

Восстановление оптических
характеристик облачной атмосферы
из данных регулярных
актинометрических наблюдений на
сети станций Гидрометслужбы

И.Н.Мельникова, В.В.Подошвин

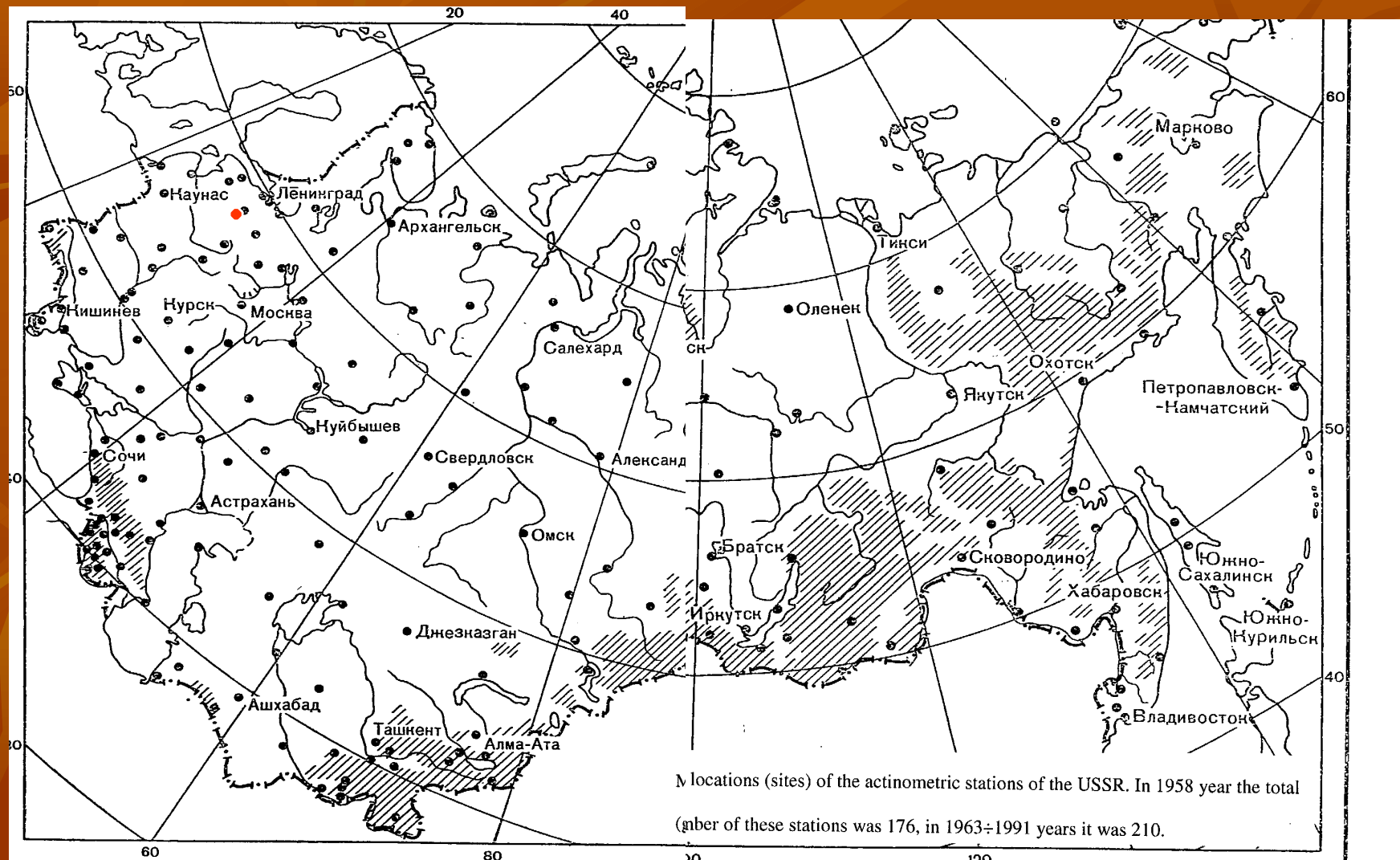
НИЦЭБ РАН, Санкт-Петербург

Многолетние ряды данных регулярных, срочных актинометрические наблюдений на сети станций Гидрометслужбы в течение нескольких десятилетий наблюдений.

Сеть станций охватывает всю территорию бывшего СССР. Наблюдения проводятся ежедневно в течение светлого времени суток через 15 мин..

