

О РАЗНОНАПРАВЛЕННОМ ВЛИЯНИИ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ УНИТИОЛОВОГО ТЕСТА

Э.С.Горшков, В.В.Иванов, Р.Н.Павлова¹, В.В.Соколовский¹, В.С.Сорокина¹

Санкт-Петербургский Филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, 199034 Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, д. 1, **E-mail:** sl_iva@mail.ru

¹Институт аналитического приборостроения РАН, 198103 Санкт-Петербург, Рижский пр.
26

Многолетние наблюдения, в ходе которых в постоянных условиях средних широт (Санкт-Петербург) определялась скорость реакции окисления унитиола (димеркаптопропансульфонат натрия) нитритным ионом в водном растворе ("унитиоловый тест"), позволили нам обнаружить колебательный характер изменений времени полуокисления унитиола (*ВПОУ*) и связь этих колебаний с вариациями космофизических факторов (*КФФ*) электромагнитной – солнечной активностью (*СА*), и неэлектромагнитной – гравитационной природы.

Данные исследования затрагивают проблему определения механизмов космобиологических связей и привлекают внимание к роли и участию окислительно-восстановительных процессов и систем в этих механизмах. Вместе с тем, некоторые особенности "поведения" унитиолового теста явно нуждаются в специальном обсуждении. К таковым относятся, например, наличие корреляционной связи между *ВПОУ* в приземном слое атмосферы и общим содержанием озона (*ОСО*) в стратосфере, и периодические изменения знака этой корреляции. Другой любопытный феномен подобного рода проявился при переходе научно-исследовательского судна (НИС) Российской Антарктической экспедиции (РАЭ) из южного полушария в северное с пересечением экватора.

Синхронные наблюдения *ВПОУ* в приземной атмосфере и *ОСО* в стратосфере проведены в период 41-й (1996-1997 гг., в экстремальных условиях Антарктики в условиях глубокого минимума *СА*) и 45-й (2000 г.) РАЭ. Определение *ВПОУ* проводилось по методике, разработанной профессором В.В.Соколовским. Регистрация *ОСО* осуществлялась в соответствии с "Методическими указаниями по производству и обработке наблюдений за общим содержанием озона", разработанными головной методической организацией – ГГО (Главная Геофизическая Обсерватория им. А.И.Воейкова).

Показано, что динамика полиномиального тренда *ВПОУ* (полином 5-й степени, рис. 1-а) на интервале 15.07.1996-28.05.1997 гг. согласуется с изменением 1-й составляющей уравнения времени (*УВ*) (связь обратная: $r = -0.75$). Характер изменения полиномиального тренда отклонения *ВПОУ* и 2-й составляющей *УВ* (рис. 1-б) один и тот же ($r = 0.59$).

Ранее при рассмотрении полиномиальных трендов *ВПОУ* и *ОСО*, выявлена обратная корреляция между ними ($r = -0.67$). В то же время анализ динамики коэффициентов корреляции *ВПОУ* и *ОСО* для каждого месячного интервала показал, что положительный знак корреляции во время весны и осени меняется на отрицательный в период антарктического лета. Было высказано предположение о связи наблюдаемой смены знака корреляции с происходящим в этот период разрушением устойчивого циклона (так называемого циркумполярного вихря), располагающегося в стратосфере над Антарктидой, и восстановлением естественного процесса переноса озона от тропических областей. Этому выводу соответствовал и положительный знак корреляции между *ВПОУ* и *ОСО* ($r = 0.55$), наблюдавшийся нами в марте-апреле 2000 г. при обходе на НИС "Академик Федоров" восточного сектора Антарктиды и пересечении экватора (Солнце в зените), которое привело к одновременному скачкообразному росту показателей: для *ВПОУ* (наиболее выраженному) – в 1.9 раза, для *ОСО* – на 45%.

Дальнейшие исследования динамики магнитного поля Земли (*МПЗ*) показали и его причастность к изменению корреляционных связей между *ВПОУ* и *ОСО*. Оказалось (по данным регистрации составляющих напряженности *МП* – северной (*X*), восточной (*Y*) и вертикальной (*Z*) в Антарктике в период 2001-2002 гг.), что в зимний, в меньшей степени – в весенне-осенний, периоды в Антарктике происходит снижение не только уровней

северной (X) и, в особенности, вертикальной (Z , по модулю) составляющих $МПЗ$, но и их вариабельности (рис. 2, кривые 1, 2, 3). В районе экватора уровень вектора Z снижается до нуля, его направление меняется на обратное, а X возрастает до максимума. Данные особенности "поведения" $МПЗ$ могут способствовать падению скорости окисления унитиола и повышению уровня $ОСО$ в весенний и осенний периоды. В летний антарктический период повышению скорости окисления унитиола (снижению уровня $ВПОУ$) способствует рост как $ОСО$, так и уровней составляющих $МПЗ$. При этом было выявлено влияние секторной структуры межпланетного $МП$ ($СС ММП$) на уровни отдельных составляющих $МПЗ$. Так на интервале положительной $СС ММП$ горизонтальная (H) составляющая $МПЗ$ снижается до минимума.

