

УДК 551.501.755:551.509.313.11

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

¹О.С. Кочеткова, ²О.Ю. Марченко, ¹А.Ю. Шиховцев

ASSESSMENT OF CLIMATIC CONDITIONS FOR ASTRONOMICAL OBSERVATIONS

¹O.S. Kochetkova, ²O.Yu. Marchenko, ¹A.Yu. Shikhovtsev

Для расчета флуктуаций показателя преломления были использованы метеорологические данные. Расчеты были выполнены для разных высот в зимний и летний сезоны. Также был проведен анализ пространственного распределения облачности, наличие которой влияет на качество астрономических наблюдений. Полученные результаты позволили определить наиболее перспективные области для проведения астрономических наблюдений, а также сравнить астроклиматические условия крупнейших обсерваторий мира.

Meteorological data have been used to calculate refractive index fluctuations – the indicator of optical instability of the Earth's atmosphere. The calculations were made for standard pressure levels of the atmosphere in winter and summer. They are presented as distributions over the Earth's surface. It was also analyzed the spatial distribution of clouds, the presence of which reduces the quality of astronomical observations. The findings enabled us to determine preferred areas for astronomical observations as well as to compare astroclimate conditions of the world's largest observatories.

Астроклиматические характеристики во многом зависят от степени нестационарности атмосферных процессов. Прямым следствием такой нестационарности является оптическая нестабильность земной атмосферы в микро- и мезомасштабном диапазоне, количество и плотность облачного покрова в синоптическом диапазоне. В свою очередь, нестационарность атмосферных процессов зависит от величины и неоднородности распределения в пространстве кинетической энергии течений. Взаимосвязь атмосферных процессов на разных временных и пространственных масштабах позволяет надеяться использовать для оценки астроклиматических условий результаты архивных метеорологических данных и экспериментов с современными моделями общей циркуляции атмосферы.

В работе представлены результаты расчетов и схемы распределений облачности и флуктуаций показателя преломления воздуха (σ_N) для разных барических уровней в атмосфере. Расчеты выполнены на основе данных NCEP/NCAR Reanalysis за 1948–2010 гг.

Одной из основных задач астроклиматических исследований является оценка уровня оптической нестабильности земной атмосферы (ОНЗА). Под этим понимается состояние развитости неоднородностей показателя преломления по лучу зрения [Гатарский, 1967]. Одним из основных параметров, характеризующих ОНЗА, являются флуктуации показателя преломления воздуха, которые представляют собой отношение дисперсии температуры к ее квадрату. Предварительные исследования рядов флуктуаций показателя преломления, рассчитанных по сетевым метеорологическим данным, и рядов прямых измерений seeing (угла турбуленции) [Афанасьева, 1967] показали их высокую согласованность с коэффициентом корреляции 0.6–0.95 [Ковадло и др., 2010]. Это позволяет предположить, что мелкомасштабная турбулентность определяется крупномасштабными неоднородностями. Распределение σ_N в зависимости от сезона года и высоты над уровнем моря показано на рис. 1.

У поверхности Земли четко видна зависимость σ_N в высоких и умеренных широтах от сезона года и характера подстилающей поверхности. Для «зимнего» полушария максимальные значения σ_N наблю-

даются над побережьями континентов и внутриконтинентальными областями, минимальные – над океанами. Однако в зоне от 30° N до 30° S подобной картины не наблюдается, в этой области значения σ_N «не чувствуют» рельеф. Этот факт свидетельствует о том, что вклад рельефа в общий уровень оптической турбулентности зависит от конкретного региона, в частности от широты места.

На высоте ~3 км наименьшие значения σ_N отмечаются в зоне ± 30 градусов. В июне–августе в низких широтах эта зона с минимальными значениями расширяется к северу, в декабре–феврале она сжимается только с северной стороны, не расширяясь к югу. Минимальные значения σ_N в рассматриваемые периоды года локализованы над северной частью Южной Америки и Центральной Америкой, над центральной Африкой и Океанией. Максимальные значения σ_N наблюдаются на северо-востоке антарктического материка в оба периода года и в июле достигают 10 единиц. В Северном полушарии максимальные значения распределяются над территорией Канады и Гренландией в январе, и значения σ_N достигают 6 единиц. Отметим, что в средних широтах Северного полушария, где располагаются все российские обсерватории, σ_N изменяется от 2.5 до 4.5 единиц в январе и от 1 до 3 в июле. Наиболее низкие значения в июне–августе наблюдаются на территории южных частей Алтая, Восточной Сибири и Дальнего Востока. Далее распределение значений σ_N показано в свободной атмосфере на высоте ~9 км, которая находится под тропопаузой. На этом уровне наблюдаются наиболее высокие скорости ветра и, соответственно, повышенная турбулизация. На рисунках видно, что распределение σ_N в отличие от нижних уровней имеет менее выраженную зависимость от подстилающей поверхности, изолинии в основном ориентированы в зональном направлении. Минимальные значения σ_N отмечаются в июле в широтной полосе от 15° N до 15° S. Отметим, что сезонные изменения на этом уровне выражены слабее, чем на нижних уровнях [Ковадло и др., 2011].

