

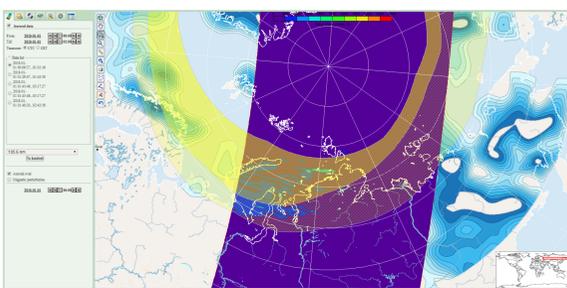
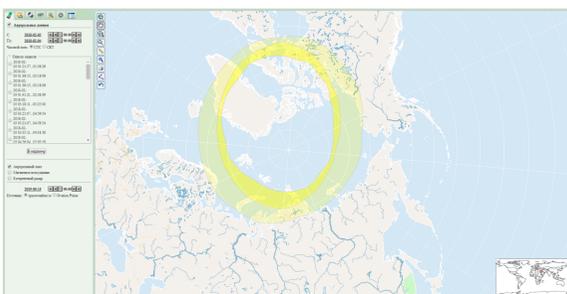
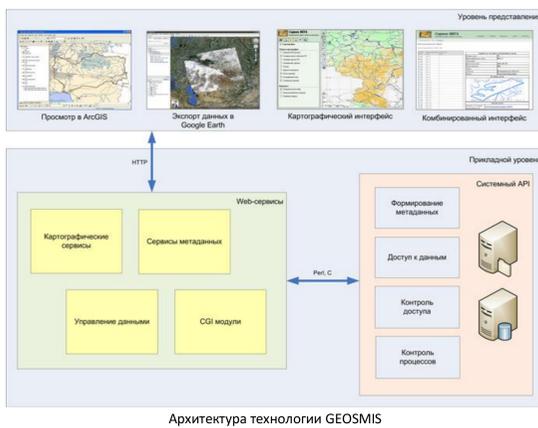
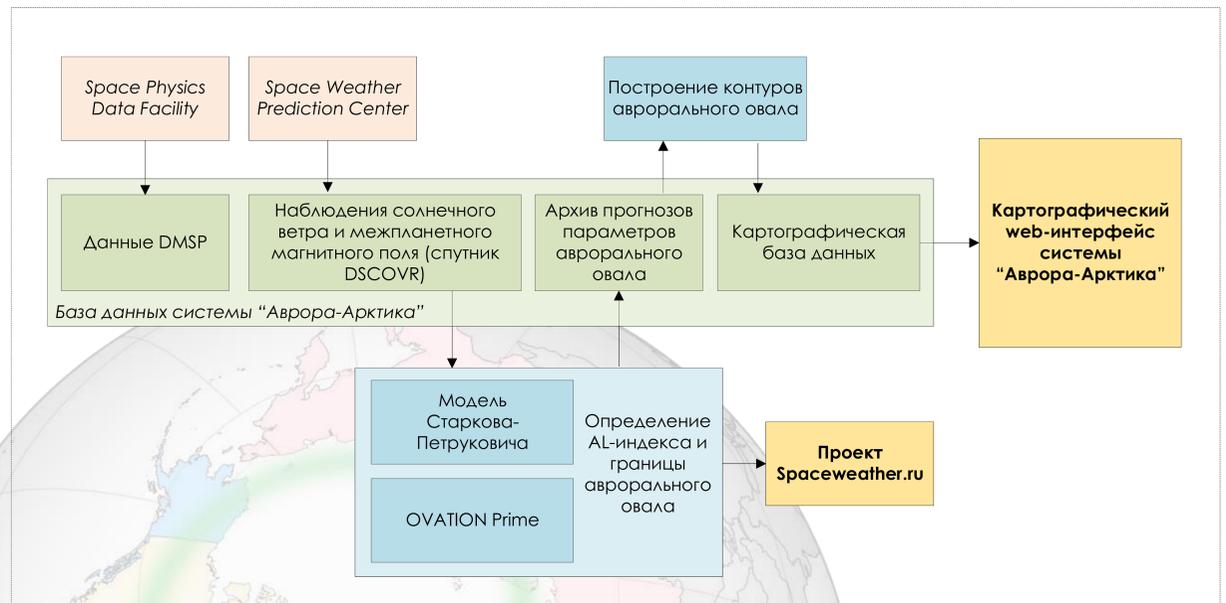
Интеграция моделей прогноза границ аврорального овала в информационную систему мониторинга ионосферы "Аврора-Арктика"

Умрихин А.Д., Никифоров О.В., Петрукович А.А., Уваров И.А.

