

УДК 534-6

Г. И. Сокол, Е. Г. Крылова

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара***О РОЛИ ИНФРАЗВУКА ВО ВЛИЯНИИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ
НА КЛИМАТ И БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ**

Розглянуто інфразвук як елемент, що здійснює зв'язок між характеристиками космічної погоди, кліматом і біосферою Землі. Інфразвук розглянуто як фактор, який є інформативним параметром у реєстрації природних і техногенних катастроф. Підкреслено необхідність посилення ролі космічних апаратів у дослідженнях біосфери Землі.

Ключові слова: акустичні коливання в атмосфері Землі, інфразвук, клімат, космічна погода, біосфера.

Рассмотрен инфразвук как элемент, осуществляющий связь между характеристиками космической погоды, климатом и биосферой Земли. Инфразвук рассмотрен как фактор, являющийся информативным параметром в регистрации природных и техногенных катастроф. Подчеркивается необходимость усиления роли космических аппаратов в исследованиях биосферы Земли.

Ключевые слова: акустические колебания в атмосфере Земли, инфразвук, климат, космическая погода, биосфера.

Infrasound as an element in communication between the characteristics of space weather, climate and biosphere of the Earth is considered. Infrasound as a factor, which it is as informative parameter in the natural and man-made disasters registration is considered. Emphasizes that, it is needed the strength of the satellites role in the study of Earth's biosphere to increase.

Key words: acoustic oscillations in the Earth's atmosphere, infrasound, climate, space weather, the biosphere.

Введение. В XX веке возникла проблема обнаружения и описания связи солнечной активности (фактора «космической погоды») с состоянием здоровья живых организмов. Здесь уместно вспомнить, что 2013 год назван годом академика Владимира Ивановича Вернадского, который ввел понятие биосферы Земли [10]. В годы жизни В. И. Вернадского еще не наступила эра использования космических аппаратов для регистрации природных и техногенных катастроф, изменений климата Земли. Поэтому термин «космическая погода» появился гораздо позже. Только с началом космической эры стало возможным наблюдение за состоянием планеты Земля, а значит, и стали возможными широкомасштабные наблюдения за изменением климата [4, 14].

Состояние биосферы неразрывно связано с климатическими изменениями на планете Земля, с проявлением природных и техногенных явлений, часто проявляющихся как катастрофы для всего живого на Земле. Ранее уже сделана попытка [7–9, 12, 13] связать взаимодействие факторов космической погоды с параметрами организмов людей через распространение инфразвука в атмосфере Земли.

Целью настоящей работы стало определение роли инфразвука во взаимодействии между собой космической погоды, климата и биосферы Земли.

Основная часть. Инфразвуковые акустические колебания заняли важное место в научных исследованиях только со второй половины XX столетия. Неблагоприятное влияние на организм человека низкочастотных акустических колебаний и, в частности, инфразвука (ИЗ) и инфразвукового шума (ИЗ-шума) широко деба-

тируется в научной литературе (L. Pimonov, V. Gavro, Э. Н. Малышев, М. А. Исакович, А. В. Римский-Корсаков) [8]. Известно положительное и негативное воздействие акустических полей на человеческий организм. Обширные исследования источников инфразвука проводились в НИИ строительной физики г. Москва), а исследования влияния инфразвука на человека – в Ленинградском санитарно-гигиеническом медицинском институте и НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (г. Москва).

Наиболее общими физическими эффектами, наблюдаемыми при воздействии инфразвука на организм, являются изменение ритмов дыхания и биений сердца, расстройства желудка и центральной нервной системы, головные боли. Инфразвук больших уровней (более 140 дБ) при кратковременном воздействии вызывает тошноту, боли в желудке, головные боли, головокружение, чувство беспокойства.

