Анализ комплексных исследований актинометрических характеристик атмосферы по данным национальной и международной наземных сетей на территории РФ

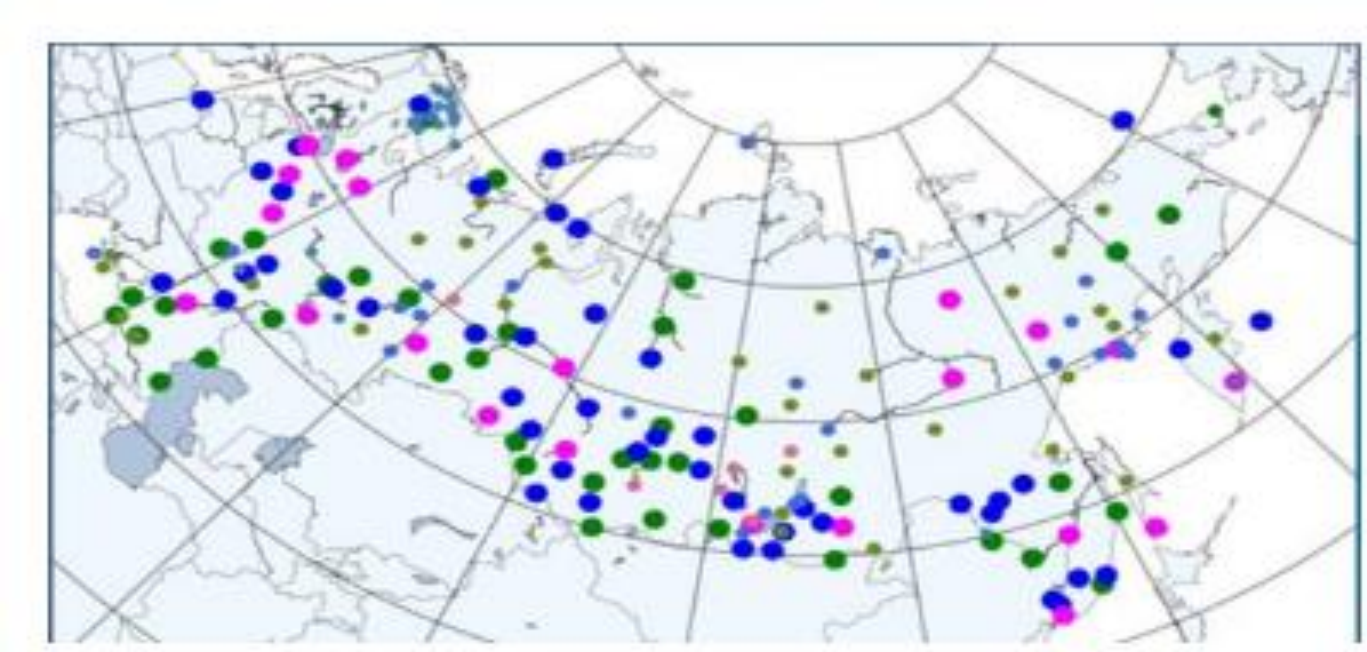
Плахина И.Н., Репина И.А.

Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН, Москва, Россия

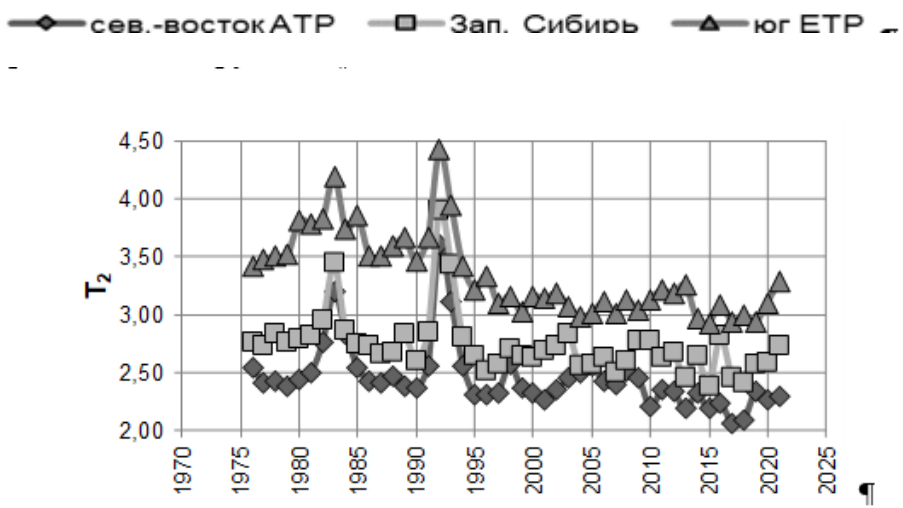
В работе рассмотрены результаты многолетних наблюдений наземной актинометрической сети России, а также международной сети АЭРОНЕТ. Проведён комплексный анализ различных актинометрических характеристик: потоков прямой и суммарной солнечной радиации, потоков длинноволновой, нисходящей и восходящей, радиации, интегральной прозрачности и мутности атмосферы, аэрозольной оптической толщины (АОТ) вертикального столба атмосферы.

