

тьянову, А.С. Курило, А.Н. Николаеву за высокий уровень организации работ, начальникам станции Прогресс 64-й и 65-й РАЭ Д.А. Мамадалиеву и В.М. Виноградову. Успешная реализация объемного и сложного комплекса изысканий во многом стала возможной при содействии сотрудников зимовочного состава станции Прогресс 64-й и 65-й РАЭ А.А. Коняева, Р.А. Кауна.

Отдельную признательность авторы выражают сотрудникам Института наук о Земле СПбГУ М.П. Кашкевич и ООО «Геофизпоиск» В.И. Кашкевичу и Е.В. Рыжовой за

консультативную помощь в ходе проектирования и проведения выполненных изысканий, а также коллективу учебного центра профессионального обучения ООО «ЦСТ» за техническую поддержку при эксплуатации БПЛА.

Э.Р. Киньябаева<sup>1,2</sup>, С.Д. Григорьева<sup>1,2</sup>,  
М.Р. Кузнецова<sup>1,2</sup>, А.В. Миракин<sup>2</sup>, С.В. Попов<sup>3,1</sup>  
(<sup>1</sup> – СПбГУ, <sup>2</sup> – ААНИИ, <sup>3</sup> – АО «ПМГРЭ»).

Фото авторов

## 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)

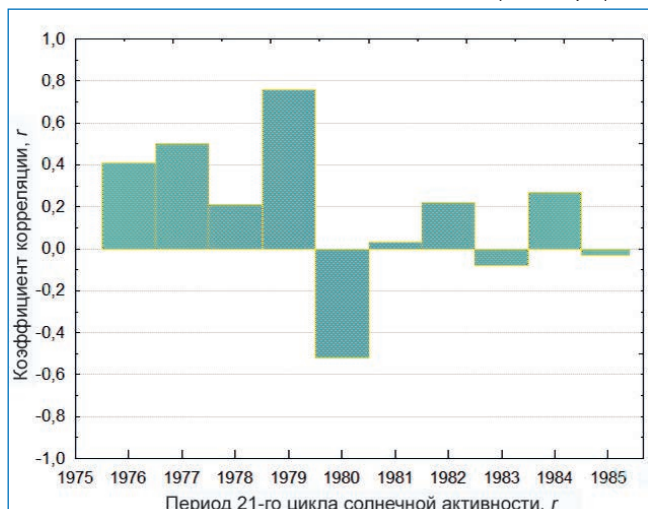
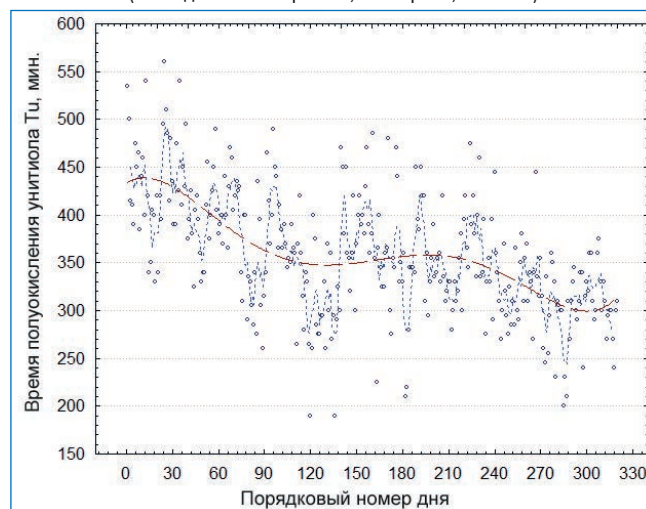


Рис. 2. Распределение суточных значений времени полуокисления унитиола (Tu), вариации Tu – 15 сут и 32 сут и годовая динамика теста за общий период наблюдений с 15.07.1996 года по 31.05.1997 года (наблюдения Э.С. Горшкова, ст. Мирный, 41-я РАЭ)



