

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ А.Ф.МОЖАЙСКОГО

**Доклад: ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК  
ВОЛНИСТООБРАЗНЫХ ОБЛАКОВ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДИСТАНЦИОННОМУ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ  
ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Авторы:** дтн профессор Доронин А.П., ктн доцент Петроченко В.М.,  
кгн Козлова Н.А., ктн Тимощук А.С., ктн Шмалько С.А.

**Докладчик:** кгн Козлова Н.А.

г. Санкт-Петербург  
2021 год

# Актуальность вопроса

Известно, что облака различных форм оказывают серьезное влияние на качество дистанционного экологического мониторинга (ДЭМ). С целью исключения их негативного влияния предлагается метод ДЭМ, предусматривающий применение методов и средств модифицирования облаков и туманов, прежде всего, переохлажденных облаков, которые наблюдаются при отрицательных значениях температуры воздуха и состоят либо из переохлажденных капель воды, либо из переохлажденных капель и частиц льда.

Это обстоятельство, в свою очередь, обуславливает необходимость исследования волнистообразных облаков (ВОБЛ) над различными физико-географическими районами (ФГР) России применительно к проблеме модифицирования в интересах проведения ДЭМ. Исходя из этого, в качестве объекта исследования в работе выбраны волнистообразные облака, а в качестве изучаемого района взят северный район Европейской территории России (СР ЕТР).

# Исследование характеристик волнистообразных облаков применительно к дистанционному экологическому мониторингу природных объектов

В качестве объекта исследования в работе выбраны переохлажденные волнистообразные (слоистые и слоисто-кучевые) облака (ШВОБЛ), которые имеют вертикальную протяженность не более 1000 м, жидкокапельную или смешанную фазовую структуру и среднюю температуру облачного слоя не выше минус 5<sup>0</sup>С.

Основным исходным материалом для выполнения работы явились протоколы самолетного зондирования (СЗА) ТАЭ-7,7м над Архангельском за 1953 – 1964 г.г. Всего обработано 3684 подъема самолетов-зондировщиков. Данные СЗА, полученные для района Архангельска, считались репрезентативными для северного района ЕТР в соответствии с результатами исследований пространственной изменчивости характеристик волнистообразной облачности.

Исследование характеристик волнистообразной облачности применительно к дистанционному экологическому мониторингу в интересах решения конкретных прикладных задач предполагает, прежде всего, получение данных об их повторяемости, фазовой структуре, расслоенности, вертикальной протяженности и др.). Даются количественные оценки пригодности к рассеянию облаков этих форм по месяцам, сезонам и полугодиям.

## Относительная повторяемость (%) сплошной облачности различных форм над северным районом ЕТР

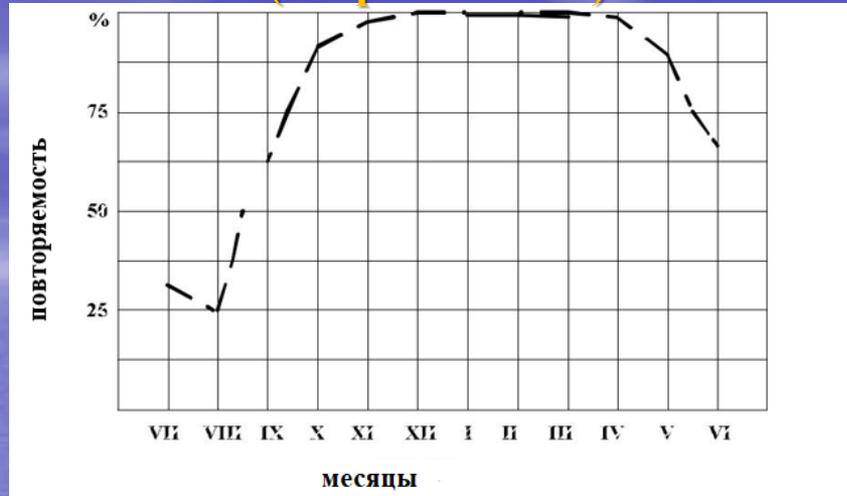
Пункт	Наблюдаются							Число подъемов самолетов-зондировщиков
	Только St-S, одно- и многослойные	St-Sc в сочетании с Ac	Ns	As	Только Ac	Только Cu	Cu, Cb, в сочетании со St-Sc, Ac	
Архангельск	$\frac{36,1}{23,2}$	$\frac{4,2}{7,4}$	$\frac{37,0}{19,6}$	$\frac{13,5}{12,9}$	$\frac{4,0}{14,9}$	$\frac{4,2}{16}$	$\frac{1,0}{6,0}$	$\frac{1637}{1366}$

*Примечание:* в числителе приведены данные, относящиеся к холодному полугодю, в знаменателе – к теплomu.

