

**Открытая юношеская реферативно-практическая  
астрономическая конференция Московского региона  
«Веговские чтения 29»**

**Практическая работа  
Астроклимат на Звенигородской  
астрономической обсерватории**

Выполнила:

Мавричева Мария Александровна, 6 класс,  
объединение «Галактика», МАУДО Дом  
детского творчества города Звенигород,  
Московская область

Руководитель:

Вибе Анжелика Анатольевна,  
педагог дополнительного образования,  
МАУДО Дом детского творчества города  
Звенигород, Московская область

Звенигород, 2021

## **Цели и задачи**

Цель работы — показать изменение количества ясных дней со временем на Звенигородской астрономической обсерватории при исследовании астроклимата. Задачи — изучить историю исследования астроклимата, обработать данные метеостанции на Звенигородской астрономической обсерватории, выявить тенденции в изменении количества ясных дней, показать перспективы работы астрономического оборудования на обсерватории в связи с данным астроклиматом.

## **Введение**

Для наблюдения в оптическом диапазоне астрономы до сих пор размещают большую часть своих телескопов на поверхности Земли, но при этом стараются выбирать место и создавать условия, максимально выгодные для наблюдений.

Астроклимат — это совокупность атмосферных условий, влияющих на качество астрономических наблюдений. Важнейшие из них — облачность, прозрачность воздуха, степень его однородности, величина фонового свечения атмосферы, суточные перепады температуры и сила ветра. Первостепенное значение имеет отсутствие облаков в месте наблюдения. Остальные факторы влияют на форму проходящего через атмосферу волнового фронта излучения небесных объектов и, как правило, искажают. В условиях, когда волновой фронт доходит до телескопа неискажённым, инструмент может работать с разрешающей способностью, близкой к теоретической. Всестороннее изучение астроклимата — важнейшая задача при выборе места установки крупных астрономических инструментов.

## **Астрономические наблюдения**

Наземные астрономические наблюдения производятся со дна воздушного океана. Если всю нашу атмосферу сжать до плотности воды, то она имела бы толщину 10 м. Практически астрономы наблюдают в телескоп звёзды со дна водоёма такой глубины. Волнение воздушного океана, плавающие в нём облака и пыль, свечение газов и поглощение ими света звёзд, — всё это вынуждает астрономов поднимать телескопы как можно выше над землёй.

Первоначально многие обсерватории мира строились рядом со столицами, т.к. в XIX веке они решали задачи скорее географические, чем астрономические. Их основное назначение было — привязка географических координат к системе координат небесных тел для построения хороших географических карт и точных измерений времени. И всё это нужно было привязать к столице, поэтому и появились обсерватории в Гринвиче, недалеко от Лондона, Парижская обсерватория в черте города, Пулковская обсерватория по соседству с Петербургом. Для астрометрических

наблюдений — измерений координат звёзд — астроклимат в них до сих пор приемлемый.

Проводить астрономические наблюдения можно только в ясные ночи, и количество безоблачных ночей может очень сильно отличаться от места к месту, в зависимости от климата данного места. При астроклиматических исследованиях в первую очередь вычисляется количество ясного ночного времени. Например, проведённый для территории бывшего СССР астроклиматический анализ показывает, что наивыгоднейшими районами в этом отношении являются некоторые горные районы среднеазиатских республик. Очень хорошие места, с точки зрения астроклимата, есть в Средней Азии. Например, в Узбекистане в районе обсерватории Майданак в год приходится около 65-70% безоблачных ночей. В районе Кавказской горной обсерватории МГУ около 45-50% ясных ночей, на Гавайях — около 83%, в чилийской пустыне Атакама — 87–90%. Для старых университетских обсерваторий, размещённых вблизи крупных городов Европы, это время составляет порядка 200-300 часов в год (Пулково, Рига, Москва).

Количество ясных ночей вычисляется по данным метеорологических наблюдений. Метеослужба регистрирует число **ясных дней**, из них вычисляется число ночей, пригодных для астрономических наблюдений. Оно измеряется в суммарном годовом количестве часов безоблачного неба в период астрономической ночи, когда Солнце находится под горизонтом ниже 18 градусов и уже незаметны сумеречные явления.

### Ход работы

- 1) Изучить историю исследования астроклимата.
- 2) Обработать данные метеостанции на Звенигородской астрономической обсерватории за период с 2016 по 2018 гг.
- 3) Выявить тенденции в изменении количества ясных дней.
- 4) Показать перспективы работы астрономического оборудования на обсерватории в связи с данным астроклиматом.