При интеллектуальном труде в тихом помещении едва заметный на слух инфразвук через 2 часа вызывает тошноту и утомление. Известно, что инфразвуковые колебания даже небольшой интенсивности влияют на организм человека: вызывают тошноту и звон в ушах, уменьшают остроту зрения. Колебания средней интенсивности могут стать причиной расстройства пищеварения, нарушения функций мозга с самыми неожиданными последствиями. Инфразвук высокой интенсивности, влекущий за собой резонанс, приводит к нарушению работы практически всех внутренних органов, возможен смертельный исход из-за остановки сердца, или разрыва кровеносных сосудов. В настоящее время список ученых-исследователей действия инфразвука на живые организмы можно значительно увеличить.

Известны данные об аномальном поведении птиц, животных, рыб, а также об ухудшении самочувствия людей при распространении низкочастотных акустических колебаний перед землетрясениями, извержениями вулканов, торнадо, тайфунами [8, 12], что связывают с воздействием инфразвука – предвестника природных катастроф. Среди последних работ по инфразвуку, генерируемого при образовании торнадо, известны работы, которые опубликовал в американском журнале *Physics Today* ученый Alfred J. Bedard [12]. На рис. 1 представлен вихрь в атмосфере и распространяющиеся от эпицентра волны давления.

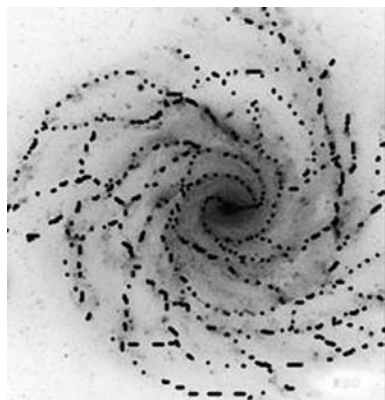


Рис. 1. Вихрь в атмосфере

В [6, 9] систематизированы источники инфразвука в атмосфере Земли. В [3] В. И. Красовский предложил деление атмосферы на верхнюю и нижнюю. Он рассмотрел связь инфразвука с явлениями в верхней и нижней частях атмосферы. Поскольку колебания атмосферы совершаются в основном без потери энергии (адиабатически), в атмосфере из-за расширения вверх воздух сильно охлаждается. В результате здесь образуются серебристые облака. Процесс носит явный характер, если здесь содержатся пылевые продукты метеоритного происхождения. В серебристых облаках при ракетных исследованиях были обнаружены очень мелкие метеоритные пылинки, покрытые корочкой льда.

В верхней атмосфере на высоте 80–85 км расположен звуковой канал, который насыщен инфразвуковыми волнами. Именно эти волны оказывают влияние на формирование серебристых облаков. Тонкие слои серебристых облаков на высоте около 80 км обычно обладают весьма развитой и очень подвижной волновой

структурой, которая является наглядным свидетельством существования в верхней атмосфере инфразвуковых волн самых разнообразных частот и амплитуд. Движения атмосферы в результате инфразвуковых колебаний трудно отличить от кратковременных ветров различных горизонтальных и вертикальных направлений, если для этой цели пользоваться только результатами одиночных вертикальных зондирований.

Серебристые облака никогда не проливаются осадками на Землю. Но эта облачность влияет на климат Земли. Наиболее вероятные поставщики инфразвука в верхнюю атмосферу – землетрясения и извержения вулканов. Можно сделать вывод, что эти процессы влияют на климат Земли путем формирования облачности над Землей в верхней атмосфере (рис. 2).



Рис. 2. Серебристые облака

Выше звукового канала плотность атмосферы падает, что приводит к повышению амплитуды инфразвуковых волн. Поэтому инфразвуковые волны способствуют раздуванию атмосферы, что, несомненно, должно оказывать влияние на климат Земли.

Переход нейтрального газа в ионизированный приводит к появлению в верхней атмосфере ионизированных цепочек, которые располагаются по меридианам. Эти цепочки флуктуируют, что приводит к флуктуациям нейтральной среды в виде волн, частоты которых инфразвуковые. Таким образом, инфразвуковые волны в нейтральной атмосфере связаны с ионизированной частью верхней атмосферы. Необходимо выяснить, как увеличение амплитуд инфразвуковых волн и смена направления их движения взаимодействует с ионизацией атмосферы и влияет на здоровье человека.

