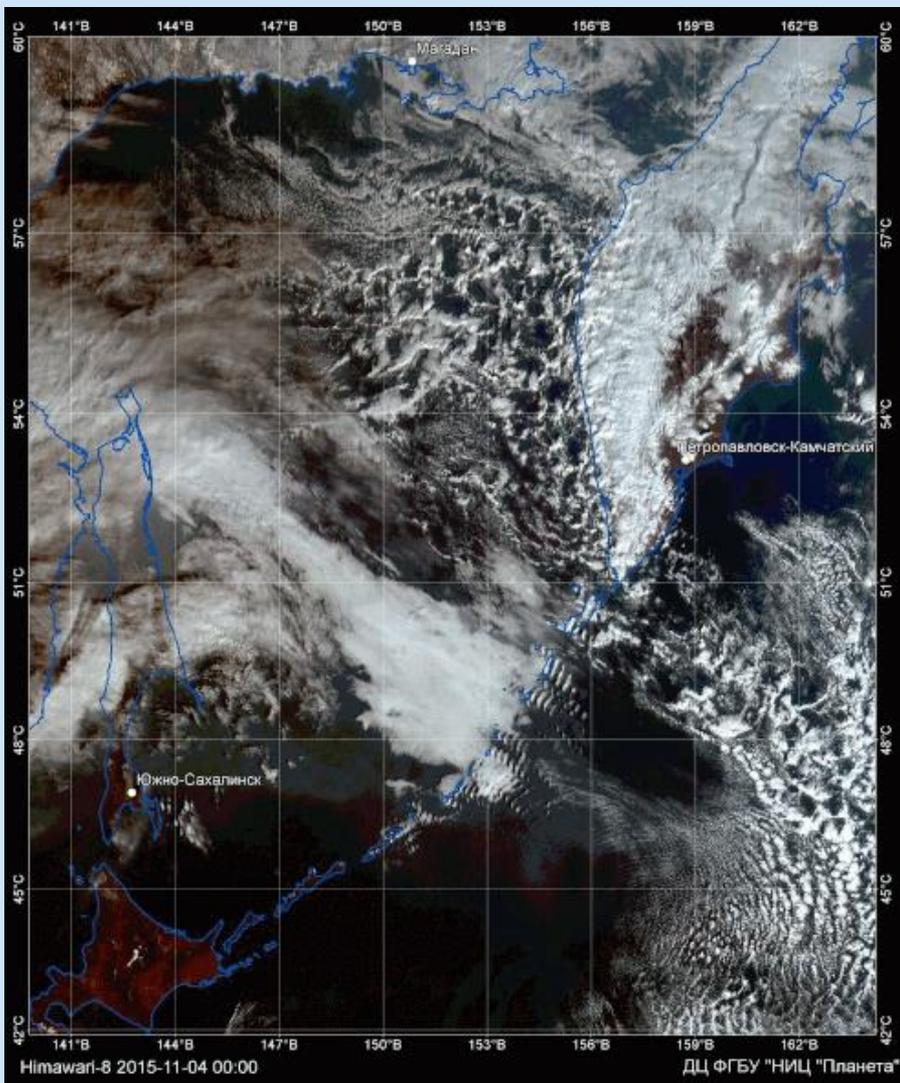


Атмосферные орографические волны над Курильскими островами на снимке MODIS от 04.11.2015 г.

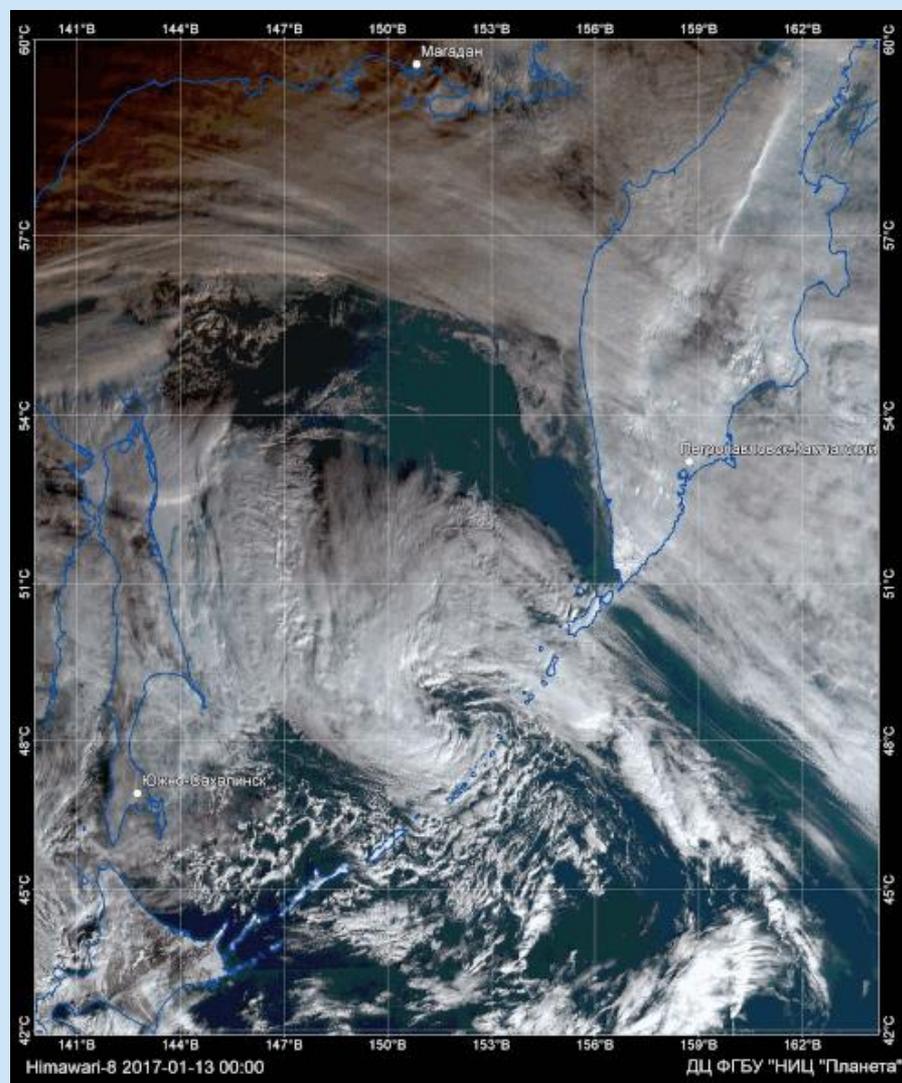


Атмосферные гравитационные волны в районе Курильских островов на снимке MODIS от 15.01.2017 г.