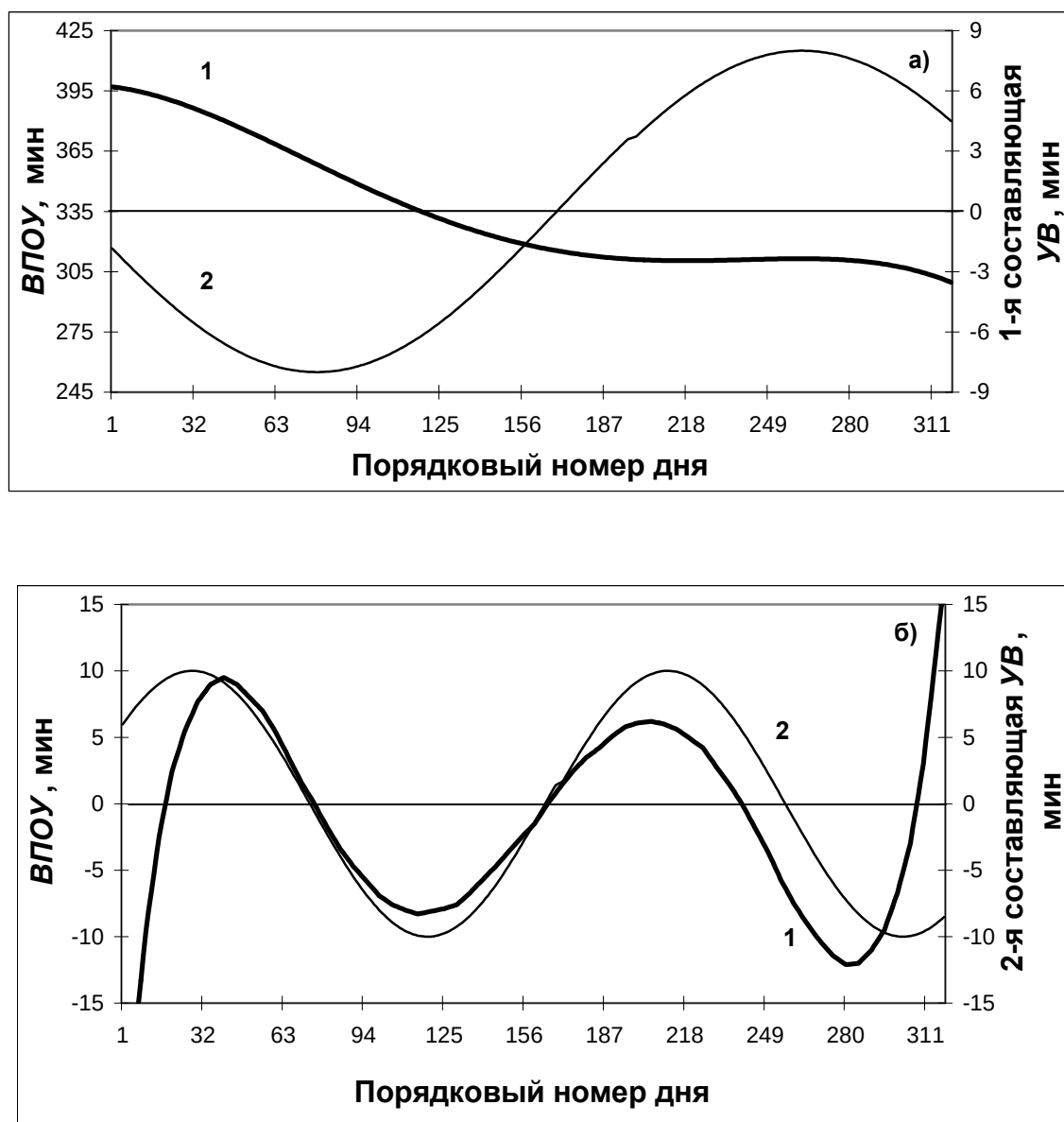


Рис. 1. Сопоставление полиномиальных трендов, полученных для среднесуточных флуктуаций $ВПОУ$ (кривая 1-а) и их отклонений (1-б), с 1-й (2-а) и 2-й (2-б) составляющими уравнения времени.

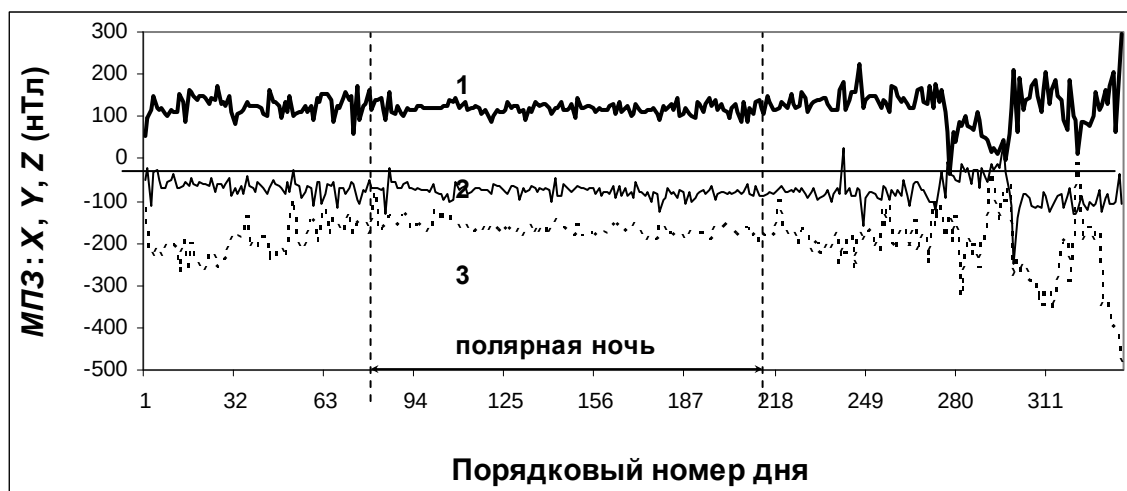


Рис. 2. Вариации составляющих МПЗ: X (кривая 1), Y (2), Z (3) в Антарктике (пол. ст. Восток) в 2001 г.

