



УДК 520.1

Астроклимат Иркутска

П. Г. Ковадло (kovadlo2006@yandex.ru),

В. В. Капленко (vkap@niiiftri.irk.ru)

С. И. Расчетин (ras@niiiftri.irk.ru)

С. А. Язев (uustar@star.isu.ru)

Аннотация. Работа посвящена анализу основных параметров астроклимата г. Иркутска. Показано, что астроклиматические характеристики обсерватории Иркутск позволяют эффективно реализовывать наблюдательные астрономические программы.

Ключевые слова: астроклимат, качество изображения, солнечная радиация, рассеянный свет.

Введение

Астрономические наблюдения различного назначения осуществляются на многих больших и малых обсерваториях земного шара. Большие обсерватории, эксплуатирующие инструменты с эксклюзивной крупногабаритной оптикой, решают, как правило, фундаментальные научные проблемы, на которые ориентирован крупный телескоп. Такие обсерватории, с целью достижения их высокой эффективности, размещаются в специально подобранных местах с высокими показателями астроклимата. Роль малых обсерваторий, как правило, состоит в решении прикладных задач. В настоящее время этими обсерваториями получается практически весь объем мониторинговых данных по специализированным программам и решаются, в том числе, все традиционные и нетрадиционные задачи астрономии, оптики атмосферы, включая задачи охраны окружающей среды.

Малые обсерватории, в лучшем случае, построены с учетом местных особенностей рельефа местности и, реже всего, с подбором места по наилучшим для этой территории астроклиматом. Многие малые обсерватории, имеющие продолжительную историю, оказались едва ли не в центрах урбанизированных территорий. Такая ситуация характерна для известных московских обсерваторий ГАИШ МГУ на Красной Пресне и Воробьевых горах, во многих других городах. В этом же ряду находится астрономический полигон ВСФ ФГУП ВНИИФТРИ в Иркутске, где начиная с 1979 г. размещены, кроме того, инструменты астрономической обсерватории ИГУ.

Опыт показывает, что успешность реализации астрономических программ тесно связана с условиями наблюдений. Для разработки новых и повышения эффективности старых наблюдательных программ, рассчитан-

ных на большую продолжительность, требуется оценка фонового и текущего состояний астроклимата места установки астрономического инструмента, а также их прогноза. Под прогнозом здесь обычно понимают тенденции изменения астроклиматических характеристик в долгосрочной перспективе. Для малых обсерваторий приоритетными астроклиматическими характеристиками являются повторяемость ясного неба, уровень оптической нестабильности атмосферы, прозрачность атмосферы или уровень рассеянного света, скорость ветра и влажность воздуха в приземном слое.

В настоящей работе изложены результаты исследований некоторых основных параметров астроклимата наблюдательного пункта Иркутск. Необходимость такого рода исследований связана с планируемым в ближайшем десятилетии продолжением в Иркутске циклов астрооптических определений параметров вращения Земли и наблюдений фотосферной активности Солнца, а также развертыванием автоматизированных наблюдений оптических транзиентов ночного неба и мониторинга метеорных потоков. Эффективность указанных проектов во многом зависит от астроклиматических характеристик пункта наблюдений.

Дневной астроклимат пункта Иркутск

Телескопы астрономической обсерватории ИГУ расположены на территории астрономического полигона Восточносибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» [2]. Географические координаты данного пункта следующие: широта $52,219024^\circ$ с. ш., долгота $104,316237^\circ$ в. д., высота над уровнем моря 500 м. Астрономическая площадка площадью 6 га располагается на самой высокой точке юго-восточной окраины г. Иркутска на левом берегу р. Ангары и занимает всю плоскую часть вершины горы, склоны которой с юго-запада до северо-востока застроены жилыми домами преимущественно с центральным отоплением, восточные и юго-восточные склоны покрыты лесом. Антропогенное воздействие городских дымов и пыли на прозрачность воздуха зависит от ветрового режима, направление которого определяется рельефом долины Ангары – юго-юго-восток, северо-северо-запад. Ветры южного направления (ветры ясной погоды) со стороны оз. Байкал направлены в сторону города и благоприятны для наблюдений, их повторяемость близка к 50 %. Северо-западные ветры более интенсивны и практически всегда связаны с появлением облачности и осадками.