Для исследования облачности на Звенигородской астрономической обсерватории использовались данные метеостанции с 01.04.2016 г. по 31.03.2019 г.

### Исследование

Для этого периода было посчитано количество ясных дней в месяц (*Таблицы 1-4*) без разделения на светлое и тёмное время суток, чтобы увидеть полную картину облачности в данной местности («—» означает «нет данных»).

Таблица 1. Количество ясных дней на обсерватории в 2016 г.

Число месяца	Месяцы 2016											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				0	0.57	1	0	0.97	0.94	0.96	0.17	0.13

2				0	0	0.75	0	0.54	0.38	0.4	0	0
3				0	0	0.54	0	0.06	0.58	0.02	0	0
4				0.5	0	0.63	0	0.54	0.13	0	0	0
5				1	0.11	0.54	0	0.95	0.3	0	0.1	0
6				0	0	0.18	0	0.96	0.94	0	0.15	0.7
7				0	0.2	0.49	0	0.58	0.35	0	0	0.7
8				0	0.48	0.33	0	0.91	0.40	0	0	0.04
9				0	0.94	0.12	0	0.98	0.23	0.33	0	0.16
10				0	0.56	0.60	0	0.81	0.43	0.86	0	0.33
11				0	0.4	0	0	0.67	0.07	0.33	0.3	0.6
12				1	0.6	0.18	0	0.15	0.46	0.17	0.03	0.7
13				0.5	1	0.48	0	0.82	0.68	0.08	0	0.96
14				0	1	0.65	0.02	0.57	0.11	0	0	0.13
15				0	0.57	0	0.63	0	0.05	0.02	0.02	0.5
16				0.33	0	0	0.83	0.46	0.08	0.03	0.08	0.4
17				1	0	0	0.88	0.5	0.1	0	0	0
18				0.33	0	0	-	0.5	0	0	0	0
19				0.22	0	0	-	0.46	0	0	0	0
20				0.30	0.19	0.30	-	0.30	0.02	0	0.5	0.38
21				0.38	0.18	0	-	0.58	0.17	0	0.54	0
22				0.12	0	0	-	0.54	0.02	0	1	0
23				0.40	0.13	0	-	0.39	0	0.46	1	0
24				0.42	0.33	0	-	0.07	0.13	0.75	0.1	0.02
25				0	0.15	0	-	0.81	0.18	0.8	0.1	0
26				0	0.58	0	-	0.75	0.5	0	0	0
27				0	0.31	0	-	1	0.06	0	0.3	0.04
28				0	0.31	0	0.02	0.98	0.08	0.1	0.15	0.13
29				0.19	0.79	0.35	0.97	0.96	0.03	0	0.33	0.03
30				0.22	0.98	0	0.63	0.45	0.15	0	0.94	0
31				-	1	-	0.92	0.56	-	0.43	-	0
<b>Всего</b>				6.91	11.38	7.14	4.9	18.82	10.27	5.74	5.81	5.95
<b>Итого за год</b>		<b>76,92</b>					<b>Среднемесячное количество</b>			<b>8,85</b>		

Таблица 2. Количество ясных дней на обсерватории в 2017 г.

Число месяца	Месяцы 2017											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0.17	0.63	0.40	0.1	0	0.33	0	0	0.2	0
2	0	0.54	0.08	0	0.5	0.33	0	0.40	0.75	0	0.75	0.13
3	0.06	0.33	0	0	1	0.2	0.17	0.33	0.33	0	0.17	0
4	0.04	0	0.33	0	1	0.38	0.46	0.2	0.38	0.08	0	0
5	0	-	0.13	0.30	0.40	0.17	0.46	0.67	0	0	0	0.13
6	0.92	0	0	0.25	-	0.04	0.17	0.75	0	0.04	0	0
7	1	1	0.2	0	-	0.7	0.38	0.4	0.2	0.02	0.02	0
8	1	0.08	0.30	0	-	0.33	0	0.75	0.08	0.17	0.5	0
9	1	-	0.67	0.96	-	0.25	0	0.96	0.3	0	-	0.04
10	0.2	0	0.96	0.30	-	0.08	0.40	0.86	0.7	0.08	-	0.02
11	0.46	0	0.17	0.58	0.08	0.17	0.5	0.17	0.46	0	-	0
12	0.02	0.04	0.96	0.3	0.67	0.08	0.25	0.92	0.40	0	-	0
13	0	0.13	0.83	0.04	0.75	0	0	0.40	0.46	0	-	0
14	0	-	1	0.08	1	0.13	0	0.02	0.13	0	-	0
15	0	-	0.54	0.79	0.86	0	0	0.83	0.13	0	-	0
16	0.13	-	0.02	0.08	0.06	0.13	0	1	0.46	0.08	-	0
17	0.2	-	0.75	0.33	0	0.46	0.02	0.40	0.38	0.40	-	0
18	0	-	0.33	0.5	0.79	0.40	0.46	0.63	0.46	0.04	-	0
19	0	-	0.13	0.67	0.83	0.17	0.67	0.5	0.33	0.25	-	0
20	0.38	-	0	0.5	0.04	0.5	0.46	0.86	0.96	0.30	-	0
21	0.40	-	0.17	0.46	0.25	0.33	0.46	0.96	0.40	0.08	-	0.13
22	0.33	0	0.04	0.08	0.79	0.40	0.63	0.46	0.79	0.67	0	0.18