В работах известных ученых В. И. Вернадского, А. Л. Чижевского рассматривались условия взаимодействия биосферы с атмосферными и космическими явлениями на основе наблюдений и по статистическим материалам. Со второй половины XX века наблюдения за состоянием атмосферы и климатом Земли стали проводиться посредством космических аппаратов. Были проведены многочисленные исследования по взаимодействию между собой солнечного излучения, землетрясений, облачности, потоков космических частиц, полярных сияний, ионизации атмосферы [3, 5, 11]. Появилась новая терминология. В широком употреблении

термин «Космическая погода» (англ. Space weather) появился в 90-х годах XX века как охватывающий наиболее практически важные аспекты науки о солнечно-земных связях. Раздел научных знаний, называемый «Солнечно-земные связи», посвящен изучению совокупности всех возможных взаимодействий гелио- и геофизических явлений. Эта наука лежит на стыке физики Солнца, солнечной системы и геофизики. Она занимается исследованием влияния солнечной переменной активности через межпланетную среду на Землю, в частности на магнитосферу, ионосферу, атмосферу Земли. В строго научном смысле к космической погоде относится динамическая (с характерным временем – сутки и менее) часть солнечно-земных связей, а по аналогии с земными процессами – более стационарная часть, часто называемая «Космический климат».

До сих пор к тематике космической погоды относили вопросы прогноза солнечной и геомагнитной активности, исследования воздействия солнечных факторов на технические (радиопомехи, радиационная обстановка и пр.) и биологические системы и людей. Космическая погода – относительно молодая область науки. В интернете можно найти даже специальный сайт, который посвящен этой новой области. Сайт имеет разделы: «Словарик» – небольшой словарь терминов космической погоды; «Сейчас» – отражает, каково состояние космической погоды в настоящее время, т.е. уровень солнечной активности и состояние геомагнитного поля в реальном времени; «Шкалы» – шкалы уровней космической погоды, составленные аналогично шкале Рихтера для землетрясений, они помогают оценить возможные последствия для Земли в зависимости от силы космических бурь; «Супер Бури» – наиболее мощные удары Космоса по Земле с 1700 г. и их последствия; «Биосфера» – модель по А. Л. Чижевскому.

Проблема обнаружения и описания связи описанных выше явлений в атмосфере и коре Земли с биосферой может быть решена через распространение ИЗ в верхней и нижней атмосфере Земли. Используя современные компьютеры, можно рассчитывать движение инфразвуковых волн в атмосфере и использовать эту информацию для предсказания погоды.

Формированием космической и атмосферной погодами, изменениями климата Земли занимаются сейчас в мире многие организации. В Украине это Государственное космическое агентство Украины (ГКАУ), организации входящие в его структуры из Киева, Днепропетровска, Львова, Крыма. От ЮНЕСКО – Межправительственная Океанографическая комиссия Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC of UNESCO), Международная метеорологическая организация World Meteorological Organization (WMO). В США – Национальный центр для исследования атмосферы National Center for Atmospheric Research (NCAR), Colorado, Boulder; Корпорация университетов для исследований атмосферы University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), Межгосударственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН, согласованная с национальными академиями наук стран «Большой восьмёрки» (Group of eight, G8). Большая восьмёрка – международный клуб, объединяющий правительства Великобритании, Германии, Италии, Канады, России, США, Франции и Японии) и другие [4, 14].