## Атмосферные внутренние волны (геостационарные спутники)

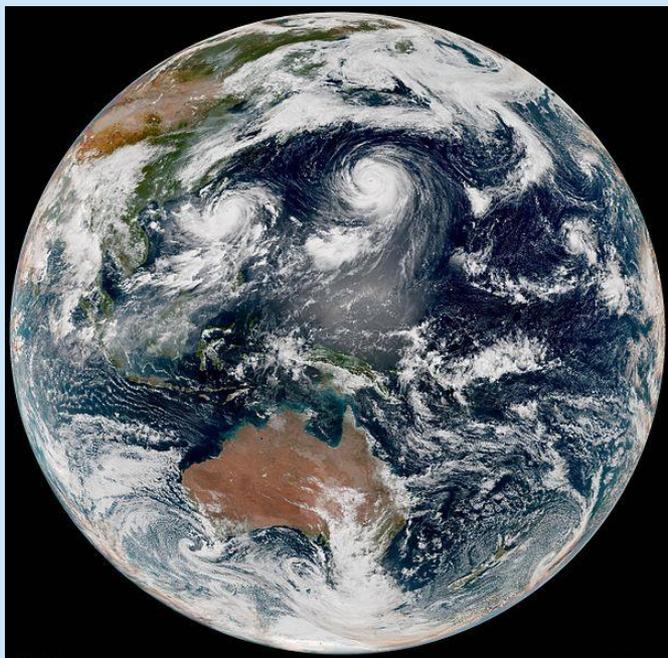


Атмосферные орографические волны над Курильскими островами на снимках Himawari-8 от 04.11.2015 г.



Атмосферные гравитационные волны в районе Курильских островов на снимках Himawari-8 от 13.01.2017 г.

## Himawari-8

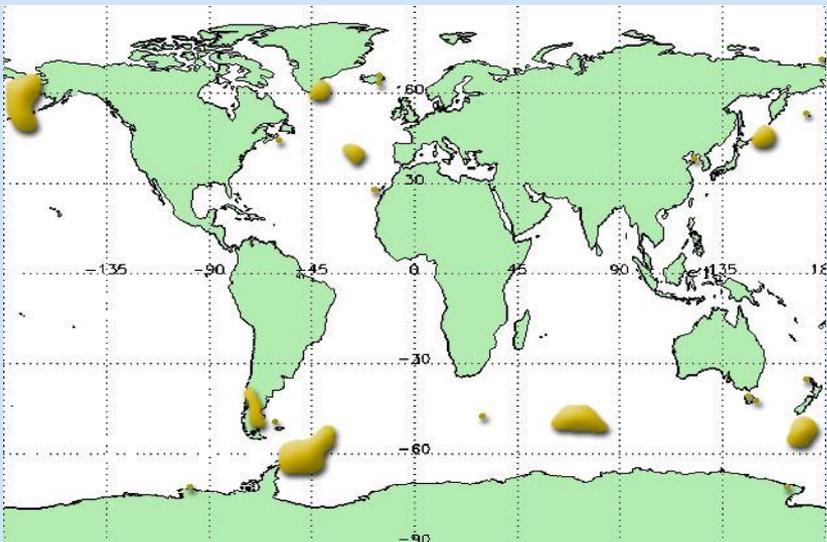


Точка стояния 140,7° в.д.

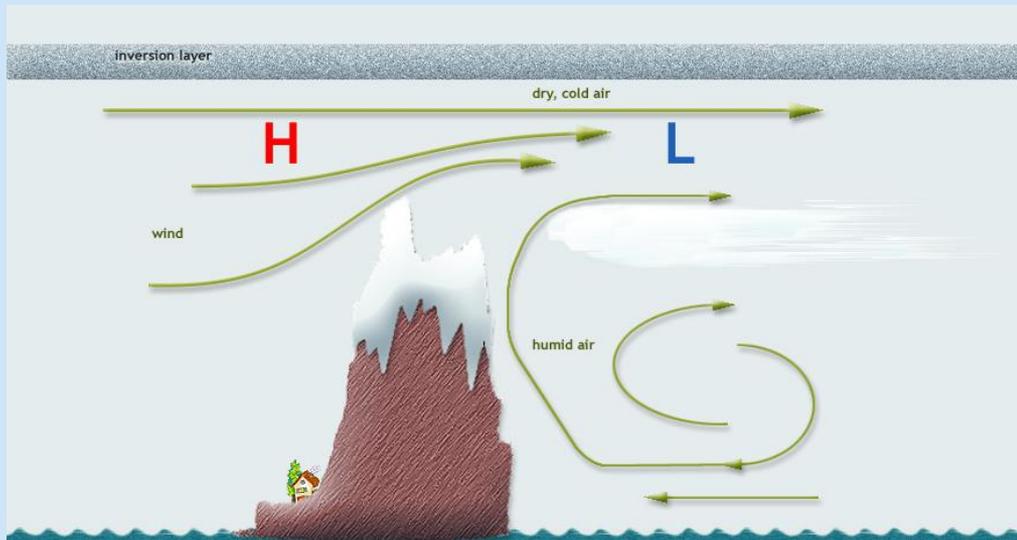
Основные характеристики прибора АИИ (Advanced Himawari Imager)

Канал	Центр, мкм	Ширина, мкм	Разрешение, км
1	0.470	0.05	1.0
2	0.510	0.02	1.0
3	0.644	0.03	0.5
4	0.860	0.02	1.0
5	1.610	0.02	2.0
6	2.260	0.02	2.0
7	3.90	0.22	2.0
8	6.185	0.37	2.0
9	6.95	0.12	2.0
10	7.40	0.17	2.0
11	8.50	0.32	2.0
12	9.61	0.18	2.0
13	10.35	0.30	2.0
14	11.20	0.20	2.0
15	12.30	0.30	2.0
16	13.30	0.20	2.0

