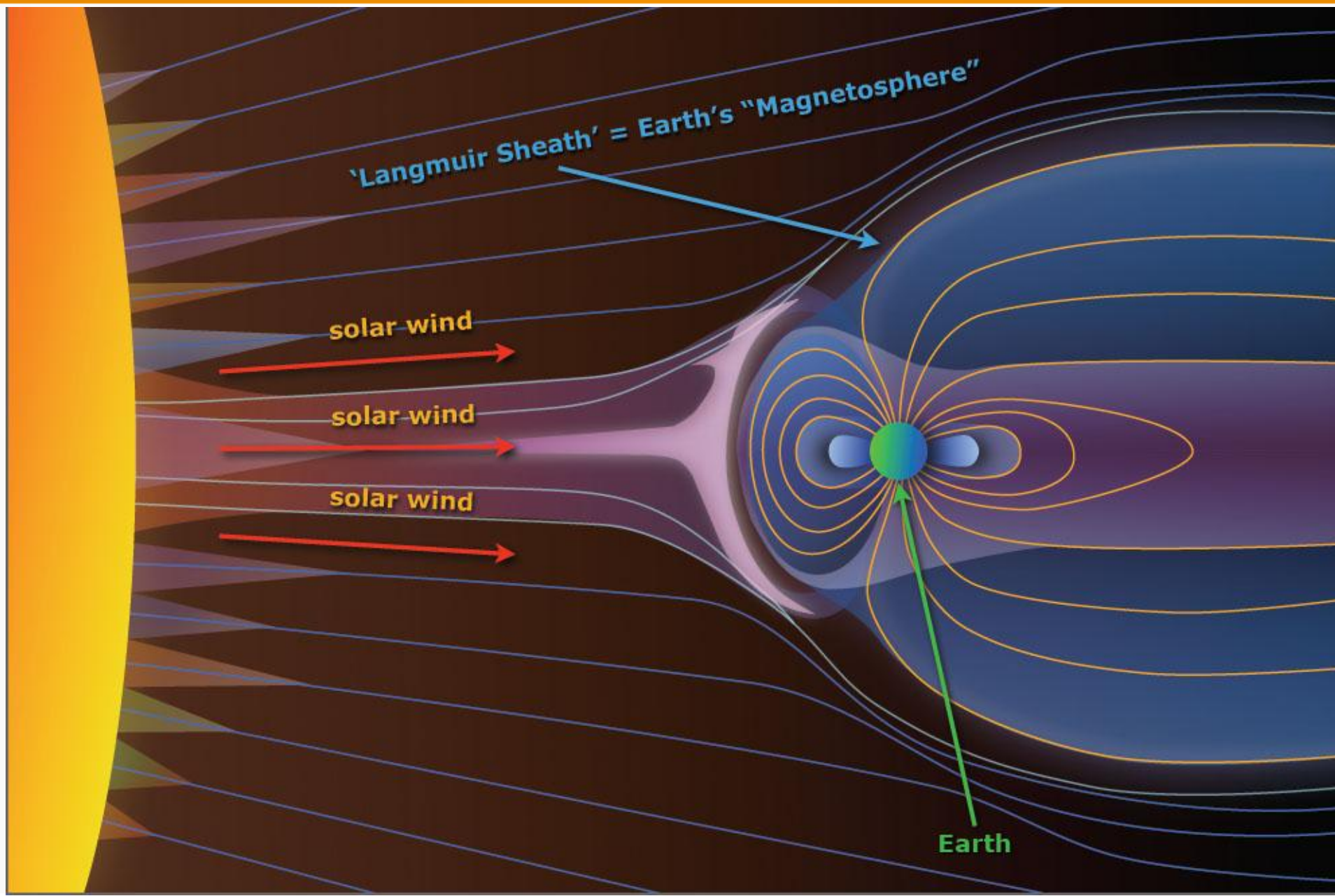


# геостационарной орбите с помощью методов машинного обучения

Широкий В.Р., Ефиторов А.О., Мягкова И.Н.,  
Доленко С.А.