На границе смены положительного знака *СС* на отрицательный происходит рост уровня *H* до максимума. Исследованы внутрисуточные распределения уровней составляющих МПЗ. Достоверно (ДИ95%) максимум *X* (в скобках – *Y*) приходится на интервал 11 ± 2 часа (16 ± 2 часа), минимум на вечерний и ночной периоды (то же). Вертикальная составляющая *Z* в течение суток изменяется в широких пределах, которые не позволяют заметить даже тенденцию в ее динамике.

Факты значимой корреляции *ВПОУ* с горизонтальной составляющей МПЗ (особенно высокой во второй половине дня) приведены в работе [1]. А в работе [2] отмечается периодическое изменение с прямой на обратную корреляционной связи между одновременно регистрируемыми в течение нескольких месяцев (ноябрь 1974 г. – декабрь 1975 г.) скорости реакции окисления унитиола нитритом и реакции полимеризации акрилонитрила. По мнению авторов смена знака корреляции может быть связана с пересечением Землей секторных границ ММП.

Многолетние исследования скорости реакции окисления унитиола нитритным ионом, выполненные в период 1975-1984 гг. в лабораторных условиях (Санкт-Петербург) показали наличие еще одного эффективного фактора, имеющего отношение к рассматриваемой проблеме связи *ВПОУ* и *ОСО*. Спектральный анализ среднемесячных флуктуаций *ВПОУ* за указанный период выявил периодический характер изменения показателя с периодом 25.6 мес. Данный цикл хорошо известен в метеорологии уже около столетия. Это так называемый квазидвухлетний цикл, которого, по мнению ряда специалистов, нет в спектре *СА*. Его присутствие в земных процессах связывают с обстановкой в межпланетном пространстве [3].

Выполненные ранее исследования, касающиеся вклада в наблюдаемые флуктуации *ВПОУ* циклических возмущений межпланетной среды, вызванных парными соединениями планет Солнечной системы, показали, что данному циклу соответствуют соединения планет Земля – Марс [4]. В спектре интенсивности соединений и противостояний планет выявлены основные гармоники с периодами 25.6 (основной) и 12.8 мес. Применительно к исследуемому периоду соединения данных планет происходили в ноябре 1975, декабре 1977, феврале 1980, марте 1982 и в мае 1984 гг.

Сопоставление усредненного цикла, полученного для пяти интервалов флуктуаций *ВПОУ* длительностью 25.6 мес (методом наложенных эпох), с временем наступления соединений и противостояний планет Земля – Марс показало следующее (рис. 3).

Наличие двух локальных максимумов, предшествующих (за 1.5 – 2 мес) наступлению противостояний (штриховая линия) и соединений (сплошная линия) планет, и заметного "провала" показателя между ними. На отрезках интервалов длительностью порядка шести месяцев, включающих противостояния и соединения планет (три месяца до события и три – после), происходят относительно резкие подъемы (от 185 до 255 и 235 до 260 мин) и последующие спады уровня *ВПОУ* до соответствующих минимумов (210 и 160 мин). Оба локальных максимума достоверно отличаются от второго минимума (ДИ-95%). Совместное рассмотрение среднемесячных флуктуаций *ВПОУ* и вариаций *ОСО* показало, что каждому

последующему интервалу флуктуаций *ВПОУ* длительностью 25.6 мес соответствует иной участок *ОСО*, отличающийся по фазе от предыдущего на 1.6 мес. Отрезки интервалов, определяющие самые низкие уровни *ВПОУ*, и интервалы высоких значений *ОСО*, как правило, совпадают. Влияние *СА* на изменение уровня *ВПОУ* становится заметным, как правило, в случаях однонаправленного воздействия данного фактора и *ОСО*.

