

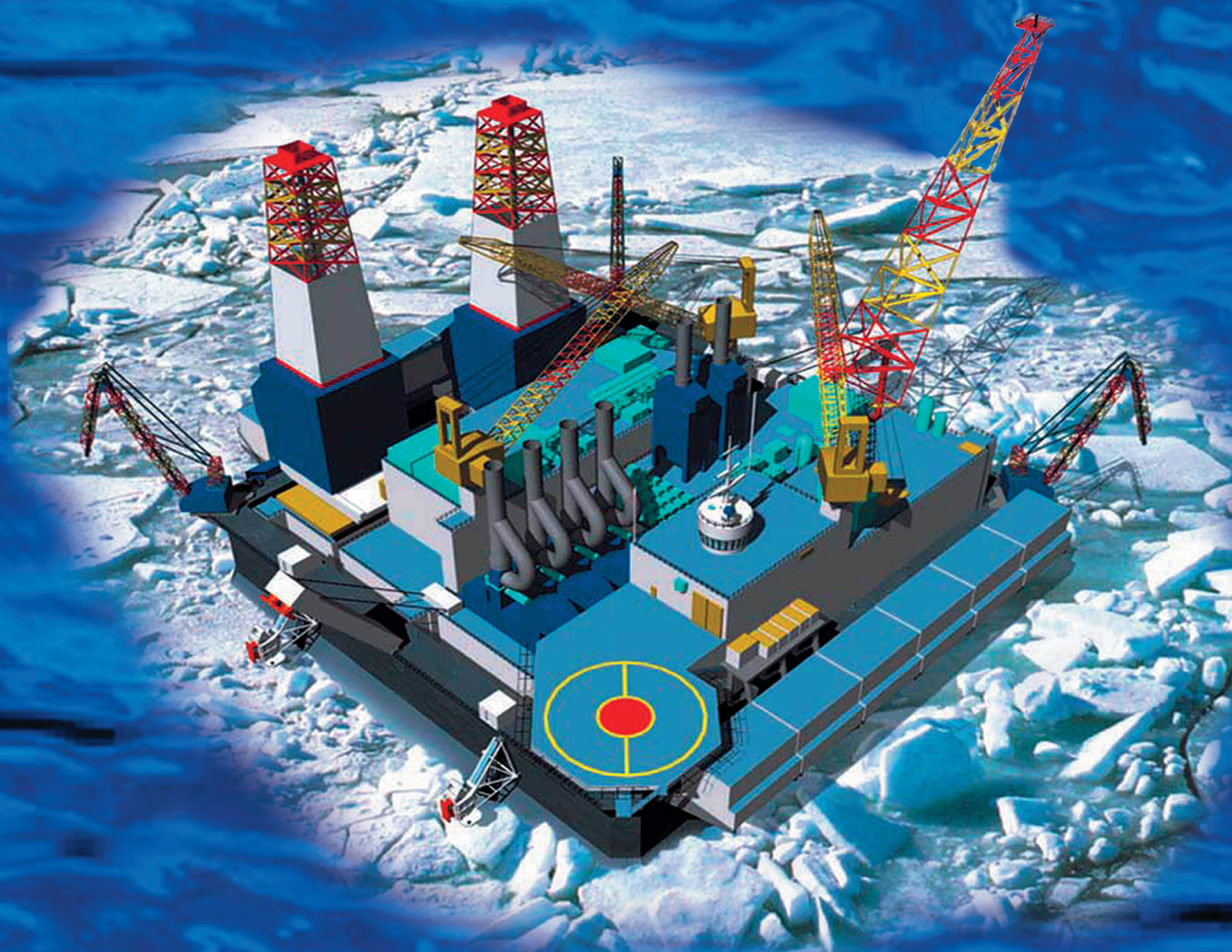


ufi
Approved
Event



RAO/CIS OFFSHORE 2021

Санкт-Петербург • 21–24 сентября 2021
September 21–24 • St. Petersburg



ТРУДЫ

PROCEEDINGS

ТРУДЫ
RAO / CIS OFFSHORE 2021
PROCEEDINGS

Санкт-Петербург
2021

УДК 553.04:551.462
ББК 26.34:26.38я43
Т78

Т 78

Труды 15-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO / CIS Offshore 2021). 21–24 октября 2021 года, Санкт-Петербург — М. Издательство Перо, 2021. — 319 с.