НИИЯФ МГУ, 2019



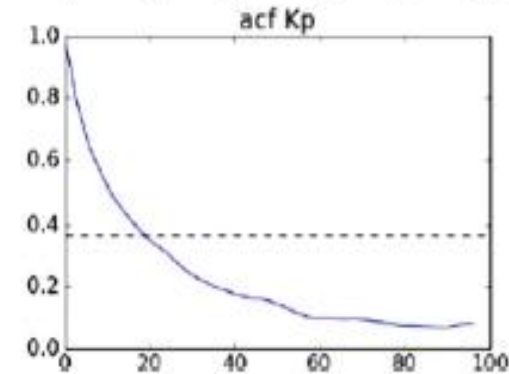
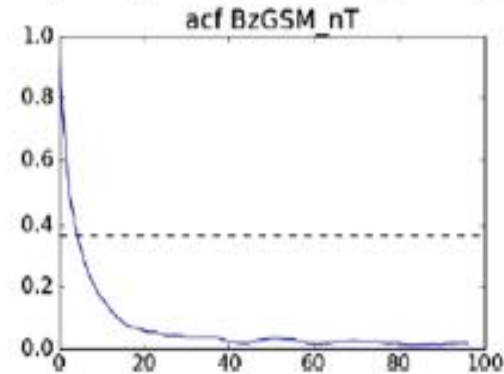
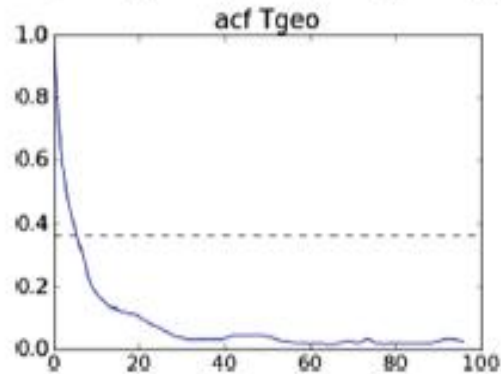
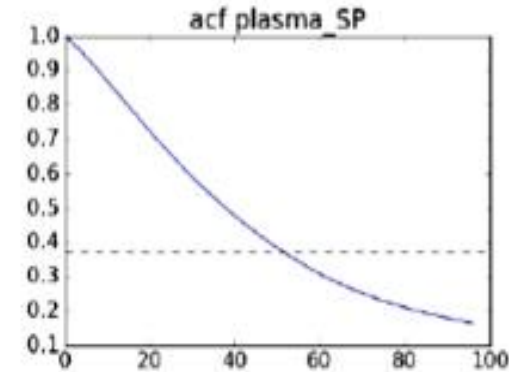
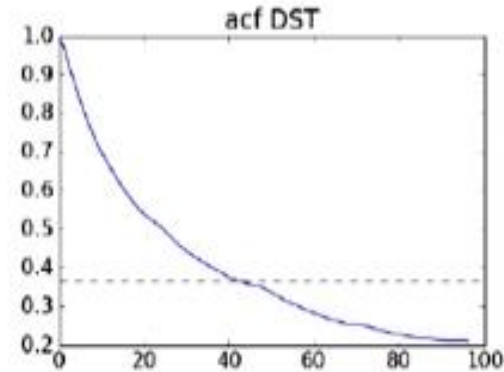
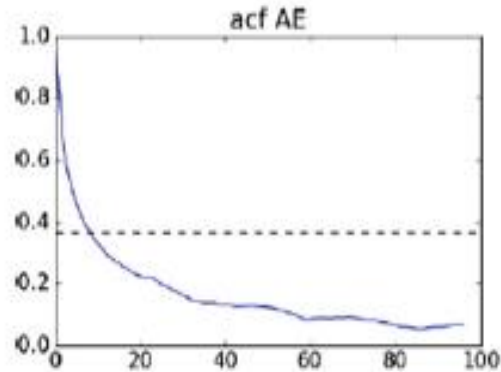
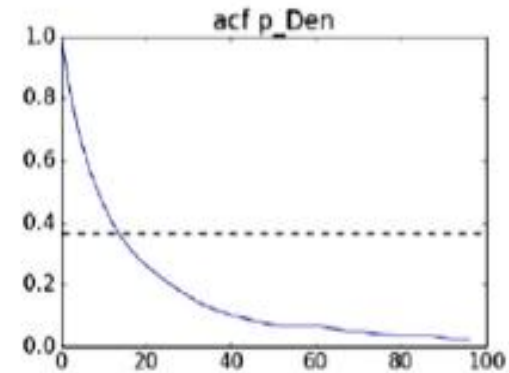
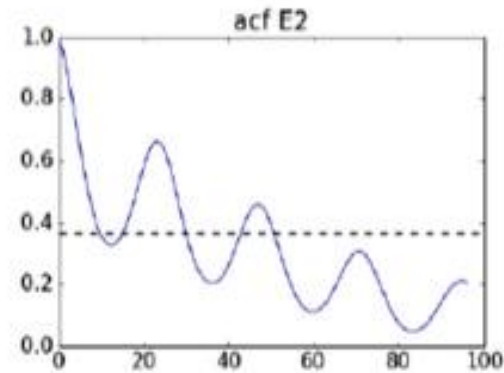
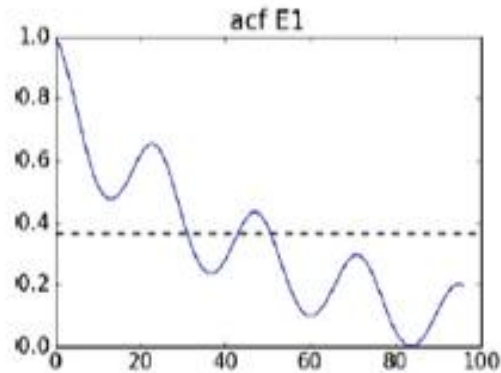
# Цель работы

