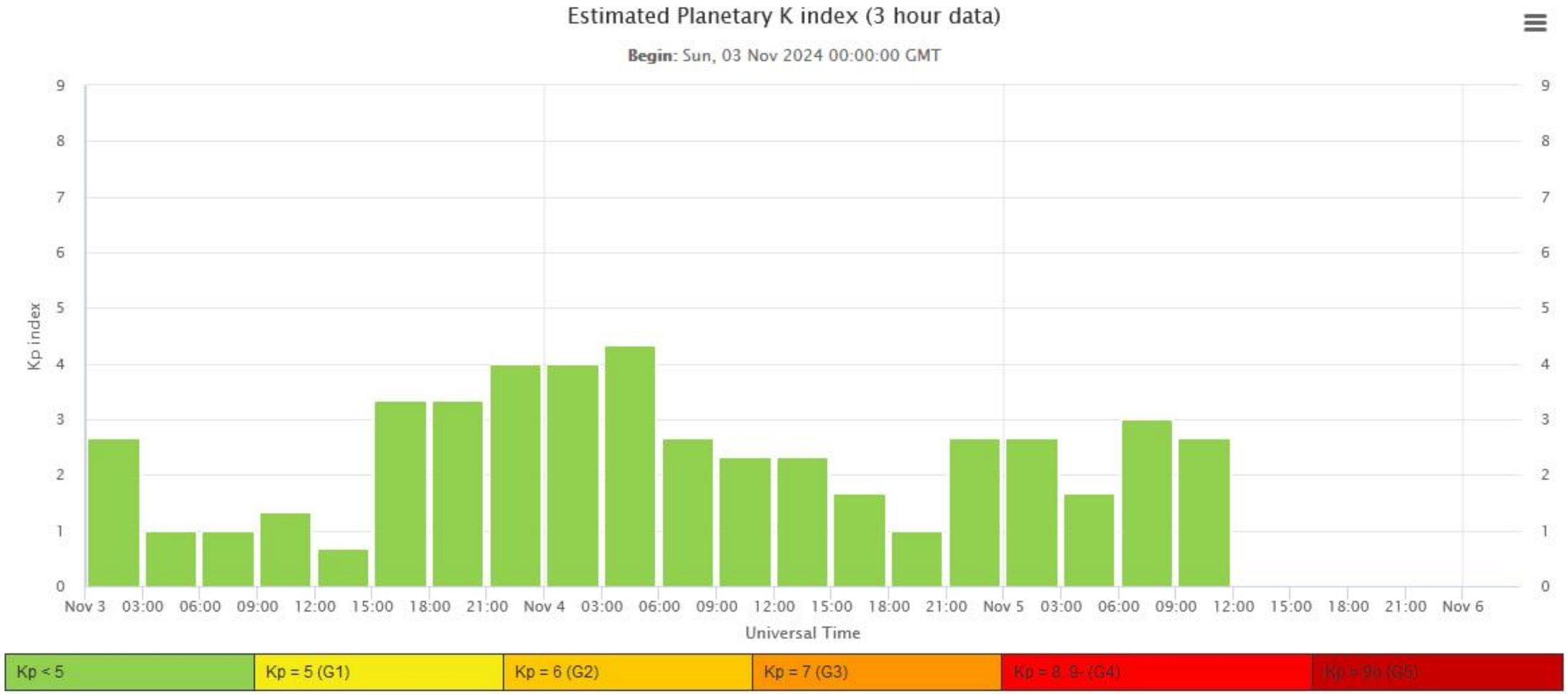
Краткосрочный прогноз планетарного К-индекса с использованием машинного обучения

Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта Российской академии наук
Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Фёдерова

Андрей Кондратов, Кирилл Холодков, Иван Малыгин, Вячеслав Буров

Планетарный К-индекс



Выбор параметров для прогнозирования

В качестве входных параметров для обучения и тестирования нейронной сети были выбраны показатели солнечного ветра и компоненты магнитного поля, взятые со спутниковых аппаратов ACE и DSCOVR

В качестве выходного параметра были взяты значения K-индекса из онлайн архива Потсдамского центра имени Гельмгольца

