

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dodds, W.K.* Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: It's not just the autotrophs / W.K. Dodds, J.J. Cole // *Aquatic Science*. – 2007. – V. 69. – P. 427–439.
2. *Karatayev A. Y.* Community analysis of Belarusian lakes: relationship of species diversity to morphology, hydrology and land use / A. Y. Karatayev, L. E. Burlakova, S. I. Dodson // *Journal of Plankton Research*. – 2005. – V. 27. – P. 1045–1053.
3. *Nauman, E.* Ziel und Hauptprobleme der regionalen Limnologie / E. Nauman, // *Botaniska Notiser*. – 1927. – Lund. – P. 81–103.
4. *Fruh, E. G.* Measurements of eutrophication and trends / E. G. Fruh, K. M. Stewart, G.F. Lee, G. A. Rohlich // *J. Water. Poll. Contr. Fed.* – 1966. – Vol. 38. – P. 1237–1258.
5. *Carlson, R.E.* A trophic state index for lakes // *Limnol. Oceanog.* 1977. – 11. – P. 361–369.
6. *Kratzer, C.R.* A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes / C.R. Kratzer, P.L. Brezonik // *Water Res. Bull.* – 1981. – 17. – P. 713–715.
7. Long-term variations of the trophic state index in the Narochanskies lakes and its relation with the major hydroecological parameters / B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, T.M. Mikheeva [et al] // *Water Resources*. – 2016. – 43. – 5. – P. 809–817.
8. *Boavida, M.J.* Total phosphorus as an indicator of trophic state of portuguese reservoirs / M.J. Boavida, R.T. Marques // *Limnologia*. – 1996. – 12. – 2. – P. 31–37.
9. *Vollenweider R.A.* Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication // *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*. – 1976. – 33. P. – 53–83.
10. *Matthews, R.* Determining trophic state in lake Whatcom, Washington (USA), a soft water lake exhibiting seasonal nitrogen limitation / R. Matthews, M. Hilles, G. Pelletier // *Hydrobiologia*. – 2002. – 468. – P.107–121.
11. *Rekolainen, S.* Rapid decline of dissolved nitrogen in Finnish lakes / S.Rekolainen, S.Mitikka, J.Vuorenmaa, M. Johansson // *J. Hydrol.* – 2005. – 304. – P. 94–102.
12. *Wetzel R G.* *Limnology. Lake and River Ecosystems.* San Diego, California. Academic Press. – 2001. – 1006 p.
13. Relations between variations in the lake bacterioplankton abundance and the lake trophic state: Evidence from the 20-year monitoring / B.V.Adamovich, A.B.Medvinsky, L.V.Nikitina [et al] // *Ecological Indicators*. – 2019. – V. 97. – P. 120–129.

Исследования проведены при поддержке БРРФИ (грант № Б20У-003).

СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ И МЕТОДЫ ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ SOLAR FLARES AND THEIR PREDICTION METHODS

О. М. Бояркин, А.В. Капская
O. Boyarkin, A. Kapskaya

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
kapskayaa@mail.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Предсказание солнечных вспышек - важная задача физики Солнца. Возникновение солнечных вспышек сильно зависит от структуры и топологии магнитных полей Солнца. Вызванные солнечными вспышками возмущения влияют на работу наземных средств связи, навигации, оповещения, нарушения в функционировании бортовой электронной аппаратуры на космических объектах и самолетах. В связи с этими факторами стоит вопрос о прогнозировании данного явления. В данной работе мы исследовали процесс возникновения солнечных вспышек, разработку методов их прогнозирования и сложности, которые при этом возникают, а также представили одни из самых распространенных методов предсказания солнечных вспышек.

Predicting solar flares is an important task in solar physics. The occurrence of solar flares is highly dependent on the structure and topology of the Sun's magnetic fields. Disturbances caused by solar flares affect the operation of ground-based communications, navigation, warning systems, disrupt the functioning of on-board electronic equipment on space objects and aircrafts. In connection with these factors, there is an issue of predicting this phenomenon. This work investigates the process of occurrence of solar flares, the development of methods for predicting them and the difficulties that arise in this case. Also it presents one of the most common methods of solar flares.