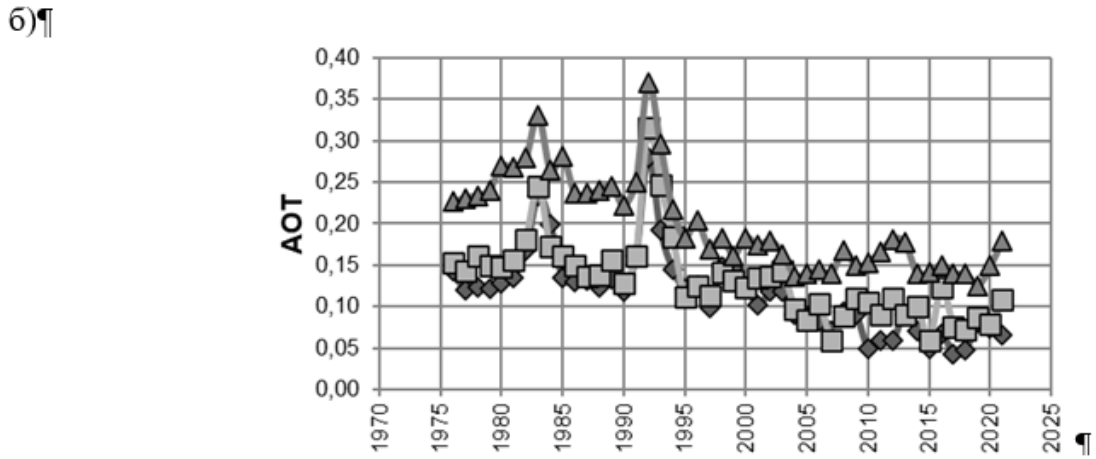
Работа выполнялась и выполняется в рамках Госзадания №125020501413-6 Исследование антропогенного воздействия на газовый и аэрозольный состав атмосферы на основе анализа данных многолетнего мониторинга атмосферы на сети наземных станций и с космических аппаратов.

Сеть пунктов актинометрических наблюдений на территории РФ (цветом отмечены пункты с разной степенью полноты измерений