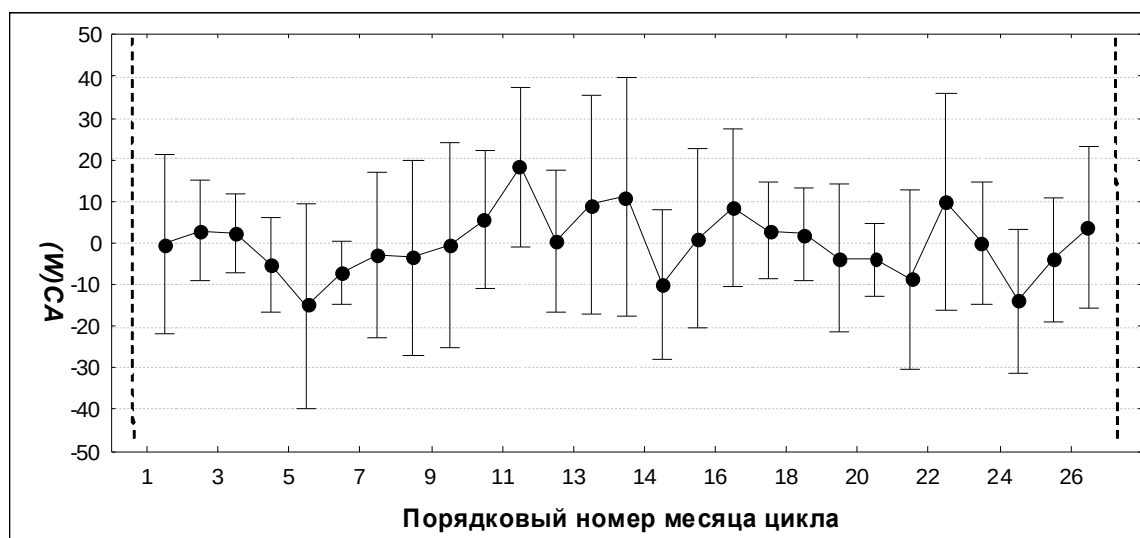


Рис. 3. Сопоставление усредненного цикла, полученного для 5-ти интервалов флуктуаций *ВПОУ* длительностью 25.6 мес, с временем наступления соединений и противостояний планет Земля-Марс.

Наличие двух локальных максимумов, предшествующих (за 1.5 – 2 мес) наступлению противостояний (штриховая линия) и соединений (сплошная линия) планет, и заметного “провала” показателя между ними. На отрезках интервалов длительностью порядка шести месяцев, включающих противостояния и соединения планет (три месяца до события и три – после), происходят относительно резкие подъемы (от 185 до 255 и 235 до 260 мин) и последующие спады уровня *ВПОУ* до соответствующих минимумов (210 и 160 мин). Оба локальных максимума достоверно отличаются от второго минимума (*ДИ*-95%). Совместное рассмотрение среднемесячных флуктуаций *ВПОУ* и вариаций *ОСО* показало, что каждому последующему интервалу флуктуаций *ВПОУ* длительностью 25.6 мес соответствует иной участок *ОСО*, отличающийся по фазе от предыдущего на 1.6 мес. Отрезки интервалов, определяющие самые низкие уровни *ВПОУ*, и интервалы высоких значений *ОСО*, как правило, совпадают. Влияние *СА* на изменение уровня *ВПОУ* становится заметным, как правило, в случаях однонаправленного воздействия данного фактора и *ОСО*.

Наличие еще одного *КФФ* гравитационной природы - 1-й составляющей уравнения времени (*УВ*), действие которой на *ВПОУ* имеет тот же характер что и действие *ОСО*, а уровни корреляции с *ОСО* (определенные на каждом годовом интервале) составляют 0.82-0.96, не позволяет однозначно интерпретировать изменение хода *ВПОУ* на интервале 25.6 мес, как следствие воздействия только *ОСО*. Можно говорить о приоритетном воздействии *ОСО* на *ВПОУ*, о чем свидетельствуют результаты корреляционного анализа *ВПОУ* и данных *КФФ*.

Проведена проверка возможности соотнесения флуктуаций скорости реакции окисления унитиола нитритным ионом, полученных в экстремальных условиях Антарктики в период июль 1996 – май 1997 гг., с динамикой *ВПОУ*, определяемой границами соединений планет Земля-Марс (рис. 4). Выполнено сопоставление среднесуточных флуктуаций *ВПОУ*, регистрируемых в Антарктике и в лабораторных условиях (Санкт-Петербург, в период 15.08.1979 – 27.06.1980 гг.) при совмещении временных отметок соединений планет Земля – Марс (рис.5, кривые 1 и 2, соответственно). Получено хорошее совпадение. Корреляция составила 0.52. Видно, что максимум, предшествующий соединению планет, у кривой 1 более проявлен, чем у кривой 2. На данном отрезке уровень *ОСО* (и 1-й составляющей *УВ*) был несколько ниже.

