

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение

высшего образования

«Национальный исследовательский университет «Высшая школа
экономики»

Образовательная программа «Прикладная математика»
бакалавр

Отчет

по проектной работе

Исследования перераспределений масс по данным GRACE

Выполнила студентка группы БПМ 193

Исакова Айдана Талантбековна

(подпись)

Руководитель проекта:

Доцент

Зотов Леонид Валентинович

(оценка)

(подпись)

(дата)

Москва 2020

Введение

В проекте исследуется перераспределение масс суши и водосборных бассейнов по данным GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) и GRACE Follow-On Mission (GRACE FO). Миссия GRACE была запущена в 2003 года, но заряд аккумуляторов спутника GRACE В иссяк, и спутник пошел на снижение, что привело в ноябре 2017 году к завершению миссии. Но в 2018 году была запущенна миссия GRACE FO. Однако из-за прекращения работы аккумуляторов у нас отсутствуют данные с 2017 года по 2018 год.

Цель проекта восстановить промежуточные данные за 2017 год. Для этого нам требуется найти разные способы интерполяции и применить их на ранее вычисленных данных GRACE(2003 – 2016 г.) и GRACE FO (2018 – 2019г.). Вследствие чего мы должны будем получить полный график данных за весь период.

1. Спутники-близнецы GRACE

GRACE - Gravity Recovery And Climate Experiment. (Рис.1)

Спутники GRACE находятся на околополярной орбите с наклоном 89° и высотой орбиты составляет 500 км, на расстоянии 220 км друг от друга. Когда спутники пролетают над аномальными массами у каждого из них возникает свое ускорение, которое влияет на дальность расстояния между спутниками-близнецами. Дистанция между спутниками-близнецами измеряется микроволновым радаром в К-диапазоне. Величина этого расстояния между ними является источником информации о гравитационном поле нашей планеты. Одним преимуществом спутников GRACE состоит в том, что они дают ежемесячные аномалии. Также используют многоканальный сингулярный спектральный анализ (МССА), который позволяет устранять меридиональные шумы (страйпы), обусловленные нахождением обоих спутников на полярной орбите и орбитальными резонансами, и эффектами наложения сигнала.

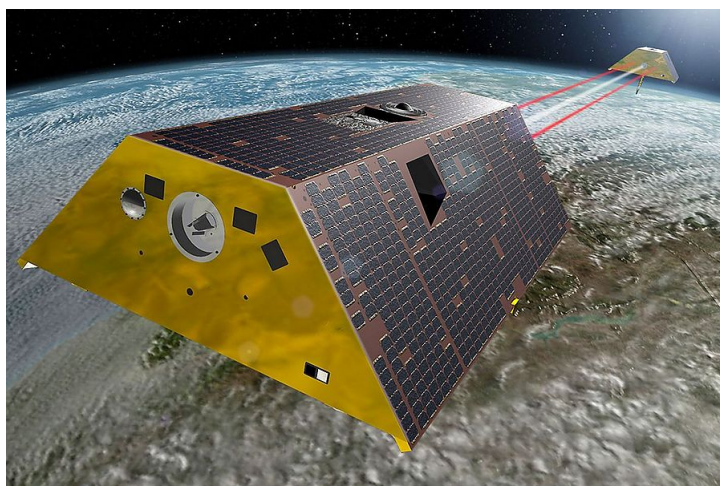


Рис. 1. Спутники-близнецы GRACE FO

2. Полученные данные

В данном исследовании мы будем рассматривать 14 рек Индии и одну реку Африки. Известно, что почти на всех крупных реках Индии летом наблюдается резкий подъём уровня, который часто сопровождается наводнениями. А сток воды реки Нил сильно и резко изменяется в течение года. Наблюдение за влагозапасом и уровнем этих рек ведутся на протяжении 3000 лет. Потому что на берегах этих рек зародились одни из первых мировых цивилизаций. В связи с изменением климата ситуация меняется и появление спутников позволяет на современном уровне проводить мониторинг в этих регионах.

