



# Наблюдается ли прогресс в точности прогнозирования углов прецессии-нутаии за последние 10 лет?

**З.М. Малкин**

ГАО РАН, С.-Петербург

*[malkin@gao.spb.ru](mailto:malkin@gao.spb.ru)*

# Мотивация

Исследования точности прогноза ПВЗ относятся, в основном, к прогнозированию координат полюса и всемирного времени. Точность прогноза СРО (углов прецессии-нутаии) исследуется редко.

Последнее подробное исследование было проведено восемь лет назад на материале двух лет реальных прогнозов рядов СРО IERS (USNO) и ZM2 автора [*Malkin Z.M., Analysis of the Accuracy of Prediction of the Celestial Pole Motion. Astronomy Reports, 2010, v. 54, 1053-1061*].

К настоящему времени автором накоплено более десяти лет прогнозов моделей IERS (USNO) и ZM2, и более пяти лет прогнозов новой модели автора ZM4, что позволяет сделать более детальное исследование.

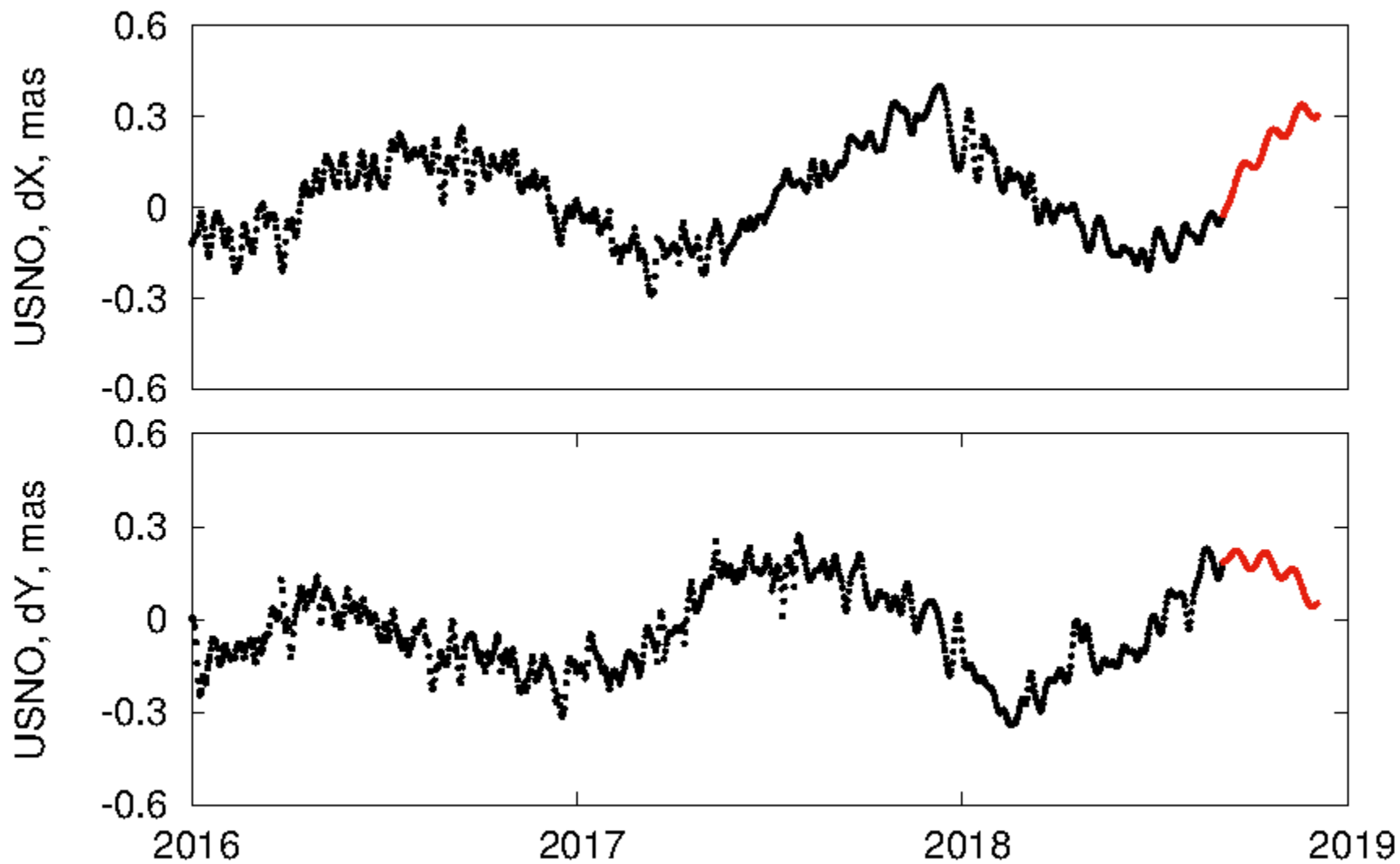
## ➤ C04

- окончательная серия
- комбинация индивидуальных рядов и ряда IVS
- не оперативная, с месячной задержкой
- не содержит прогноза

## ➤ USNO

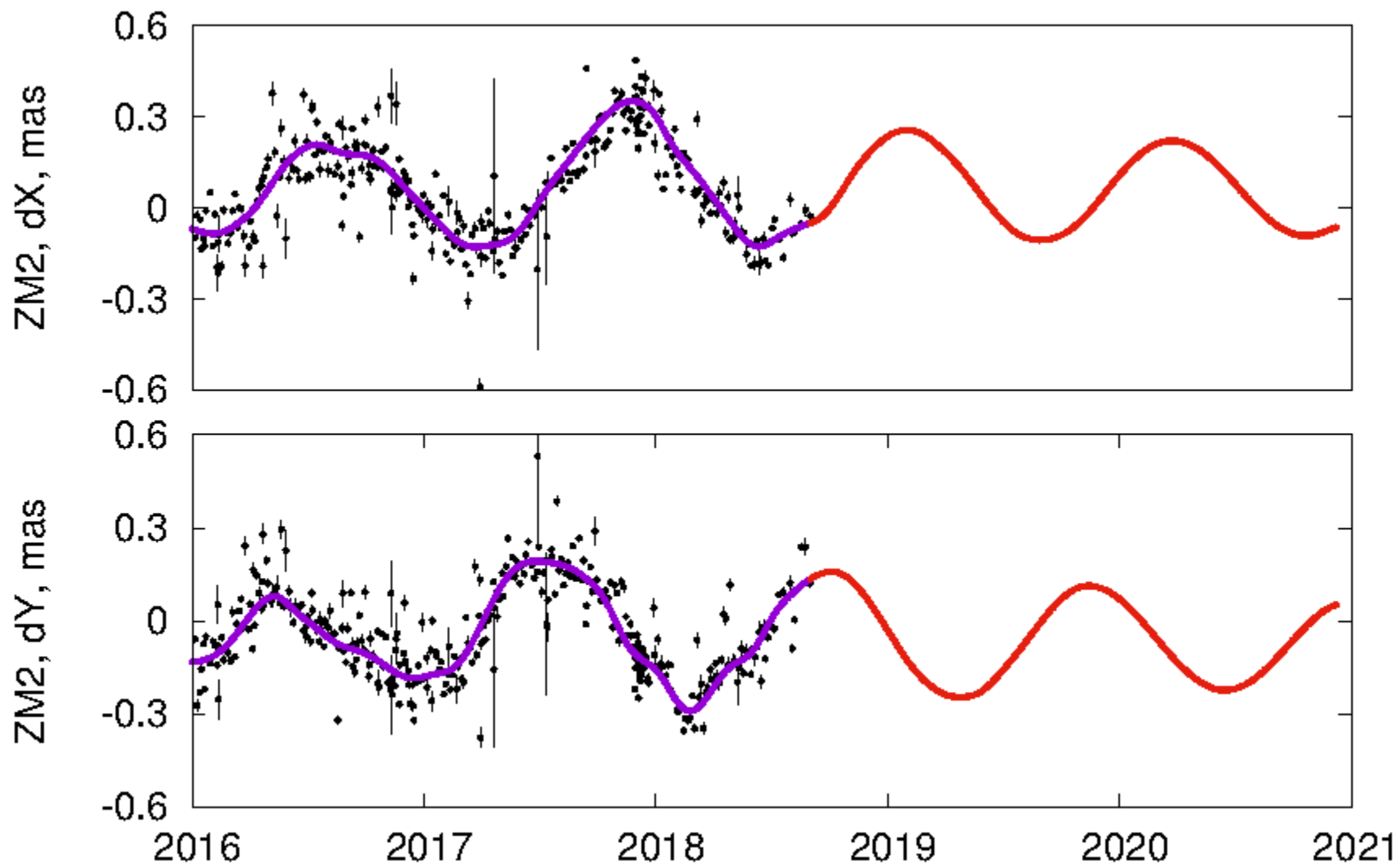
- оперативная серия
- комбинация четырех рядов: IAA, GSFC, USNO, IVS
- прогноз на 90 дней моделью прецессии-нутаии

