

## КОСМОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ В ДИНАМИКЕ БИОХИМИЧЕСКОГО ТЕСТА

Памяти Эдуарда Степановича Горшкова  
1938–2013

В гелиобиологических исследованиях используются биохимические тесты, которые связаны с окислительно-восстановительными процессами, составляющими основу молекулярных механизмов функционирования живых организмов на Земле, например обмен веществ, адаптацию, клеточное деление и многое др. Наиболее известными индикаторами изменений солнечной активности (СА) являются тесты Дж. Пиккарди, С.Э. Шноля и В.В. Соколовского. В многолетних исследованиях известного биохимика В.В. Соколовского применялся «унитиоловый тест», основанный на определении скорости окисления унитиола нитритом натрия. В результате этих исследований были выявлены многочисленные случаи значительного ускорения или замедления реакции, коррелирующие с изменениями СА в 11-летнем цикле. Также было установлено, что влияние СА на скорость реакции имеет неоднозначный характер. При детальном изучении кинетики реакции отмечалась временная несогласованность с солнечными событиями (опережение или запаздывание), что указывало на существование де-



Э.С. Горшков

синхронизирующих агентов иной природы. В частности, на рис. 1 представлено распределение коэффициентов корреляции показателя унитиолового теста и индекса СА «числа Вольфа» за период 21-го цикла СА (1975–1985 годы). На рисунке можно видеть, что в год максимума 21-го цикла СА (1979 год) корреляция составляет  $r \sim 0,76$ , а уже в 1980 году, в год перехода СА на стадию снижения, корреляция меняет знак и уменьшается до незначительной оценки ( $r \sim -0,5$ ).

Основным условием организации биохимических наблюдений является экранирование метода от источников искусственных электромагнитных полей или его размещение на значительном удалении от мегаполиса. Учитывая эти требования и возможности геофизических наблюдений ААНИИ в Антарктиде, было решено провести экспериментальный этап наблюдений «унитиолового теста» на ст. Мирный в период 41-й Российской антарктической экспедиции (1996–1997 годы). Этот период был выбран как интервал минимума 11-летнего цикла СА. Для минимумов СА характерно отсутствие активных областей на

Рис. 1. Распределение коэффициентов корреляции скорости окисления унитиола нитритом натрия (унитиоловый тест) с индексом «числа Вольфа» за период 21-го цикла солнечной активности, по наблюдениям В.В. Соколовского в 1975 – 1985 годах (г. Ленинград)

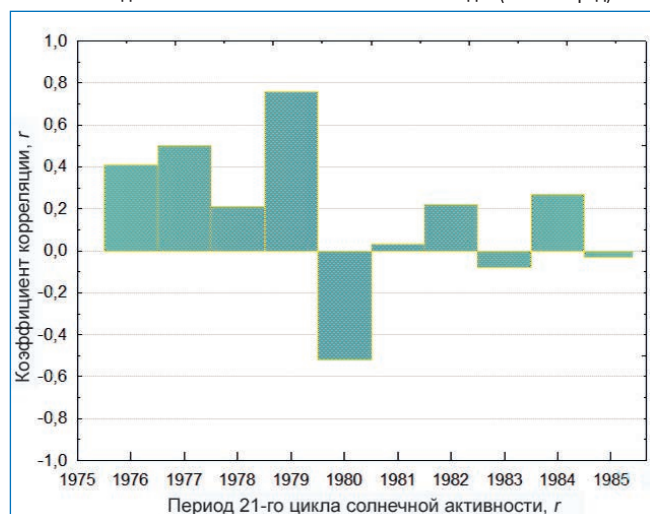
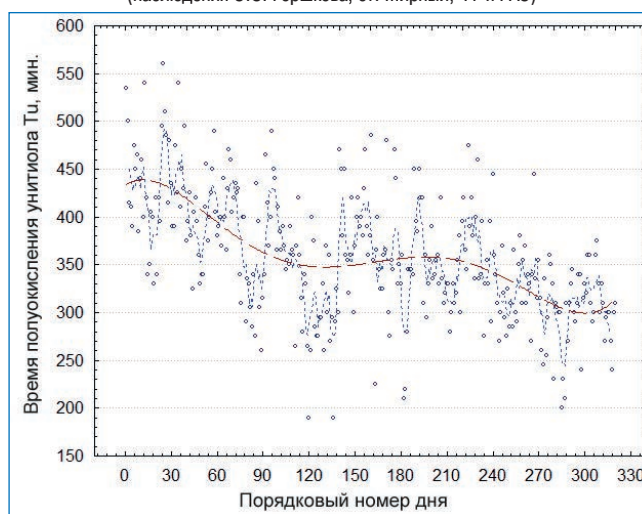