ISBN 978-5-00189-422-3

В сборник включены доклады 15-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore 2021), направленные участниками конференции в Секретариат. Вся ответственность за правильность и достоверность представленной информации лежит на авторах.

The Proceedings of the 15th International Conference and Exhibition for Oil and Gas Resources Development of the Russian Arctic and CIS Continental Shelf (RAO/CIS Offshore 2021) are prepared on the basis of papers and speeches of authors. Authors are responsible for fidelity and authenticity of the presented information.

Редакционная коллегия: академик РАН Конторович А.Э., д.т.н., проф. Мирзоев Д.А., д.г.-м.н. Каминский В.Д., д.э.н. Григорьев М.Н., д.м.н., проф. Мосягин И.Г., с.н.с. Вербицкий С.В.

ISBN 978-5-00189-422-3

© Секретариат RAO / CIS Offshore, 2021
© ООО «ВО «РЕСТЭК», 2021

ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА СВОЙСТВА ВОДНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ

Михаил Анатольевич АБАТУРОВ, Юрий Владимирович СИРОТИНСКИЙ, Дмитрий Леонидович ТЫТИК, Аслан Юсупович ЦИВАДЗЕ (ФГБУ ИФХЭ РАН)

THE EFFECT OF SPACE WEATHER ON THE PROPERTIES OF AN AQUEOUS ELECTROCHEMICAL CELL

Mikhail Anatolyevich ABATUROV, Yuri Vladimirovich SIROTINSKY, Dmitry Leonidovich TYTIK, Aslan Yusupovich TSIVADZE (IPCE RAS)

Environmental problems have always been of great importance for the Arctic. Currently, new aspects of this problem are also becoming relevant – space weather. For the Arctic, with its weak geomagnetic protection, this becomes especially significant. In this paper, one of the particular issues is considered - the identification of the dependence of the properties of the aquatic environment on cosmic factors. The study was conducted during the increased solar activity of the last 24 Schwabe cycle. Under laboratory conditions, the current in the electrochemical cell was monitored. The observed current variations were compared with the disturbances of the geomagnetic field for several days. Certain circadian patterns were identified. In addition, there was a sharp drop in the current, coinciding with the moment of the magnetic storm. This phenomenon can be explained by the well-known Forbush-effect - the decrease of cosmic rays with increased solar activity. This study showed a clear dependence of the properties of the aquatic environment on the factors of space weather. The described methodology can be used to organize monitoring in the Arctic regions in the upcoming 25 Schwabe cycle. This is necessary for solving both fundamental and applied problems.

Проблемы экологии всегда имели большое значение для Арктики. В настоящее время становятся актуальными и новые аспекты этой проблемы – космическая погода. Для Арктики, с её слабой геомагнитной защищённостью, это становится особенно значимым. В настоящей работе рассматривается один из частных вопросов – выявление зависимости свойств водной среды от космических факторов. Исследование проводилось во время повышенной солнечной активности последнего 24-го цикла Швабе. В лабораторных условиях проводился мониторинг тока в электрохимической ячейке. Наблюдаемые вариации тока в течении нескольких суток сопоставлялись с возмущениями геомагнитного поля. Были выявлены определённые циркадные закономерности. Кроме того, наблюдался резкий спад тока, совпадающий с моментом магнитной бури. Это явление можно объяснить известным эффектом Форбуш-спада космических лучей при повышенной солнечной активности. Данное исследование показало явную зависимость свойств водной среды от факторов космической погоды. Описанная методика может быть использована для организации мониторинга в Арктических регионах в предстоящий 25 цикл Швабе. Это необходимо для решения как фундаментальных, так и прикладных задач.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы гидрометеорологии и окружающей среды в Арктике всегда имели большое значение. Это обусловлено целым рядом факторов, таких как экстремальные климатическими условиями, труднодоступные неосвоенные территории, сложности ледовой морской обстановки. Но, кроме этих очевидных моментов, в настоящее время становятся актуальными и новые аспекты этой проблемы, связанные с факторами космической среды.

В целом, совокупность основных параметров, характеризующих состояние космической среды, принято обобщать таким понятием как космическая погода. Это понятие приобрело значимость в связи с освоением околоземного космического пространства, с предстоящими полетами на Луну и на Марс. В России была создана специальная служба космической погоды - «Центр прогнозов космической погоды ИЗМИРАН». Центр проводит мониторинг по многим параметрам космической среды, данные доступны на сайте в Интернете. Основными определяющими факторами являются солнечный ветер и космические лучи, а также возмущения геомагнитного поля. Эти факторы определяют не только состояние космической среды, но оказывают влияние на окружающую среду и на Земле [1, 2].