Разработаны программы по исследованию изменения климата Земли. Это Мировая программа по исследованию погоды World Weather Research Program (WWRP), Мировая программа по исследованию климата World Climate Research Program (WCRP, по-русски ВПИК), Международная программа по геосфере и биосфере International Geosphere Biosphere Program (IGBP) и другие. Для того чтобы наука о климате шагала в ногу с потребностями общества, необходимо создание систем, объединяющих космические и наземные наблюдения, которые точно фиксируют ключевые климатические переменные в масштабах от региональных до глобальных и устойчиво функционируют на протяжении десятилетий для

определения климатических трендов и колебаний. Составные части проблематики в климате Земли это: атмосферная динамика и климат; океаны и климат; Земля, вода и климат; облака; аэрозоли и климат; компоненты атмосферы; взаимодействие биогеохимической компоненты экосистемы и человека с климатом и их комплексное влияние на систему всей Земли; длительные термальные изменения климата; региональные климатические состояния Африки, Азии, Австралии; ледяные покровы поверхности Земли и их влияние на будущие климатические изменения; влияние выбросов углекислого газа на климат Земли. Основные научные задачи ВПИК: определить предсказуемость климата, а также определить степень влияния человека на климатическую систему в этом аспекте.

Взаимодействие генерируемых в атмосфере Земли во время землетрясений и распространяющихся в верхние слои атмосферы инфразвуковых волн с солнечным излучением изучалось Украинским институтом Космических исследований ГКАУ (А. А. Негодой, С. А. Сорокой и другими учеными) [5]. Исходя из того факта, что максимальные значения амплитуд инфразвука наблюдались в моменты снижения СА, была выдвинута гипотеза, что уровень инфразвука в атмосфере зависит от галактических космических лучей (ГКЛ). Известно, что солнечная активность и количество ИЗ в верхней атмосфере взаимосвязаны обратно пропорционально (рис. 3). Бесспорно доказано влияние солнечной активности на здоровье человека. Необходимо исследовать, как влияет на здоровье человека взаимосвязь между ИЗ и солнечной активностью.

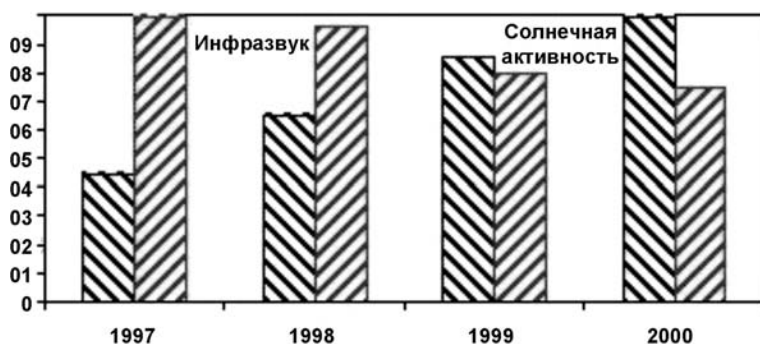


Рис. 3. Энергия инфразвука и солнечная активность в период 1997–2000 г.

Сценарий связи СА с инфразвуком в атмосфере сводится к следующей схеме. Изменения СА приводят к модуляции ГКЛ. Модулированный поток ГКЛ при взаимодействии с нижней атмосферой изменяет ее прозрачность путем образования аэрозолей и вариаций малых составляющих атмосферы (NO_2 , H_2O , O_3 и др.). Вследствие изменения солнечной энергии в атмосфере в различных зонах атмосферы образуются температурные градиенты и тепловые неустойчивости, порождающие ИКА. Образовавшийся инфразвук может влиять на флуктуации интенсивности взаимодействия космических лучей с атмосферными аэрозолями.