23	0	0.04	0.63	0.38	0.33	0.25	0.67	0.17	1	0	0	0
24	0.02	0.02	0.25	0.58	0.5	0.63	0.79	-	1	0.2	0	0
25	0.79	0.40	0.86	0.79	0.08	0.06	0.13	-	0.92	0.08	0.17	0.18
26	0.58	0.46	0.67	0.04	0.3	0.17	0.08	-	0.40	0.04	0	0.08
27	0	0.08	0.04	0	0.67	0.58	0	-	0.13	0	0.02	0
28	0	0.08	0.25	0	0.38	0.54	0.02	-	0	0	0	0
29	0.13	-	0.58	0	0.02	0.38	0	-	0	0	0	0
30	0.96	-	0.83	0.83	0.54	0	0	-	0	0	0	0
31	0	-	0.33	-	0.08	-	0.30	-	-	0	-	0
<b>Всего</b>	<b>8.62</b>	<b>3.2</b>	<b>12.22</b>	<b>9.47</b>	<b>12.32</b>	<b>7.96</b>	<b>7.48</b>	<b>12.97</b>	<b>11.55</b>	<b>4.49</b>	<b>1.83</b>	<b>0.89</b>
<b>Итого за год</b>	<b>93</b>				<b>Среднемесячное количество</b>				<b>7,75</b>			

Таблица 3. Количество ясных дней на обсерватории в 2018 г.

Число месяца	Месяцы 2018											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.02	0.7	1	0.02	0.5	0.7	0.13	0.92	1	0.46	0	0.79
2	0	0	0.54	0	0.5	0	0.58	0.58	0.7	0.33	0	0
3	0	0	0.75	0.13	1	0	0.46	0.3	0	0	0	0.17
4	0	0	0	0.58	0.58	0	0.02	0.08	0	0.02	0.5	0.02
5	0	0	0.2	0.46	0.46	0.08	0.46	0.5	-	0.25	1	0
6	0	0.3	0.7	0.08	0.04	0.2	0.58	0.58	-	-	0.92	0
7	0.30	0.38	0.40	0.5	0.67	0.67	0.3	0.25	-	-	0.2	0
8	0.25	0.33	0.86	0.83	0.96	0.38	0.4	0.79	-	0.33	0	0
9	0.58	0	0.67	0.96	0.96	0.75	0.5	0.79	-	0.58	0	0
10	0.54	0	-	0.08	1	0.17	0.13	0.96	-	0.58	0	0
11	0	0	-	0.54	1	0.33	0.3	1	-	0.79	0.54	0
12	0.17	0.54	0.02	1	0.75	0.25	0.92	0.7	-	0.96	1	0
13	0	1	0	1	0.92	0.63	0.7	0.67	-	0.92	0.83	0
14	0.04	1	0	0.63	0.96	0.67	0.46	0.83	-	0.86	0.13	0
15	0	0.38	0	-	0.46	0.83	0.58	0.33	-	1	0.30	0.04
16	0.2	0	0	-	0.58	1	0.46	0.5	-	1	1	0.96
17	0	-	0.46	-	0.02	0.83	0.13	0.96	-	1	0.58	1
18	-	-	0.96	-	0	0.7	0	0.96	-	1	0	0.96
19	0.08	-	1	-	0	0.5	0	0.46	-	0.83	0	0.08
20	0	-	0.75	-	0.13	0.86	0	0.04	0.13	0.67	0	0
21	0	-	0	-	1	0.75	0	0.33	1	0.33	0.2	0
22	0.04	0.46	0.30	0	0.2	0.75	0	0.92	0.7	0.63	0.13	0
23	0.08	0.79	0.02	0.4	0.08	0.58	0	1	0.5	0.17	0.46	0
24	0	0.75	0.54	0	0.63	0.4	0	1	0.25	0	0	0
25	0.30	0.96	0.79	0.02	0.83	0.79	0	1	0.17	0.04	0	0
26	-	1	0.04	0.08	0.25	0.92	0	1	0.58	0.13	0	0
27	-	1	0.30	0.79	0.86	0.96	0	1	0.33	0.08	0.02	0
28	-	1	0.83	0.58	0.96	1	0	0.92	0.13	0.08	0.2	0
29	0	-	1	0.83	1	0.83	0	0.46	0.79	0	1	-
30	0	-	0.75	0.17	0.92	0.08	0.08	0.38	0.17	0.08	1	-
31	0	-	0	-	0.25	-	0.83	0.7	-	0	-	-
<b>Всего</b>	<b>2.6</b>	<b>10.59</b>	<b>12.88</b>	<b>9.68</b>	<b>18.47</b>	<b>16.61</b>	<b>8.02</b>	<b>20.91</b>	<b>6.45</b>	<b>13.12</b>	<b>10.01</b>	<b>4.02</b>
<b>Итого за год</b>	<b>133,36</b>				<b>Среднемесячное количество</b>				<b>11,11</b>			