Информация о бассейнах рек взята из базы данных ([файл basins](#))

И показана в таблице:

Название	Длина бассейна, км	Площадь бассейна, км
Африка		
Нил	5908.7	3826122.0
Азия (Индия)		
Ганг	2221.1	1628404.5
Инд	2381.7	1143101.1
Годавари	950.4	311574.9
Кришна	1090.8	251683.7
Маханади	865.7	141207.1
Нармада	1097.9	114087.9
Кавери	627.5	78680.4
Дамодар	562.1	59661.9
Брахмани	550.7	57357.5
Пеннар	479.3	53909.4
Махи	377.96	28464.6
Рабармати	373.4	28346.5
Поннайя	374.3	24154.4
Палар	295.99	21087.2

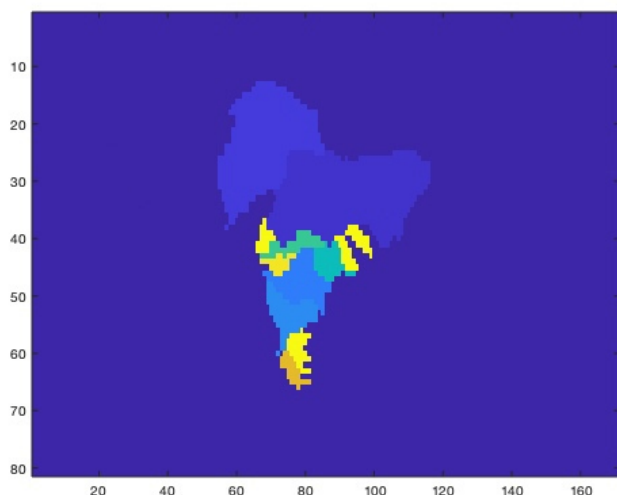


Рис. 2. Бассейны рек Индии

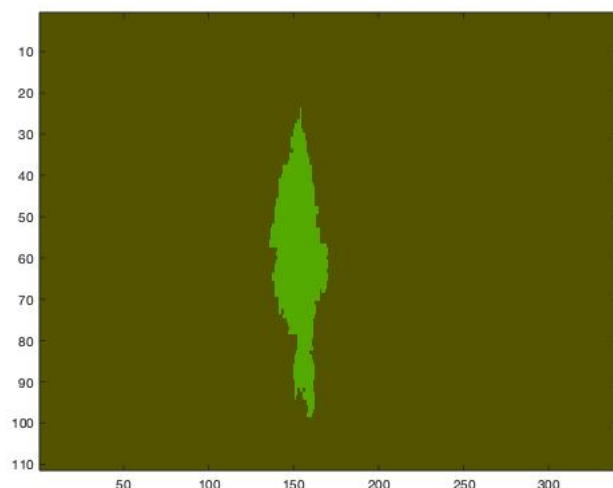


Рис. 3. Бассейн реки Нил.