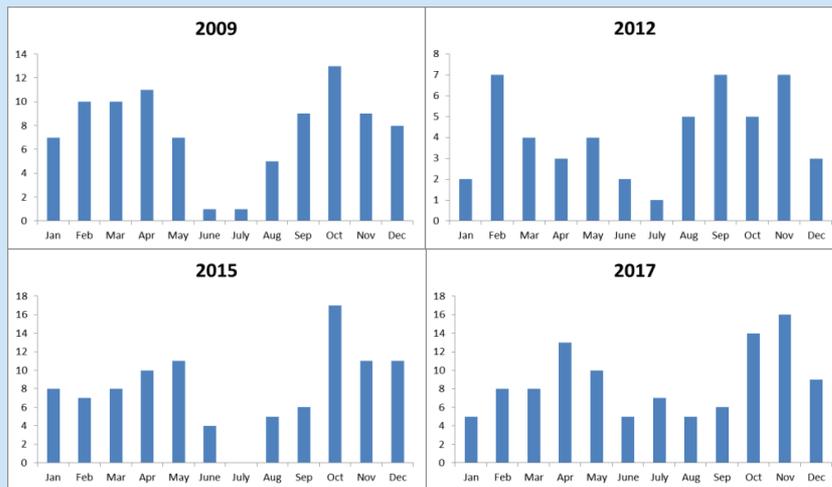
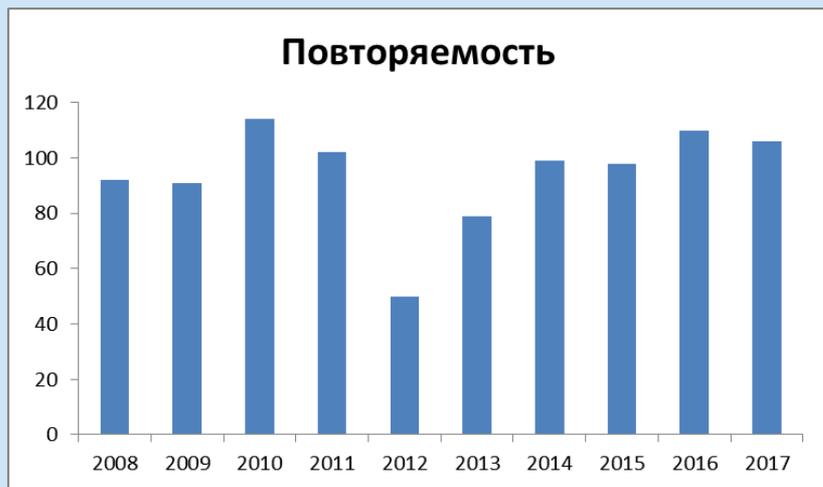
## Тихоокеанское побережье Российской Федерации



Регионы с наибольшей повторяемостью атмосферных орографических волн



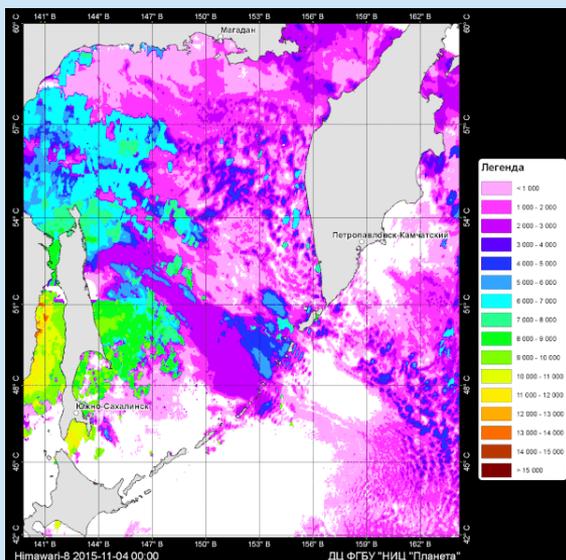
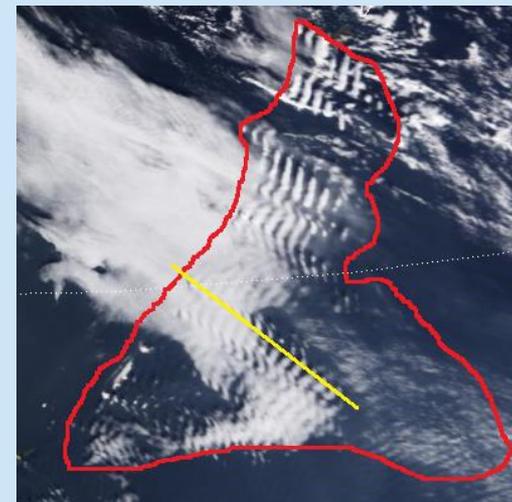
Механизм образования атмосферных орографических волн над акваторией островов



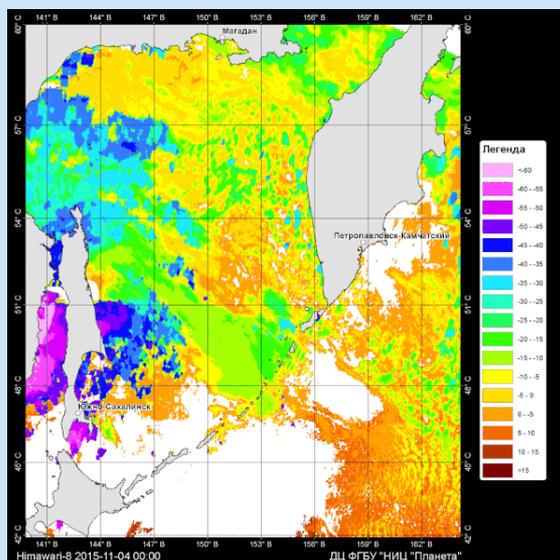
## Характеристики атмосферных внутренних волн