Таблица 4. Количество ясных дней на обсерватории в 2019 г.

Число месяца	Месяцы 2019											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	0	0.08	0.38								
2	-	0	0.67	1								
3	-	0	0.2	1								
4	-	0	0.02	0.92								

5	-	0.08	0	0.30								
6	-	0	0.40	0.02								
7	-	0	0.46	0.7								
8	-	0	0	0.02								
9	0.54	0	0.30	0								
10	0.13	0	0.13	0.13								
11	0.33	0	0.08	0.40								
12	0	0	0.58	0								
13	0.08	0	0.54	0.08								
14	0	0.2	0.54	0								
15	0.25	0	0.08	0.5								
16	0.33	0	0.08	1								
17	0.02	0	0.25	0.86								
18	0	0.63	0.38	0.5								
19	0.17	0.2	0	0.83								
20	-	0	0.38	0.08								
21	0.08	0	0.08	0.5								
22	1	0.30	0.08	0.67								
23	1	0.46	0.2	0.54								
24	1	0	0.2	0.79								
25	1	0	0.86	0.67								
26	0.7	0	0.33	0.30								
27	0.02	0	0.67	0.63								
28	0.38	0	0.40	0.63								
29	0	-	0.04	1								
30	0	-	0.04	1								
31	0	-	0.38	-								
<b>Всего</b>	<b>7.03</b>	<b>1.87</b>	<b>8.45</b>	<b>15.45</b>								
<b>Итого за год</b>					<b>Среднемесячное количество</b>							

Максимальное количество ясных дней в месяц не превышает 21 сут., а минимальное даже не доходит до 1 суток. Самый благоприятный месяц в году — август, за 3 года на него в среднем приходится 17,57 суток ясного неба. Самый неблагоприятный для наблюдений месяц — это декабрь, в среднем 3,62 сут. безоблачного неба (Таблица 5).

Таблица 5. Общее и среднее количество ясных дней в месяц с 2016 по 2019 гг.

Годы	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016	-	-	-	6,91	11,38	7,14	4,9	18,82	10,27	5,74	5,81	5,95
2017	8,62	3,2	12,22	9,47	12,32	7,96	7,48	12,97	11,55	4,49	1,83	0,89
2018	2,6	10,59	12,88	9,68	18,47	16,61	8,02	20,91	6,45	13,12	10,01	4,02
2019	7,03	1,87	8,45	15,45								
<b>Среднее</b>	<b>6,08</b>	<b>5,22</b>	<b>11,18</b>	<b>10,38</b>	<b>14,06</b>	<b>10,57</b>	<b>6,8</b>	<b>17,57</b>	<b>9,42</b>	<b>7,78</b>	<b>5,88</b>	<b>3,62</b>

Общее и среднее за год количество ясного времени (в сутках и часах) за 2016-2019 гг. приведено в Таблице 6.

Таблица 6. Количество ясных дней (часов) на обсерватории в 2016-2019 гг.