# Серия USNO

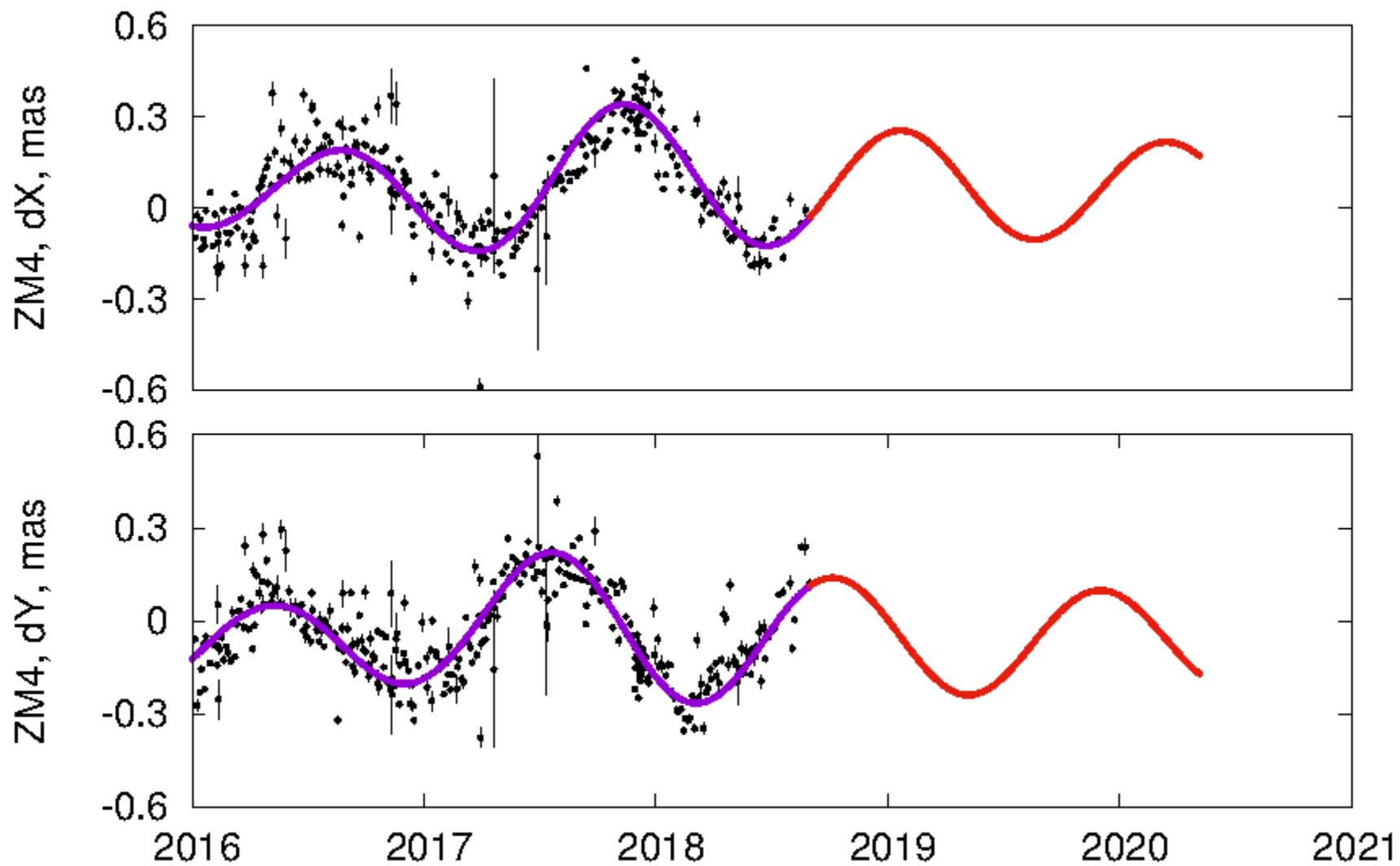


- **Исходный ряд СРО: ~~С04~~, ~~USNO~~, IVS** (Malkin, 2017)
- **ZM2**
  - непараметрическая: сглаженный ряд IVS
  - прогноз на 800 дней методом авторегрессии (с января 2007)
- **ZM4**
  - параметрическая: аппроксимации ряда IVS по интервалам длиной 431 суток с шагом в 1 день:
$$dX = A_c \cos \phi - A_s \sin \phi + X_0$$
$$dY = A_c \sin \phi + A_s \cos \phi + Y_0$$
  - немного более гладкая, чем ZM2
  - прогноз на ~600 дней по параметрам последнего интервала (с февраля 2013)