На основе спутниковых данных Himawari-8 восстанавливаются следующие параметры волновых процессов и их сигнатур:

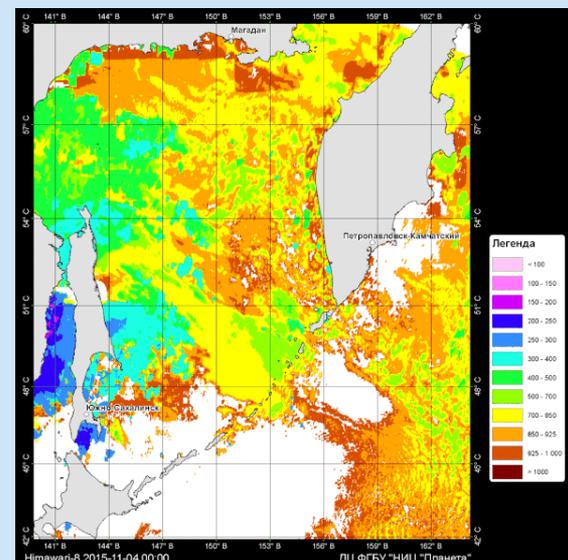
- площадь, занимаемая группой квазипараллельных полос  $S$ ,
- средняя толщина квазипараллельных полос  $W$ ,
- средняя протяженность квазипараллельных полос  $L$ ,
- число квазипараллельных полос  $N$ ,
- длина волны  $\lambda$ ,
- скорость распространения волны  $v$ ,
- период волны  $T$ ,
- температура верхней границы облаков  $T_{ВГ}$ ,
- давление на верхней границы облаков  $p_{ВГ}$ ,
- высота верхней границы облаков  $h_{ВГ}$ ,
- температура подстилающей поверхности  $T_{ПП}$ .



Высота ВГО



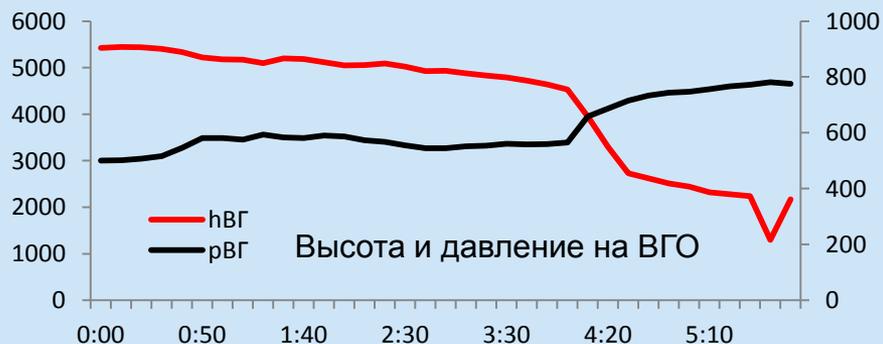
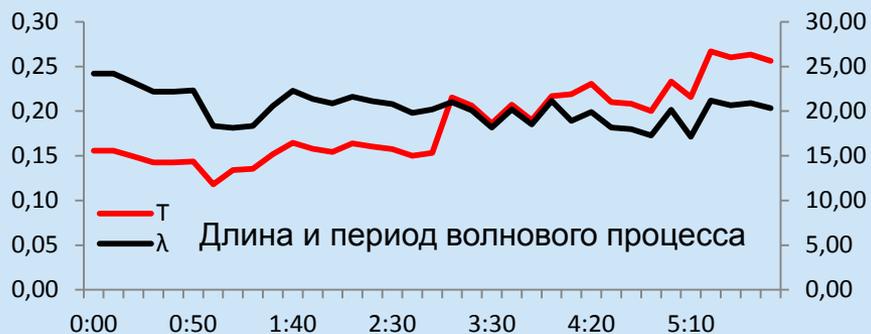
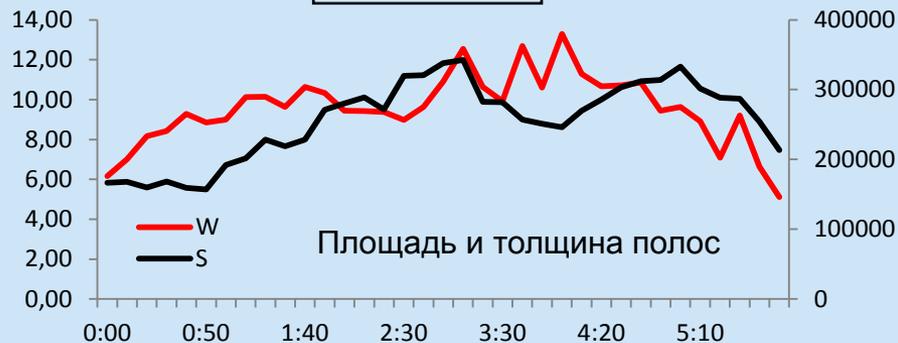
Температура ВГО