№	Год	Количество месяцев	Общее количество ясного времени в сутках (часах)	Среднее за год количество ясного времени в сутках (часах)
1	2016	9	76,92 (1846,08)	8,85 (212,4)
2	2017	12	93 (2232)	7,75 (186)

3	2018	12	133,36 (3200,64)	11,11 (266,64)
4	2019	3	17,35 (416,4)	5,8 (139,2)

За 9 месяцев 2016 года всего было 76,92 ясных дней, в 2017 году — 93, в 2018 году — 133,36, за 3 месяца 2019 г. — 17,35. То есть, в период с 2016 по 2019 гг. общее количество ясных дней в году **увеличивается** от 76,92 до 133,36 сут.

Среднемесячное количество ясных дней в 2016 году — 8,85 сут., в 2017 году — 7,75 сут., в 2018 году — 11,11 сут., в 2019 году — 5,8. То есть, в период с 2016 по 2019 гг. среднемесячное количество ясных дней в общем **увеличивается** от 7,75 до 11,11 сут.

Чтобы выявить тенденцию изменения ежемесячного количества ясных дней за 2016-2019 гг., нагляднее всего представить полученные данные в виде графика (рис. 1).



Рис. 1. Ежемесячное количество ясных дней на обсерватории за 2016-2019 гг.

## Результаты

Как видно на графике, среднемесячное количество ясных дней с 2016 по 2019 гг. имеет тенденцию **увеличиваться**. В среднем за этот период на обсерватории было 101,1 сут. (2426 часов) ясного неба в год. Это говорит о том, что перспективы использования астрономических инструментов на обсерватории будут улучшаться. Но пять лет, за которые имеются точные метеоданные, — это слишком маленький срок, чтобы делать долгосрочные прогнозы. Астроклимат на обсерватории необходимо исследовать более полно, изучить не только количество ясных дней в год, но и количество ясных ночных часов в год.

## **Перспективы**

Самый важный фактор астроклимата — облачность — на Звенигородской астрономической обсерватории подробно не исследовался. Его анализ показывает, что погодные условия — это самый существенный фактор, который мешает вести настоящие, профессиональные астрономические наблюдения, т.к. телескопы должны работать большую часть календарного года, а не несколько суток в год. Следующее исследование, которое можно предпринять в плане изучения астроклимата на Звенигородской астрономической обсерватории, это посчитать точное количество ясных ночей в год и сравнить с данным исследованием. Также можно оценить влияние засветки неба от близкого крупного города (Москвы), которое тоже снижает качество астрономических наблюдений.

## **Вывод**

За последние 5 лет на Звенигородской астрономической обсерватории среднее количество ясных дней оценивается около 100 в год. Это слишком мало для того, чтобы там могли качественно работать большие профессиональные инструменты. А вот для работы, например, радиотелескопов облачность значения не имеет, поэтому в местности с таким астроклиматом можно установить именно их, и уже точно иметь возможность выполнять настоящую профессиональную работу.

Астроклимат в центральном районе нашей страны не позволяет проводить профессиональные астрономические наблюдения в оптическом диапазоне, поэтому многие обсерватории имеют свои базы в регионах с хорошим климатом: в Крыму и на Кавказе. На самом деле, в России сейчас нет мест с достаточно хорошим астроклиматом, чтобы там имело смысл строить действительно большие оптические телескопы.

## **Заключение**

В ходе работы была изучена история исследований астроклимата, обработаны данные метеостанции на Звенигородской астрономической обсерватории за период с 2016 по 2018 гг., выявлена тенденция в изменении количества ясных дней, показаны перспективы работы астрономического оборудования на обсерватории. Исследование количества ясных дней — это первый шаг во всестороннем изучении астроклимата на Звенигородской астрономической обсерватории, в следующем исследовании можно посчитать точное количество ясных ночей в год и сравнить с данным исследованием.

## **Список литературы и источников**

1. Небо и телескоп / Ред.-сост. В.Г. Сурдин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 424 с. — (Астрономия и астрофизика).



2. Телескопы / Под ред. Дж. Койпера и Б. Миддлхёрст. Пер. с англ. под ред. В.А. Крата и Н.Л. Кайдановского. — М.: Издательство иностранной литературы, 1963. — 316 с.: с вкл.
3. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия. / Глав. ред. М.Д. Аксёнова. — М.: Аванта+, 1997. — 688 с.: ил.

[https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/434550/V\\_astronomicheskom\\_rayu](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434550/V_astronomicheskom_rayu)

[https://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/astronomiya/ASTROKLIMAT.html](https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/astronomiya/ASTROKLIMAT.html)

<http://www.astro-cabinet.ru/library/srdp/razvedka-drugih-planet36.htm>

<https://zen.yandex.ru/media/nplus1/что-такое-astroklimat-i-svetovoe-zagryaznenie-5da59cc4e4fff000adc4f15b>