Все показатели были взяты за период с 1 августа 2016 года по 30 июня 2024 года, затрагивающий 24-й и 25-й циклы солнечной активности

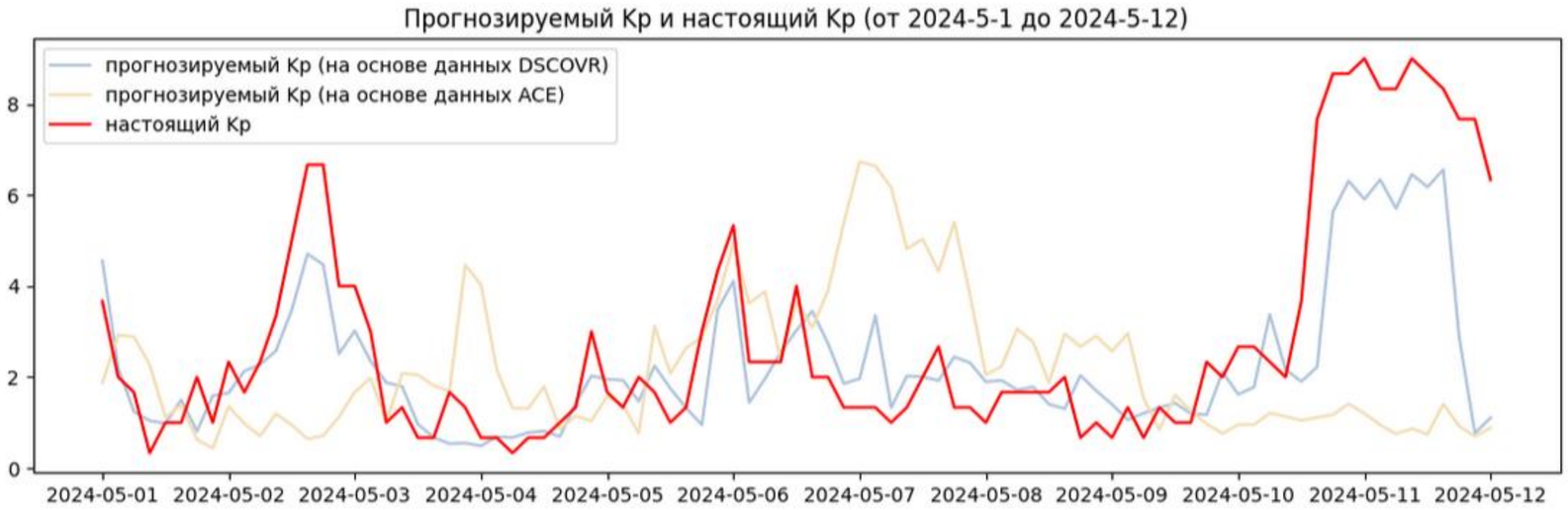
Подготовка данных для прогнозирования

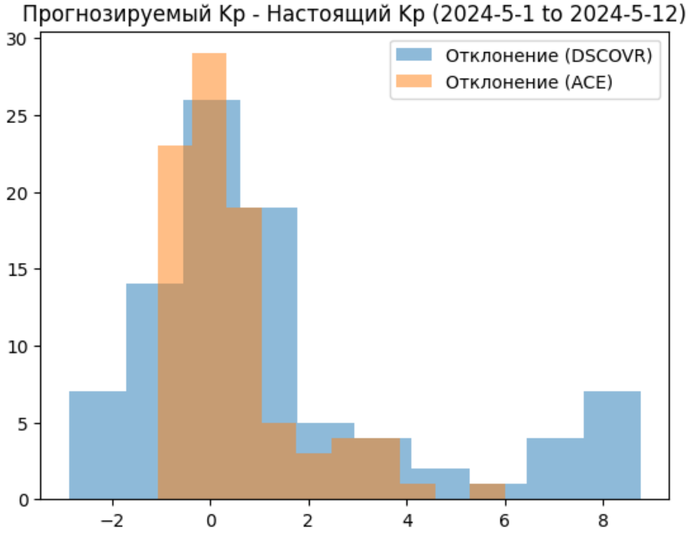
В качестве входных параметров для обучения и тестирования нейронной сети были взяты значения плотности протонов, скорости протонов и z-компонента магнитного поля. Мы разделили их на две группы в зависимости от их источника (ACE или DSCOVR)