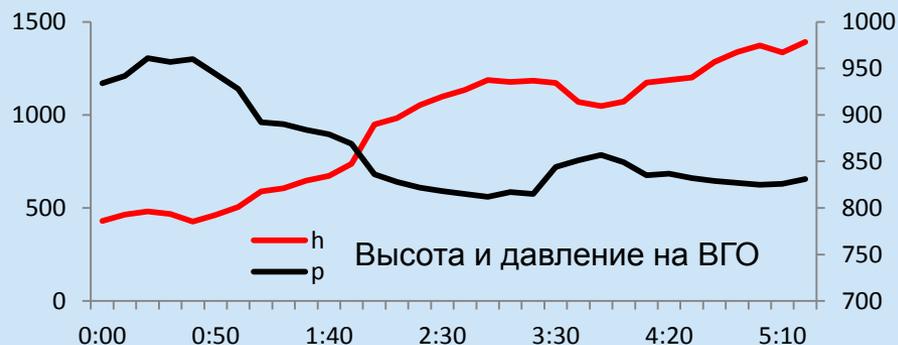
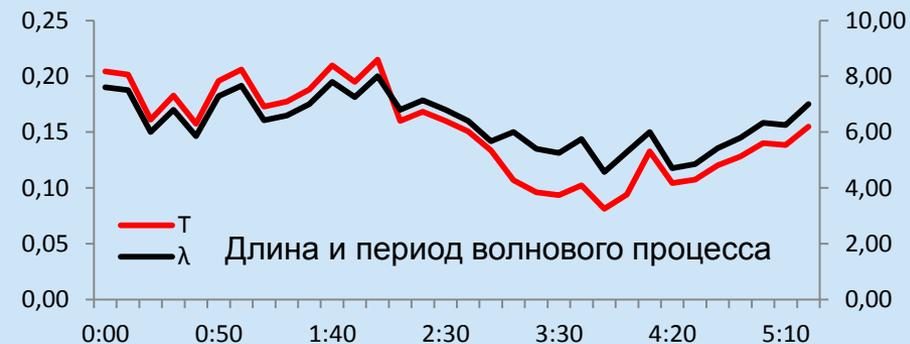
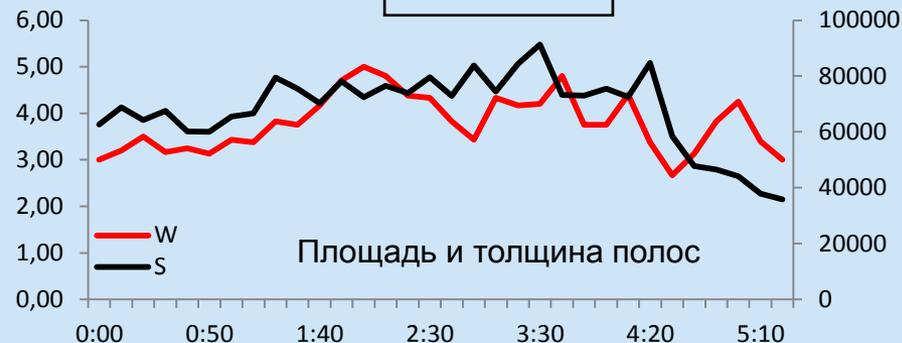
Давление на ВГО

## Изменчивость характеристик атмосферных внутренних волн

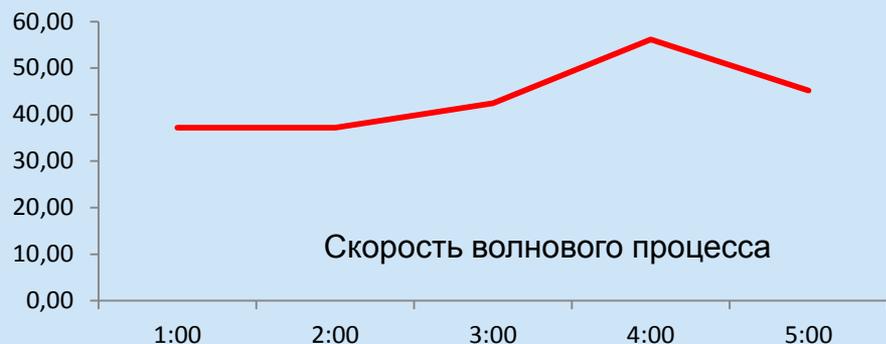
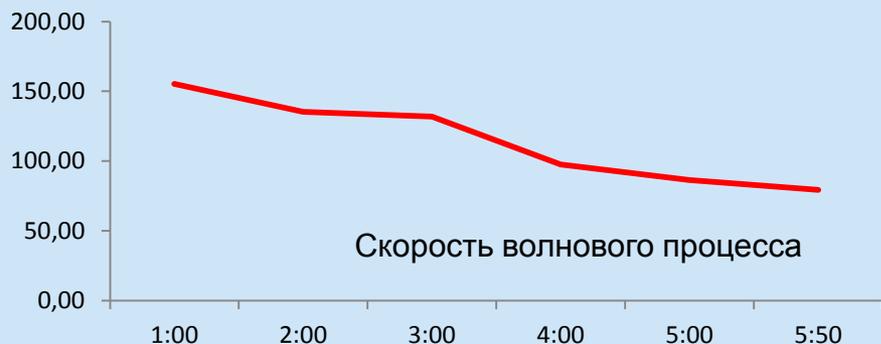
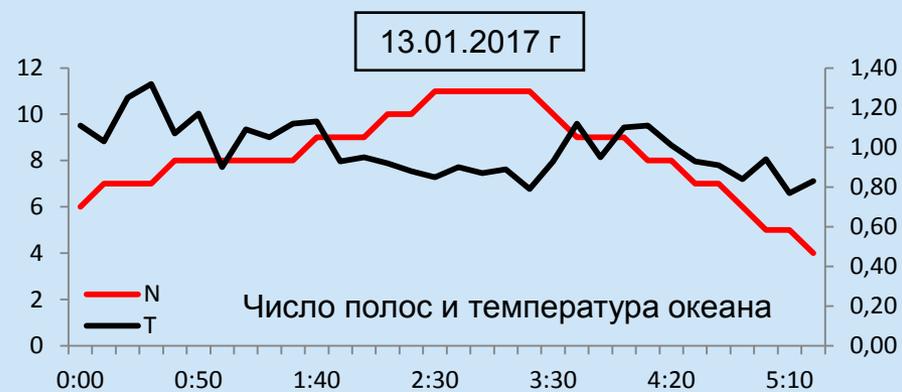
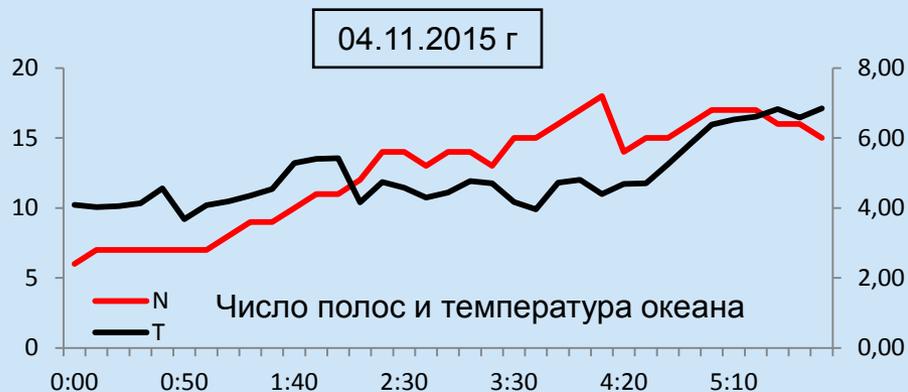
04.11.2015 г