- Сравнение качества прогнозирования суточных флюенсов релятивистских электронов на 1 и 3 суток вперед с использованием различных методов машинного обучения:
  - Авторегрессионная модель
  - Бэггинг на деревьях принятия решений
  - Нейронные сети с одним скрытым слоем

# Входные данные

- Параметры солнечного ветра в точке L1, скорость солнечного ветра и плотность протонов
- Параметры межпланетного магнитного поля: Vz компонента и Модуль вектора |B|
- Геомагнитные индексы Kp, Dst, Ae
- ULF индекс
- Среднечасовые значения потоков электронов с энергиями  $>2$  МэВ и  $>600$  КэВ

# Автокорреляционная функция



# Полученные значения

- $V_x$  – 54,
- $N_p$  – 14,
- IMF  $B_z$  – 5,
- AE – 9,
- $K_p$  – 20,
- Dst – 44,
- Поток электронов ( $> 0.6$  MeV) – 40
- Поток электронов ( $> 2$  MeV) – 44

# Результаты, равномерное погружение

Горизонт прогноза	Многомерная авторегрессионная модель	Многослойный персептрон	Ансамбль деревьев принятия решений	Результаты в работе Simms et.al 2016
1 день	<b>0.61</b>	0.62	0.60	<b>0.76</b>
3 дня	<b>0.44</b>	0.42	<b>0.51</b>	0.46

