

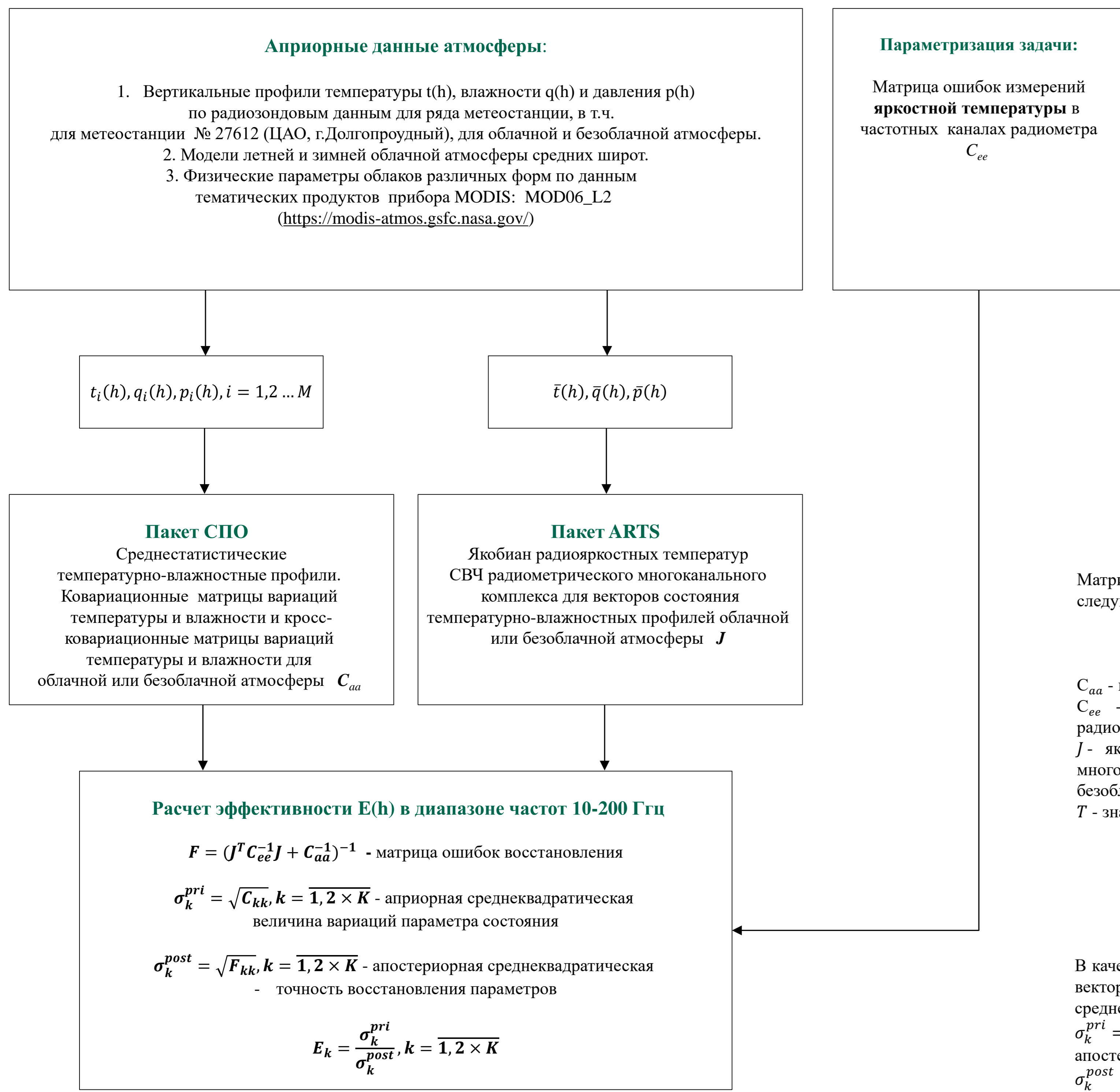
Привлечение источников априорной информации для повышения точности восстановления температурно-влажностных профилей облачной атмосферы по данным спутниковых СВЧ-спектрометров

Саворский В.П., Аквилонова А.Б., Кибардина И.Н., Панова О.Ю., Кузнецов О.О., Васильев В.С.

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал, Фрязино, Московская обл., Россия

Дополнительная по отношению к среднеклиматическим характеристикам априорная информация о состоянии атмосферы потенциально обеспечивает повышение эффективности функционирования алгоритмов восстановления атмосферных профилей. Поэтому в работе поставлена цель исследовать доступные источники такой дополнительной информации и оценить их эффективность по повышению точности и производительности алгоритмов восстановления.