Наиболее важной астроклиматической характеристикой для проведения оптических наблюдений является повторяемость ясного неба. Обычно различают дневную и ночную повторяемость ясного неба, реже – сумеречную. Дневная – оценивается по продолжительности солнцесияния и по повторяемости общей облачности в диапазоне 0–2 балла.

Согласно сетевым метеорологическим данным средние месячные значения продолжительности солнечного сияния за год за 20-летний пери-

од для ст. Иркутск оказываются следующими: среднее – 2048 ч, максимальное – 2391 ч, минимальное – 1787 ч.

Для сравнения дневных условий Иркутской обсерватории приводим среднегодовые оценки продолжительности солнечного сияния в часах по некоторым обсерваториям [2]: Канарские острова – 3000, Ташкент – 2800, Китаб – 2656, Бюракан – 2492, Саянская ВАО (Монды, Восточный Саян) – 2464, Алма-Ата – 2392, КраО – 2279, ГАС ГАО (Кисловодск) – 2247, САО (Зеленчукская) – 2240, Листвянка (оз. Байкал) – 2045, Б. Алма-Атинское озеро – 2043, Шемаха – 2214, Абастумани – 1951, ГАО АН УССР (Голосеево) – 1843, ГАИШ- 1757, ГАО (Пулково) – 1564. Отсюда можно заключить, что Иркутская обсерватория по дневным условиям наблюдений лишь незначительно уступает ряду западных и среднеазиатских обсерваторий.

По ранее проведенным исследованиям астрономическая продолжительность солнцесияния может отличаться от метеорологической продолжительности до 15 % в сторону уменьшения [1]. Важной информацией о возможной продолжительности солнцесияния является ее распределение в течение года. На рис. 1 показано годовое распределение отношения наблюдавшейся продолжительности солнцесияния к возможной. Рисунок показывает, что вероятность солнцесияния в феврале, марте и апреле наибольшая.

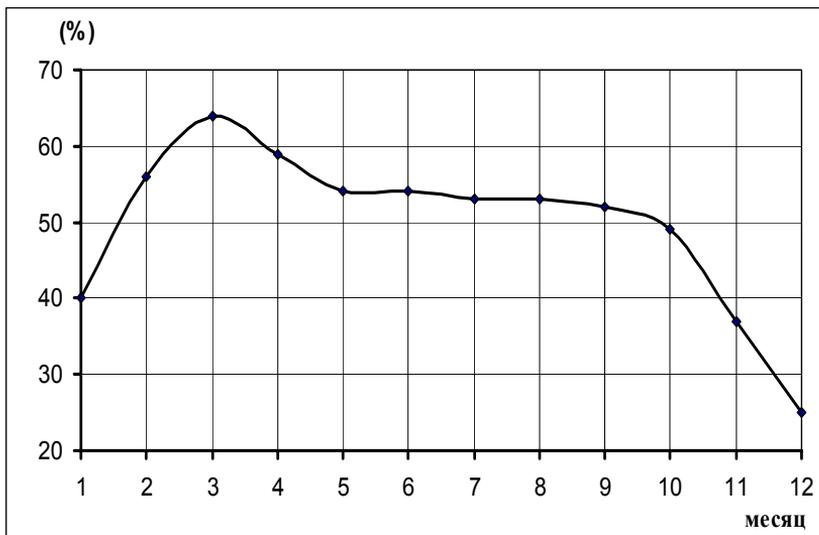


Рис. 1. Распределение отношения наблюдавшейся продолжительности солнцесияния к возможной в течение года в процентах

При планировании дневных астрономических наблюдений полезной характеристикой является число дней, когда небо закрыто облаками в течение всего дня. На рис. 2 по средним многолетним данным ст. Иркутск представлено распределение числа пасмурных дней без солнца. Наихудшие месяцы в году – декабрь и январь. Для сравнения приведем среднее число пасмурных дней на других обсерваториях Сибири: Саянская высо-

когорная астрофизическая обсерватория (Саянская ВАО) в Мондах (высота 2000 м), за год – 22; – Байкальская астрофизическая обсерватория в пос. Листвянка на берегу оз. Байкал (600 м), за год – 49; астрономическая обсерватория ст. Змеиногорск (500 м), за год – 64.