# Результаты, равномерное погружение

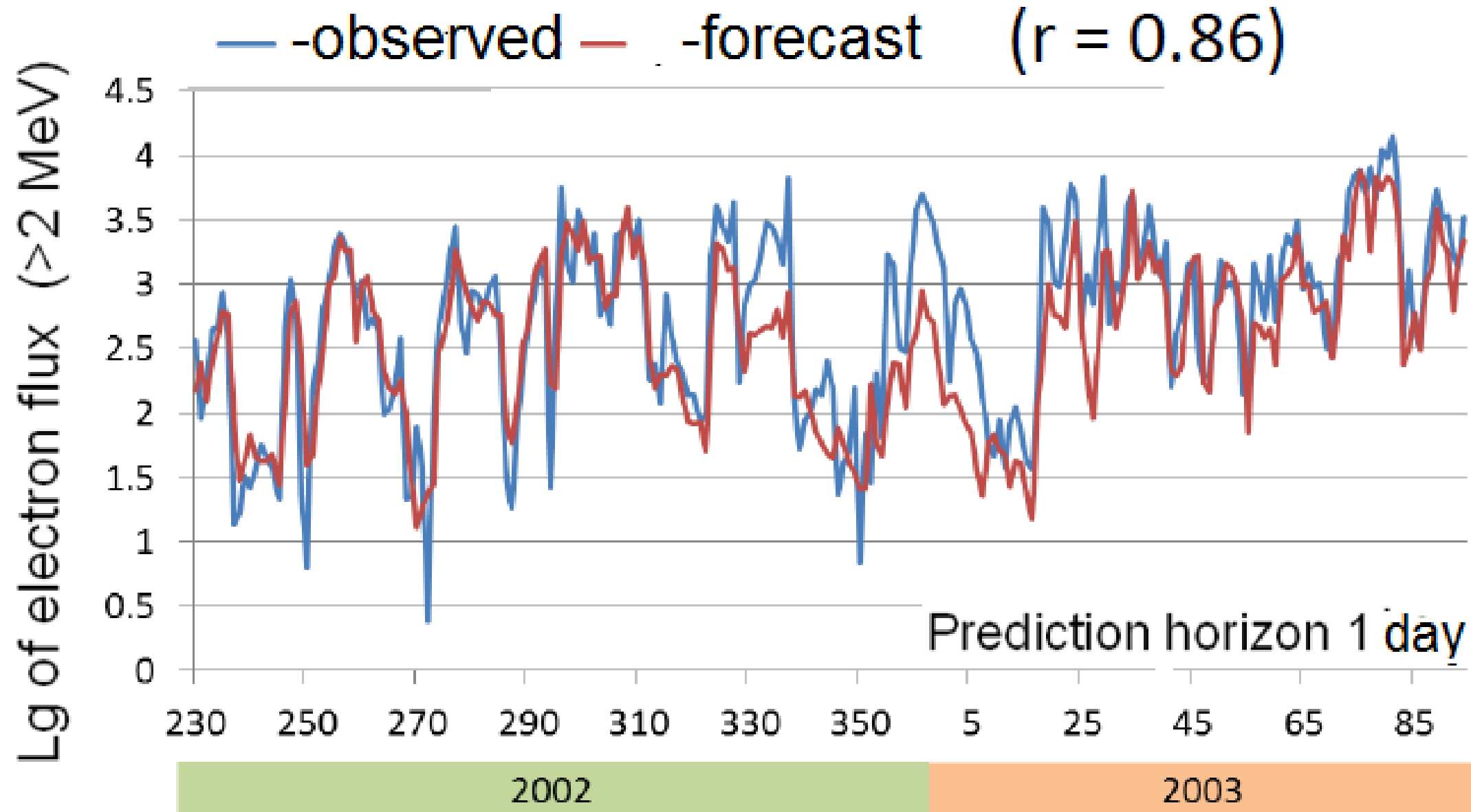
Горизонт прогноза	Многомерная авторегрессионная модель	Многослойный персептрон	Ансамбль деревьев принятия решений	Результаты в работе Simms et.al 2016
1 день	<b>0.61</b>	0.62	0.60	<b>0.76</b>
3 дня	<b>0.44</b>	0.42	<b>0.51</b>	0.46