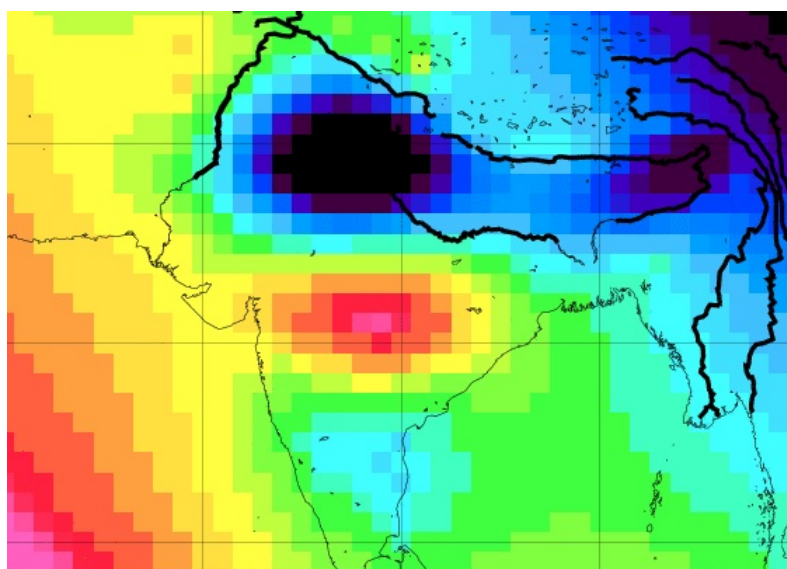


Рис. 4. Индии

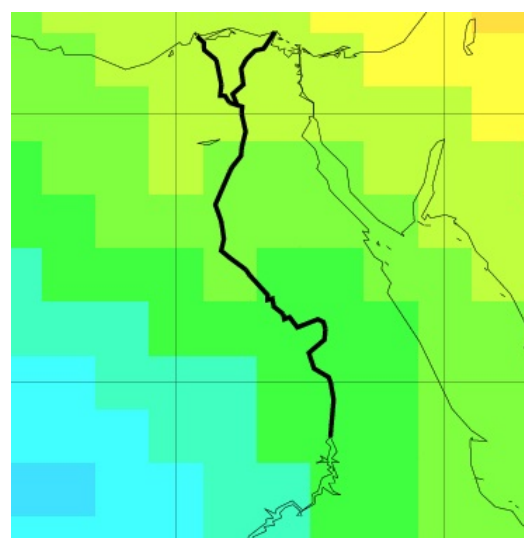


Рис. 5. Нил

С помощью кода написанного в программе MATLAB и программы GMT мы получаем карту бассейнов рек Индии (Рис.2) и бассейна реки Нил (Рис. 3). А по осям отложены условные номера точек с шагом в 30 угловых минут.

Разности массонакопления между 2016г. и 2003г. для бассейнов рек Индии и бассейна реки Нил. (Рис. 4, Рис. 5)

На Рис.6 предоставлен график «поведения» бассейнов рек Индии.

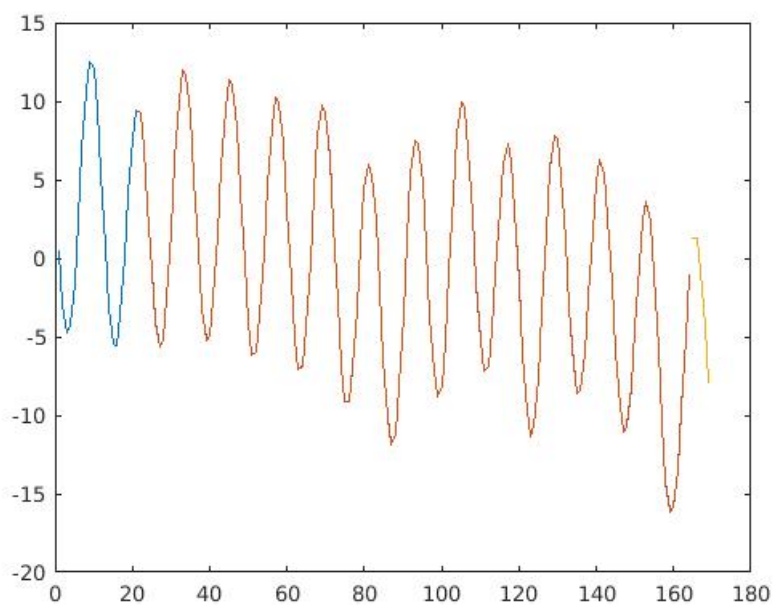


Рис. 6. Графики среднего массонакопления в бассейнах рек Индии.

3. Задача интерполяции

В связи с тем, что у нас отсутствуют данные с 2017 года по 2018 год. Нам хотелось бы найти самый подходящий способ интерполяции для того, чтобы заполнить отсутствующую часть нашего графика в этот период.

Интерполяция - это способ нахождения промежуточных значений.

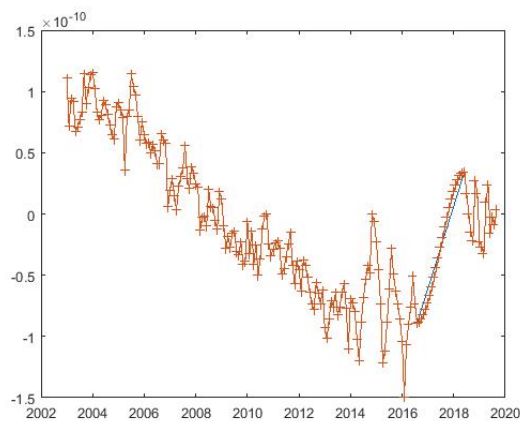


Рис. 7. Интерполяция «cubic» для C21

С помощью кода написанного на матлабе, мы выполнили следующие виды интерполяции (рис. 7 и рис. 8), где проинтерполированные значения показаны крестиками:

Ни один из этих видов интерполяции, в чистом виде, не подходит для заполнения промежутков, в связи с тем, что не производит даже приближенное поведение наблюдаемого сигнала. Поскольку спутники дают информацию о гравитационном поле в виде разложения по коэффициентам Стокса нами была выполнена интерполяция коэффициентов C_{21} и S_{21} с результатами представленными на рисунках 7 и 8.