## Относительная повторяемость (%) одно- и многослойной слоистообразной облачности над северным районом ЕТР

Сезон	Число облачных слоев				Число подъемов самолетов-зондировщиков
	один	два	три	четыре	
Зима	85,7	13,5	0,4	0,4	281
Весна	88,5	10,3	1,2	–	165
Лето	86,7	12,0	1,3	–	158
Осень	88,0	11,3	0,7	–	300

## Повторяемость (%) переохлажденных волнистообразных облаков (г. Архангельск)



## Повторяемость (%) переохлажденных однослойных волнистообразных облаков (г. Архангельск)

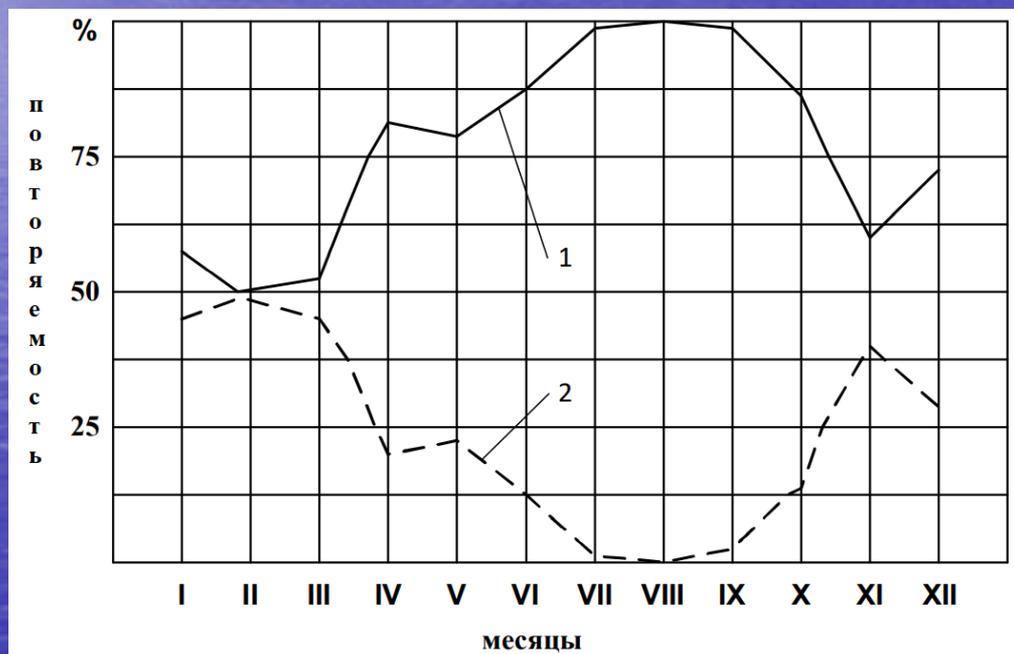
Пункт	Сезон				Полугодие		Год
	зима	весна	лето	осень	холодное	теплое	
Архангельск	100,0	94,6	39,1	86,8	97,5	58,5	84,0

## Средние значения вертикальной протяженности волнистообразной облачности (без осадков) (г. Архангельск)

Виды облаков	Сезон				Полугодие	
	зима	весна	лето	осень	холодное	тёплое
ВВО	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46

## Повторяемость (%) фазового состояния волнистообразных облаков над г. Архангельск

Фазовое состояние облаков	Сезон				Полугодие	
	зима	весна	лето	осень	холодное	тёплое
Капельное	60,3	68,0	96,2	80,4	64,5	92,4
Смешанное	38,7	31,1	3,8	19,4	34,6	7,6
Кристаллическое	1,0	0,9	-	0,2	0,9	-
Число случаев	375	225	237	408	772	473



### Повторяемость (%) фазового состояния волнистообразных облаков над г. Архангельск:

1 – жидко-капельная фаза;

2 – смешанная фаза (кристаллическая фаза составляет менее 2%)

На основании обработки материалов СЗА над Архангельском установлено, что:

- ВОБЛ являются наиболее распространенными, на них в холодное полугодие приходится почти 40% (36,1%);
- ВОБЛ в большинстве случаев в течение года бывают однослойными. Так, на повторяемость слоистых (Sc) и слоисто-кучевых (St-Sc) облаков в холодное полугодие и зимой над СР ЕТР приходится более 90% случаев;
- ВОБЛ чаще всего над СР ЕТР имеют жидкокапельную фазу, которая отмечается в холодное полугодие и зимой более 60% случаев. Смешанная фаза встречается в St-Sc значительно реже, а кристаллическая – довольно редко (менее 2%).;
- ВОБЛ в холодное полугодие также чаще бывает переохлажденными, то есть наблюдаются при отрицательных значениях температуры воздуха. Так, на повторяемость переохлажденных ВОБЛ в рассматриваемом районе приходится в холодное полугодие 97,5%, а зимой и того больше – почти 100%.

Полученные выше результаты исследования ВОБЛ над СР ЕТР позволили получить количественные оценки пригодности ВОБЛ к рассеянию с учетом приведенного выше критерия пригодности к модифицированию. Оказалось, что значения повторяемости ВОБЛ, пригодных к рассеянию над СР ЕТР, достаточно высоки и составляют для холодного полугодия 84,8%, увеличиваясь зимой до 93,9%.

На основании этих данных, можно сделать вывод о том, что применение средств рассеяния облаков, установленных на самолетах различных типов (например, АН-24, АН-30, АН-12 и др.) может повысить качество проведения ДЭМ на больших площадях в условиях наличия облаков (в частности, волнистообразные (St-Sc)).

## Заключение

Проведение аналогичных исследований над другими физико-географическими районами России позволит построить карту пригодности волнистообразной облачности к рассеянию и оценить целесообразность применения средств модифицирования облаков в том или ином районе применительно к решению задач не только дистанционного экологического мониторинга, но и других задач (например, улучшение экологической обстановки над крупными городами, проведение поисково-спасательных работ на большой территории, обеспечение интенсифицирования таяния снежного покрова на землях сельскохозяйственного назначения и др.).

Проведение такого рода исследований – предмет нашей дальнейшей работы в этой области.

**Спасибо за внимание!**