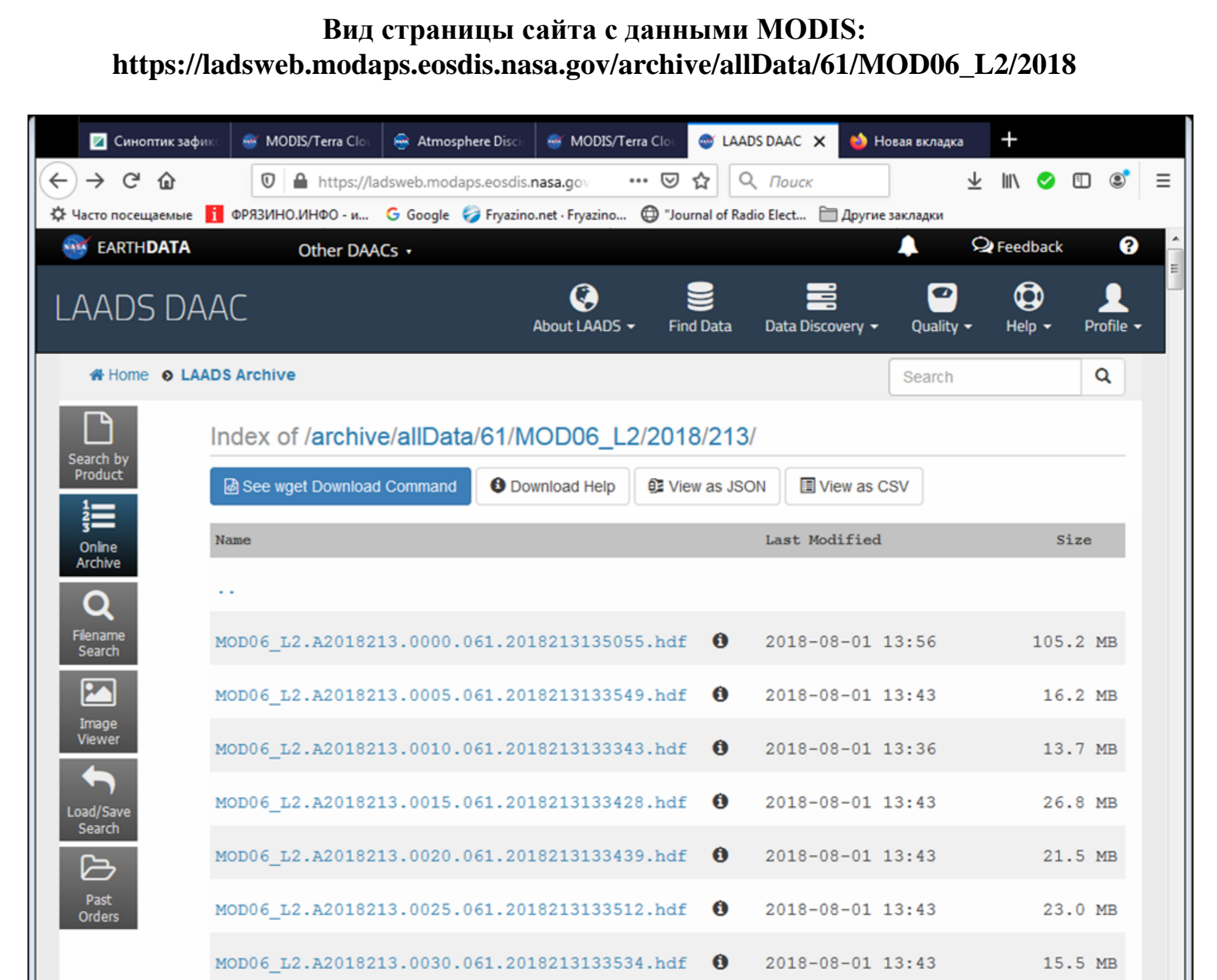
Работа выполнена в рамках государственного задания № 0030-2019-0008.



Описание фактических данных прибора MODIS

Для уточнения характеристик облаков использованы наборы характеристик облачной атмосферы, содержащиеся в продуктах MOD06/MYD06, полученных в результате обработки данных спутникового мониторинга аппаратурой Terra/Aqua MODIS над регионом проведения радиозондовых измерений, в т.ч. над метеостанцией № 27612 (ЦАО, г.Долгопрудный). Справа представлены карты распределения параметров облачного слоя, в т.ч. эффективный радиус частиц (мкм); доля облаков; коэффициент отражения от облаков (SI); оптическая толщина; давление на верхней границе облачности (гПа); температура на верхней границе облачности.