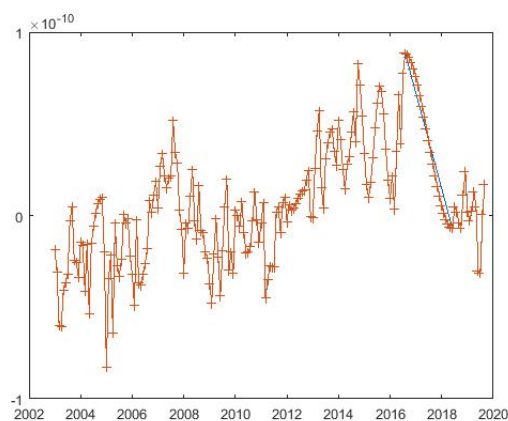


Рис. 8. Интерполяция «cubic» для S_{21}

4. Графические результаты

Ежемесячные данные со спутников GRACE и GRACE FO после обработки были переведены в величины ЭУВ(эквивалентный уровень воды).

Рассмотрим график аномалий масс для бассейна реки Нил.

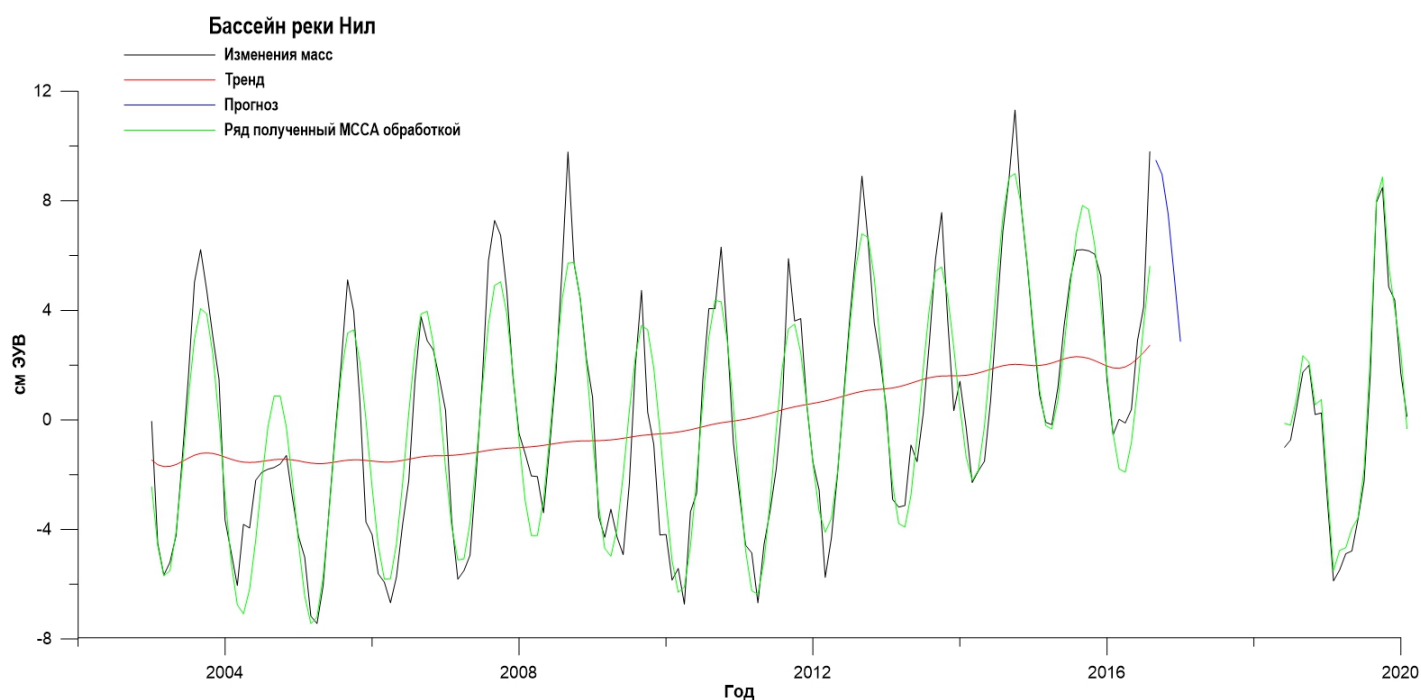


Рис. 9

Графики бассейнов рек Индии и бассейна реки Инд с 2003 года по 2020 год представлены ниже.