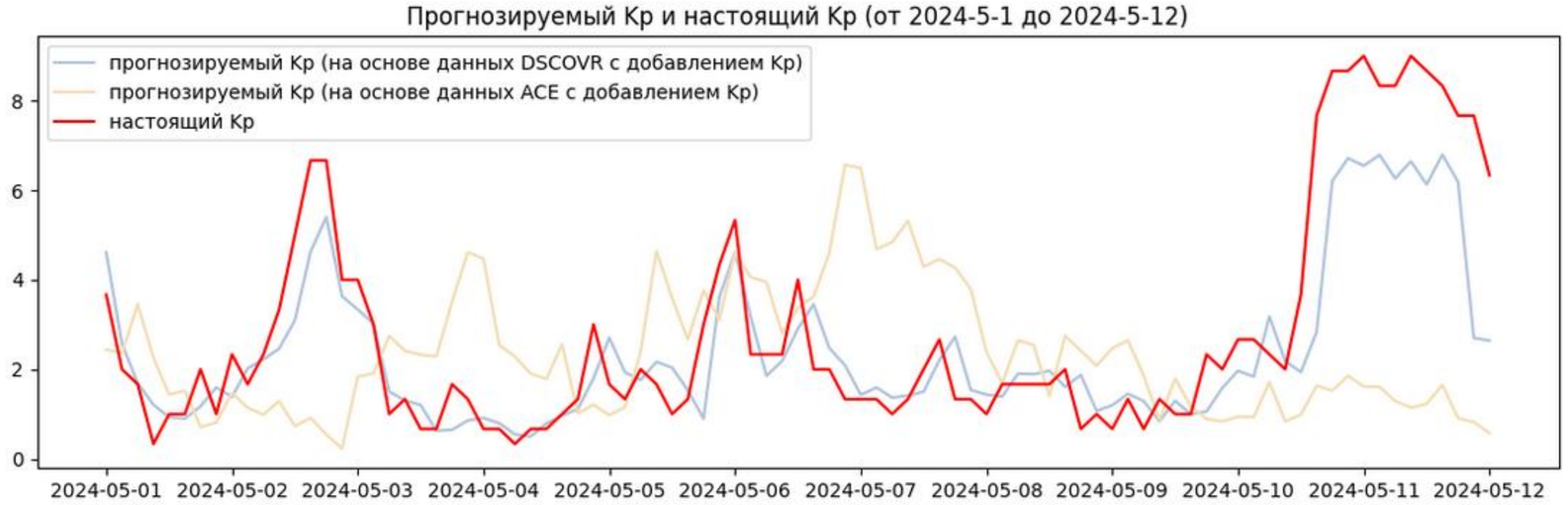
После этого мы провели интерполяцию и усреднение входных параметров в 3-х часовом диапазоне для соответствия 3-х часовым значениям K-индекса

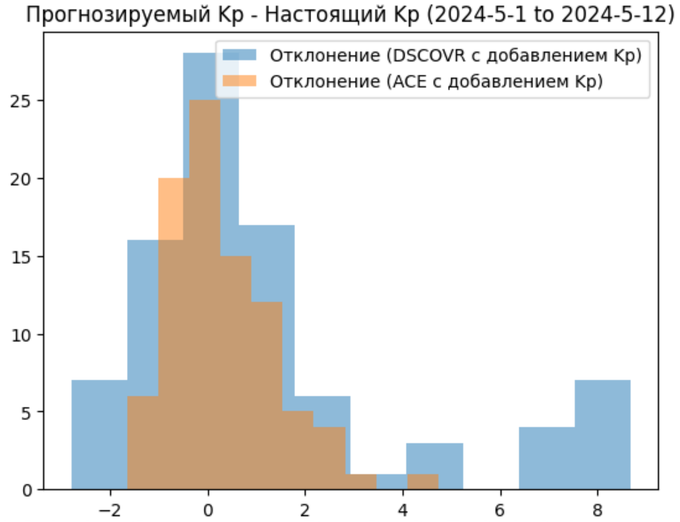
В процессе обучения нейронных сетей мы также добавляли в наборы входных параметров новые показатели для оценки того, насколько они способны улучшить точность прогнозирования. В частности, мы рассмотрели добавление в набор входных параметров x и y компонент магнитного поля и значений K-индекса за прошлые 3 часа