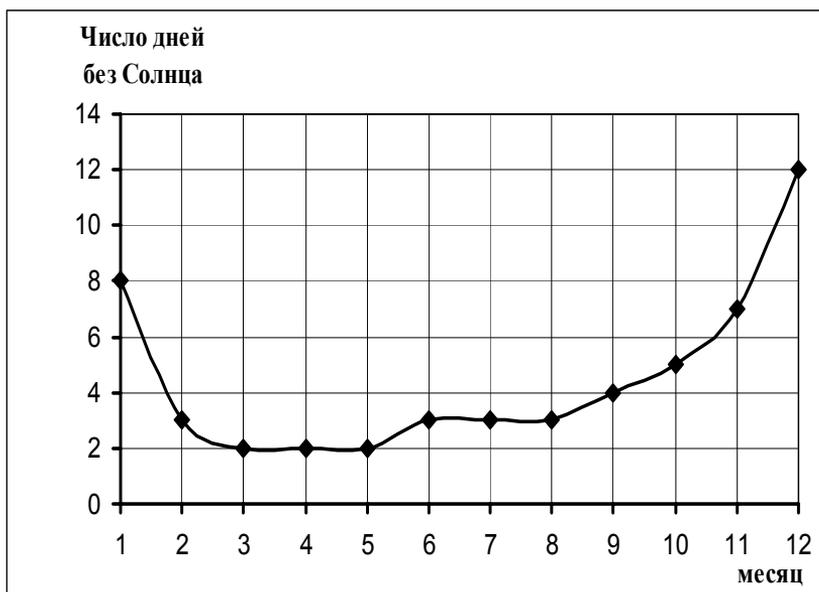


Рис. 2. Среднее число дней в году без солнца

Благоприятные астроклиматические условия пункта Иркутск подтверждаются результатами регулярных наблюдений Солнца, выполненных в астрономической обсерватории ИГУ. В 2008 г. число дней, в течение которых проводились съемки Солнца, составило 302, что можно считать хорошим результатом.

При оптических наблюдениях с высоким угловым разрешением качество изображения (различаемая тонкая структура на изображениях) зависит от атмосферного рассеянного света, который попадает в инструмент и снижает контраст деталей. Особенно этот эффект проявляется в телескопах с низкой светосилой. На рис. 3 приведено годовое изменение показателя рассеянного света R (%) в атмосфере на нескольких обсерваториях. Этот параметр представляет собой отношение рассеянной солнечной радиации к прямой солнечной радиации, падающей на нормальную к лучам света площадку. Фактически этот показатель характеризует и прозрачность атмосферы. Наибольшие значения этого показателя наблюдаются весной за счет присутствия в атмосфере ледяного аэрозоля, а после схода снежного покрова – пыли, поступающей в атмосферу с открытых участков местности. Летом почву от выветривания защищает растительность, а осадки промывают нижние слои атмосферы от аэрозоля и рассеянный свет осенью минимален.

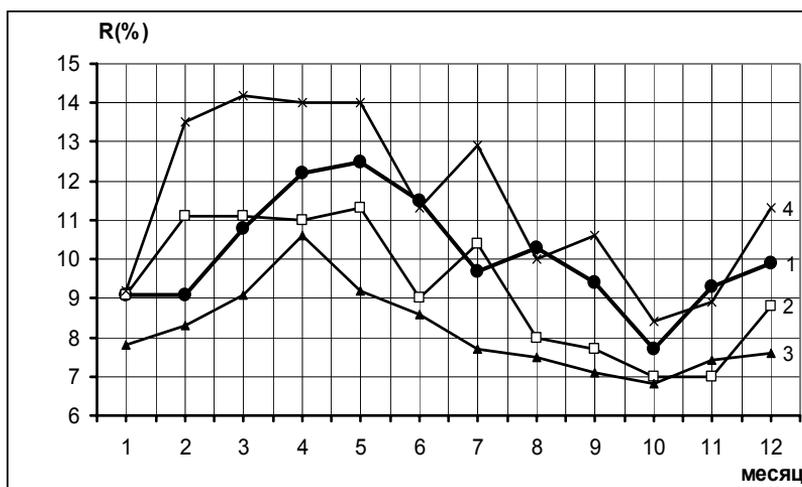


Рис. 3. Изменение показателя рассеянного света в атмосфере R (%) в течение года на обсерваториях

