

УДК 537.877

ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 10.06.2021 Г. НА СИГНАЛЫ ДАЛЬНЕЙ РАДИОНАВИГАЦИИ

Черникова Вероника Валерьевна

Республика Саха (Якутия), Хангаласский район, п. Мохсоголлох, МБОУ «Мохсоголлохская СОШ с УИОП», 10 класс
Научный руководитель: Корсаков Алексей Анатольевич, г. Якутск, Институт космифизических исследований и аэронауки им Ю.Г. Шафера Сибирского отделения Российской академии наук, ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», младший научный сотрудник

Солнечная активность через возмущения ионосферы и магнитосферы Земли может наводить большие токи, способствующие выходу из строя ЛЭП, газо- и нефтепроводов, влиять на радионавигацию и связь. [1]. Проводится мониторинг как с помощью спутников, так и наземными приборами (магнитометры, ионозонды, приемники сигналов глобальных навигационных спутниковых систем). Не всегда подобные методы способны охватывать большие площади с большим разрешением по времени на труднодоступных территориях.

Радиоволны диапазона очень низких частот (ОНЧ: 3 – 30 кГц) распространяются на большие расстояния отражаясь от поверхности Земли, воды и нижней ионосферы: днем от области D (высоты 65 – 90 км), а ночью от области E (высоты 90-120 км) [2]. Принимая ОНЧ радиоволны, возможен мониторинг околоземного пространства. Изменения параметров ближнего космоса могут возникать при солнечных затмениях. Исследование актуально, ведь каждый раз лунная тень покрывает определенные участки планеты с разным затенением. Можно заранее подготовиться и смоделировать обстоятельства затмения.

Цель работы: определить обстоятельства солнечного затмения 10.06.2021, провести регистрацию ОНЧ радиоволн и выделить эффекты затмения.

10.06.2021 г. наблюдалось кольцеобразное солнечное затмение. Лунная полутень коснулась Земли в 8:12:18 по всемирному координированному времени Temps Universel Coordonné (UTC или UT). В 10:41:51 UT – наибольшая фаза затмения. Полутень покинула Землю в 13:11:24 UT [3].

Сигналы ОНЧ радиостанций принимаются штыревой антенной на крыше СОШ п. Мохсоголлох (61,39° с.ш., 128,93° в.д.). После предварительного усиления (65 раз) сигнал поступает в лабораторию школы на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП: USB 3000), который подключен к компьютеру с программой регистрации. Школе программа предоставлена Институтом космифизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера (ИКФИА СО РАН). GPS-часы (Trimble Thunderbolt E) подключены к компьютеру, стабильные секундные импульсы PPS поступают на вход запуска АЦП. Подобный регистратор установлен в г. Якутске в ИКФИА СО РАН (62,02° с.ш., 129,70° в.д.). GPS-часы синхронизируют работу регистраторов.

Я выбрала передатчики дальней навигации JJI (Япония, 32,08° с.ш., 130,83° в.д., частота радиосигнала 22,2 кГц) и DHO (Германия, 53,08° с.ш. 7,62° в.д., 23,4 кГц). Радиотрассы JJI – Мохсоголлох (протяженность 3260 км) и JJI – Якутск (3330 км) протянулись почти вдоль меридиана. Радиотрасса DHO – Якутск (6270 км) расположена над арктической частью России. Регистраторы Якутск и Мохсоголлох разнесены на 85 км. Трассы распространения я разбила по 400 км. Аналитическим методом за период с 08:11:24 UT по 12:54:54 UT с шагом 126 с в программе MS Excel была рассчитана поверхностная фаза затмения Φ_0 на каждом участке радиотрасс [3, 4].

Пусть поток ионизирующего излучения прямо пропорционален открытой площади диска Солнца. Тогда относительный поток излучения Солнца при затмении:

$$I_1/I_0 = 1 - \Phi_0 \quad (1)$$

где I_1 – поток ионизирующего излучения при затмении Солнца, зависит от открытой площади солнечного диска, I_0 – поток ионизирующего излучения в обычное дневное время. Относительное ионизирующее излучение Солнца I_1/I_0 вдоль каждой радиотрассы я определила, как среднее значений I_1/I_0 всех дневных участков по 400 км.