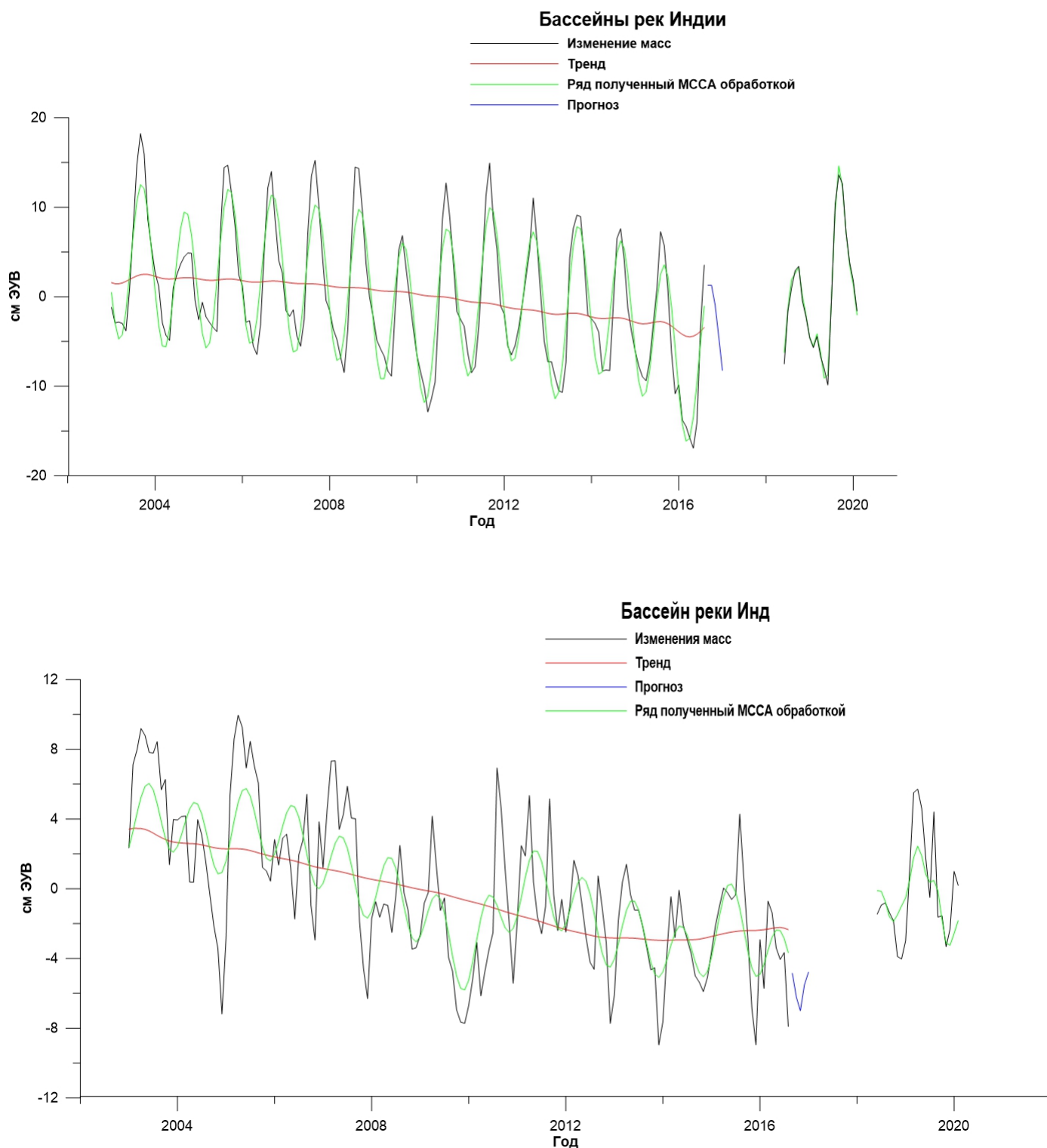


Рис. 10

Исследуя данные со спутников GRACE и GRACE FO удалось заметить, что поведение графиков в усредненное по всем бассейнам Индии более регулярно содержит годовой цикл, а графики для бассейна Инда содержат шумовую изменчивость. Что говорит о том, что для спутников