в Иркутске – 1, в Байкальской астрофизической обсерватории (пос. Листвянка) – 2; Саянской высокогорной астрономической обсерватории (Монды) – 3; на астрономической обсерватории ст. Змеиногорск (Алтай) – 4

Сравнение показателей рассеянного света показывает, что на Иркутской обсерватории рассеянный свет на несколько процентов выше, чем на Байкальской астрофизической обсерватории, что можно объяснить действием городского загрязнения атмосферы. Змеиногорская обсерватория расположена на высоте около 500 м над уровнем моря в 80 км к юго-востоку от Рубцовска. Как показывает рисунок, для этого пункта характерен очень высокий уровень рассеянного света из-за большого содержания пыли, источником которой в течение всего года являются большие площади открытых полей и лугов. С высотой рассеянный свет уменьшается, что демонстрирует сравнение кривых коэффициента рассеивания света от Змеиногорска до Саянской обсерватории.

Регулярных или специальных дневных астрономических наблюдений на Иркутской обсерватории не проводилось, поэтому оценку места по дневному качеству изображения можно сделать косвенно по расчетным данным оптической нестабильности земной атмосферы (ОНЗА) на ст. Иркутск. Под ОНЗА понимается состояние развитости неоднородностей показателя преломления осредненных по лучу зрения. Рассчитывается ОНЗА как интегральный показатель преломления неоднородностей плотности воздуха для разных слоев атмосферы по сетевым аэрологическим данным давления воздуха, средней температуры и временных или пространственных разностей температуры. Астроклиматические условия ст. Иркутск по качеству изображения превышают средний уровень по станциям на территории России и ближнего зарубежья более чем на 10 % и уступают лишь южным среднеазиатским станциям. Это обстоятельство указывает на то,

что на телескопах ст. Иркутск можно получать изображения с высоким качеством на протяжении длительных промежутков времени.

Ночной астроклимат пункта Иркутск

Повторяемость ясного ночного времени наилучшим образом можно оценить только из специально организованных наблюдений. При астроклиматических исследованиях ясность ночного неба обычно оценивают по повторяемости общей облачности градации 0–2 балла, наблюдения которой проводятся на сети метеорологических станций. Оценивается облачность на метеорологических станциях визуально, поэтому при лунном освещении точность выше, чем при звездном. Более того, можно считать, что достоверно ясность неба при звездном освещении оценивается только в околосенитной области неба. При городской подсветке уверенно оценивается также околосенитная область неба. Метеорологическая ст. Иркутск в настоящее время оказалась в центре городской застройки и обременена влиянием перечисленных свойств, снижающим репрезентативность наблюдений. На рис. 4 показано среднее годовое распределение ясного ночного неба в часах, вычисленное по данным наблюдений общей облачности 0–2 балла на станциях Иркутск и Исток Ангары за период 2001–2003 гг. Утренние и вечерние сумерки здесь исключены, т. е. исключены трехчасовые интервалы вечерних и утренних сумерек. Это сделано потому, что метеорологические наблюдения на сетевых метеорологических станциях выполняются через три часа.