Рис. 2. Распределение суточных значений времени полуокисления унитиола (Tu), вариации Tu – 15 сут и 32 сут и годовая динамика теста за общий период наблюдений с 15.07.1996 года по 31.05.1997 года (наблюдения Э.С. Горшкова, ст. Мирный, 41-я РАЭ)



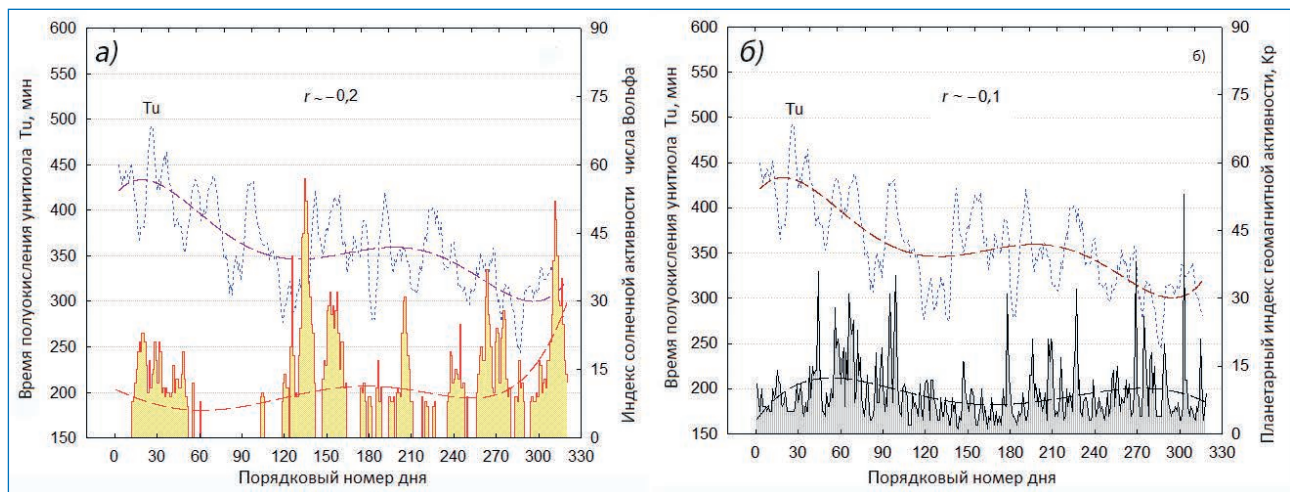


Рис. 3. Сравнение динамики  $T_u$  с изменением индекса СА числа Вольфа (а) и планетарного индекса геомагнитной активности Кр (б) за период с 17.07.1996 года по 31.05.1997 года

Солнце (пятна, вспышки и др.). Инициатором программы и геофизиком-исследователем «унитиолового» теста в 41-й РАЭ был замечательный ученый Эдуард Степанович Горшков — зав. лабораторией магнитных свойств Санкт-Петербургского филиала ИЗМИРАН, старший научный сотрудник отдела геофизики ААНИИ.

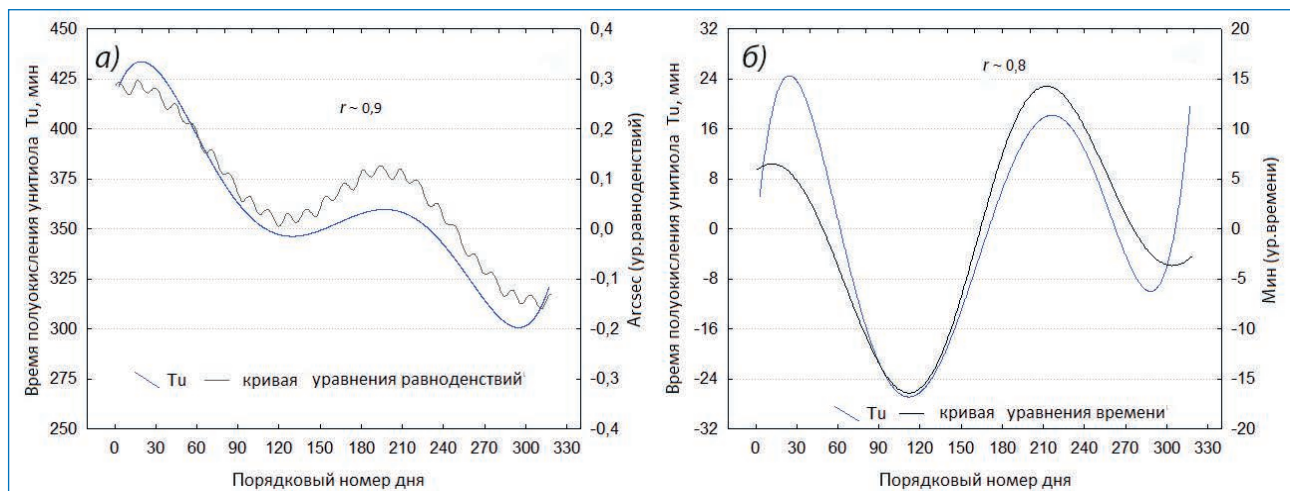
За общий период наблюдений теста с 01.07.1996 года по 31.05.1997 года Э.С. Горшковым было выполнено 320 ежедневных измерений скорости реакции с 30-минутными интервалами, в которых проводились расчеты концентрации реагентов и построение кинетических кривых дня с вычислением времени полуокисления унитиола, т.н. «кинетической константы» ( $T_u$ ). Наиболее фундаментальным результатом выполненных исследований является обнаружение вариаций  $\sim 15$  сут и  $\sim 32$  сут, а также годового тренда  $T_u$ . Для примера на рис. 2 представлено распределение среднесуточных значений  $T_u$  с вариациями  $\sim 15$  сут и  $\sim 32$  сут (фильтрация скользящими средним  $5\text{pt.mov.aver.}$ ). На графике также показана годовая динамика теста, в виде полинома шестой степени, составляющая по ординате от 450 мин, в начале периода наблюдений до 290 мин к концу периода.