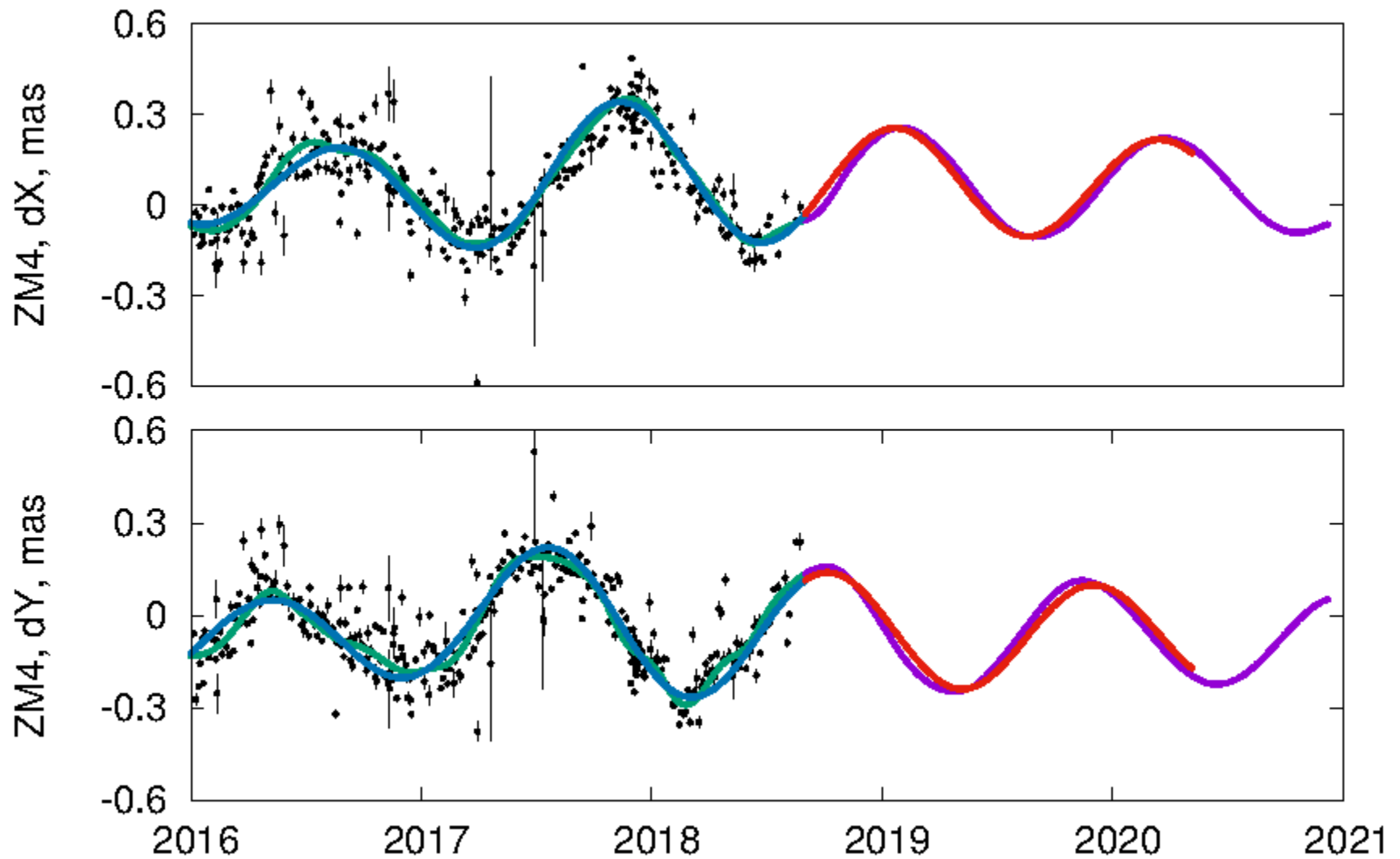
# Серия ZM2



# Серия ZM4

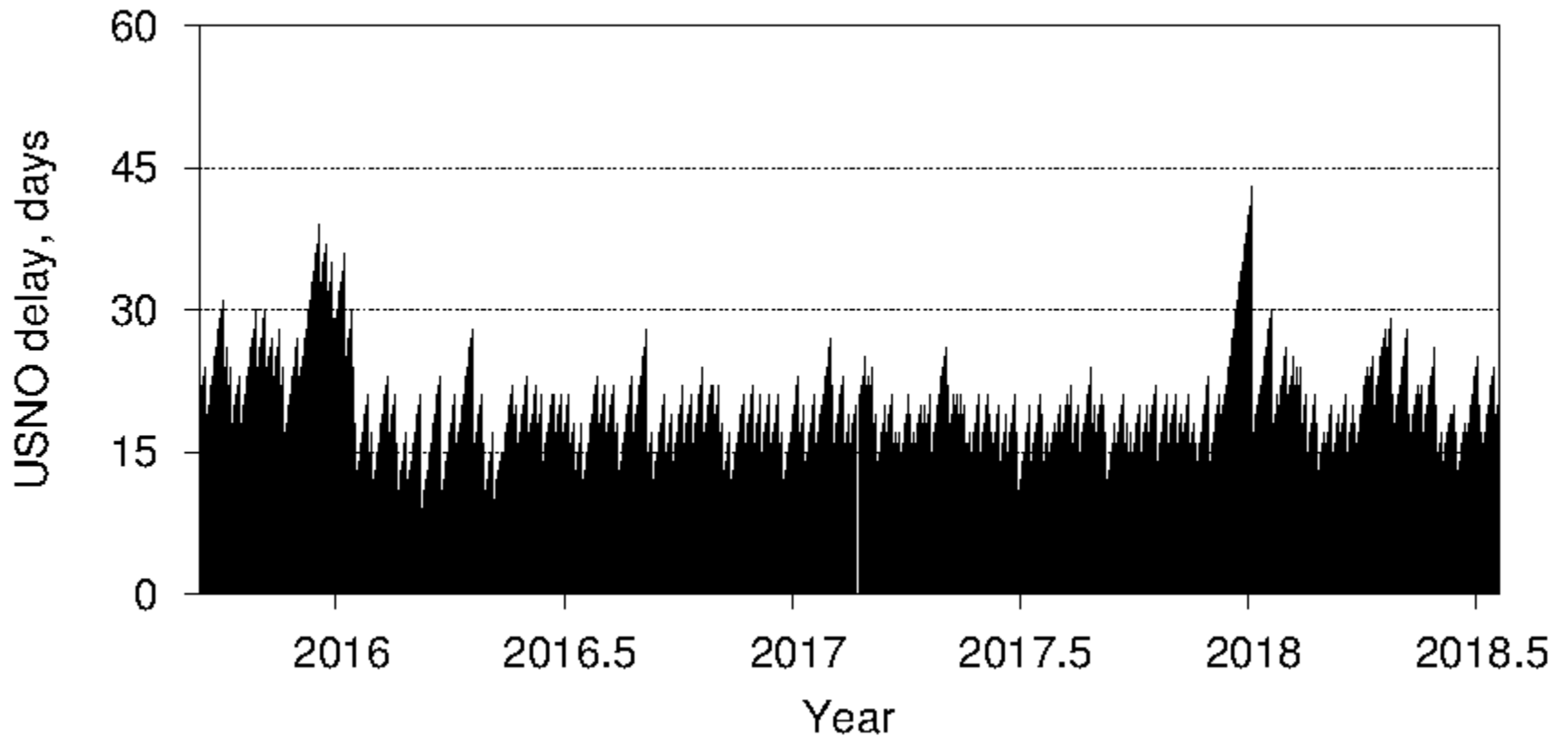


# Сравнение серий ZM2 и ZM4





# Практически необходимая длина прогноза СРО



- Прогнозы USNO