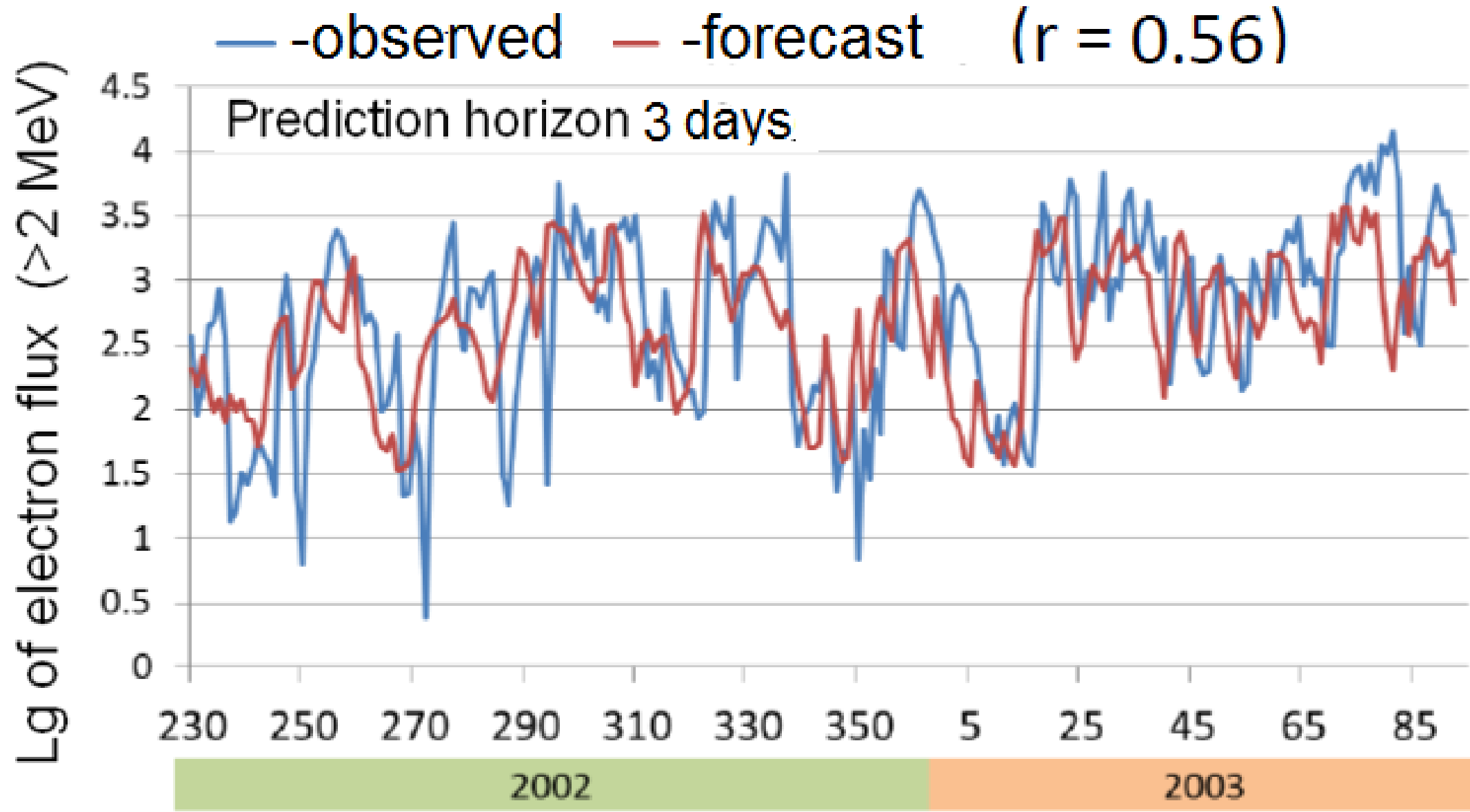
# Результаты, погружение на основе АК

Горизонт прогноза	Многомерная авторегрессионная модель	Многослойный персептрон	Ансамбль деревьев принятия решений	Результаты в работе Simms et.al 2016
1 день (по ULF)	0.70	0.71	<b>0.76</b>	<b>0.76</b>
3 дня (по ULF)	0.34	0.36	<b>0.47</b>	0.46
1 день	<b>0.80</b>	0.82	<b>0.86</b>	0.76
3 дня	<b>0.46</b>	0.48	<b>0.56</b>	0.46

# Результаты, 1 сутки



# Результаты, 3 суток



# Выводы

- Проведено сравнение прогнозирования потоков электронов на 1 и 3 суток вперед различными методами
- Наилучшее качество было достигнуто при использовании деревьев принятия решений при использовании погружения ВР на основе значений, полученных из автокорреляционной функции
- Использование ULF индекса сильно увеличивает качество прогноза