Так, например, вспышки на Солнце и порывы солнечного ветра приводят к возмущениям геомагнитного поля, что сказывается и на работе электронных систем, и на состоянии здоровья метеочувствительных людей. Другой фактор, космические лучи, также оказывают влияние на состояние окружающей среды на Земле [3]. Космические лучи, обладая большой энергией, создают в нижних слоях атмосферы многочисленные каскадные потоки в виде широких атмосферных ливней вторичных частиц [4]. Благодаря ионизирующим свойствам, эти частицы приводят к процессам радиолитизации, инициируют конденсацию паров в атмосфере, что приводит к интенсивному образованию облачности [5, 6]. Более того, именно космические лучи высоких энергий, создавая специфический эффект пробоя на убегающих электронах, являются первопричиной возникновения грозных электрических разрядов в атмосфере [7]. В целом, факторы космической погоды оказывают глобальное влияние на изменения климата на Земле [8].

Для Арктики факторы космической погоды имеет принципиальное значение, так как полярные регионы лишены защитных свойств такого важного для Земли барьера, как геомагнитное поле. В результате Арктика оказалась в

максимальной степени подвержена воздействию различных явлений космической среды [9]. Наглядным примером незащищенности Арктики являются полярные сияния, характерные именно для полярных регионов. Этот эффект возникает под действием плазменных потоков солнечного ветра, достигающих верхних слоев атмосферы в приполярных областях, близких к особым незащищенным зонам полярных касп в структуре геомагнитного поля [10].

Приведенное рассмотрение подтверждает то, что космические факторы, не смотря на кажущуюся защищенность Земли, оказывают принципиальное влияние на состояние ее среды. Это особенно актуально для арктических регионов и требует всестороннего изучения.

Один из частных вопросов указанной проблемы связан с влиянием космических факторов на свойства водной среды. Изучению этого вопроса был посвящен ряд исследований, в которых был обнаружен эффект закономерных циклических вариаций величины тока между электродами лабораторной электрохимической ячейки [11]. В этих работах было установлено то, что наблюдаемые вариации хорошо согласуются с такими геокосмическими событиями, как солнечно-лунные приливы, солнечные затмения и др. Ряд исследований был проведен специально в арктическом регионе на Кольском полуострове [12]. Но, тем не менее, этот вопрос еще не достаточно изучен. В настоящей работе ставится задача подтвердить указанные эффекты в электрохимической системе, дать им обоснование, исходя из конкретных событий космической погоды.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА И РЕЗУЛЬТАТЫ

В наших исследованиях в качестве объекта изучения использовалась электрохимическая ячейка, заполненной деионизированной водой. В ячейку помещались два электрода из инертного материала, в данном случае из нержавеющей стали. К электродам прикладывалось незначительное постоянное напряжение, не достаточное для протекания электролиза, но обеспечивающее протекание регистрируемого электрического тока. Методика измерений соответствовала описанию в работе [11].

Для наиболее четкого проявления факторов космической погоды, исследования проводились в фазе повышенной солнечной активности текущего 11-ти летнего цикла. Этот период соответствовал 24-му циклу Швабе. Мониторинг тока в электрохимической ячейке проводился в лаборатории ИФХЭ РАН г. Москва. Влияние вариаций таких локальных факторов, как температура, освещенность, содержание углекислого газа и кислорода в атмосфере в данном случае было исключено, так как мониторинг проводился в стабильных лабораторных условиях с соблюдением режима «нормальных условий»

Для подробного рассмотрения был выбран интервал в несколько суток, охватывающий момент заметного геомагнитного возмущения. Данные геомагнитной обстановки были взяты с сайта ИЗМИРАН г. Москва (<http://spaceweather.izmiran.ru>). График вариаций измеряемого тока в ячейке и график геомагнитных возмущений представлены на рис. 1 в единой временной шкале для возможности их сопоставления.