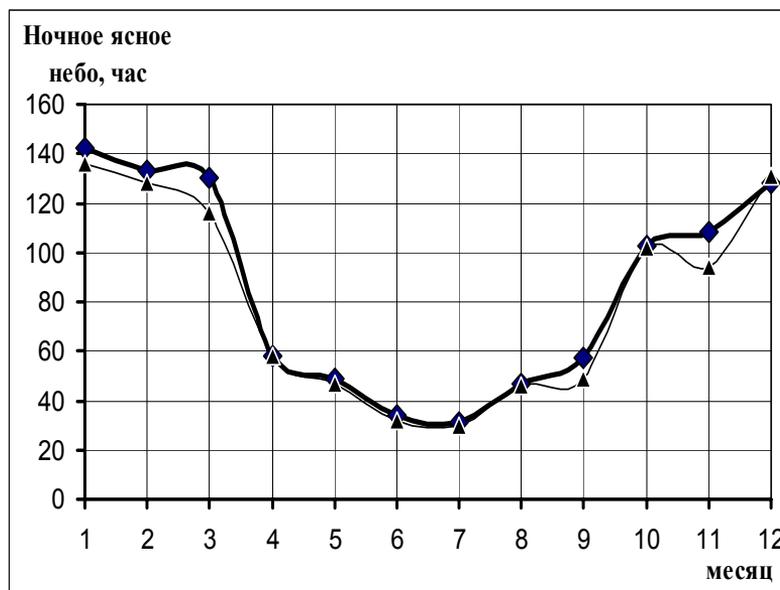


Рис. 4. Среднее изменение количества ясных ночных часов за год на ст. Иркутск – жирная линия и Байкальской астрофизической обсерватории – тонкая линия (по данным наблюдений ст. Исток Ангары)

На рис. 4 можно видеть, что по количеству часов ясного неба пункты отличаются незначительно: 969 ч на ст. Исток Ангары и 1020 ч на ст. Иркутск. Как было сказано выше, реальная возможная продолжительность астрономических наблюдений может отличаться от приведенных значений.

Объективную же информацию о качестве астрономических изображений и их изменениях можно получить из прямых оптических наблюдений. С этой целью нами проанализированы ряды астрометрических фотоэлектрических измерений ошибок моментов меридиональных прохождений звезд, выполненных на пассажном инструменте АПМ-10. АПМ-10 имеет диаметр апертуры 100 мм и установлен в открытом павильоне на высоте 3 м на астрополигоне ВСФ ФГУП «ВНИИФТРИ». Учитывая масштаб изображения и линейную скорость движения изображения звезды в фокусе телескопа, нами были вычислены среднеквадратические значения амплитуды флуктуаций углов прихода света на апертуре телескопа в угловых секундах (дрожание изображения звезды). Отметим, что условия наблюдений позволили определить только низкочастотную составляющую дрожания с периодом не менее 2–3 с. На рис. 5 приведено среднее годовое изменение дрожания звездных изображений за период 2000–2006 гг. Рисунок показывает, что лучшие условия для наблюдений складываются в осенне-зимний период и частично в августе. Эти периоды являются для этого пункта благоприятными в том смысле, что зимний период характеризуется высокой повторяемостью ясного неба и слабыми ветрами.

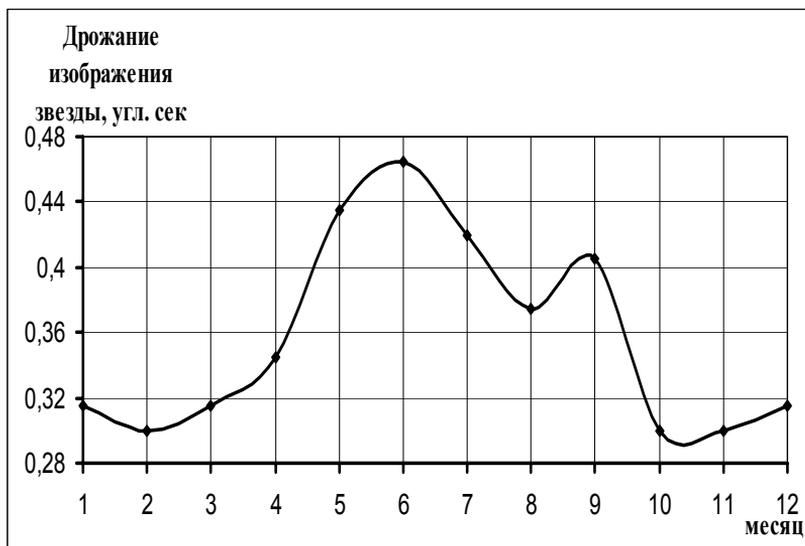


Рис. 5. Среднее годовое изменение дрожания звездных изображений в 2000–2006 гг.

Представляет интерес исследование трендов долговременных изменений дрожания изображений в связи с потеплением зим в г. Иркутске. На рис. 6 показан весь ряд наблюдений величин дрожания изображений, сконцентрированный внутри каждого года за период 2000–2006 гг. Можно

отметить четкое монотонное снижение величин дрожания изображения, что в целом указывает на уменьшение температурных контрастов в атмосфере и снижение уровня ее турбулизации.