сравниваются с окончательными значениями ряда USNO.
- Прогнозы ZM2 и ZM4 сравниваются с окончательными значениями ряда IVS.

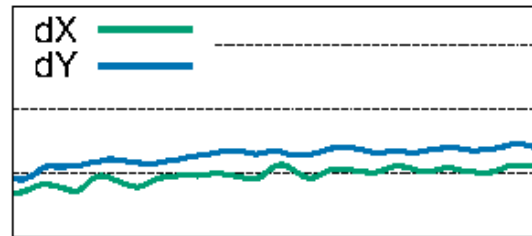
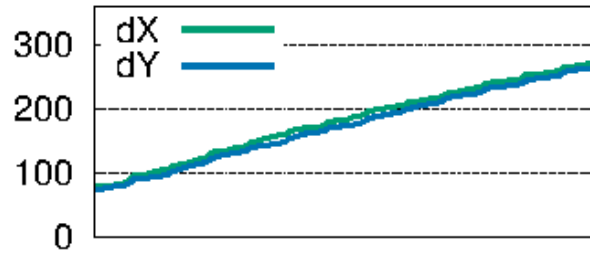
# Ошибки трехмесячных прогнозов

USNO, RMS prediction error,  $\mu\text{as}$

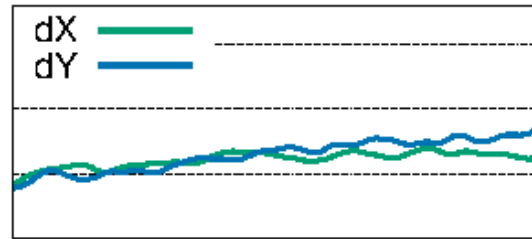
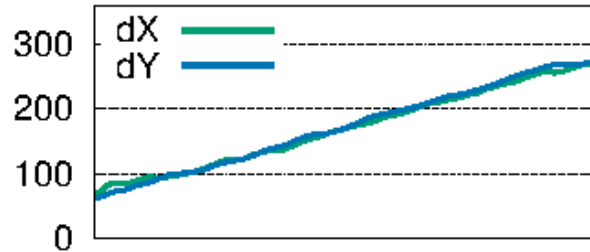
ZM2, RMS prediction error,  $\mu\text{as}$