Данные MODIS



Оценка матрицы ошибок восстановления

Матрицу ошибок восстановления F можно оценить, используя следующее соотношение

$$F = (J^T C_{ee}^{-1} J + C_{aa}^{-1})^{-1}$$

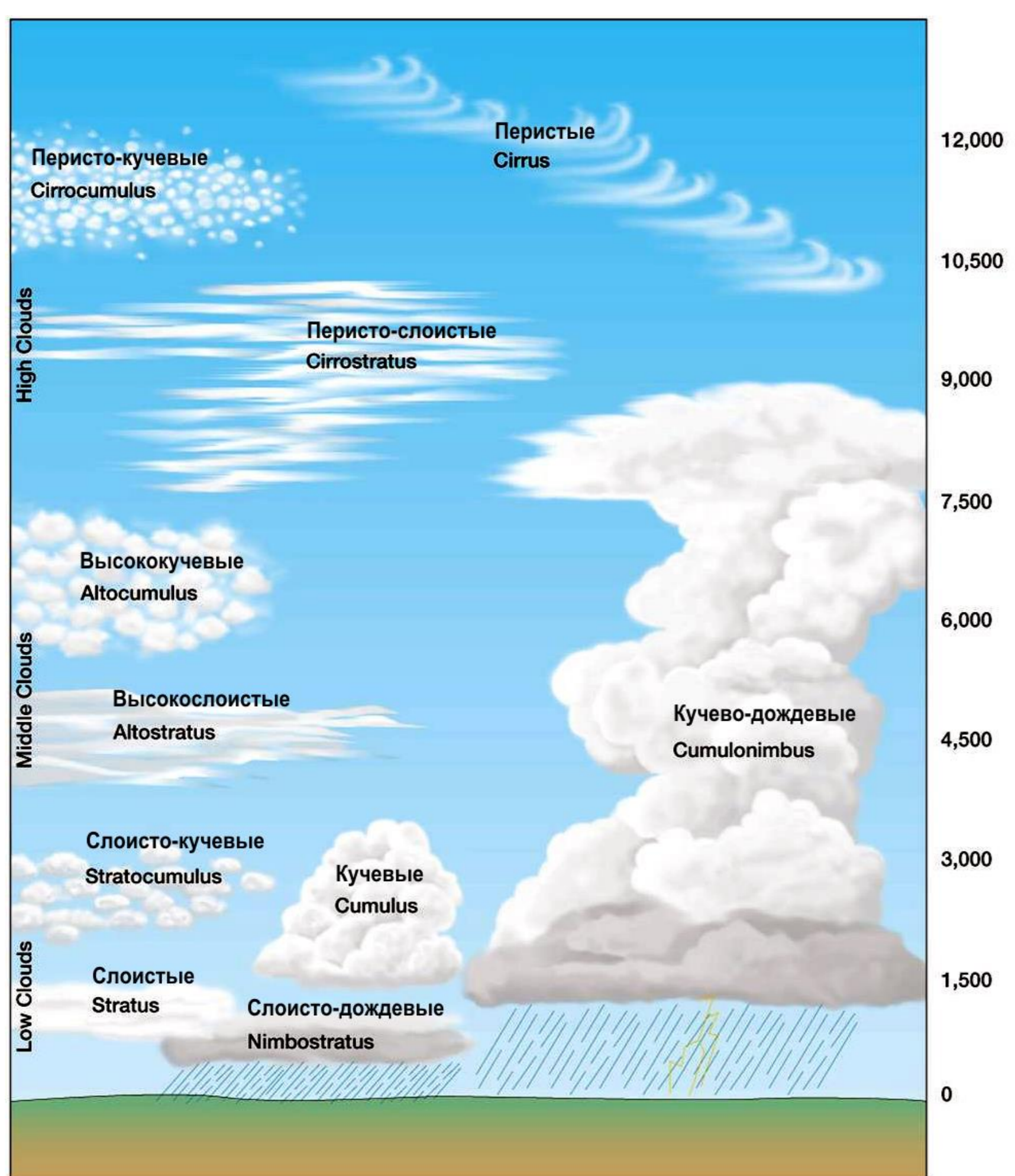
C_{aa} - ковариационная матрица вектора состояния атмосферы \vec{a} , C_{ee} - ковариационная матрица собственных шумов СВЧ радиометрического многоканального комплекса, J - якобиан радиоярких температур СВЧ радиометрического многоканального комплекса для вектора состояния облачной и безоблачной атмосферы \vec{a} , T - знак транспонирования.