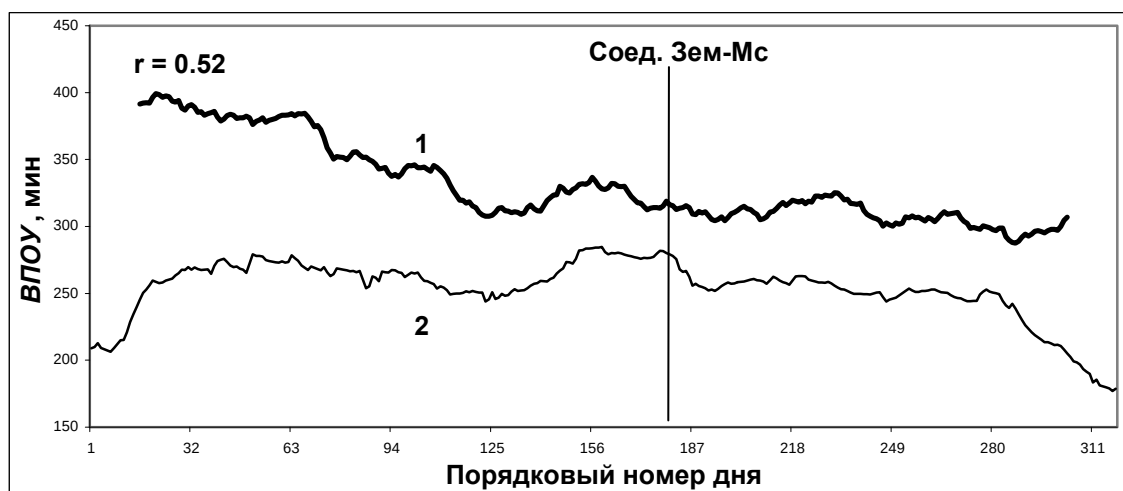


Рис. 4. Сопоставление среднесуточных флуктуаций ВПОУ, регистрируемых в Антарктике (кривая 1) и в лабораторных условиях (2 - Санкт-Петербург в период 15.08.79 – 27.06.80 гг.) при совмещении временных отметок соединений планет Земля-Марс (вертикальная линия).

Анализ уровней корреляции СА с ОСО и 1-й составляющей УВ на каждом годовом интервале исследуемого периода показал, что их изменения носят периодический характер с периодом около двух лет. При этом более высокие (относительно предшествующего и последующего) уровни корреляции (рис. 5 – динамика коэффициентов корреляции полиномиальных трендов СА (полиномы 4-й степени) для каждого годового интервала и 1-й составляющей УВ) приходятся на периоды, в которых имеют место соединения планет Земля – Марс. Подобное поведение кривой корреляции определенно свидетельствует об изменении с периодом порядка двух лет физических процессов, имеющих отношение к СА.

Проведено сопоставление усредненного цикла, полученного для пяти интервалов флуктуаций СА длительностью 25.6 мес (методом наложенных эпох, линейные тренды удалены, выполнено усреднение по 5-ти точкам), с временем наступления соединений и противостояний планет Земля – Марс, которое показало следующее (рис. 6). Наличие двух локальных максимумов, предшествующих (за 1.5 – 2 мес) наступлению противостояний (штриховая линия) и соединений (сплошная линия) планет, и заметного “провала” показателя между ними до минимума. При этом первый максимум и минимум достоверно различаются (ДИ-95%).

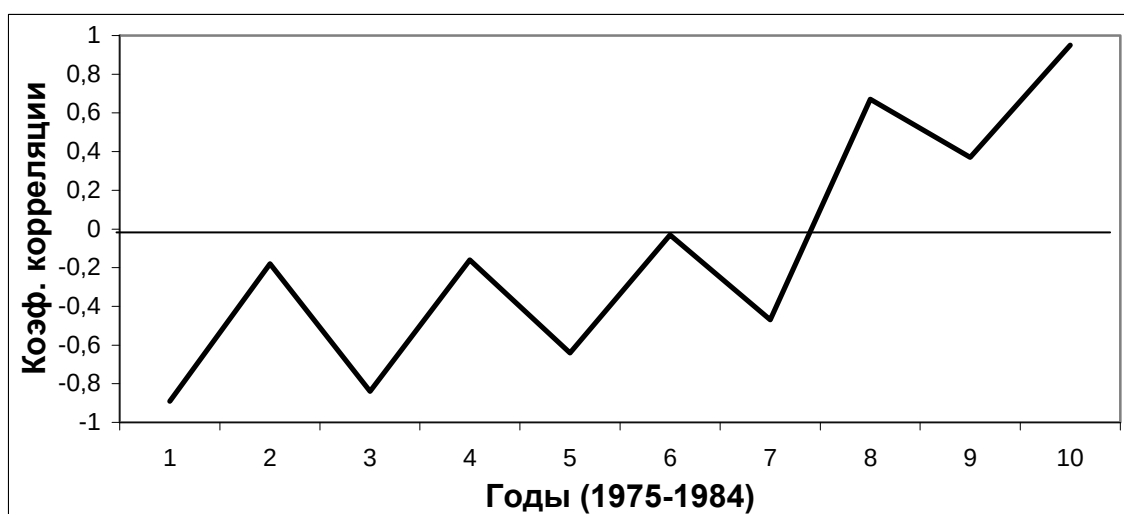


Рис. 5. Динамика коэффициентов корреляции (для каждого годового интервала) полиномиальных трендов вариаций СА и 1-й составляющей уравнения времени за период 1975-1984 гг.