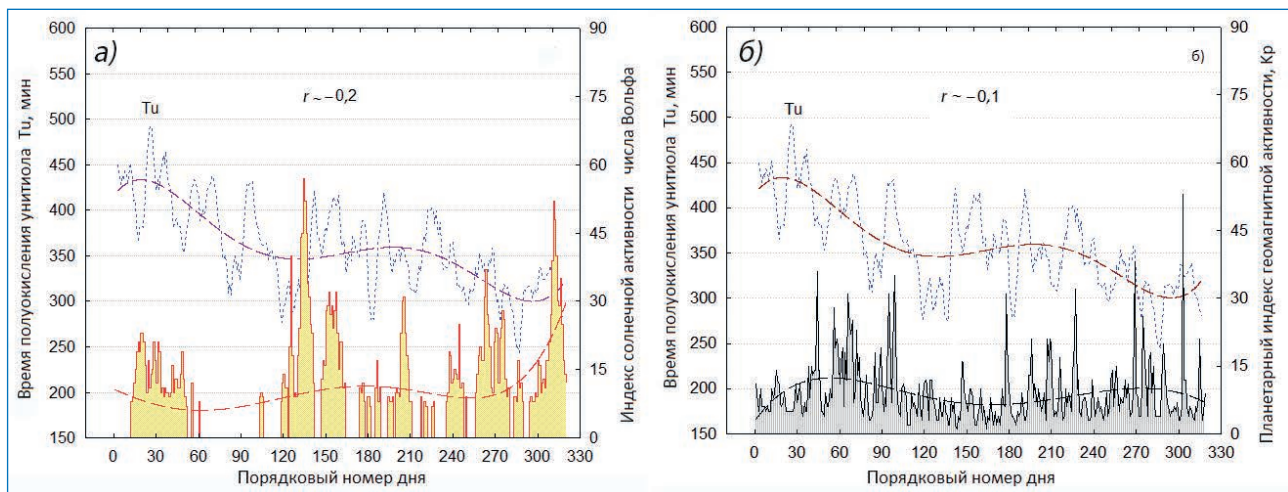


Рис. 3. Сравнение динамики Tu с изменением индекса СА числа Вольфа (а) и планетарного индекса геомагнитной активности Кр (б) за период с 17.07.1996 года по 31.05.1997 года

Солнце (пятна, вспышки и др.). Инициатором программы и геофизиком-исследователем «унигиолового» 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.

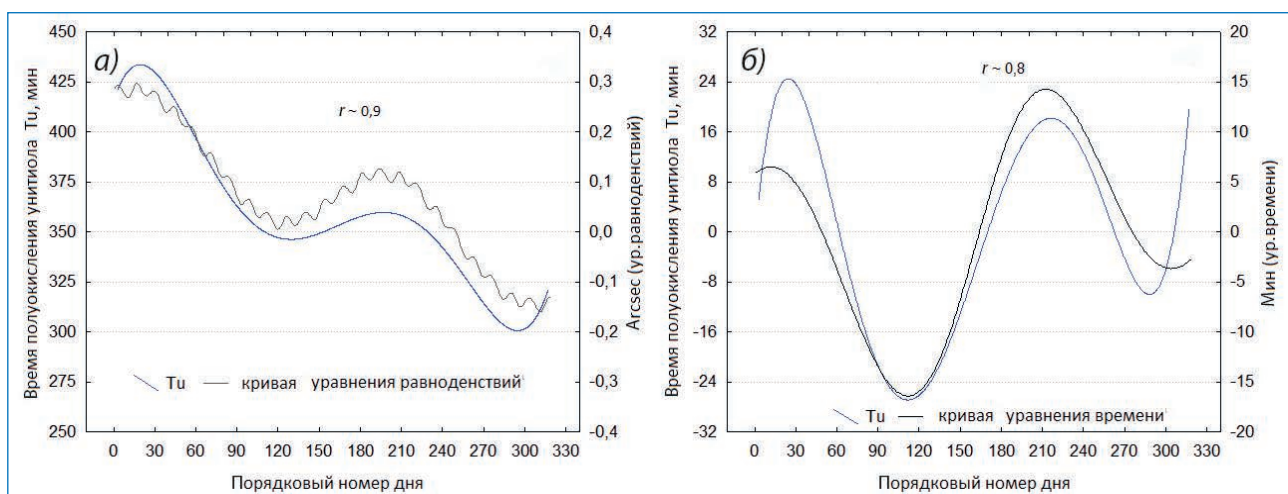
За общий период наблюдений теста с 01.07.1996 года по 31.05.1997 года Э.С. Горшковым было выполнено 320 ежедневных измерений скорости реакции с 30-минутными интервалами, в которых проводились расчеты концентрации реагентов и построение кинетических кривых дня с вычислением времени полуокисления унигиола, т.н. «кинетической константы» (Tu). Наиболее фундаментальным результатом выполненных исследований является обнаружение вариаций ~15 сут и ~32 сут, а также годового тренда Tu. Для примера на рис. 2 представлено распределение среднесуточных значений Tu с вариациями ~15 сут и ~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 Tu 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 Tu 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 Tu 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 Tu, было обращено внимание на нутационное и поступательное движения Земли, которые описываются уравнением равноденствий и уравнением времени. Обнаружилось, что динамика Tu тождественна уравнению равноденствий (рис. 4а), которое является поправкой к гринвичскому среднему звездному времени  $S^m$  при расчете истинного гринвичского звездного времени  $S^0$ . Исключение линейного тренда из Tu (рис. 4б) дало возможность оценить вклад поступательного движения Земли. Так как амплитуда полинома в нутационном движении составляет 125 мин, а в поступательном ~50 мин, степень воздействия нутации на Tu является более значительной, чем движение по орбите.