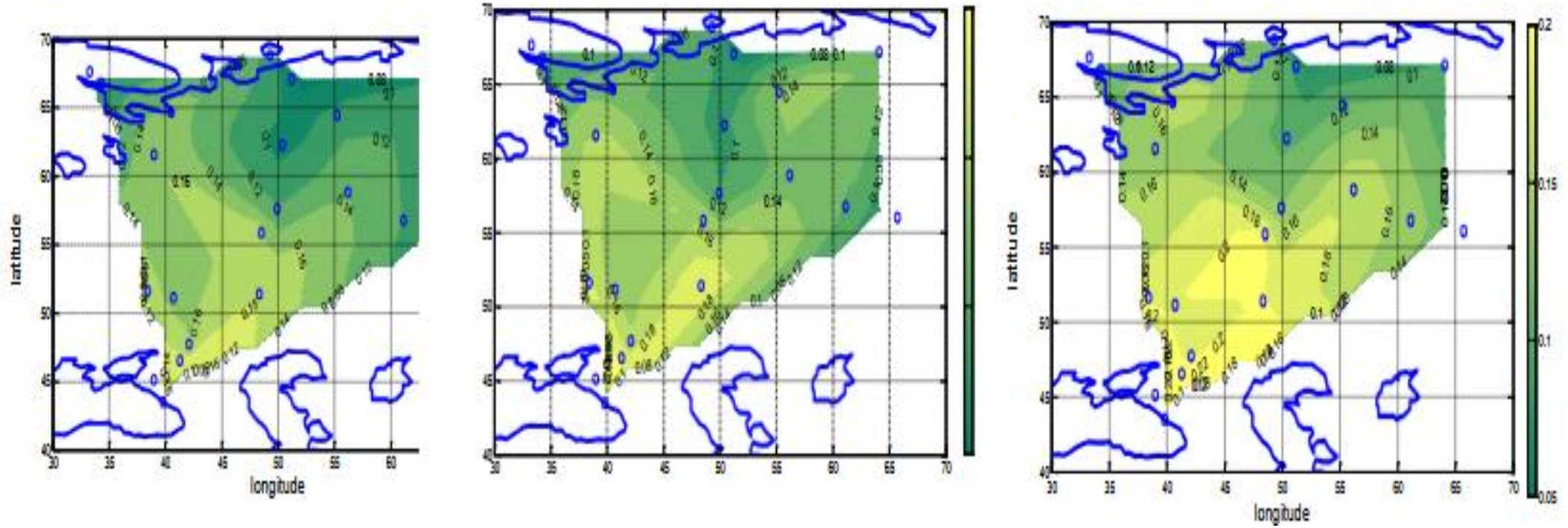


Изменение T_2 (а) и АОТ (б) в 1976–2022 гг.
на северо-востоке АТР, в Западной Сибири и юге ЕТР
Т2-фактор мутности, АОТ –аэрозольная оптическая толщина атмосферы

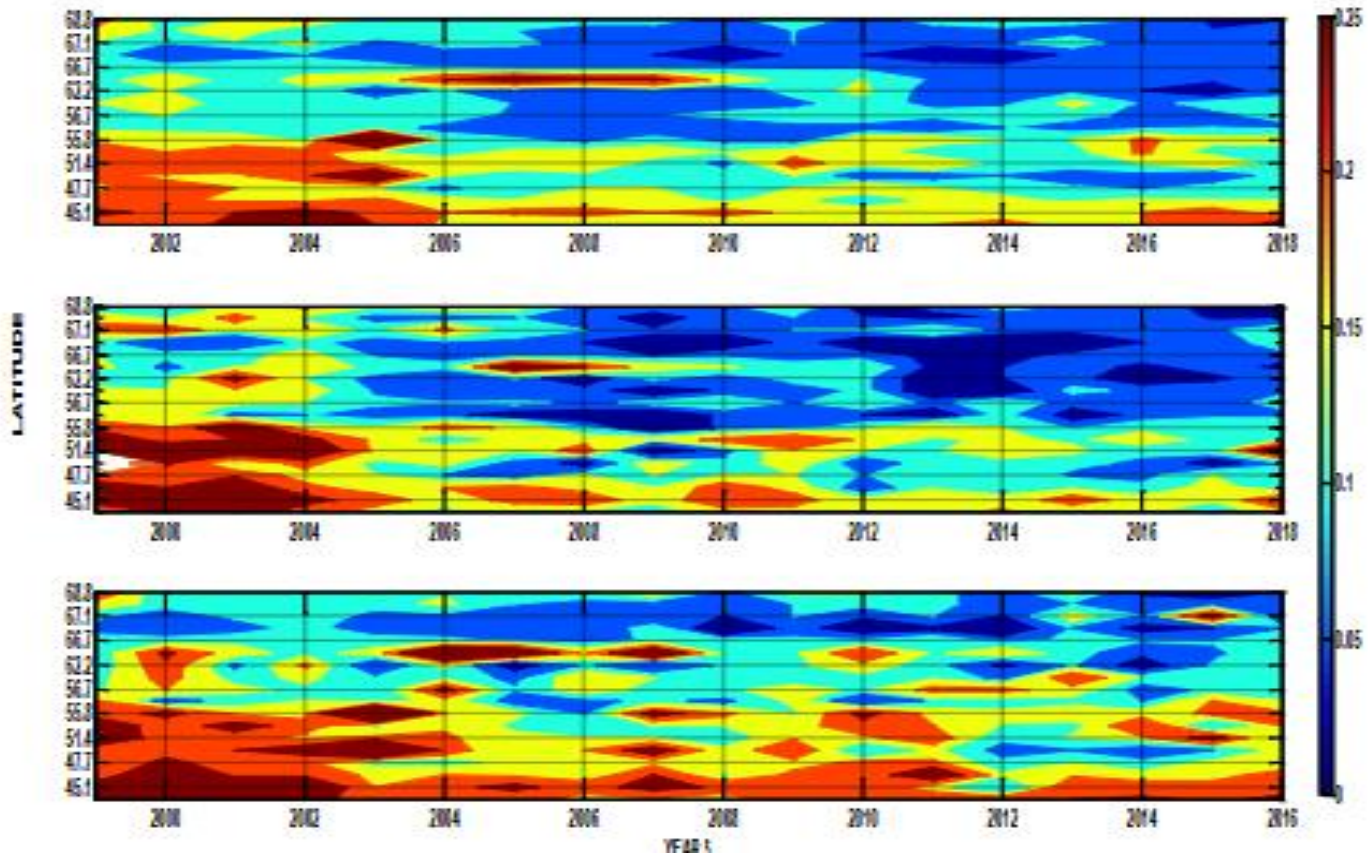




Пространственное распределение годовых, апрельских и июльских значений АОТ над Европейской территорией РФ в первые 10-летия 21 века