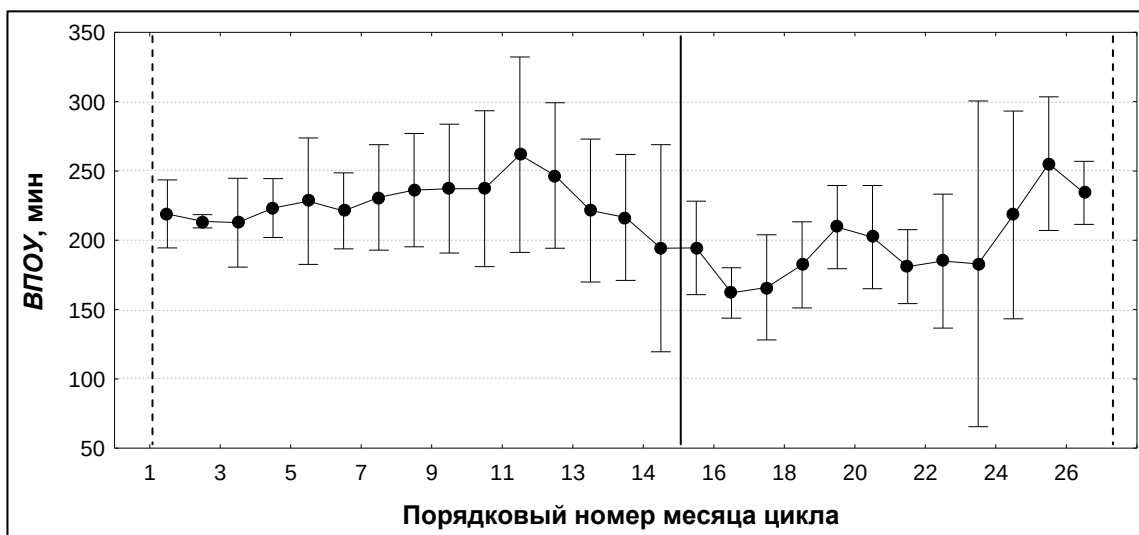


Рис. 6. Сопоставление усредненного цикла, полученного для 5-ти интервалов СА длительностью 25.6 мес, с временем наступления соединений и противостояний планет Земля-Марс.

Наличие совпадающих максимумов и провалов между ними в кривых ВПОУ и СА (рис. 3 и 6) означает не что иное как проявление более эффективного (по сравнению с СА) КФФ, согласованного с временем наступления соединений и противостояний двух планет Земля - Марс, и действующего на данные показатели однонаправлено. Положительный тренд кривой корреляции полиномиальных трендов СА и 1-й составляющей УВ (рис. 5) также служит подтверждением наличия вблизи соединений планет выраженных максимумов СА.

Полученные факты ни в коей мере не отрицают наличия "нормального" (обратного) воздействия СА на ВПОУ. Причина в том, что на фоне действия более мощного фактора проявление СА нивелируется. В этой связи уместно вспомнить мнение Б.М.Владимирского и Н.А.Темурьянц о независимом влиянии нескольких источников на земные процессы, при котором каждый проявляет себя наиболее эффективно в своей "оптимальной" шкале времени [5].

Таким образом, полученные факты позволяют говорить не только о присутствии в вариациях СА (чисел Вольфа) ритма с периодом 25.6 мес, но и о схожести (на определенных участках интервала) конфигураций данного ритма с аналогичным ритмом биохимического показателя – ВПОУ, что заметно снижает эффективность воздействия на него СА (пятнообразовательной деятельности Солнца).

Об этом свидетельствуют выполненные ранее исследования реакции окисления унитиола адренохромом, которые показали отсутствие обратной корреляции с числами Вольфа в периоды резкого снижения уровней ВПОУ в отдельные дни декабря 1970, января-февраля 1971, апреля 1972 гг. В то же время спад ВПОУ сопровождался таким же резким возрастанием в десятки (а в ряде случаев в сотни) раз интенсивности потока радиоизлучения Солнца с частотой 100, 204 и 234 МГц. Данные факты позволяют предположить наличие относительно высокой инерционности пятнообразовательной деятельности Солнца на интервале минимума СА, к которому относится данный период – декабрь 1970 – апрель 1972 гг.

Начатые с 1974 г. исследования реакции окисления унитиола нитритным ионом выявили обратную по своему характеру связь ВПОУ с числами Вольфа, которая оказалась в 1974–1975 гг. весьма значительной. В 1976–1977 гг. проявилась тенденция к ослаблению этой связи, что могло явиться признаком изменений в этот период характера физических процессов, имеющих отношение к проявлению СА. Проводившиеся в течение этих лет измерения ВПОУ позволили прийти к заключению о существовании зависимости скорости окислительной реакции от уровня СА [6].

Рассмотрение короткопериодических флуктуаций ВПОУ (*дВПОУ*) (регистрируемых в Антарктике), полученных после исключения полиномиального тренда (полинома 6-й степени), и целого ряда КФФ (секторная структура межпланетного МП, фазы Луны и др.) также показало наличие неоднозначных связей между ними. Исследование трехмерных изображений области значений *дВПОУ*, каждая точка которой соответствует определенным уровням КФФ показало следующее. Максимумам *дВПОУ* соответствуют интервалы,

включающие новолуние (НЛ) и отрицательный знак *СС ММП* или полнолуние (ПЛ) и положительный знак. Минимальные значения *дВПОУ* приходится на интервалы, в которых знак *СС ММП* – положительный, а фаза Луны – НЛ, или знак отрицательный, фаза – ПЛ. Процесс сближения Луны и Земли приводит к заметному росту скорости реакции окисления унитиола (падению *дВПОУ*) с ростом уровня *СА*. При этом максимум *дВПОУ* соответствует среднему уровню *СА*. Положительная корреляция *дВПОУ* и *дОСО* (короткопериодическая вариация, полученная после исключения из исходной кривой полиномиального тренда) на этапе снижения уровней данных показателей проявляется в *СС ММП* положительного знака. Рост уровня *СА* приводит к увеличению генерации озона и повышению *ОСО*. Наилучшим образом эффект проявляется в интервале *СС ММП* отрицательного знака.