Прогнозирование на активном участке

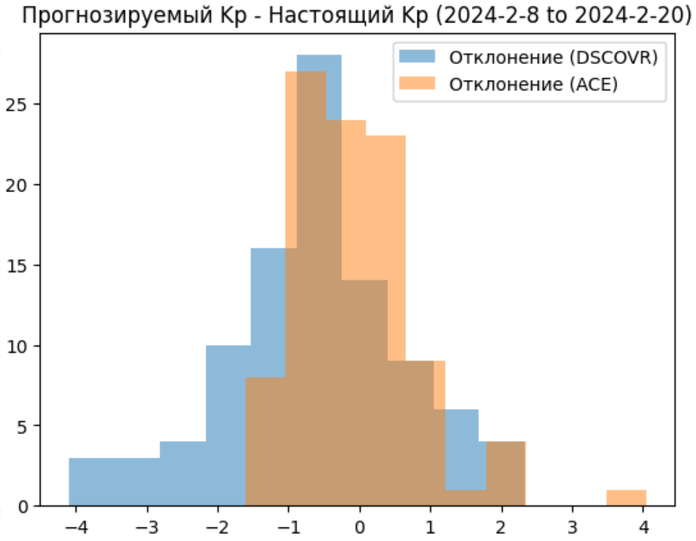


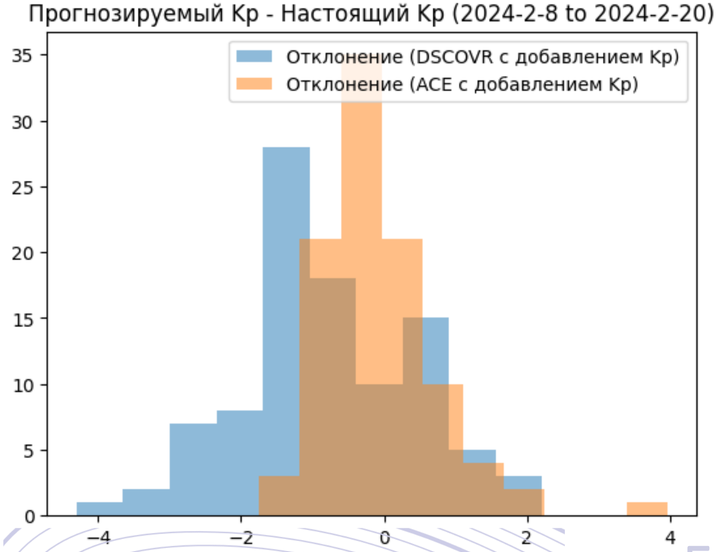






Прогнозирование на спокойном участке





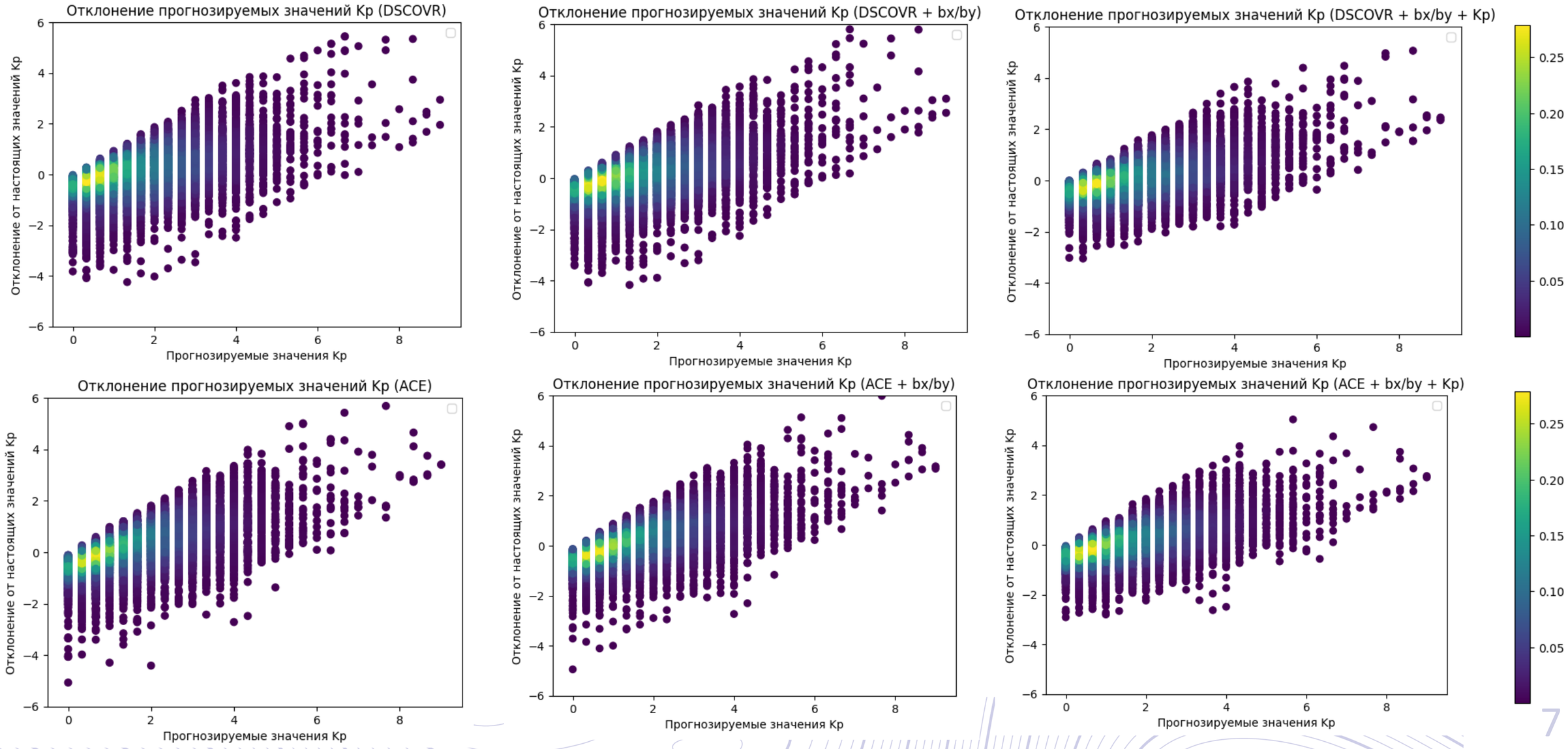
Оценка результатов прогнозирования (ч.1)

Оценка точности прогнозов нейронных сетей производилась на основе значений следующих оценочных параметров:

- Коэффициент детерминации (R^2)
- Средняя абсолютная ошибка (MAE)
- Корень средней квадратичной ошибки (RMSE)

Формат / Оценочные параметры	R^2	MAE	RMSE
DSCOVR	0.431	0.695	0.933
ACE	0.458	0.682	0.908
DSCOVR + bx/by	0.482	0.663	0.89
ACE + bx/by	0.524	0.643	0.851
DSCOVR + bx/by + Kp	0.627	0.573	0.755
ACE + bx/by + Kp	0.629	0.572	0.751

Оценка результатов прогнозирования (ч.2)



Выводы

Добавление x и y компонент магнитного поля в набор входных параметров при обучении нейронной сети увеличило точность выдаваемых прогнозов

Добавление значений K-индекса за прошлые 3 часа в набор входных параметров при обучении нейронной сети также увеличило точность выдаваемых прогнозов

В среднем нейронная сеть, обученная на данных, взятых со спутника ACE, выдает более точные прогнозы чем нейронная сеть, обученная на данных, взятых со спутника DSCOVR

У разработанных нейронных сетей получается прогнозировать низкие значения K-индекса, однако точное прогнозирование высоких значений K-индекса остается затруднительным

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Работа выполнена при поддержке ФГБУ "ИПГ", участника Русско-Китайского Консорциума — глобального центра космической погоды ИКАО (А.К., К.Х., В.Б.) и в рамках государственного задания ИФЗ РАН (А.К., К.Х., И.М.)