Фактором, оказывающим значительное влияние на инфразвуковые колебания атмосферы (ИКА), является сейсмическая активность, причём она может быть внешним воздействием на подготовительные процессы и их результатом. Связь интенсивности сейсмических процессов с солнечной активностью была обнаружена при анализе глобальной сейсмичности и 11-летних солнечных циклов. Влияние сейсмической активности на ИКА является очень сложным процессом и не сводится только к поршневому излучению колеблющихся литосферных плит. Здесь необходимо учитывать разнообразные физико-химические про-



Рис. 4. Генератор инфразвука вертикального типа Львовского отделения института космических исследований НАНУ

цессы как в литосфере, так и в атмосфере. ИКА могут порождаться газовыми выделениями из трещин литосферы при возрастании сейсмической активности, колебаниями литосферных плит, аэрозольными неоднородностями в атмосфере. ИКА могут создавать на поверхности Земли знакопеременные напряжения и проникать на значительные глубины в литосферу. Проникая в литосферу, инфразвуковые колебания влияют на скорость перемещения флюидов, теллурические электрические поля и на локальные сейсмические колебания. Такие процессы происходят на больших территориях и могут оказывать существенное влияние на сейсмическую активность. Таким образом, инфразвук в атмосфере может быть как результатом сейсмических колебаний, так и активно влиять на них. В характере взаимодействия колебательной энергией между литосферой и атмосферой могут проявляться процессы подготовки крупных землетрясений.

Глубокий анализ какого-либо явления невозможен без проведения натурных экспериментов. Для воздействия на атмосферу во время экспериментов разработаны генераторы инфразвука.

Генератор Львовского отделения ИКИ НАНУ представлен на рис. 4. Он может быть использован для регулирования выпадения осадков.

В Днепропетровском национальном университете разработан генератор горизонтально-осевого мембранного типа, работающий на частоте 20 Гц (рис. 5) [1].

Экспериментальный генератор низкочастотного звука 100 Гц (рис. 6) был использован в США как радар для определения температуры в атмосфере до высоты 20 км [12]. Диаметр выходного сечения рупора составил 3 м.

Там же создан генератор Гельмгольца, работающий на частотах 10–50 Гц (рис. 7).

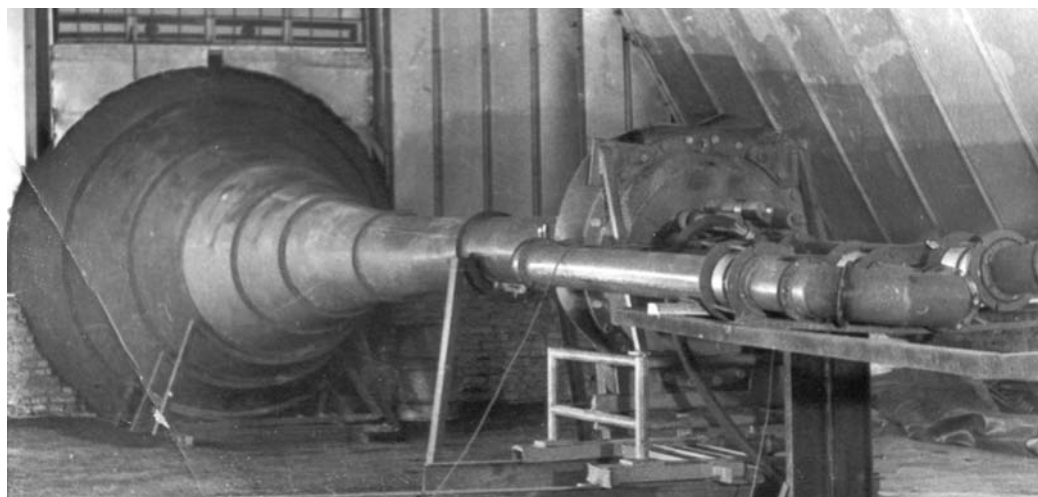


Рис. 5. Акустический генератор МГФ-80-1 разработки Днепропетровского национального университета



Рис. 6. Генератор низкочастотных акустических колебаний (США, Колорадо [12])



Рис. 7. Низкочастотный акустический излучатель типа резонатора Гельмгольца (США, Колорадо [12])

На рис. 8 показана низкочастотная акустическая антенна, предназначенная для регистрирования инфразвуковых колебаний, распространяющихся в атмосфере.