Признание того факта, что воздействие таких *КФФ*, как *СА* и *СС ММП*, имеющих одну – “солнечную” природу, на динамику *дВПОУ* в ряде случаев является неоднозначным, приводит к необходимости рассмотрения хода данных процессов в цикле *СА*. С этой целью (применительно к 21-му циклу *СА*: для 1975, 1976 – минимума *СА*, 1979, 1981 – максимума *СА* и 1983 гг.) исследованы средние в цикле *ММП* уровни *дВПОУ*, *СА* и знака *СС ММП*, полученные методом наложенных эпох. Прежде всего, следует отметить наличие, в основном, двухсекторной структуры *ММП* и непостоянство скорости его вращения. Анализ регистрируемых данных показал, что средний период вращения *ММП* (в скобках синодический) в 1975 г. составило 27.36 (~ 25.4), в 1976 – 29.9 (~ 27.9), в 1979 – 27.75 (~ 25.75), в 1981 – 27.25 (~ 25.25) и в 1983 – 26.7 (~ 24.7 сут) сут. Если учесть, что синодический период вращения Солнца ~ 27 сут – на экваторе и ~ 32 сут у полюсов, то можно прийти к заключению об отсутствии жесткой связи между периодами вращения Солнца и *ММП*: на минимуме *СА* имеет место отставание (почти на сутки), на максимуме и на спаде *СА* – опережение *ММП* по фазе до двух суток.

Рассмотрение динамики *СА* и знака *СС ММП* в цикле *ММП* для исследуемых периодов в 21 цикле *СА* привело к неожиданному заключению о возможном закономерном (от цикла к циклу *ММП*) ее изменении. В частности, крутой фронт перехода от плюс-*СС* к минус-*СС* становится более пологим на интервале минимум – максимум *СА* (минимум знака *СС* сдвигается вправо почти на 10 сут). А пологий фронт перехода от минус-*СС* к плюс-*СС* становится более крутым (максимум знака *СС* также сдвигается вправо на 4-5 сут). При этом кривая *СА* в цикле *ММП* сдвигается влево примерно на 10 сут. На спаде цикла *СА* динамика *СА* и знака *СС ММП* восстанавливается. Подобные изменения показателей привели к изменению корреляционных связей между ними: от -0.65 (1975 г.) к 0.13 (1976 г.), 0.49 (1979 г.), 0.27 (1981 г.) и -0.72 (1983 г.). Рис. 7 (а, б, в) иллюстрирует динамику знака *СС ММП* (кривая 1) и *СА* (2) в цикле *ММП* на минимуме (1976 г.), максимуме (1981 г.) и спаде *СА* (1983 г.). Возможность закономерного изменения *СА* и знака *СС ММП* в рассматриваемой последовательности циклов *ММП* следует также из того факта, что сопоставление динамик данных показателей в периоды минимума (1976 и 1996-1997 гг.) и максимума (1981 и 2001-2002 гг.) *СА* на этапах 21-го и 23-го ее циклов показало их полное соответствие.

Нарушение связей между *СА* и знака *СС ММП* в последовательности циклов *ММП* привело к изменению связей с данными показателями и *дВПОУ*. В первом случае (*дВПОУ-СА*) уровни корреляции составляют: -0.66; 0.8; 0.62; -0.1 и 0.76. Во втором (*дВПОУ-знак СС ММП*): 0.36; 0.43; 0.68; -0.82 и -0.55.

Можно полагать, что такого рода динамика связей *КФФ* с биохимическим показателем также является не случайной, а закономерной причиной отсутствия на определенных интервалах анализа информации корреляций, подтверждающих адекватные “отношения” между ними (например, обратную корреляцию *ВПОУ* с *СА*).

Таким образом, наблюдаемые случаи совпадения максимумов *ВПОУ* и *ОСО*, *ВПОУ* и *СА* и изменения связи между ними, изменения знака корреляции *ВПОУ* и *СС ММП*, вызванные действием *КФФ* (*СА*, *МПЗ*, *ММП* и др.) и (или) обусловленные спецификой метеорологических условий в месте проведения исследований, позволяют думать о том, что эта связь объективна и определяется двумя механизмами, один из которых способствует развитию или торможению окислительной реакции в приземном слое атмосферы, другой – повышению или снижению интенсивности разрушения озона.