«Аврора-Арктика» - информационная система разработанная в ИКИ РАН для анализа состояния ионосферы Земли, визуализации спутниковых и метеорологических данных, прогнозов возникновения полярных сияний и других видов данных. Система создана с использованием разработанной в ИКИ РАН технологии GEOSMIS, обеспечивающей работу со сверхбольшими распределенными многомерными спутниковыми данными и результатами их обработки, с помощью специального интерфейса, предоставленного пользователю.

Одной из главных функций системы является возможность расчета часового прогноза границ авроральных явлений достаточной силы, чтобы их можно было увидеть с Земли. Для реализации данного функционала система использует внешние модели прогнозирования, которые обмениваются с ней информацией с помощью общей базы данных.

Схема функционирования системы "Аврора-Арктика"



Отображение аврорального овала в картографическом интерфейсе "Аврора-Арктика"

Программная реализация модели OVATION Prime была выполнена на основе оригинальной модели её автора, Newell P. T., на языке программирования Python с использованием библиотек NumPy, SciPy и MySQL Connector. В рамках неё были созданы:

1. **Окружение ввода/вывода**, для получения исходных данных из СУБД и загрузки полученных прогнозов;
2. **Модель сезонов**, основанная на физике движения Земли вокруг Солнца, используемая для связи функции связывания солнечного ветра с силой авроральных явлений;
3. **Функция связывания солнечного ветра**;
4. **Методы усреднения** входных данных за некоторый промежуток времени с целью компенсации мгновенных возмущений магнитного поля и солнечного ветра.

Авроральные явления

Авроральные овалы – пояса видимого излучения энергии, высвобождаемой в результате взаимодействия заряженных солнечных частиц с верхними слоями атмосферы Земли. В целом такие частицы называются **авроральными осадками**, но по происхождению их можно разбить на четыре типа:

Два типа ускоренных электронов – **дискретное сияние**:

- 1) **Моноэнергетические пики (monoenergetic peak)** - наборы электронов в узком диапазоне энергий, появляющиеся в квазистатическом электрическом поле, созданном под действием магнитного поля Земли;
- 2) **"Broadband" ускорения** - скопления электронов с широким диапазоном энергий, образующиеся под действием Альвеновских волн: поперечных плазменных волн, которые распространяются вдоль силовых линий магнитного поля;
- 3) **Хаотично-движущиеся электроны (diffuse aurora)**;
- 4) **Ускоренные ионы** (встречаются гораздо реже электронов).

OVATION Prime

Модель предсказания авроральных явлений OVATION Prime использует в своей работе данные об измерении потока заряженных солнечных частиц и величины межпланетного магнитного поля. Модель объединяет входные данные с помощью функции связывания:

$$\frac{d\Phi}{dt} = v^{\frac{4}{3}} B_r^{\frac{2}{3}} \sin^{\frac{8}{3}}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

где v – скорость солнечного ветра,

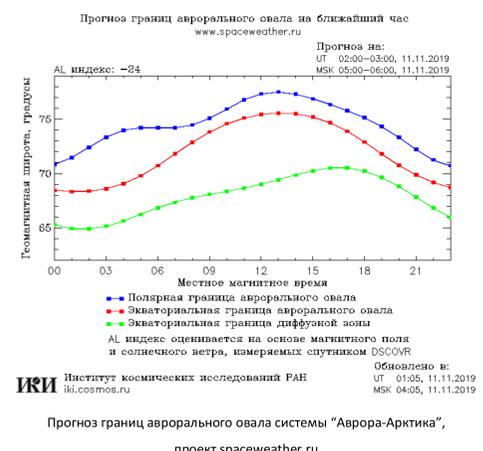
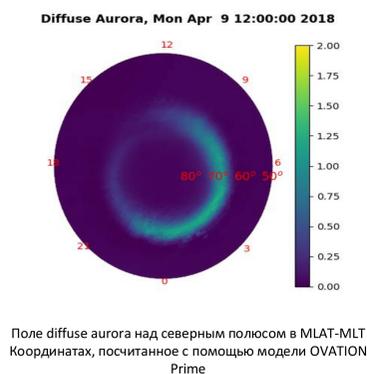
B_r – напряженность магнитного поля,

θ – угол магнитного поля.

Далее из этой функции с помощью линейной зависимости получается энергия конкретного типа аврорального явления для конкретного сезона:

$$\text{auroral power}(\text{MLAT}, \text{MLT}, \text{aurora type}, \text{season}) = a + b \frac{d\Phi}{dt}$$

OVATION Prime выгодно отличается от остальных моделей предсказания границ авроральных явлений тем, что не использует в своих расчетах Kp индекс, получаемый экстраполяцией, а сам прогноз может вычисляться для конкретных типов авроральных осадков по отдельности.



Контакты:
Умрихин А. Д. - umrikhinal@gmail.com
Уваров И. А. - uvarov@smis.iki.rssi.ru



<http://aurora.geosmis.ru>