13.01.2017 г



## Изменчивость характеристик атмосферных внутренних волн



Результаты аэрологических измерений (Северо-Курильск)

Параметр	04.11.2015 г (00:00)	12.01.2017 г (12:00)
Скорость ветра	288 км/ч	90 км/ч
Направление ветра	296°	180°
Влажность	58%	58%

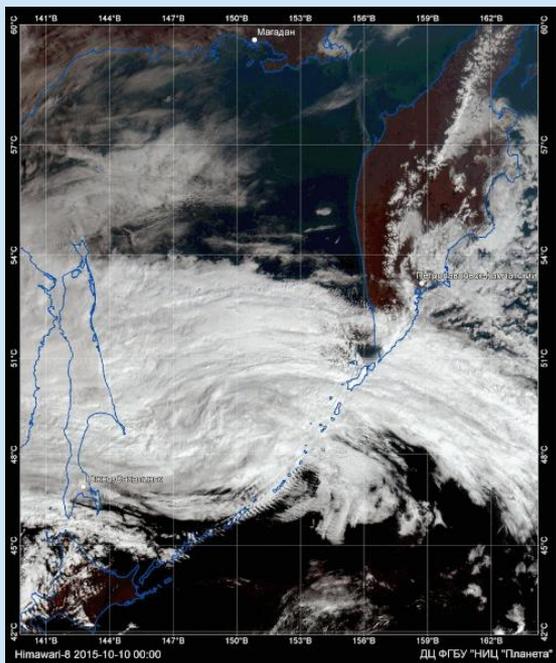
## Изменчивость характеристик атмосферных внутренних волн

Дата	S, %	W, %	L, %	N, %	$\lambda$ , %	$\nu$ , %	T, %	T <sub>ВГ</sub> , %	$\rho_{ВГ}$ , %	h <sub>ВГ</sub> , %	T <sub>ПП</sub> , %
29.08.15	-10	-51	25	7	-14	-11	<5	<5	<5	-20	16
10.10.15	104	-21	-18	-33	-37	-53	23	<5	<5	-12	47
04.11.15	65	<5	-18	172	-14	-52	108	<5	52	-61	61
26.01.16	-43	-7	-33	14	6	14	-12	<5	9	-11	19
09.03.16	-18	7	-32	48	84	<5	87	<5	11	-12	152
05.05.16	16	-9	27	128	27	12	38	<5	-25	91	<5
29.09.16	70	-21	-8	22	-7	55	-45	<5	<5	-13	<5
25.10.16	118	-7	50	<5	9	19	-11	<5	<5	<5	-29
13.01.17	-19	<5	-36	-11	-25	38	-45	<5	-16	249	-23
09.02.17	-26	-32	-64	21	-31	-20	-9	<5	-33	<5	--
11.04.17	-32	-38	-38	<5	-43	<5	-35	<5	<5	<5	-16
09.05.17	39	-42	-17	-14	-48	34	-65	<5	<5	-16	16
06.11.17	56	33	<5	42	-15	<5	-17	<5	<5	<5	-16
28.11.17	44	-12	12	66	-23	7	-30	<5	37	-37	23
<b>Итого</b>	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↔	↔	↓	↑

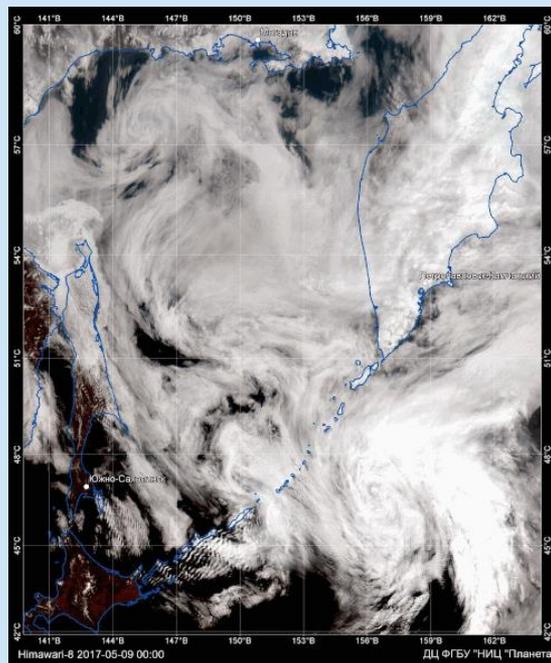
### Основные выводы:

- этапы существования внутренних гравитационных волн имеют различную длительность, затухание происходит за меньшее время, чем распространение.
- затухание внутренних гравитационных волн происходит при увеличении температуры подстилающей поверхности;

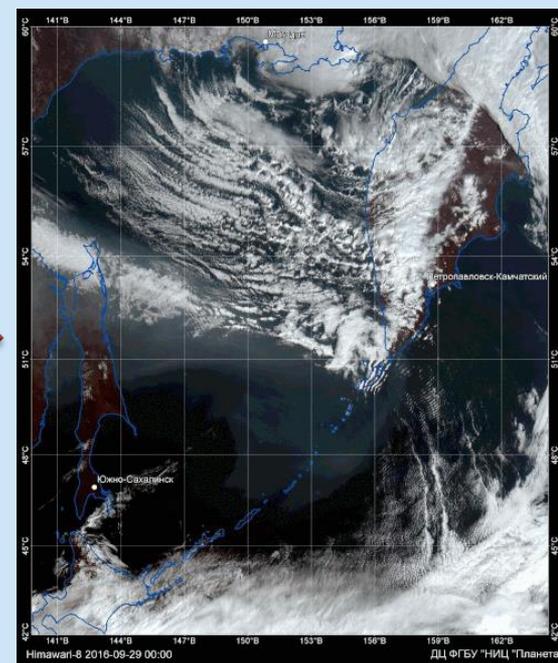
## Изменчивость характеристик атмосферных внутренних волн



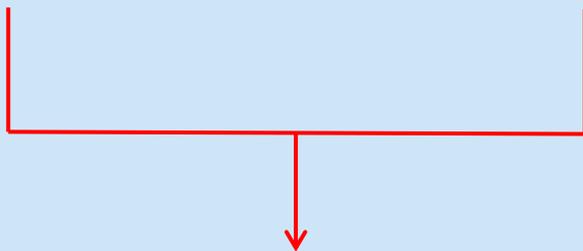
10.10.2015 г.