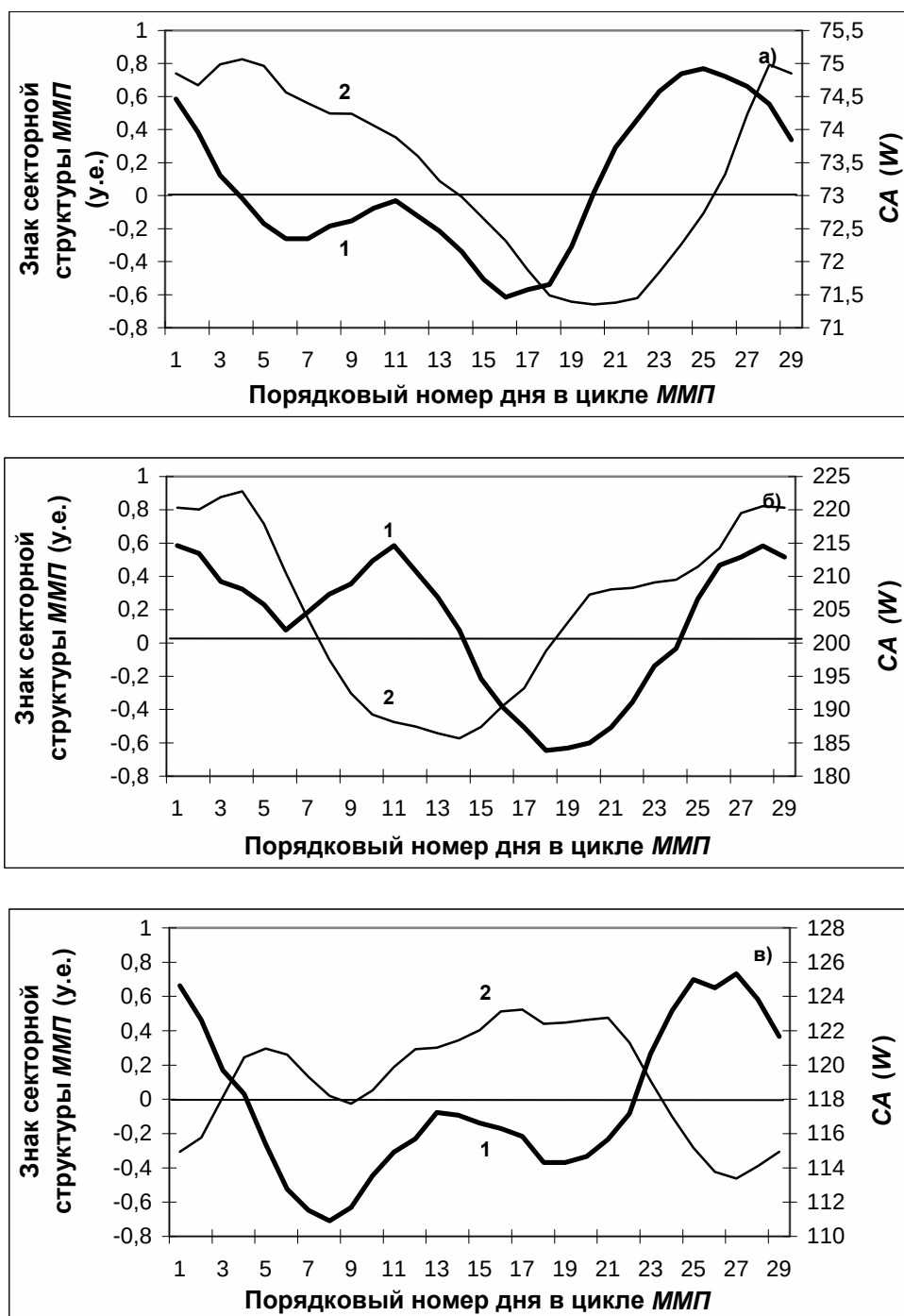


Рис. 7. Динамика знака секторной структуры ММП (кривая 1) и СА (2) в цикле ММП на минимуме (а), максимуме (б) и нисходящей ветви СА (в) 21 цикла СА.

Выполненные исследования влияния КФФ, прежде всего ММП и МПЗ, на динамику унитиолового теста позволяют рассматривать вариации МП (сезонные, суточные и т.д.) и их составляющие, как физический агент способный оказывать влияние на скорость окислительно-восстановительных реакций в модельных условиях унитиолового теста. Вполне вероятным представляется участие этого агента в механизме реализации действия космофизических факторов на окислительно-восстановительные процессы, происходящие в атмосфере и биосфере Земли.

ON SELECTIVE INFLUENCE OF COSMOPHYSICAL FACTORS ONTO VARIATIONS OF UNITIOL TEST RESULTS

E.S.Gorshkov, V.V.Ivanov, R.N.Pavlova¹, V.V. Sokolovski¹, V.S.Sorokina¹

St. Petersburg Branch of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of The Russian Academy of Sciences, 199034 Saint Petersburg, Mendeleevskaya str., bld. 1 **E-mail:** sl_iva@mail.ru

¹ The Institute for Analytical Instrumentation of The Russian Academy of Sciences, 198103 Saint Petersburg, Rizhski pr., bld. 26

Литература

1. Павлова Р.Н., Сорокина В.С. Спонтанные флуктуации окислительно-восстановительного состояния растворов /Сб. научн. трудов ЛСГ МИ под ред. проф. В.В.Соколовского. – Л.: ЛСГ МИ, 1986, с. 5-12.
2. Павлова Р.Н., Зайцева Н.К. Сопоставление показателей унитиолового и акрилонитрилового тестов со спонтанными изменениями ферментативной активности нервной ткани /Электромагнитные поля в биосфере. М.: Наука, 1984. Т.1, с. 215-220.
3. Резников А.П. Предсказание естественных процессов обучающейся системой. Новосибирск.: Изд. Наука, 1982. 292 с.
4. E. Gorshkov, V. Ivanov, V. Sokolovski. On manifestation of periodical disturbances of interplanetary medium in fluctuations of unithiol oxidation half-time. Proceedincs the 33nd Annual Seminar "Physics of Auroral Phenomena". P. 197-200.
5. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. - Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу. Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней. - МИЭПУ.-М.-2000.-374 с.
6. Соколовский В.В. – Ускорение окисления тиоловых соединений при возрастании солнечной активности.// Проблемы космической биологии.-т.43: Влияние солнечной активности на биосферу.-1982.-Наука. - М.-с.194-197.