Оценка эффективности восстановления

В качестве меры эффективности использования априорных значений вектора состояния в работе приняты отношения априорной среднеквадратической величины вариаций параметров состояния $\sigma_k^{pri} = \sqrt{C_{kk}}$, $k = 1, 2 \times K$ каждого из K слоев атмосферы к апостериорной среднеквадратической точности восстановления $\sigma_k^{post} = \sqrt{F_{kk}}$, $k = 1, 2 \times K$, где

$$E_k = \frac{\sigma_k^{pri}}{\sigma_k^{post}}, k = 1, 2 \times K$$

Характеристики облаков



Виды облаков

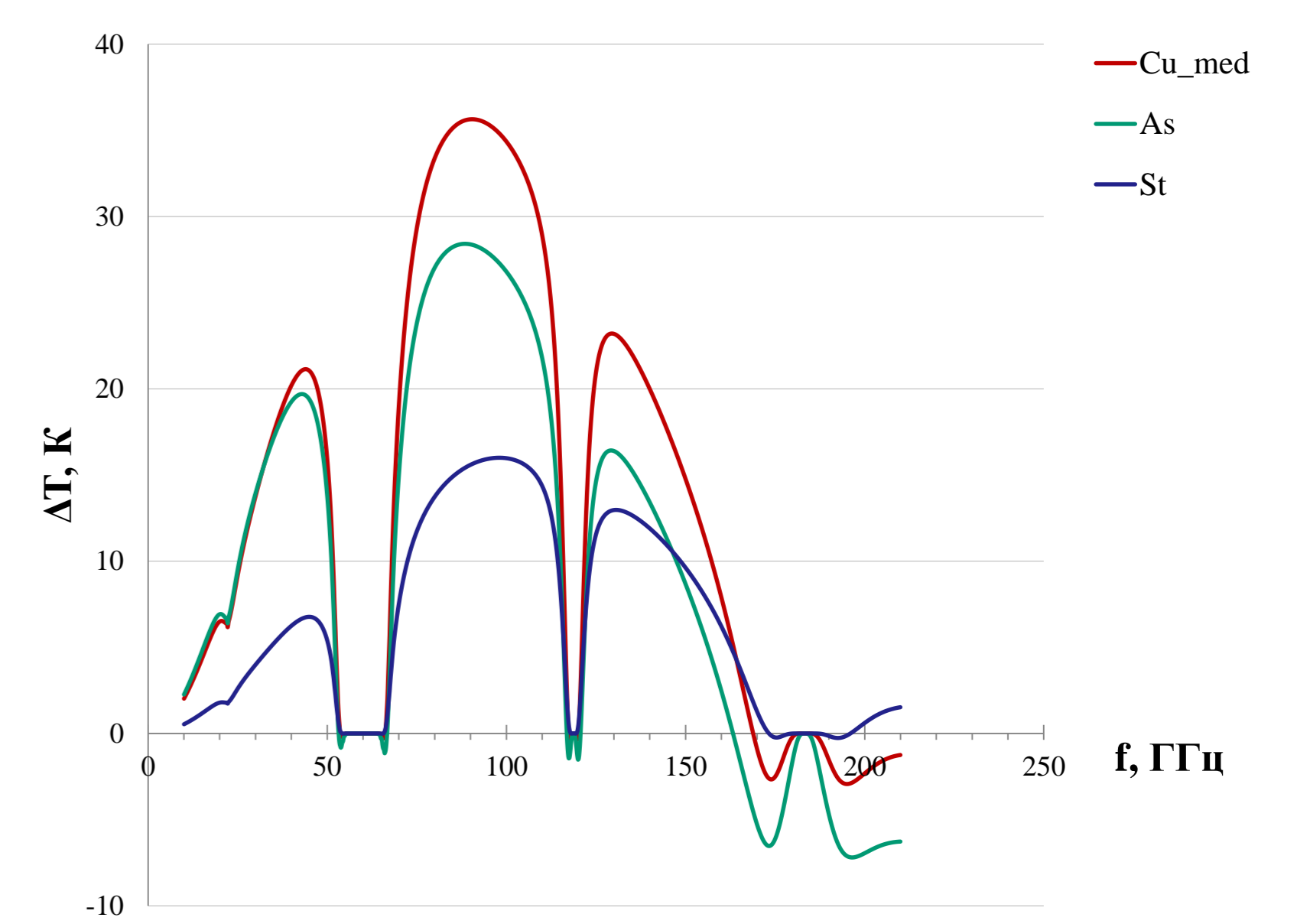
Примерные высоты нижнего уровня облаков и вид облаков на каждом уровне в разных широтных зонах