Однако решающую роль при выборе мест для астрономических наблюдений играет количество облачного покрова, глобальное распределение которого показано на рис. 2.

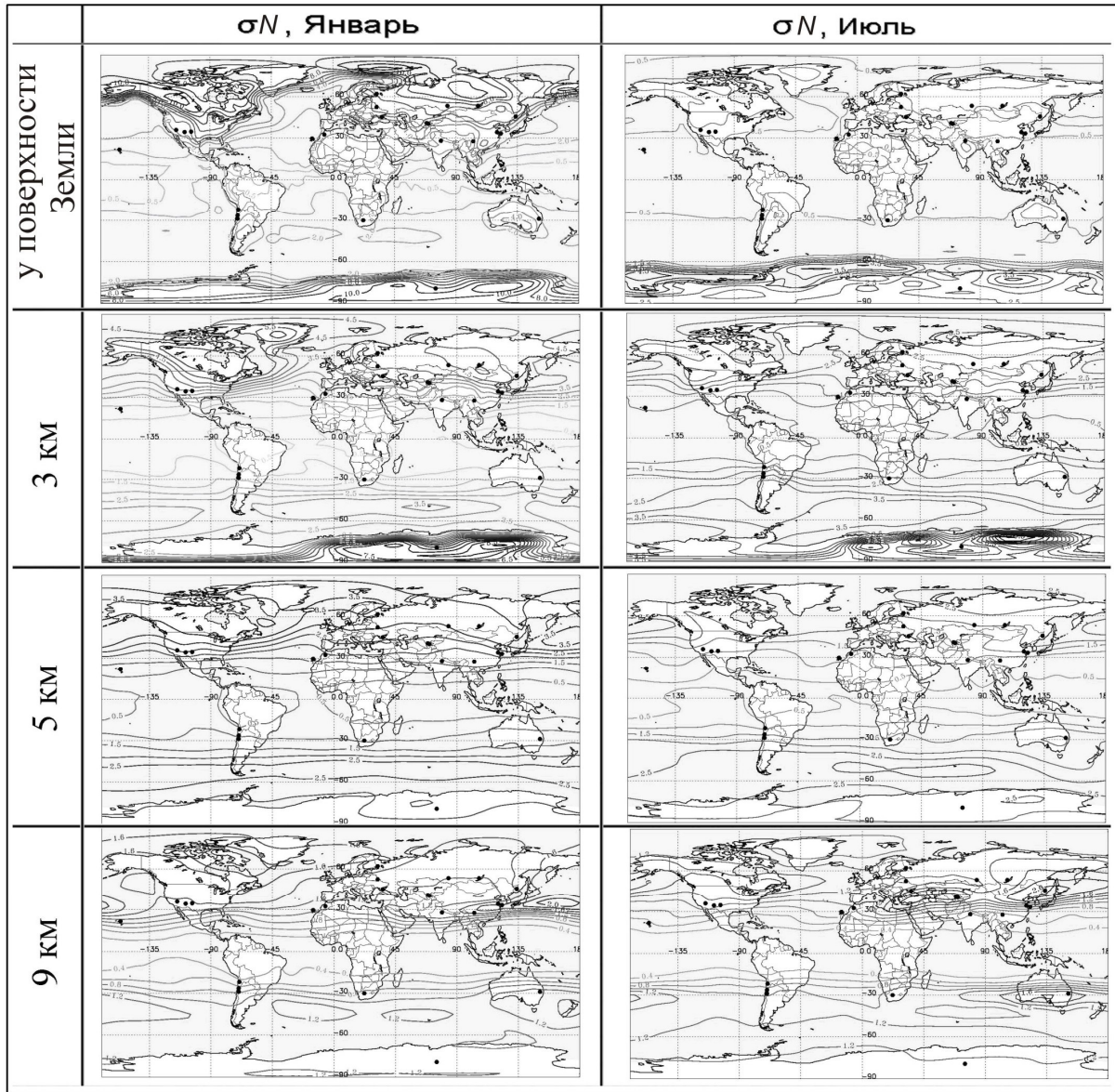


Рис. 1. Схемы распределения флуктуаций показателя преломления (точками обозначены крупнейшие астрономические обсерватории).