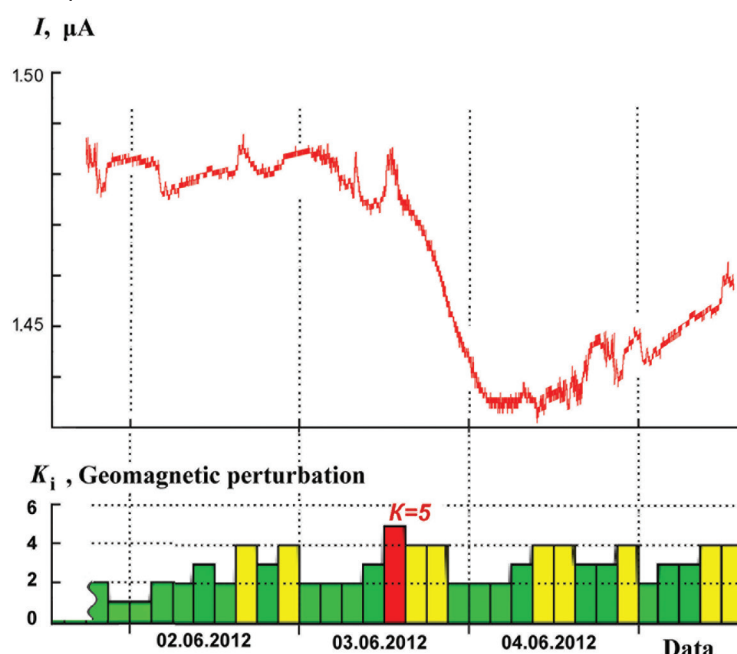


Рис. 1. Вариации тока в электрохимической ячейке во время геомагнитных возмущений.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

При рассмотрении графика вариаций тока на представленном интервале можно отметить наличие характерных незначительных циркадных изменений, в общих чертах соответствующих ритмам, обнаруженным в работе [11]. В то же время, на этом графике обращает внимание резкий спад хода кривой. Момент указанного спада, как видно из графиков, совпадает с моментом заметного геомагнитного возмущения.

Отмеченное возмущение оценивается достаточно большим индексом $K=5$. Но, тем не менее, эти вариации магнитного поля слишком малы и не превосходят величины $\sim 10^{-7}$ Тл. Такие незначительные вариации, даже в случае 9-ти балльной бури, не могут вызывать какие либо заметные магниторезистивные или магнитогидродинамические эффекты в электрохимической системе [13]. Для проявления таких эффектов напряженность магнитного поля должна быть на несколько порядков выше. Следовательно, магнитная буря в любом случае сама по себе не может быть непосредственной причиной наблюдаемого резкого спада тока.

Отмеченная связь спада тока и магнитного возмущения может быть косвенной и являться проявлением более сложных взаимосвязей различных факторов космической погоды.

Следует учесть, что возмущения геомагнитного поля в основном обусловлены порывами плазменного солнечного ветра. Более того, этот ветер способен «выдувать» из области гелиосферы потоки галактических космических лучей, модулировать их интенсивность. Соответствующий эффект спада космических лучей, известный как форбуш-спад, будет происходить в моменты повышенной солнечной активности, в моменты геомагнитных возмущений [6]. В таком случае именно форбуш-спад космических лучей, обладающих способностью к каскадному образованию широких атмосферных ливней ионизирующих вторичных частиц, может быть достаточно весомой непосредственной причиной наблюдаемого спада тока в ячейке во время геомагнитной бури. При этом магнитная буря служит только косвенным указателем на возможный эффект форбуш-спада.

Приведенный анализ резкого спада кривой тока позволяет предположить, что основной причиной регистрируемого тока в электрохимической системе с деионизированной водой являются космические лучи, выполняющие некую активирующую роль. Такое предположение согласуется и с наблюдаемым эффектом циркадных вариаций тока. Известно, что космические лучи характеризуются выраженным анизотропным пространственным распределением [3]. Соответственно, суточное вращение Земли в таком анизотропном поле может быть причиной наблюдаемых циркадных вариациям тока в ячейке.

Выяснение внутреннего механизма вариаций тока в ячейке требует специального рассмотрения. Этому вопросу была посвящена работа [14], где был обнаружен эффект спонтанного образования в воде наночастиц металла электродов, сопровождающийся вариациями тока. Данный эффект каким то опосредованным образом может быть обусловлен воздействием космических лучей и требует проведения дополнительных исследований.