Пространственно-временные вариации годовых, апрельских и июльских значений АОТ над Европейской территорией РФ в первые 10-летия 21 века



Потоки восходящей и нисходящей длинноволновой радиации над подстилающей поверхностью (примеры для 3-х станций)

По данным натурных измерений потоков приходящей E_d и уходящей E_u длинноволновой радиации (Вт\м^2), температур приземного слоя воздуха ($t_в$), температур подстилающей поверхности ($t_п$) и среднемесячных величин степени покрытия небосвода облаками N (спутниковые данные) выполнены статистические оценки. Оценены значения средних, экстремальные величина, изменчивость средних. Кроме того, рассчитаны корреляционные связи приходящей E_d и уходящей E_u длинноволновой радиации с температурой воздуха и подстилающей поверхности и степенью покрытия неба облаками. Степень покрытия небосвода облаками скачивались через специализированный сервер https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni , использовались месячные значения "cloud fraction from cloud mask", TERRA/MODIS. Оценки представлены в Таблице для трех пунктов наблюдений, выбор которых на начальном этапе был обусловлен качеством рядов эмпирических данных.

Параметр	Каргополь (61.5; 39.0) 2014–2019	Самара (53.2; 50.25) 2014–2019	Цимлянск (47.7; 42.1) 2014–2020
$E_d = f(t_в)$	$Y = 3{,}68\,x + 288$ $R^2 = 0{,}88$	$Y = 3{,}48\,x + 282$ $R^2 = 0{,}94$	$Y = 3{,}19\,x + 288$ $R^2 = 0{,}89$
$E_d = f(N)$	$Y = -94{,}4\,x + 371$ $R^2 = 0{,}07$	$Y = -131{,}8\,x + 392$ $R^2 = 0{,}23$	$Y = -115{,}0\,x + 392$ $R^2 = 0{,}54$
$E_u = f(t_п)$	$y = 4{,}23\,x + 316$ $R^2 = 0{,}99$	$y = 4{,}20\,x + 313$ $R^2 = 0{,}99$	$y = 4{,}71\,x + 311$ $R^2 = 0{,}99$
$E_{d\,ср.}$	300	304	322
$E_{d\,мин.}$	207	228	253
$E_{d\,макс.}$	372	377	397
c_{v}, %	13	14	11
$E_{u\,ср.}$	333	349	379
$E_{u\,мин.}$	237	258	291
$E_{u\,макс.}$	425	454	476
c_{v}, %	15	18	16
$E_u - E_d$	33	45	57
$t_п - t_в$	0,9	2,3	3,5
N	0,75	0,70	0,61

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 1

Проанализированы результаты измерений составляющих длинноволнового радиационного баланса: энергетической освещенности, создаваемой собственным излучением поверхности земли (Eu) и энергетической освещенности, создаваемой тепловым излучением атмосферы (Ed), а также соответствующих значений таких параметров атмосферы, как температура почвы, температура приповерхностного воздуха, влагосодержание атмосферы. Полученная информация позволяет оценить закономерности изменения суточных и месячных сумм Ed и Eu (МДж/м2), границы их колебаний в годовом и суточном ходе и экстремальные значения месячного и суточного разрешения, для выбранных пунктов наблюдений получены уравнения множественной регрессии, связывающие длинноволновую радиацию с температурой воздуха и температурой поверхности Земли, с облачностью и содержанием водяного пара в атмосфере. При комплексной обработке выявляется единообразие регрессионных коэффициентов для разных точек измерений и значимую связь ДВР с температурой почвы и воздуха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 2

Рассмотрены примеры наиболее значимых и ярких ситуаций в пространственном и временном режиме изменений этих параметров для разных регионов и временных периодов. Получены систематические пространственные и долговременные изменения годовых и сезонных величин АОТ и прозрачности атмосферы для территории РФ и особенности их вариаций. Особое внимание уделяется поствулканическому временному периоду и первым десятилетиям 21 века, а также эпизодам аэрозольного замутнения атмосферы в результате проявления локальных источников поступления аэрозоля в атмосферу, а также в результате адвекции воздушных масс из соседних территорий. Выявлена и акцентирована тенденция сохранения и некоторого увеличения прозрачности воздуха в первые десятилетия 21 века, а также сохраняющий градиент увеличения прозрачности с юго-запада на северо-восток.