Ключевые слова: солнечная вспышка, корональный выброс, магнитное пересоединение, электромагнитный спектр, магнитное поле, солнечные пятна, прогнозирование.

Keywords: solar flare, coronal ejection, magnetic reconnection, electromagnetic spectrum, magnetic field, sunspots, forecasting.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-155-158>

Для понимания процесса возникновения солнечных вспышек рассмотрим понятие Солнца. Солнце – мощный генератор магнитного поля, причем с двумя глобальными модами, между которыми идет перекачка энергии с периодом 22 года: тороидальной и дипольной составляющими. В этом описании очень важны два обстоятельства:

1. Магнитное поле вморожено в вещество Солнца из-за огромной проводимости солнечной плазмы. Любое поперечное движение силовых линий относительно вещества индуцирует токи, которые компенсируют это движение. Двигающееся вещество, будь то глобальное движение или хаотичная турбулентность, тянет поле за собой.

2. Солнце вращается не как твердое тело. Экватор и низкие широты вращаются быстрее, чем высокие широты. Из-за этого меридиональное поле наматывается витками по широте – в результате в толще Солнца, как мы видим на рисунке 1, образуются два глобальных обруча по сторонам от экватора, мы наблюдаем их эффект как цепи солнечных пятен над ними [1].

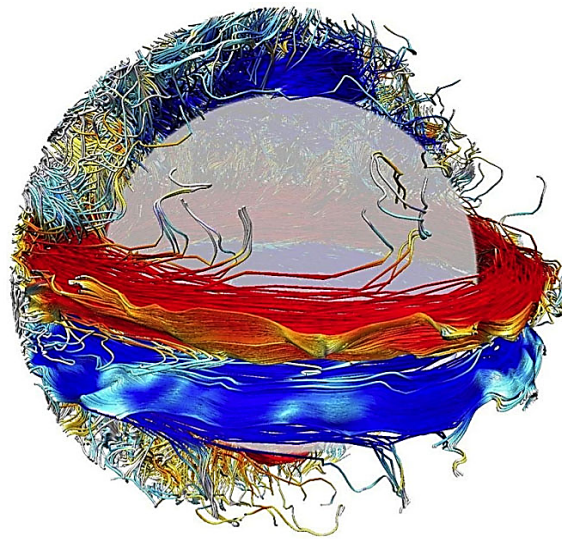


Рис. 1 – Результат численного 3D-моделирования солнечного магнитного поля

Максимум солнечной активности – это максимальная мощность этих магнитных обручей при минимальной дипольной составляющей. Плазма с магнитным полем в равновесии легче, чем без поля, – оно дает дополнительное давление. Поэтому магнитное поле стремится всплыть и всплывает в виде огромных петель. Там, где у этих петель «ноги», возникают солнечные пятна: магнитное поле препятствует передаче тепла, и поверхность охлаждается до 4000°K [1]. И когда сходятся «ноги» двух петель противоположной полярности, они начинают пересоединяться – это и есть солнечная вспышка (рис. 2).

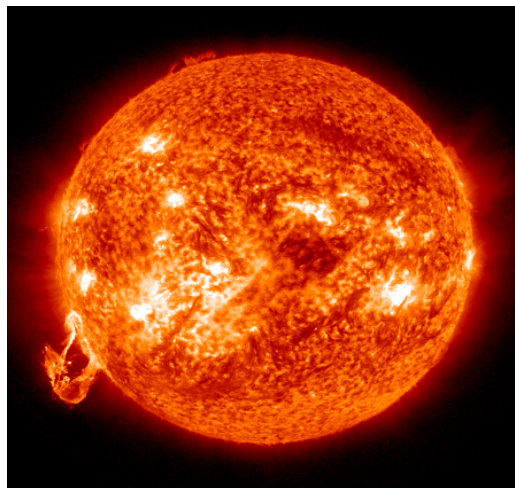


Рис. 2 – Солнечная вспышка 14 декабря 2014 года: выброс отрывается от поверхности

Магнитное поле, заключающее в себе огромную энергию, аннигилирует: из двух петель получается одна. Высвободившаяся энергия передается частицам, через них – гамма- и рентгеновским квантам. Они прилетают через 8 минут после начала вспышки, которая обычно продолжается от нескольких минут до нескольких десятков минут. Сами частицы больших энергий распирают петлю и улетают – это называется корональный выброс (рис.3).