С генерированием инфразвука в верхней атмосфере связаны полярные сияния. Спектр полярных сияний состоит из систем полос нейтрального и ионизированного молекулярного азота и кислорода. Излучение с $\lambda = 3914 \text{ \AA}$ ионизированного азота наряду с $\lambda = 5577 \text{ \AA}$ является самым ярким в видимой части спектра от 3800 до 7000 \AA . Полярные сияния испускают инфразвуковые волны с периодами от 10 до 100 с, которые сопровождаются колебаниями атмосферного давления с амплитудой от 0,1 до 1 Па. Если в верхней атмосфере действительно присутствуют инфразвуковые волны, то они неизбежно будут приводить к соответствующим вариациям геомагнитного поля, поскольку верхняя атмосфера (ионосфера) обладает значительной электропроводимостью [3].

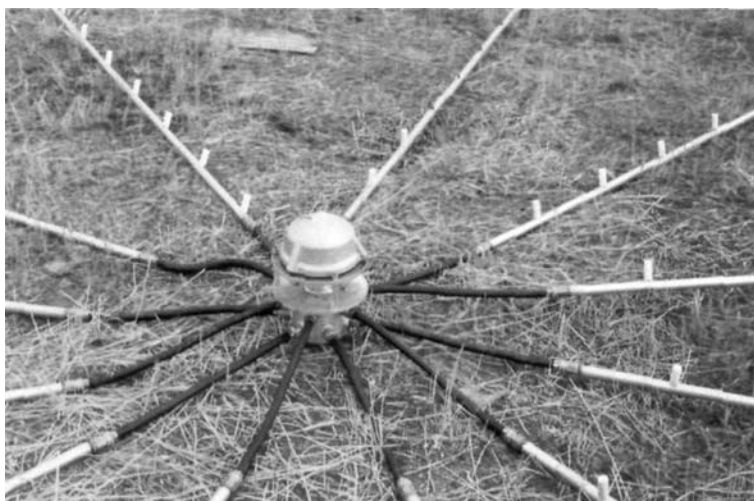


Рис. 8. Низкочастотная акустическая антенна, предназначенная для регистрирования инфразвуковых колебаний, распространяющихся в атмосфере (США, Колорадо [12])

Замечено, что наибольшего уровня инфразвуковой фон достигает во время максимального прогрева атмосферы. Одной из причин этого явления являются лесные пожары. Леса принимают участие и в стабилизации природных процессов. Они регулируют сток воды, интенсивность снеготаяния; выравнивают температурный режим, снижая амплитуду колебаний, очищают воду и воздух от механических и иных примесей. Леса стабилизируют атмосферу, снижая скорость ветра, поглощая или конденсируя вредные для человека газы и выделяя кислород. Леса подавляют развитие болезнетворных микробов; уменьшают шумы. За последние два года реальность таких процессов подтверждена. Уже давно источником разогревания верхней атмосферы представляются все виды инфразвуковых колебаний, включая и внутренние гравитационные волны. Наиболее активно изучал эти явления канадский геофизик Хайнс [7].

Затухание инфразвука в атмосфере мало, что объясняется пропорциональностью коэффициента затухания квадрату частоты. Поэтому иногда инфразвук называют «акустическим нейтрино».

Поглощение энергии инфразвуковых волн частотой 0,1 Гц в нижних слоях атмосферы составляет $2 \cdot 10^{-9}$ дБ/км. Поэтому реально достижение слоев ионосферы инфразвуковыми волнами, генерируемыми в атмосфере Земли при работе вертикально-осевых ветроагрегатов [2]. То есть при работе вертикально-осевых ветроагрегатов большой мощности в атмосфере возможны проявления тех же эффектов, что и при землетрясениях.

Выводы. Рассмотрена взаимная связь космической погоды, климата и характеристик биосферы Земли посредством связующего звена – инфразвука.