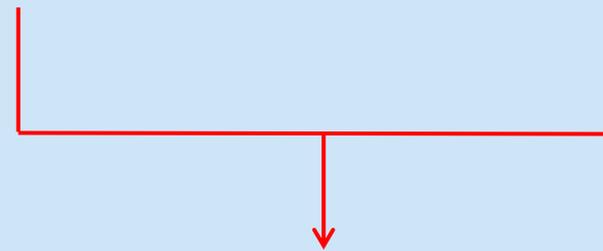
09.05.2017 г.



29.09.2016 г.

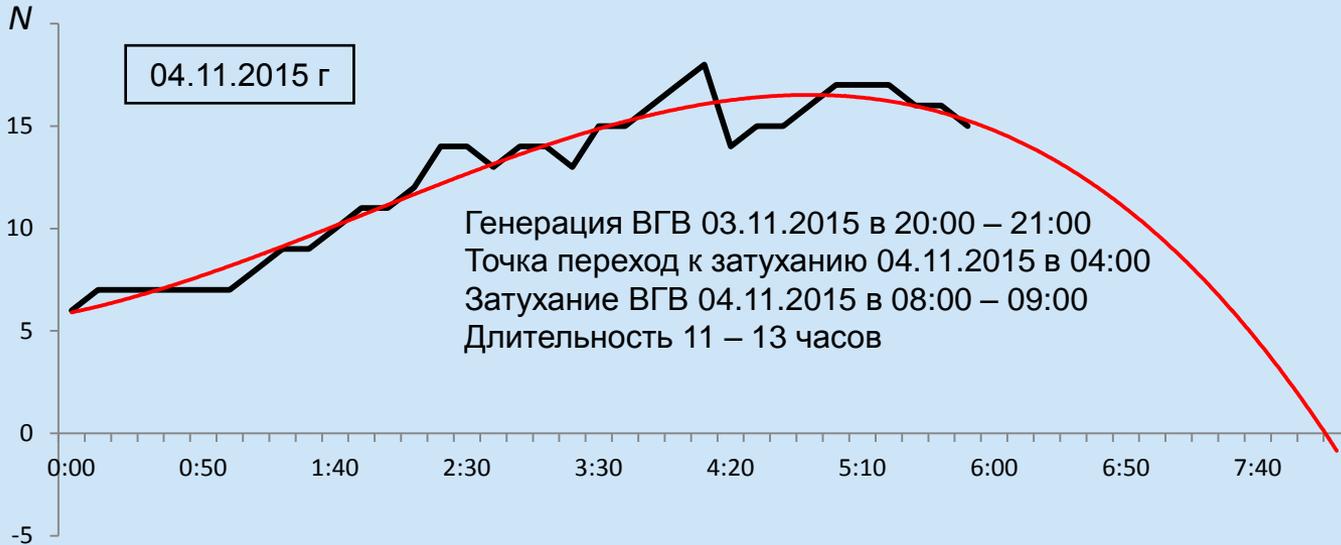


Отличается динамика изменения  
скорости и периода ВГВ



Отличается динамика изменения  
числа квазипараллельных полос и  
температуры океана

## Изменчивость характеристик атмосферных внутренних волн



## Корреляция характеристик облачных проявлений атмосферных внутренних волн

	S	W	L	N	$\lambda$	$T_{BG}$	$v$	$T_{pp}$	$h_{BG}$	$\rho_{BG}$	T
S	1.00	0.19	0.56	0.04	-0.13	0.28	-0.12	-0.10	-0.30	0.30	0.07
W		1.00	0.05	0.39	0.43	0.13	0.00	0.15	-0.30	0.19	0.36
L			1.00	0.16	0.19	0.10	0.16	-0.23	-0.13	0.14	0.01
N				1.00	0.34	0.02	-0.29	0.28	-0.17	0.42	0.67
$\lambda$					1.00	0.00	0.11	0.61	-0.01	0.03	0.59
$T_{BG}$						1.00	-0.13	0.34	-0.58	0.88	0.13
$v$							1.00	-0.38	0.40	-0.31	-0.65
$T_{pp}$								1.00	-0.35	0.43	0.72
$h_{BG}$									1.00	-0.55	-0.26
$\rho_{BG}$										1.00	0.37
T											1.00