GRACE и GRACE FO бассейн реки Инд несколько «мал». На графиках мы можем увидеть изменение масс в рассматриваемых бассейнах рек. Красной линией показан тренд с 2003 года по 2017 год. Синей линией прогноз данных. Зеленой линией показан ряд полученный МССА обработкой для масс бассейнов реки Инд и бассейнов рек Индии. По графику видно, что годовое колебание масс в бассейне реки Нил превосходит амплитуды аналогичных колебаний бассейна реки. И для реки Нил - характерен возрастающий тренд. Это обуславливается изменением влагозапасов

Сравнение данных со спутников GRACE по массам и спутника AIRS по водным парам в атмосфере. Ниже предоставлены графики (рис. 11 и рис. 12):

Видно запаздывание между колебаниями в влаге и атмосфере. Аномалии масс запаздывают от аномалии влагосодержания примерно на месяц.

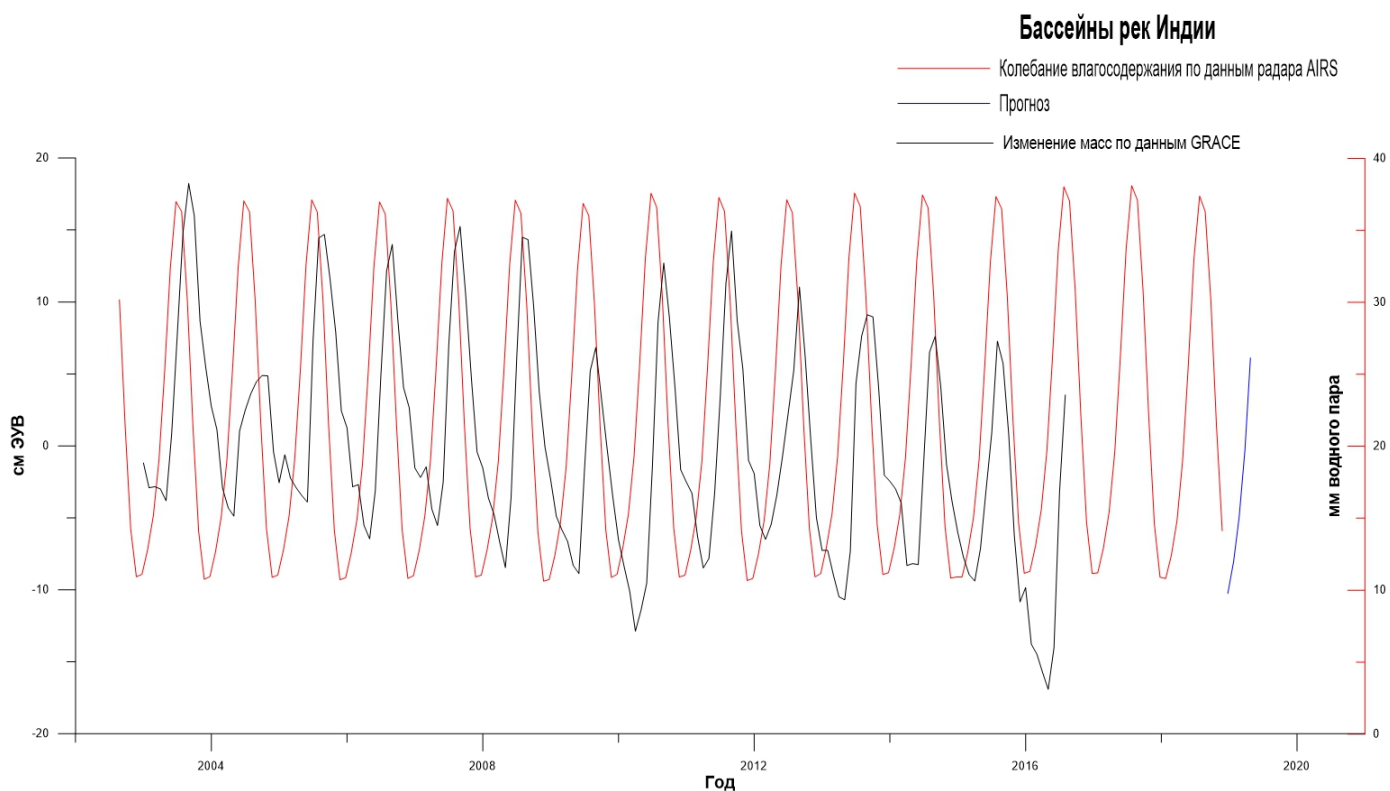


Рис. 11

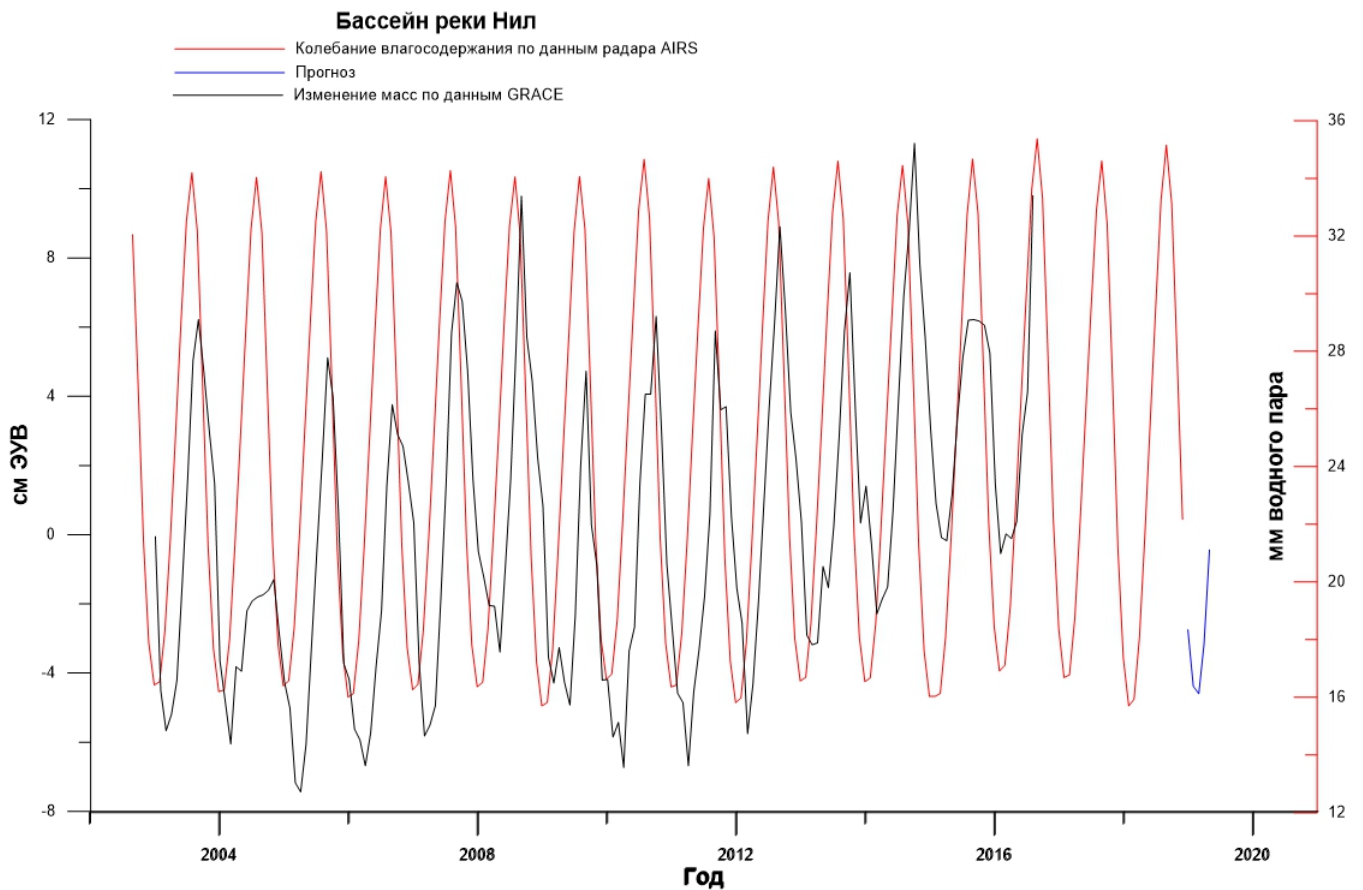


Рис. 12

6. Приложение

1) Программа на MATLAB для получения карты:

Карта Индии

2) Программа на MATLAB для гармоник:

C21

3) База данных для бассейнов рек: файл *basins*

Список литературы

[1] Зотов Л.В. - «Исследование связей между вращением земли и геофизическими процессами»

<http://lnfm1.sai.msu.ru/tempus/disser/Doct.pdf>

[2] Презентация