Рис. 4. Сравнение динамики Tu 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  $T_{\text{и}}$  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 (АНИИ)

## НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СТАНЦИИ ВОСТОК

Российская антарктическая станция Восток, названная в честь парусника «Восток», одного из кораблей русской экспедиции 1819–1821 годов, основана в декабре 1957 года. Первым врачом-исследователем на этой станции был И.И. Тихомиров, заложивший основы экологической физиологии человека в Центральной Антарктиде. В дальнейшем на станции Восток работали многие врачи-исследователи, но, пожалуй, наиболее полная информация об особенностях адаптации организма человека к экстремальным условиям была получена специалистами в области космической медицины — участниками многих антарктических экспедиций с годовым пребыванием на станции Восток.

Дело в том, что у полярной и космической медицины много общих целей и задач. Основными из них являются изучение закономерностей влияния экстремальных факторов среды обитания на процессы жизнедеятельности, поведение, работоспособность и здоровье человека, а также разработка научно-обоснованных средств и методов медицинского обеспечения жизни и работы человека в полярных регионах нашей планеты и в космических экспедициях.

Исходя из этой общности, Институт медико-биологических проблем — головное учреждение нашей страны по проблемам космической медицины и биологии — еще в 1966 году выбрал станцию Восток в Антарктиде в качестве естественной природной лаборатории для проведения биомедицинских исследований применительно

к перспективным полетам человека в космос. Исследования проводились с соблюдением требований биомедицинской этики при добровольном информированном согласии полярников станции Восток.

Станция Восток расположена в Центральной Антарктиде ( $78^{\circ} 28'$  ю.ш.,  $106^{\circ} 48'$  в.д.) на ледниковом куполе, где барометрическое давление составляет 460 мм рт. ст., а среднегодовая температура  $-55,4^{\circ}\text{C}$ . Полярный день и полярная ночь длятся по 4 месяца. Ближайшая станция Амундсен-Скотт (Южный географический полюс) находится на удалении 1253 км. Проведенные исследования убедительно показали, что длительная физическая и социальная изоляция коллектива станции от внешнего мира, пониженное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе (гипобарическая гипоксия) и малоподвижный образ жизни (гипокинезия) — это основные физиологически значимые факторы зимовки на станции Восток. Перечисленные и некоторые другие факторы окружающей среды несут в себе определенные риски для здоровья и работоспособности полярников. Общий перечень специфических медицинских рисков приведен в таблице.

Станция Восток расположена на полюсе холода нашей планеты. Самая низкая температура  $-89,2^{\circ}\text{C}$  была зафиксирована в 1983 году, однако морозы с температурой воздуха  $-80^{\circ}\text{C}$  и более не редкость. Хронометраж суточной деятельности полярников станции Восток показал, что в периоды привычного чередования дня и ночи, а также в полярный день максимальная продолжительность

Таблица

Специфические медицинские риски и их причины при нахождении на станции Восток

Риски	Причины
Астенизация организма	Изоляция, гипокинезия
Нарушение поведения, конфликты	Изоляция
Десинхронизация, нарушение сна	Изоляция, полярный день, полярная ночь
Повышенная нервно-психическая утомляемость	Изоляция, однообразная работа
Обострение хронических заболеваний и возникновение новых болезней	Изоляция, гипокинезия, санитарно-бытовые неудобства
Острая кардиореспираторная недостаточность	Гипобарическая гипоксия в сочетании с большими физическими нагрузками
Снижение общей физической работоспособности	Гипобарическая гипоксия, гипокинезия
Перестройка обмена веществ	Гипобарическая гипоксия, гипокинезия
Переохлаждение и отморожения	Низкие температуры за пределами станции
Повреждение органа зрения	Ультрафиолетовая радиация
Гипогидратация организма	Пониженное барометрическое давление, низкая относительная влажность воздуха, гипоксия