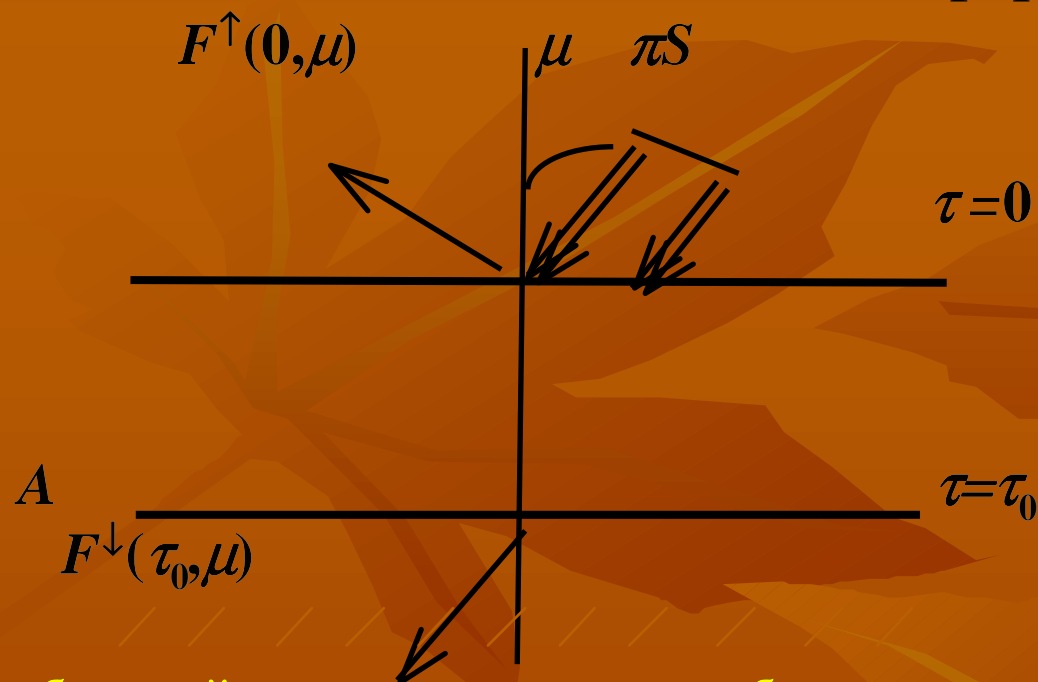
Данные наблюдений представлены в электронном виде, в файлах указывается значение потоков солнечной радиации и сопутствующая информация, а именно: бальность облачности, время и место наблюдения, зенитный угол Солнца, и метеорологическая информация.

Станции Гидрометслужбы на территории бывшего СССР в 1991 г.



- В случае сплошной 10-бальной облачности мы предложили попытаться определить из интегральных измерений потоков солнечной радиации в различные моменты времени (т.е. при различных зенитных углах Солнца) оптические параметры облачности: вероятность выживания кванта и оптическую толщину. Величины, определяемые в данном случае будут некими средними по спектру и характеризовать оптические свойства облачности в том, смысле, что потоки пропущенного излучения, рассчитанные для полученных оптических параметров, совпадают со значениями интегральных измерений.
- Для решения поставленной обратной задачи применяется аналитический метод на основе обратных асимптотических формул.

Модель облачной атмосферы



- Решение обратной задачи основано на обращении асимптотических формул теории переноса для оптически толстого, бесконечного по горизонтали рассеивающего и поглощающего слоя.
- Обозначим $F^\downarrow(\tau_0, \mu)$ пропущенный поток солнечной радиации в единицах падающего потока измеренный в 2 момента времени, соответствующих косинусам зенитного угла солнца μ_1 и μ_2
- Формулы, содержащие только измеренные значения потоков для двух направлений падающего потока и функции, описывающие геометрию задачи, использованы для восстановления оптических параметров облачного слоя:
 $s^2 = (1 - \omega_0) / 3 / (1 - g)$ – определяет истинное поглощение радиации в слое и оптическая толщина τ_0 – определяет рассеяние радиации:

Априорные предположения:

Большая оптическая толщина ($\tau > 5$)

Слабое истинное поглощение по сравнению с рассеянием ($\omega_0 > 0.98$)

$$s^2 = \left[\frac{F_1^\downarrow K_0(\mu_2)}{F_2^\downarrow K_0(\mu_1)} - 1 \right] \frac{K_0(\mu_1)K_0(\mu_2)}{K_2(\mu)K_0(\mu_2) - K_2(\mu_2)K_0(\mu_1)}$$
$$\tau_0 = \frac{1}{3s(1-g)} \ln \left[\frac{\sqrt{4F^{\downarrow 2} \bar{l} + m^2 \bar{n}^2 K^2(\mu_{1(2)})} + m \bar{n} K(\mu_{1(2)})}{2F^\downarrow \bar{l}} \right],$$

$$K_0(\mu_1) = (0,7678 + 0,0875g)\mu_1 + 0,5020 - 0,0840g$$

Преимущества метода:

Аналитический метод эффективен и позволяет оперативно обрабатывать большие объемы данных наблюдений.

Погрешности легко оценить аналитически.

Восстановление двух параметров облачности для каждой длины волны. одновременно и независимо

Не требуется ограничений на восстанавливаемые параметры, например, консервативное рассеяния, бесконечная оптическая толщина, независимость параметров от длины волны и др

Алгоритм обработки данных

1. Расчет величин, зависящих только от параметра индикатрисы рассеяния, $g=0.845$
2. Расчет оптической толщины для разных моментов времени измерений i в приближении консервативного рассеяния по формуле:

$$\tau_0 = \left[\frac{K_0(\mu_i)}{F_i^\downarrow} - \frac{1}{1-A} \right] \frac{4}{3(1-g)} - 1,428$$

3. Вычисляется фактор нестабильности:

$$r = \frac{1}{N\bar{\tau}} \sum_{i=1}^N |\tau_{0,i} - \bar{\tau}|$$

4. Для пар с близкими значениями $\tau_{0,i}$ определяются величины s
5. Вычисляются значения $\tau_{0,i}$ с учетом истинного поглощения
6. Перебор всех подходящих пар измерений
7. Расчет погрешностей
8. Переход к следующей дате

Пример обработки измерений 1 июня 1994 г. станции с координатами
Шир. 58,0 ° Дол. 33,3 °

t	6:30	9:30	12:30	15:30	18:30
θ	66,7°	44,8°	36,5°	52,4°	75,8°
μ	0,396	0,710	0,804	0,610	0,245
F_{\downarrow}	0,025	0,645	0,647	0,645	0,650
τ консерв.	22,54	27,11	29,29	8,34	2,82
r	0.15	0.02	0.10	0.65	0.85
τ поглощ.	18,46	23,78	25,87	5,67	
ω_0	0,978	0,971	0,985		