Библиографические ссылки

1. А. с. 202171 СССР, М. Кл. В 06b 1/20. Акустический излучатель / И. К. Косыко, Г. И. Сокол, В. Д. Бондарев, А. Г. Люлька, Ю. С. Михеев. – № 3060564/18-28 ; заявл. 28.02.1983; опубл. 26.04.1984.
2. Генерирование инфразвуковых волн вертикально-осевыми ветроагрегатами в атмосфере Земли / Г. И. Сокол, А. А. Приходько, Д. А. Редчиц [и др.] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту. Серія «Ракетно-космічна техніка». – Д., 2007. – № 9/2. – С. 226–230.

3. **Красовский В. И.** Штили и штормы в верхней атмосфере / В. И. Красовский. – М. : Наука, 1971. – 136 с.
4. **Крылова Е. Г.** Ракетно-космическая техника – необходимый инструмент в изучении климата Земли (по итогам научной конференции по климату Земли) / Е. Г. Крылова, Г. И. Сокол // Материалы науч. конф. по климату Земли. Денвер, Колорадо, 24–28 окт. 2011 г. / Материалы Міжнар. наук.-практ. форуму «Наука і бізнес – основа розвитку економіки», 11–12 жовт. 2012 р., Дніпропетровськ, Україна. – Д. : ДНУ, 2012. – С. 71–73.
5. **Негода А. А.** Акустический канал космического влияния на биосферу Земли / А. А. Негода, С. А. Сорока // Космічна наука і технологія. – 2001. – Т. 16, № 5/6. – С. 85–93.
6. **Сокол Г. И.** Инфразвук в атмосфере Земли от природных явлений и результатов деятельности человека / Г. И. Сокол, М. Е. Харченко // Матеріали II МНК «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу», 13–15 листоп. 2008 р., Дніпропетровськ, Україна. – Д. : ДНУ, 2008. – С. 143–145.
7. **Сокол Г. И.** Инфразвук и космическая погода / Г. И. Сокол // Космическая техника и ракетное вооружение : сб. науч.-техн. ст. – 2012. – Вып. 1. – Д. : ГП КБ «Южное». – С. 329–340.
8. **Сокол Г. И.** Особенности инфразвуковых процессов в инфразвуковом диапазоне частот / Г. И. Сокол. – Д. : Промінь, 2000. – 136 с.
9. **Сокол Г. И.** Экологическая проблема взаимодействия инфразвука с атмосферными явлениями / Г. И. Сокол, М. В. Харченко // Сб. науч. трудов СНУЯЭ и П. – 2009. – Вып. 3 (31). – С. 86–95.
10. **Сокол Г. И.** Про роль інфразвуку у взаємозв'язку космічної погоди з біосферою Землі / Г. І. Сокол // Матеріали Обласного наук.-практ. круглого столу «Формування екологічно-компетентної особливості на засадах випереджаючої освіти для сталого розвитку, присвячений 150-річчю з дня народження В. І. Вернадського», 20 верес. 2012 р., Дніпропетровськ, Україна. – Д., 2012. – С. 2.
11. **Черемних О. К.** Космічна погода. Механізми і прояви / О. К. Черемних, І. О. Кременецкий. – К. : Наук. думка, 2008. – 264 с.
12. **Bedard Alfred J. Jr.** Atmospheric Infrasound / Alfred J. Bedard Jr, Thomas M. Georges // Physics Today. – 2000. – March. – 8 p.
13. **Krylova E.** Propagation of Infrasound in the Atmosphere of the Earth / E. Krylova, G. Sokol // Вісник Дніпропетр. ун-ту. – 2012. – Т. 20, № 4. – Серія: Ракетно-космічна техніка. – Вип. 16, т. 2. – С. 36–41.
14. **Sokol G.** Influence of Infrasound on the Climate of Earth / G. Sokol, E. Krylova, S. Konjukhov // Conference of World Climate Research Programme (WCRP) «Climate Research in Service to Society», 24-28 October 2011, Denver, Colorado, USA. Session C 8: Abstracts – Denver, 2011, Atmospheric Dynamics, Posters M 86 A.

Надійшла до редколегії 16.05.2013.