



ПОДВОДНАЯ
СТАНЦИЯ ППД

РЕЗИДЕНТНАЯ
РОБОТОТЕХНИКА

ЗАЩИТА МОРСКОЙ
АРКТИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ

Неftegaz.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

OFFSHORE

ISSN 2410-3837

11 [119] 2021

ПОТЕНЦИАЛ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА



Входит в перечень ВАК

Деловой журнал «Neftegaz.RU»



ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
при Министерстве образования и науки Российской Федерации



НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index



Издательство:
ООО Информационное агентство
Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Денис Давыдов
Ольга Щербакова
Валентина Горбунова
Анна Егорова

Служба технической
поддержки
Сергей Прибыткин
Евгений Сукалов
Александр Скоморохов

Отдел по работе
с клиентами
Екатерина Данильчук
Андрей Кужиков

rg@neftegaz.ru
Тел: +7 (495) 778-41-01

Выставки, конференции,
распространение
Мария Короткова

Деловой журнал Neftegaz.RU
зарегистрирован федеральной
службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи
и охраны культурного наследия
в 2007 году, свидетельство
о регистрации ПИ №ФС77-46285

Адрес редакции:
123001, г. Москва,
Благовещенский пер., д. 3, с.1
Тел.: +7 (495) 778-41-01
www.neftegaz.ru
e-mail: info@neftegaz.ru
Подписной индекс МАП11407

Переписка материалов журнала Neftegaz.RU возможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и прочие прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии
«МЕДИАКОПОР»

Заявленный тираж
8000 экземпляров



РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Ольга Бахтина

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Ампилов
Юрий Петрович
д.т.н., профессор, МГУ
им. М.В. Ломоносова

Алюнов
Александр Николаевич
Вологодский
государственный
университет

Бажин
Владимир Юрьевич
д.т.н., эксперт РАН,
Санкт-Петербургский
горный университет

Гриценко
Александр Иванович
д.т.н., профессор,
академик РАН

Гусев
Юрий Павлович
к.т.н., профессор,
ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

Данилов-Данильян
Виктор Иванович
д.э.н., профессор,
член-корреспондент
РАН, Институт водных
проблем РАН

Аналитики
Артур Гайгер
Дарья Беляева

Журналисты
Анна Игнатова
Елена Алифирова
Сабина Бабаева
Екатерина Свинцова

Двойников
Михаил Владимирович
д.т.н., профессор,
Санкт-Петербургский
горный университет

Еремин
Николай Александрович
д.т.н., профессор,
РГУ нефти и газа (НИУ)
им. И.М. Губкина

Илюхин
Андрей Владимирович
д.т.н., профессор,
Советник РААСН,
Московский
автомобильно-дорожный
государственный
технический университет

Каневская
Регина Дмитриевна
действительный
член РАН, д.т.н.,
профессор,
РГУ нефти и газа (НИУ)
им. И.М. Губкина

Макаров
Алексей Александрович
д.э.н., профессор,
академик РАН, Институт
энергетических
исследований РАН

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

Мастепанов
Алексей Михайлович
д.э.н., профессор,
академик РАН,
Институт энергетической
стратегии

Панкратов
Дмитрий Леонидович
д.т.н., профессор,
Набережночелнинский
институт

Половинкин
Валерий Николаевич
научный руководитель
ФГУП «Крыловский
государственный научный
центр», д.т.н., профессор,
эксперт РАН

Сальгин
Валерий Иванович
д.т.н., член-корреспондент
РАН, профессор
МИЭП МГИМО МИД РФ

Третьяк
Александр Яковлевич
д.т.н., профессор,
Южно-Российский
государственный
политехнический
университет

Статья «Космическая погода и Арктика: воздействие космических лучей на водную среду» опубликована в журнале «Neftegaz.RU» (№11, Ноябрь 2021, стр.64-67)

Авторы: Абатуров Михаил Анатольевич
ФГБУ ИФХЭ РАН

Сиротинский Юрий Владимирович
ФГБУ ИФХЭ РАН

Ссылка на WEB-статью:
<https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/707633-kosmicheskaya-pogoda-i-arktika-vozdeystvie-kosmicheskikh-luchey-na-vodnuyu-sredu/>

КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА И АРКТИКА:

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ВОДНУЮ СРЕДУ

Абатуров Михаил Анатольевич
ФГБУ ИФХЭ РАН

Сиротинский Юрий Владимирович
ФГБУ ИФХЭ РАН

ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА АРКТИКИ СОПРЯЖЕНО С РЕШЕНИЕМ ЦЕЛОГО КОМПЛЕКСА РАЗЛИЧНЫХ ПРОБЛЕМ. ОДНОЙ ИЗ ТАКИХ ПРОБЛЕМ ЯВЛЯЮТСЯ ВОПРОСЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ. В ЭТОМ ПЛАНЕ ПОЛЯРНЫЕ РЕГИОНЫ НАряду с экстремальными климатическими условиями характеризуются также подверженностью влияния космических факторов. ЭТО ОБУСЛОВЛЕНО СПЕЦИФИКОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ. ТЕМА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПРИОБРЕТАЕТ АКТУАЛЬНОСТЬ НЕ ТОЛЬКО В СВЯЗИ С БЕЗОПАСНОСТЬЮ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ, НО И В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ С ЕЕ СЛАБОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ. 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 ОПРЕДЕЛЕННЫЕ 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 ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, А ТАКЖЕ МОЖЕТ ИМЕТЬ ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC SHELF INVOLVES SOLVING A WHOLE RANGE OF DIFFERENT PROBLEMS. ONE OF SUCH PROBLEMS IS THE ISSUES OF HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY. IN THIS REGARD, THE POLAR REGIONS, ALONG WITH EXTREME CLIMATIC CONDITIONS, ARE ALSO CHARACTERIZED BY EXPOSURE TO THE INFLUENCE OF COSMIC FACTORS. THIS IS DUE TO THE SPECIFICS OF THE DISTRIBUTION OF THE GEOMAGNETIC FIELD. THE TOPIC OF SPACE WEATHER IS CURRENTLY BECOMING RELEVANT NOT ONLY IN CONNECTION WITH THE SAFETY OF SPACE FLIGHTS, BUT ALSO IN CONNECTION WITH THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC WITH ITS WEAK GEOMAGNETIC PROTECTION. 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

Ключевые слова: гидрометеорология, водная среда, космические лучи, геомагнитная защищенность, освоение Арктики.

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].

ФАКТЫ

Форбуш- эффekt

– понижение интенсивности космических лучей, вызванное экранированием окрестностей Земли потоком высокоскоростной плазмы солнечного ветра

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 радиолитиза, инициализируют 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

грозовых 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

ФАКТЫ

24-му

циклу Швабе соответствует 11-летний цикл, в фазе повышенной солнечной активности которого проводились исследования

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.

Анализ результатов

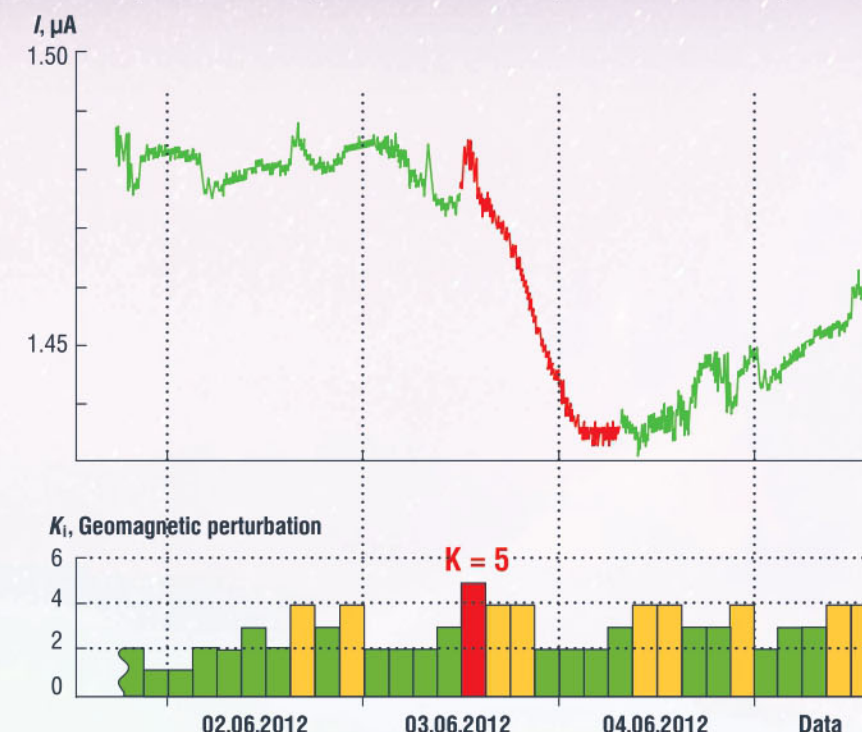
При рассмотрении графика вариаций тока на представленном интервале можно отметить наличие характерных незначительных циркадных изменений, в общих чертах соответствующих ритмам, обнаруженным в работе [11]. В то же время, на этом графике обращает внимание резкий спад хода кривой. Момент указанного спада,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

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



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 вариаций 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. ●

ФАКТЫ

Плазменный поток

солнечного ветра – основная причина возмущения геомагнитного поля

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

Литература

- Белов А.В., Ерошенко Е.А., Гушина 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/UFN.0181.201102m.0223.
- Добротин И.А., Зацепин Г.Т., Розенталь И.Л., Сарычева Л.И., Христиансен Г.Б., Зайдус 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 аэрономия, 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/UFN.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, 14 с.
- Цетлин В.В., Файнштейн Г.С. Исследования реакции воды на воздействие космофизических и геофизических факторов окружающего 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-геофизических агентов // Труды Кольского научного центра РАН, 2015, № 6, с. 54–58.
- 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.
- Касаткин В.Э., Тюттик Д.Л., Ревина А.А., Бусев С.А., Абатуров М.А., Высоцкий В.В., Ролдугин В.И., Казанский Л.П., Кузьмин В.И., Гадзаев А.Ф., Цетлин В.В. Электрохимический синтез наночастиц железа и платины в деионизированной воде // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2015, том 51, № 6, с. 618–624 DOI: 10.7868/S0044185615060121.

KEYWORDS: hydrometeorology, aquatic environment, cosmic rays, geomagnetic protection, Arctic exploration.