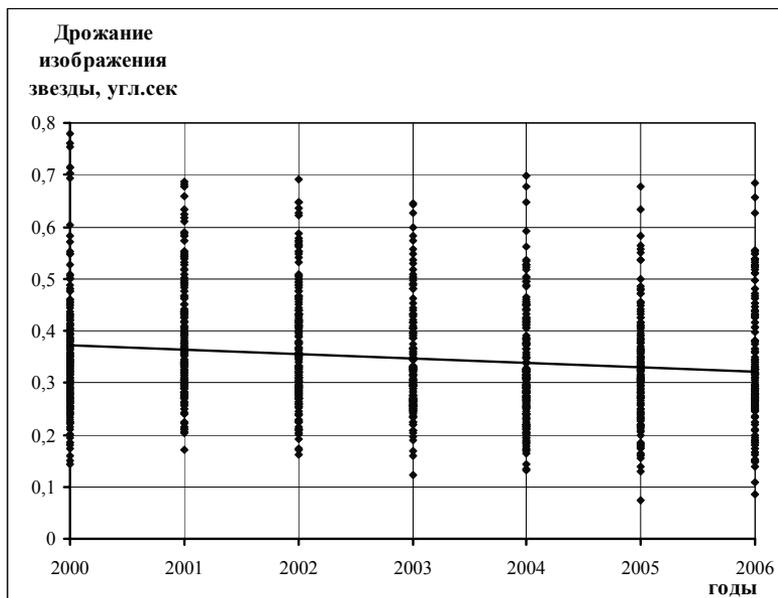


Рис. 6. Динамика средних величин дрожания звездных изображений за 2000–2006 гг.

Выводы

Приведенные результаты астроклиматических исследований позволяют оценить возможности проведения астрономических наблюдений в пункте Иркутск и дают информацию для определения наблюдательного статуса обсерватории в перспективе. В целом основные астроклиматические характеристики пункта Иркутск можно считать неплохими, что позволяет планировать будущие астрономические наблюдения с использованием телескопов с малой апертурой (до 300 мм). Выявленный тренд, отражающий уменьшение величины дрожания изображений, связанный с предполагаемым ростом оптической стабильности приземных слоев атмосферы (рис. 6) позволяет рассчитывать на высокую эффективность будущих астрономических наблюдений в Иркутске.

Список литературы

1. Дарчия Ш. П. Оценка продолжительности солнечного сияния / Ш. П. Дарчия, П. Г. Ковадло, Ю. В. Шаманский // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. – М. : Наука, 1989. – Вып. 87. – С. 183–192.
2. О дневном астроклимате пунктов Арлан, Майданак и Кумбель / П. Г. Ковадло [и др.] // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. – М. : Наука, 1990. – Вып. 91. – С. 210–219.

3. Язев С. А. *Астрономическая обсерватория Иркутского университета // Земля и Вселенная. – 2002. – № 6. – С. 61–64.*

The astroclimate of Irkutsk

P. G. Kovadlo, V. V. Kaplenko, S. I. Raschetin, S. A. Yazev

Abstract. The article is dedicated to the main parameters of Irkutsk city astronomical climate. There is presented that the programs of astronomical observations may be effectively realized by Irkutsk observatory astroclimatic characteristics.

Key words: astronomical climate, seeing, solar irradiance, scattered light.

Ковадло Павел Гаврилович
доктор физико-математических наук
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ведущий научный сотрудник астрономической обсерватории ИГУ профессор географического факультета ИГУ
Институт солнечно-земной физики СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 126 а
ведущий научный сотрудник
тел.: 41-09-06

Расчетин Сергей Иванович
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ведущий инженер астрономической обсерватории ИГУ
ВСФ ФГУП «ВНИИФТРИ»
664056, Иркутск, ул. Бородина, 57
тел.: (3952) 46-83-03
ведущий инженер
тел.: 46-80-22

Капленко Виктор Васильевич
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ведущий инженер астрономической обсерватории ИГУ
ВСФ ФГУП «ВНИИФТРИ»
664056, Иркутск, ул. Бородина, 57
ведущий инженер
тел.: 46-80-22

Язев Сергей Артурович
кандидат физико-математических наук
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
директор астрономической обсерватории ИГУ
доцент географического факультета ИГУ
Институт солнечно-земной физики СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 126 а
старший научный сотрудник
тел.: 75-54-19