ZM4, RMS prediction error,  $\mu\text{as}$

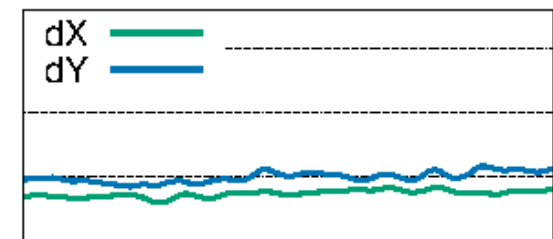
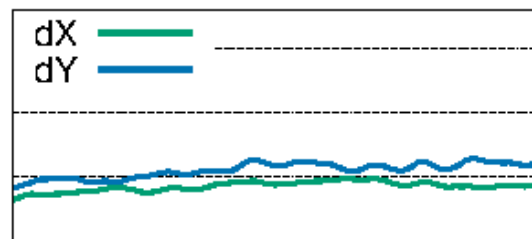
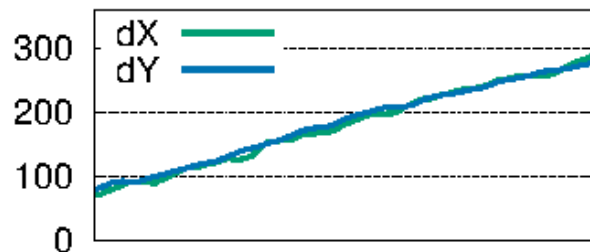
2007-2009



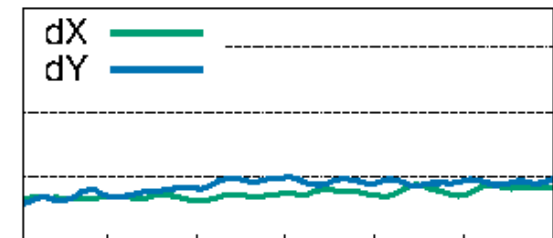
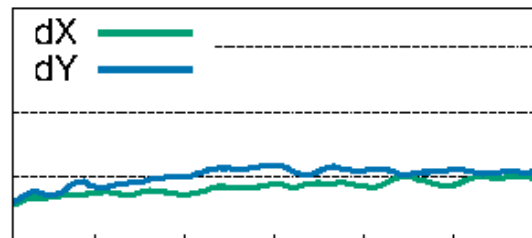
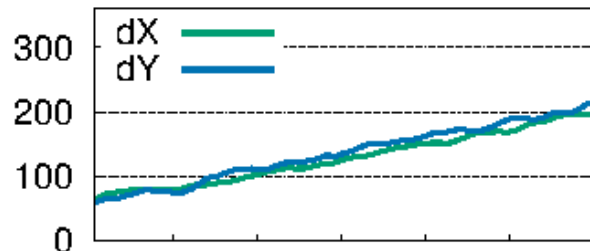
2010-2012



