

**ПРОГРАММА**  
**второй части кандидатского экзамена**  
**по специальности (01.03.03)**  
*«Физика Солнца»*

**аспиранта (экстерна) ГАО РАН**  
*Скакун Александры Андреевны*

Утверждена на заседании  
Ученого совета ГАО РАН

Протокол № *3*

от «*18*» *мая* 20 *18* г.

Научный руководитель:  
Волобуев Дмитрий Михайлович  
*МП*

Вопросы кандидатского минимума по специальности Физика Солнца, 2-я часть.

### **Физические механизмы приводящие к вариациям полного потока излучения Солнца (TSI):**

1. Спектр излучения Солнца в приложении к моделированию TSI и SSI . Спектр тени пятна. Спектр факела. Излучение короны.
2. Полный поток излучения Солнца (TSI): определение и трудности измерения.
3. Основные механизмы модуляции TSI магнитной активностью.  
Долговременные тренды TSI.
4. Происхождение и амплитуда короткопериодических вариаций TSI.

### **Реконструкции TSI:**

5. Реконструкции TSI на сотни лет назад: основные прокси, модельные предположения и источники ошибок.
6. Реконструкции TSI на тысячи лет назад по содержанию радиоуглерода в кольцах деревьев, модельные предположения и источники ошибок.
7. Реконструкции TSI на тысячи лет назад по содержанию  $^{10}\text{Be}$  в полярном льду, модельные предположения и источники ошибок.

### **Полная инсоляция и причины ее изменений:**

8. Сравнительный вклад в инсоляцию изменений орбитальных элементов и TSI в Голоцене.
9. Межгодовая изменчивость орбитальных элементов и TSI.
10. Инсоляция как фактор управления климатом, ее роль по сравнению с другими факторами на различных временных масштабах.

### **Современные методы и подходы к анализу временных рядов**

11. Корреляция по Пирсону как мера сходства временных рядов, ее доверительный интервал. Критерий поворотных точек.
12. Вейвлет-преобразование временного ряда. Краевые эффекты. Кросс-вейвлет.
13. Разложение по эмпирическим модам (EMD, EEMD). Краевые эффекты. Преобразование Гильберта.
14. Авторегрессионные и вероятностные модели временного ряда. Марковская цепь. Причинность (каузальность) по Грейнджеру. Общее определение каузальности через условную вероятность.
15. Пространство запаздывающих координат (Такенса). Нелинейный прогноз по Фармеру-Сидоровичу.
16. Каузальность в пространстве Такенса: метод условных дисперсий, метод сходящихся перекрестных отображений (CCM). Ограничения методов определения каузальных связей из временных рядов.

## Глоссарий.

TSI – Total Solar Irradiance

SSI – Solar Spectral Irradiance

EMD – Empirical Mode Decomposition

EEMD – Ensemble Empirical Mode Decomposition

CCM – Convergent Cross Mapping

## Литература

Bahcall J. N., Pinsonneault M. H., Basu S. Solar models: Current epoch and time dependences, neutrinos, and helioseismological properties //The Astrophysical Journal. – 2001. – Т. 555. – №. 2. – С. 990.

Borisenkov Y. P., Tsvetkov A. V., Eddy J. A. Combined effects of earth orbit perturbations and solar activity on terrestrial insolation. Part I: Sample days and annual mean values //Journal of the atmospheric sciences. – 1985. – Т. 42. – №. 9. – С. 933-940.

Cionco R.G., Soon W.-H. Short-Term Orbital Forcing: A Quasi-Review and a Reappraisal of Realistic Boundary Conditions for Climate Modeling // Earth-Science Rev. V. 166. P. 206–222. 2017.

Davis W. A. Probabilistic theories of causation //Probability and causality. – Springer, Dordrecht, 1988. – С. 133-160

Foukal P. et al. Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate //Nature. – 2006. – Т. 443. – №. 7108. – С. 161.

Fröhlich C., Lean J. Solar radiative output and its variability: evidence and mechanisms //The Astronomy and Astrophysics Review. – 2004. – Т. 12. – №. 4. – С. 273-320.

Granger C. W. J. Some recent development in a concept of causality //Journal of econometrics. – 1988. – Т. 39. – №. 1-2. – С. 199-211.

Huke J. P. Embedding nonlinear dynamical systems: A guide to Takens' theorem. - <http://eprints.maths.manchester.ac.uk> – 2006.

Preminger D. G., Walton S. R. A new model of total solar irradiance based on sunspot areas //Geophysical research letters. – 2005. – Т. 32. – №. 14.

Sugihara G. et al. Detecting causality in complex ecosystems //science. – 2012. – С. 496-500.

Torrence C., Compo G. P. A practical guide to wavelet analysis //Bulletin of the American Meteorological society. – 1998. – Т. 79. – №. 1. – С. 61-78

Wu Z., Huang N. E. Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method //Advances in adaptive data analysis. – 2009. – Т. 1. – №. 01. – С. 1-41.

Данилов Ю. А. Лекции по нелинейной динамике. – URSS, 2006.