Рис. 3 – Корональный выброс

Из выше сказанного можно сделать вывод, что, солнечная вспышка – это следствие магнитного пересоединения – резкого перестроения структуры магнитного поля в атмосфере Солнца, в результате которого выделяется значительная энергия, составляющая примерно 10^{28} - 10^{33} эрг.

Выделенная энергия может расходоваться на ускорение частиц, электронов и ионов, нагрев солнечной плазмы, выброс макроскопического объема плазмы (корональный выброс массы) и пр. Обычно солнечная вспышка характеризуется быстрым ростом (до десятка минут) и медленным спадом (20–100 мин.). Во время вспышки возрастает излучение во всех диапазонах электромагнитного спектра, от радиоволн до рентгеновских и гамма-лучей.

Мощные солнечные вспышки могут быть особенно разрушительными, когда они нацелены в направлении Земли. Они вызывают проблемы с электросетями, отключение радиосвязи на Земле, разрушение экосистем, отказы в работе космической техники и т.д.

Мнения по поводу влияния солнечных вспышек на здоровье людей расходятся, однако многочисленные исследования предполагают, что магнитные колебания могут влиять на кровяное давление, частоту сердечных сокращений, способность к свертыванию крови или циркадные ритмы, что в свою очередь может повлиять на риск инсульта.

Необходимость прогнозирования солнечных вспышек возникла давно, но особенно остро в связи с пилотируемыми космическими полетами.

Нужно понимать, что разработка любого метода прогнозирования – это очень трудоемкий процесс, так как необходим огромный набор как теоретических, так и полученных практическим путем данных, таких как [2]:

- отличия активных областей, генерирующих вспышки;
- путь, который должна пройти область в своем развитии, чтобы достичь вспышечно-активной стадии;
- при долгосрочных прогнозах вспышек нужно также знать физические характеристики тех мест на Солнце, где могут возникнуть вспышечно-активные области, а также временные закономерности их появления;
- и др.
- Одними из самых распространенных методов прогнозирования солнечных вспышек можно считать:
- прогнозирование с использованием изображений, получаемых «Солнечной гелиосферной-обсерваторией»;
- прогнозирование путем измерения различий в атомах радиоактивного распада элементов гамма-излучения;
- прогнозирование солнечных вспышек с помощью нейронных сетей.

Метод прогнозирования с использованием трехмерных изображений, получаемых «Солнечной гелиосферной-обсерваторией», предполагает извлечение функций, которые будут использоваться для создания соответствующих 3D-моделей. Эти модели будут обеспечивать физические и визуальные описания особенностей интереса, который был бы более полным, чем текущие текстовые описания и спецификации моделей. Прогнозирование посредством данного метода не дает возможности достичь высокого процента точности прогноза и требует значительно больше времени для составления прогноза в сравнении с другими методами [3].

Метод прогнозирования путем измерения различий в атомах радиоактивного распада элементов гамма-излучения основывается на гипотезе о том, что сила радиоактивного распада зависит от солнечной активности, такой как потоки субатомных частиц, называемых нейтрино, движущихся от Солнца. Это влияние может меняться в зависимости от сезонных изменений в расстоянии от Земли к Солнцу, а также во время солнечных вспышек. Недостатком данного метода является не очень высокий процент точности прогнозирования и невозможность определения класса вспышки, что является немаловажным фактором при прогнозировании солнечных вспышек.

Прогнозирование солнечных вспышек с помощью нейронных сетей основывается на сетях Каскадной Корреляции. Данный метод дает наиболее точные прогнозы о возможных вспышках на солнце. Точность прогнозов с помощью нейронных сетей составляет около 80% [3].