Уровень	Род	Полярные широты	Средние широты	Тропические широты
Верхний ярус	Cirrus	3 – 8 км	5 – 13 км	6 – 18 км
	Cirrostratus			
	Altostratus			
Средний ярус	Altostratus (As)	2 – 4 км	2 – 7 км	2 – 8 км
	Nimbostratus			
	Stratus (St)			
Нижний ярус	Stratocumulus (Sc)	От поверхности Земли до 2 км	От поверхности Земли до 2 км	От поверхности Земли до 2 км
	Cumulus (Cu med/cong)			
	Cumulonimbus			

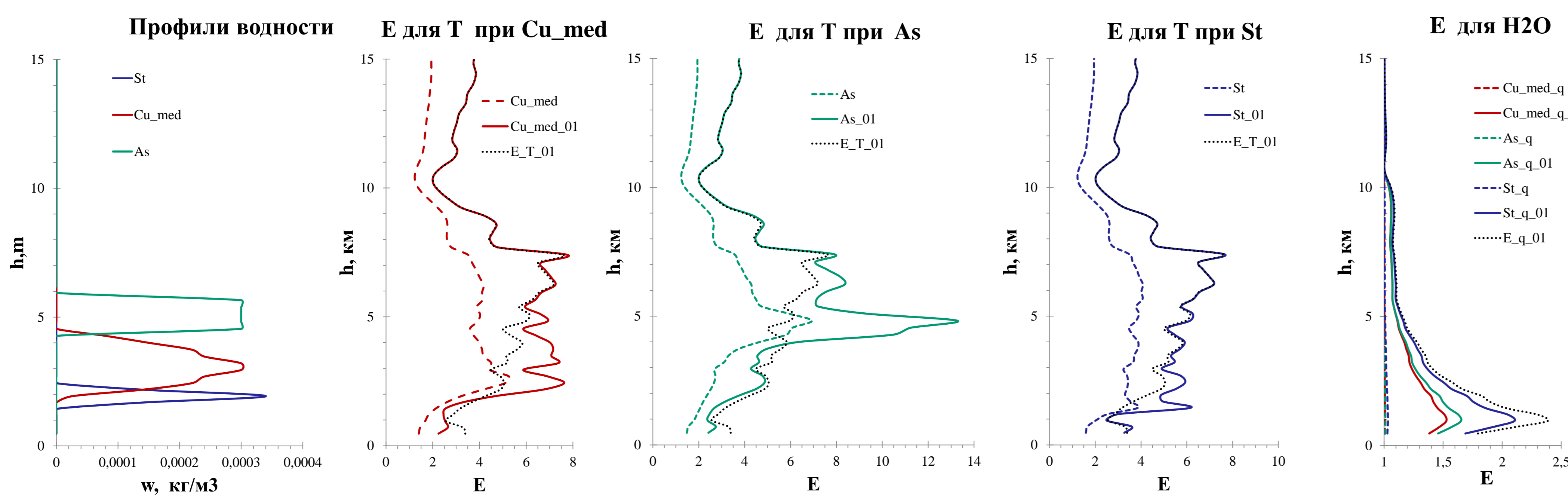
Данные взяты из Атласа Всемирной метеорологической организации (сайт: <https://cloudatlas.wmo.int/clouds-definitions.html>)

Изменение яркостной температуры

Изменение яркостной температуры при измерении со спутника при наличии облаков, по сравнению с безоблачным небом в частотном диапазоне 10-210 ГГц



Эффективность восстановления профилей температуры и влажности



Эффективность восстановления профилей температуры для облаков типа St, Cu_med, As и влажности (д) при точности измерения радиояркой температуры $\sigma = 1K$ и $\sigma = 0,1K$. Сплошными линиями обозначены расчеты эффективности восстановления параметров для облачной атмосферы при $\sigma = 0,1K$, пунктиром – расчеты при $\sigma = 1K$. Синими точками обозначены расчеты эффективности восстановления для безоблачной атмосферы при точности измерения радиояркой температуры $\sigma = 0,1K$.

Выводы

Основным результатом работы является развитие метода оценки эффективности улучшения алгоритма восстановления параметров атмосферы за счет привлечения дополнительных источников априорной информации.

Разработанный метод применим к обработке спутниковых СВЧ радиометрических данных с привлечением статистических данных о параметрах атмосферы, включающих, наряду с ковариационной матрицей вариаций температуры и влажности в разных слоях атмосферы, априорные модельные представления о характеристиках облачного слоя.