Выявленная динамика  $T_u$  изучалась при сравнении с временными изменениями космогеофизических факторов, в числе которых рассматривались годовые вариации индексов геомагнитной активности Кр, Ар, Dst, а также индексов СА «числа Вольфа» (W) и радиоизлучения F10.7 cm (2800 MHz). В кратком виде часть

этих результатов представлена на рис. 3 в виде сопоставления ряда  $T_u$  с индексами W и Кр. Индекс Кр является глобальным планетарным индексом геомагнитных бурь и колеблется от 0 до 9, где значение 0 означает отсутствие геомагнитной активности, а значение 9 — экстремальный геомагнитный шторм. На рисунке видно, что динамика  $T_u$  в год минимума СА не коррелирует с гелиогеомагнитными индексами. Этот важный результат свидетельствует в пользу существования космофизического фактора, воздействующего на тест и, очевидно, на все окислительные процессы в биосфере в большей степени, чем электромагнитный диапазон солнечной энергии в минимуме СА.

В анализе потенциальных космофизических факторов, способных вызывать эффекты в  $T_u$ , было обращено внимание на нутационное и поступательное движения Земли, которые описываются уравнением равноденствий и уравнением времени. Обнаружилось, что динамика  $T_u$  тождественна уравнению равноденствий (рис. 4а), которое является поправкой к гринвичскому среднему звездному времени  $S^m$  при расчете истинного гринвичского звездного времени  $S^m_0$ . Исключение линейного тренда из  $T_u$  (рис. 4б) дало возможность оценить вклад поступательного движения Земли. Так как амплитуда полинома в нутационном движении составляет 125 мин, а в поступательном  $\sim 50$  мин, степень воздействия нутации на  $T_u$  является более значительной, чем движение по орбите.

Рис. 4. Сравнение динамики  $T_u$  с нутационным (а) и поступательным (после исключения тренда) движениями Земли (б)



Результаты исследований Э.С.Горшкова за период 41-й РАЭ позволили сделать фундаментальный вывод о том, что высокая степень зависимости  $T_u$  от движения Земли является показателем связи многих процессов в биосфере с космофизическими факторами гравитационной природы. Преобладающая роль СА или гравитационных факторов в биосфере зависит от стадии СА. В этой связи становится вероятным прогноз окислительно-восстановительных процессов на период 25-го цикла СА (2020–2025 годы). На восходящей ветви цикла ход окислительных реакций должен быть чрезвычайно быстрым, что приведет к снижению адаптационных возможностей организма, особенно ослабленного длительной болезнью.

Представленные результаты опубликованы в работах:

*Горшков Э.С., Шаповалов С.Н., Соколовский В.В., Трошичев О.А.* О гравитационной обусловленности флуктуаций скорости реакции окисления унитиола нитритным ионом // Биофизика. 2000. Т. 45. Вып. 4. С. 631–635.

*Горшков Э.С., Шаповалов С.Н., Соколовский В.В., Трошичев О.А., Корнюшина Н.М.* Явление возникновения внешне-обусловленных регулярных флуктуаций скорости окислительно-восстановительных реакций // Научные открытия: Сб. кратких описаний научных открытий — 2003. Вып. 2. М.: РАЕН, 2004, С. 3–6.

*С.Н. Шаповалов (ААНИИ)*