В литературе [4,5] также обсуждается метод предсказания солнечных вспышек по уменьшению потока солнечных электронных нейтрино в предвспышечный период. Предполагается, что нейтрино обладают как дипольным магнитным моментом, так и анапольным, в то время как магнитное поле над солнечными пятнами имеет скручивающую природу и проявляет непотенциальный характер. При прохождении потока электронных нейтрино через область солнечной вспышки может наблюдаться истощение потока электронных нейтрино. Данный метод основывается на резонансных переходах, условие возникновения которых содержит две неопределенности, а именно, величину магнитного поля над солнечными пятнами и значения мультипольных моментов нейтрино.

Вывод: солнечные вспышки являются следствием пересоединения магнитного поля, характеризуются мощным излучением в широком диапазоне электромагнитных волн, генерацией ускоренных частиц, формированием ударных волн. Эти факторы порождают разнообразные возмущения в окружающей среде, которые приводят к нарушениям в функционировании бортовой электронной аппаратуры на космических объектах и самолетах, к нарушениям связи и систем ориентации и т.д. Разработка любого метода прогнозирования является очень сложным процессом, так как требует понимания природы такого сложного явления, как солнечная вспышка. Необходимо накопление информации о физических условиях, происходящих в солнечной атмосфере, как во время самой вспышки, так и в предвспышечные периоды, т.е. огромной теоретической базы и набора физических данных. Кроме этого, трудности возникают из-за нашего незнания реальной картины процесса магнитного пересоединения, зависимости получаемых физических данных от ряда факторов, например, сезонных изменений в расстоянии от Земли к Солнцу и др. Одними из самых распространенных методов прогнозирования солнечных вспышек считаются: прогнозирование с использованием изображений, получаемых «Солнечной гелиосферной-обсерваторией», прогнозирование путем измерения различий в атомах радиоактивного распада элементов гамма-излучения и прогнозирование солнечных вспышек с помощью нейронных сетей. Также большой интерес вызывает метод предсказания солнечных вспышек по уменьшению потока солнечных электронных нейтрино в предвспышечный период.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Augustson et al. Grand Minima and Equatorward Propagation in a Cycling Stellar Convective Dynamo // The Astrophysical Journal. 2015. arXiv:1410.6547.*
2. *O. Ahmed, R. Qahwaji, T. Colak, P. Higgins. P. Gallagher and S. Bloomfield, «Solar Flare Prediction using Advanced Feature Extraction, Machine Learning, and Feature Selection», Solar Physics, Springer, 283 (1): P. 157-175, 2013.*
3. *Tsagour I and et al , «Progress in space weather modeling in an operational environment», Space Weather and Space Climate, 3, 2013.*
4. *O.M.Boyarkin, Phys. Rev. D, Volume 53, - 1996 - 5298 P.*
5. *O.M. Boyarkin, G.G. Boyarkina, Astropart. Phys., Volume- 85, - 2016.- 39 P.*

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БОРИСОВСКИЙ МЯСОКОМБИНАТ № 1»

ANALYSIS OF THE OPERATION OF WATER SUPPLY AND DRAINAGE SYSTEMS OF THE MEAT PROCESSING INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF THE COMPANY «BORISOVSKY MEAT PROCESSING PLANT № 1»

Ю. А. Быков, Е. С. Лён

Y. Bykov, E. Len

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

yura.bykov.1998@gmail.com

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрены особенности водоснабжения и водоотведения предприятий мясоперерабатывающей промышленности. Проведен анализ функционирования локальных очистных сооружений сточных вод ОАО «Борисовский мясокомбинат №1». Проведенный анализ функционирования действующих локальных очистных сооружений сточных вод и сравнение с их эффективностью до модернизации показал, что эффективность очистки возросла и составила по основным показателям от 75 до 95 %. Внедренный метод реагентной напорной флотации с применением НДТМ позволил привести работу локальных очистных сооружений предприятия в соответствие с высокими требованиями Европейского Союза.