ВЫВОДЫ

Данное исследование показало явную связь свойств водной среды с факторами космической погоды. Описанная методика может быть использована для организации мониторинга в Арктических регионах в предстоящий 25-й цикл Швабе.

Работа выполнена при бюджетном финансировании Минобрнауки РФ в соответствии с текущим государственным заданием ИФХЭ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Белов А.В., Ерошенко Е.А., Гущина Р.Т., Дорман Л.И., Оленева В.А., Янке В.Г. Вариации космических лучей как инструмент для изучения солнечно-земных связей. стр. 258-284 // Статья в сборнике «Электромагнитные и плазменные процессы от недр Солнца до недр Земли». Изд.: ИЗМИРАН. М., 2015.
- Райченко Л.В., Мельник Г.В. Космические источники ионизации земной атмосферы (обзор) // Геофизический журнал, № 3, Т. 39, 2017, с. 40-63, DOI:10.24028/gzh.0203-3100.v39i3.2017.104031.
- Бережко Е.Г., Крымский Г.Ф. С.Н. Вернов и исследования космических лучей в Якутии. // УФН. 2011, №2, С.223-229. DOI: 10.3367/UFNr.0181.201102m.0223.
- Добротин И.А., Зацепин Г.Т., Розенталь И.Л., Сарычева Л.И., Христиансен Г.Б., Эйдуз Л.Х. Широкие атмосферные ливни космических лучей. // Успехи физических наук. 1953. Т. XLIX, вып. 2, С.185-242.
- Махмутов В.С., Стожков Ю.И., Международный эксперимент CLOUD: частицы и облака. // Природа. Изд. Наука, М., 2012, №12, С.27-33.
- Ролдугин В.К., Белоглазов М.И. Амплитуда Шумановского резонанса во время Форбуш-эффекта // Геомагнетизм и аэрномия, 2008, Т. 48, № 6, с. 803–809.
- Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы. // Успехи физических наук. 2001. №11. С.1177-1199. DOI:10.3367/UFNr.0171.200111b.1177.
- Жеребцов Г.А., Коваленко В.А., Молодых С.И. Основные физические процессы в атмосфере Земли, криосфере и океане, определяющие особенности климатических изменений в XX в. и их связь с солнечной активностью // Солнечно-земная физика. 2011. Вып. 18. С.40-50.
- Дорман Л.И., Смирнов В.С., Тясто М.И. Космические лучи в магнитном поле Земли. – М.: Наука, 1971. – 400 с.
- Кирпичев И.П. Характеристики распределения частиц в области каспа, внешней области кольцевого тока и ближнем плазменном слое магнитосферы Земли. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н. М., 2007, 14с.
- Цетлин В.В., Файнштейн Г.С. Исследования реакции воды на воздействие космофизических и геофизических факторов оружающего пространства. // Сложные системы, 2013, №2 (7), С.65-81.
- Муравьев С.В., Цетлин В.В., Белишева Н.К., Сенсорные свойства воды как индикатор вариаций космо-гео-

физических агентов. // Труды Кольского научного центра РАН, 2015, №6, С.54-58.

13. Бограчев Д.А., Давыдов. А.Д. Оптимизация процесса электролиза во вращающейся в магнитном поле цилиндрической электрохимической ячейке. // Электрохимия, 2010, том 46, №3, с.346-351
14. Касаткин В.Э., Тытик Д.Л., Ревина А.А., Бусев С.А., Абатуров М.А., Высоцкий В.В., Ролдугин В.И., Казанский Л.П., Кузьмин В.И., Гадзаов А.Ф., Цетлин В.В. Электрохимический синтез наночастиц железа и платины в деионизованной воде // Физикохимия поверхности и защита материалов, 2015, том 51, № 6, с. 618–624 DOI: 10.7868/S0044185615060121.

ISBN 978-5-00171-422-3



ТРУДЫ RAO/CIS OFFSHORE

(21-24 СЕНТЯБРЯ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Издательство «Перо»

109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 15, ком. 536

Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36

Подписано в печать 19.08.2021. Формат 60×90/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ 728.



СЕКРЕТАРИАТ

5-я Линия В.О., д. 70, литера А
Санкт-Петербург
199178
Россия

Tel.: +7 (812) 3206363 (доб. 743)
e-mail: rao@rao-offshore.ru
www.rao-offshore.ru

SECRETARIAT

70A, 5th Line of Vasilyevsky Island
St. Petersburg
199178
Russia