Амплитуда радиосигнала передатчика JJI зарегистрированная мной в Мохсоголлохе в день затмения 10.06.2021 и в предыдущие сутки 09.06.2021 представлена на рис. 1. Представлен и относительный поток излучения Солнца на радиотрассе JJI – Мохсоголлох во время затмения. Минимальный поток излучения солнца I_1/I_0 на радиотрассе JJI – Мохсоголлох в 11:51:54 UT составил 0,28 относительных единиц (отн. ед.). В это же время обнаружен минимум относительного изменения амплитуды $K_{\min} = - 46,8\%$. В начале июня закат в Японии начинался

в 10:19 UT, а в 12:48:36 UT начинался закат в Мохсоголлохе и вся радиотрасса погружалась в ночные условия. Прохождение лунной тени по радиотрассе навстречу границе день – ночь привело к уменьшению амплитуды радиосигнала на 46,8%. Минимальный поток ионизирующего излучения солнца на радиотрассе JJI – Якутск: $I_1/I_0 = 0,28$ отн. ед. (11:51:54 UT). Мной обнаружен минимум относительного изменения амплитуды радиосигнала $K_{\min} = -43,4\%$ в 11:54 UT. В 12:52:48 UT был закат в Якутске, и вся радиотрасса погружалась в ночные условия. Интерференция радиоволн может наблюдаться, когда по трассе проходит граница день-ночь.

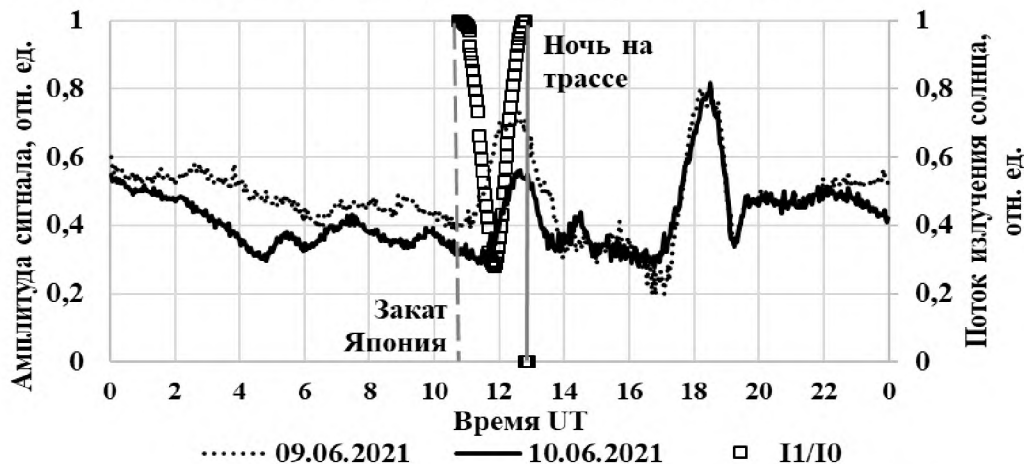


Рис. 1. Амплитуда сигнала 22,2 кГц, радиотрасса JJI (Япония) – Мохсоголлох 09.06.2021 и 10.06.2021. Относительный поток излучения Солнца при затмении I_1/I_0

Минимальный поток ионизирующего излучения Солнца на радиотрассе DHO – Якутск: $I_1/I_0 = 0,54$ отн. ед. (11:35:06 UT). Прохождение лунной тени поперек дневной трассы DHO – Якутск привело к повышению амплитуды сигнала на 21,44% (11:39:18 UT). Во время затмения Луна перекрывает диск Солнца, понижается поток излучения Солнца (источник ионизации нижней дневной ионосферы), ОНЧ радиоволны начинают отражаться от более высокого слоя E, теряют меньше энергии [2], регистрирую повышение амплитуды сигнала.

На примере солнечного затмения проверен метод синхронной регистрации ОНЧ сигналов радиостанций в двух пунктах. С применением ГЛОНАСС-часов возможен переход к мониторингу, полностью основанному на отечественной аппаратуре.

Полученные мной результаты могут быть полезны для уменьшения ошибок в дальней радионавигации и связи с подводными лодками при освоении Тихого океана и Арктики.

Особую благодарность за проведение исследований приношу моему учителю физики Переваловой Галине Александровне и координатору Некоммерческого Партнерства «Развитие образовательных учреждений с политехнической направленностью» г. Якутска Ивановой Ирине Михайловне.

Список литературы:

1. Пилипенко В.А. Воздействие космической погоды на наземные технологические системы // Солнечно-земная физика. 2021. Т. 7. № 3. С. 72-110.
2. Данилов А.Д. Популярная аэрономия. 2-е изд., доп. и перераб. Л.: Гидрометеиздат. 1989. 230 с.
3. Астрономический ежегодник / Институт прикладной астрономии РАН [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iaaras.ru/about/issues/yearbook/2021/> (дата обращения 02.10.2021 г.).
4. Дагаев М.М. Солнечные и лунные затмения. М.: Наука. 1978. 208 с.