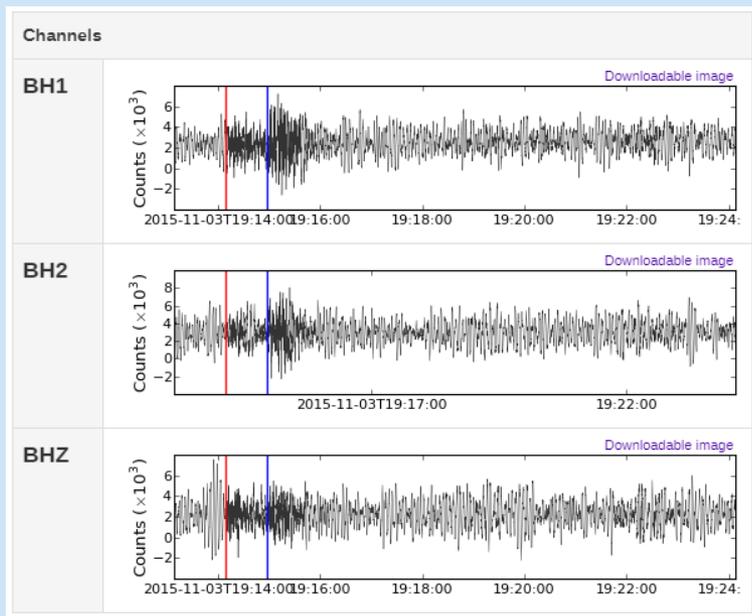
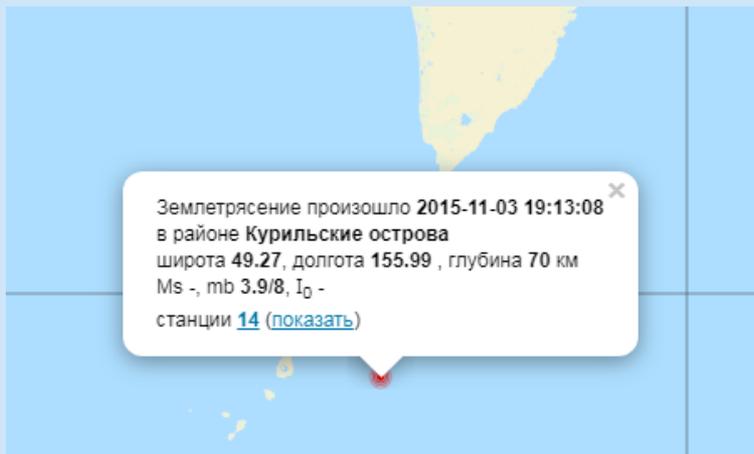
### Основные выводы:

- типичная взаимосвязь наблюдается между температурой, высотой и давлением на верхней границе облаков;
- прослеживается зависимость между протяженностью квазипараллельных полос и площадью сигнатур ВГВ;
- период волнового процесса ожидаемо хорошо коррелирует с его длиной и скоростью распространения, а также неожиданно с количеством облачных линий и температурой подстилающей поверхности;
- «плохая» корреляция наблюдается между длиной ВГВ и характеристиками верхней границы облаков.

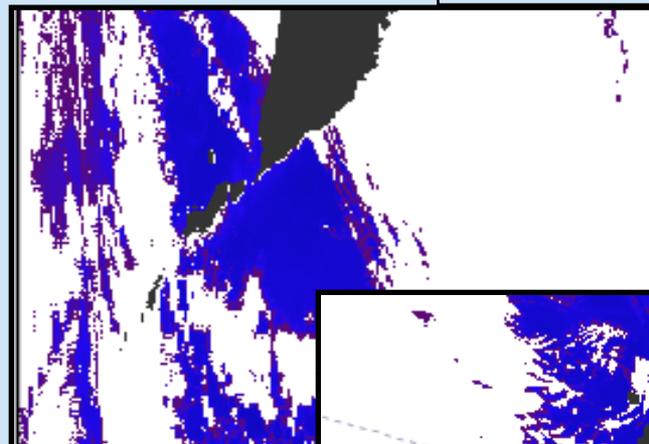


## Причины генерации атмосферных внутренних волн

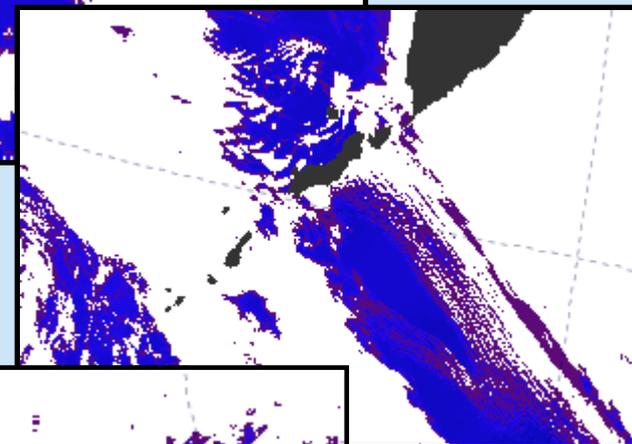
04.11.2015 г



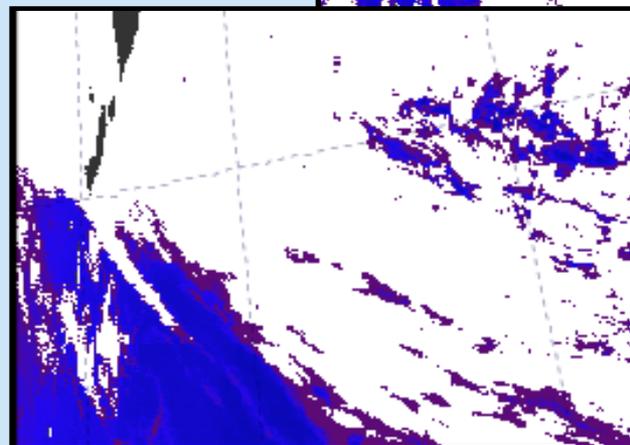
13.01.2017 г



13.01.2017 г.  
02:35



12.01.2017 г.  
01:50



14.01.2017 г.  
00:05

## Основные результаты и выводы

- 1) Получена информация об изменчивости характеристик облачных проявлений ВГВ за время их существования на основе спутниковых данных Himawari-8;
- 2) Определена характерная динамика для различных параметров сигнатур волновых процессов, наблюдаемых над рассматриваемым регионом;
- 3) Выявлены этапы генерации, распространения и затухания для всех исследуемых эпизодов регистрации облачных проявлений ВГВ, а также выявлены наиболее схожие из них;
- 4) Установлена взаимосвязь между различными параметрами сигнатур волновых процессов, начиная от типичной между характеристиками верхней границы облаков, заканчивая неожиданными между подстилающей поверхностью и геометрическим признаками квазипараллельных полос;
- 5) Выдвинуты предположения о причинах и источниках генерации ВГВ, на основе сопоставления ориентировочного времени их возникновения с происходящими в данный момент процессами в системе «атмосфера – подстилающая поверхность».

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*

*+7-913-807-00-94*

*E-mail: [vazime@yandex.ru](mailto:vazime@yandex.ru)*