2013-2015



2016-2018

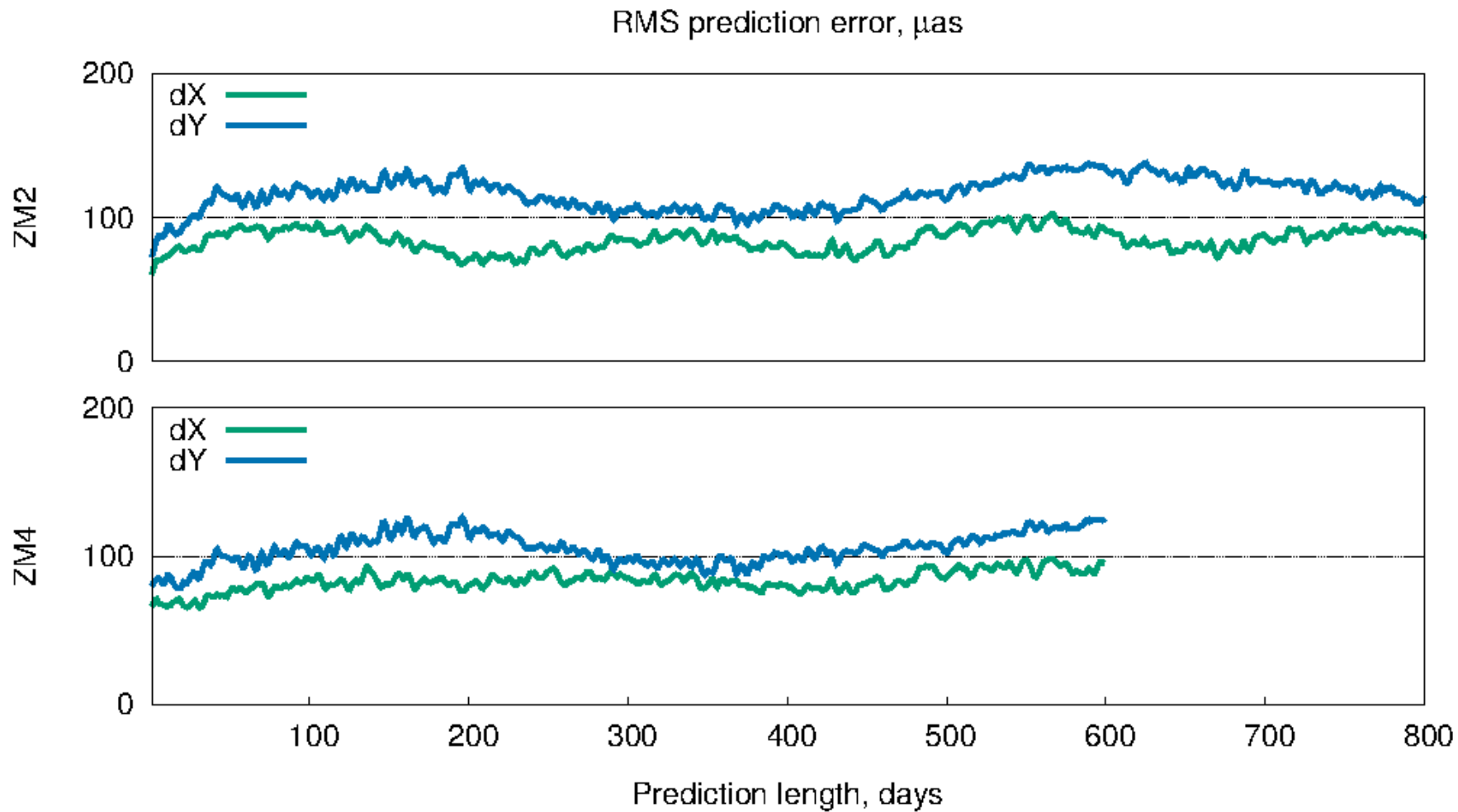


15 30 45 60 75 90

15 30 45 60 75 90

15 30 45 60 75 90

# Ошибки долговременных прогнозов



# Заключение

- Точность прогнозов моделей ZM существенно выше, чем прогнозов IERS за исключением кратковременных прогнозов на несколько дней не существенных для приложений реального времени.
- Модель ZM4 показывает несколько более высокую точность коротких и средних (до 3-4 месяцев) прогнозов. Для долговременных прогнозов до двух и более лет точность обеих серий примерно одинакова и почти не зависит от длины прогноза.
- Наблюдается улучшение точности прогноза USNO в последние три года, но ещё не ясно, насколько это улучшение устойчиво. Точность прогнозов моделей ZM практически не изменилась за последние 10 лет

Спасибо за внимание!