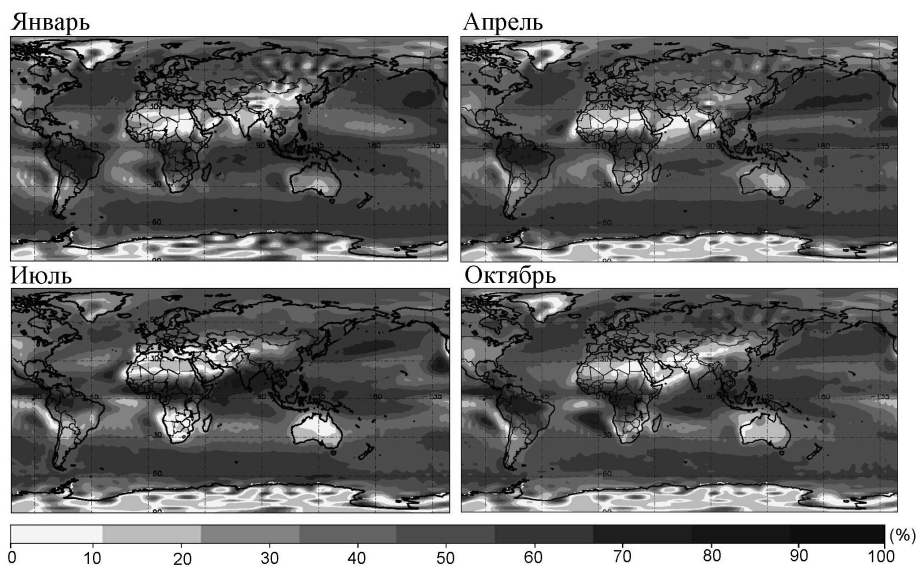


Рис. 2. Схемы распределения количества облачности.

Количество облачности на Земле в целом довольно стабильно несмотря на годовой ход и широту места и составляет в среднем 5-6 баллов. Режим облачности обуславливается, главным образом, распределением потоков тепла и влаги, циркулирующей атмосферы и характером подстилающей поверхности. В одной и той же широтной зоне над океанами количество облаков, как правило, на 1 балл выше, чем над сушей [Дроздов, 1989]. Наибольшее количество облачности в течение года наблюдается в экваториальной зоне, а также в океанических областях умеренных и субполярных широт обоих полушарий. На экваторе это связано с конвергенцией потоков и, как следствие, с интенсивными восходящими токами, возникающими при наличии больших запасов влажного воздуха. Значительная облачность над океаническими районами умеренных и субполярных широт связана с повышенной циклонической деятельностью в указанных регионах.

К пасмурным регионам, в которых количество облачности более 60–70 % и в течение года мало меняется, относятся районы исландской и алеутской депрессии, бассейны Амазонки и Конго. Наименьшее количество облачности наблюдается в континентальных районах субтропических и тропических широт. В частности к ним относятся восточные побережья Австралии, Африки и Южной Америки, северо-восточная территория Сахары, Аравийского полуострова, юго-запад Северной Америки, Гренландия. Также по данным сетевых метеорологических наблюдений выделены регионы с высокой повторяемостью ясного неба, которые на приведенных схемах не видны; к таким регионам относятся Монголия, Восточная Сибирь, Центральная Азия, центральная часть Антарктиды [Берлянд, Строкина, 1980].

Рисунки 1, 2 также показывают, что современные обсерватории и крупные телескопы в целом расположены в местах, характеризующихся малыми значениями флуктуаций показателя преломления воздуха и безоблачной погодой, что является несомненным достижением астроклиматологии.

Использование предлагаемой методики районирования позволило получить крупномасштабную картину распределения астроклиматических характеристик, выделить регионы с наиболее благоприятными климатическими условиями для проведения астрономических наблюдений, к которым относятся западное побережье Южной Америки, юго-запад США, Гренландия, территория стран «Африканского рога», северная часть Австралии, юго-запад Китая, территория стран Средней Азии, Забайкалье, южная и центральная часть Якутии. Предлагаемая методика может быть использована также при создании мировой сети станций инфразвукового мониторинга с самым минимальным уровнем помех, разработке оптимальных коротковолновых трасс радиосвязи и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьева Е.М. О качестве изображения звезд в Новосибирске по наблюдениям 1961–1963 гг. / Е.М. Афанасьева. Новосибирск: Наука, 1967. С. 98–111.

Берлянд Т.Г., Строкина Л.А. Глобальное распределение общего количества облаков. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 71 с.

Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 568 с.

Ковадло П.Г. Исследование крупномасштабных астроклиматических характеристик / П.Г. Ковадло, О.С. Кочеткова, А.Ю. Шиховцев // Известия иркутского государственного университета. 2010. Т. 3, № 2. С. 88–96.

Ковадло П.Г. Кочеткова О.С., Шиховцев А.Ю. Оптическая нестабильность земной атмосферы южной части Восточной Сибири // Солнечно-земная физика. 2011. Вып. 3. С. 80–85.

Татарский В.И. Распространение волн в турбулентной атмосфере / В.И. Татарский. М.: Наука, 1967. С. 396.

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

²Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск