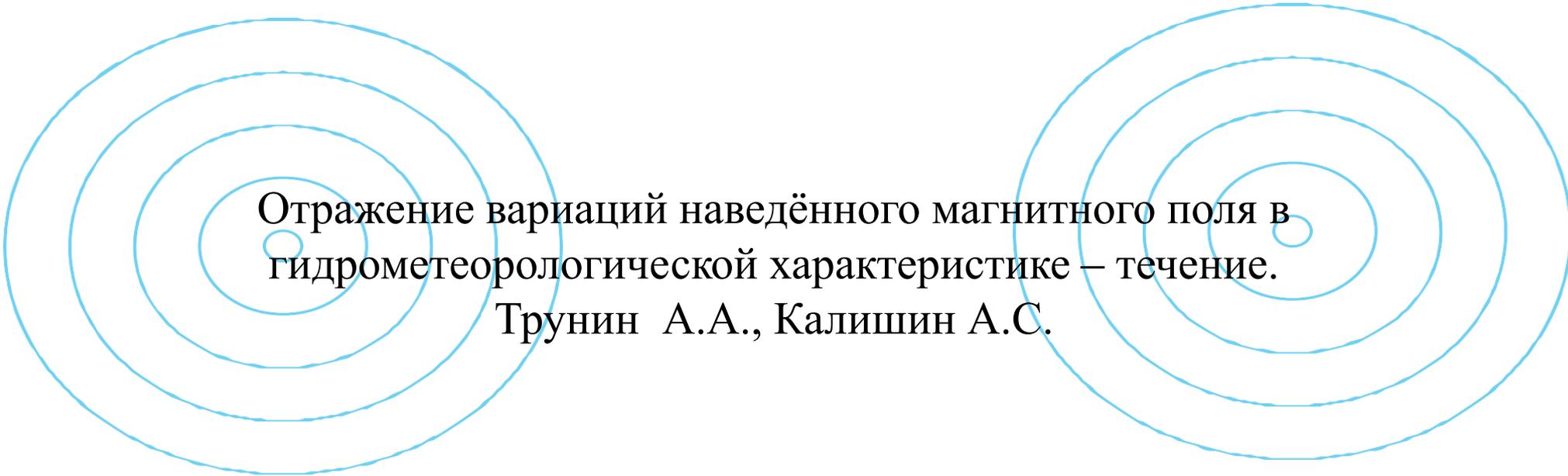




ААНИИ

Арктический и антарктический
научно-исследовательский институт



Отражение вариаций наведённого магнитного поля в
гидрометеорологической характеристике – течение.

Трунин А.А., Калишин А.С.

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия.

Новое - это хорошо забытое старое.

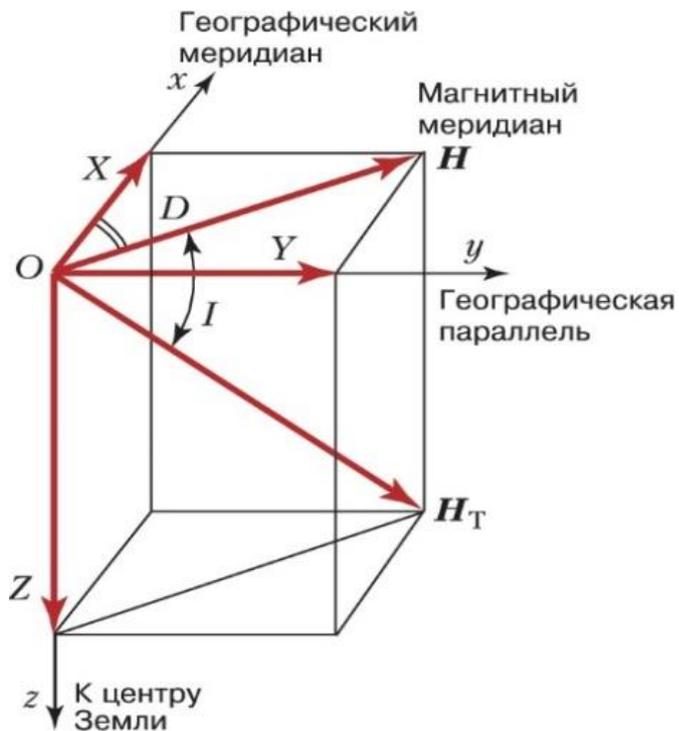
Изучение распределения поля магнитных и электрических вариаций имеет большое значение для развития теоретических знаний, для океанографии, навигации, морской магнитной съемки, развития СМП. Интерпретация рядов вариаций магнитного поля в районе мыс "Белый нос" (пролив Югорский Шар, Диксон пролив "Вега") возможно указывает на связь аномалий наведенного магнитного поля с изменениями направления течения, что даёт основания более детально подойти к месту расположения вариационных станций, их характеристик и развитию методов обработки и интерпретации вариаций магнитного поля.

Одной из характерных черт нашей планеты является наличие у нее постоянного магнитного поля. Практически все гидродинамические процессы в водной оболочке происходят в условиях действия этого поля. Поскольку вода обладает электрической проводимостью, то при этом возникает ряд специфических эффектов, наиболее важным из них является эффект Фарадея. Он состоит в возбуждении в движущейся проводящей среде электрического и вторичного магнитного полей. Характеристики каждого из таких полей в значительной степени отображают особенности порождающего их гидродинамического процесса.

Связь течения с магнитным и электрическим полем



Магнитное поле Земли



$$\Delta B = B_c + B_s + B_h + B_\delta$$

B_s – вариации солнечной радиации

B_c – вариации течения

B_h – вариации уровня

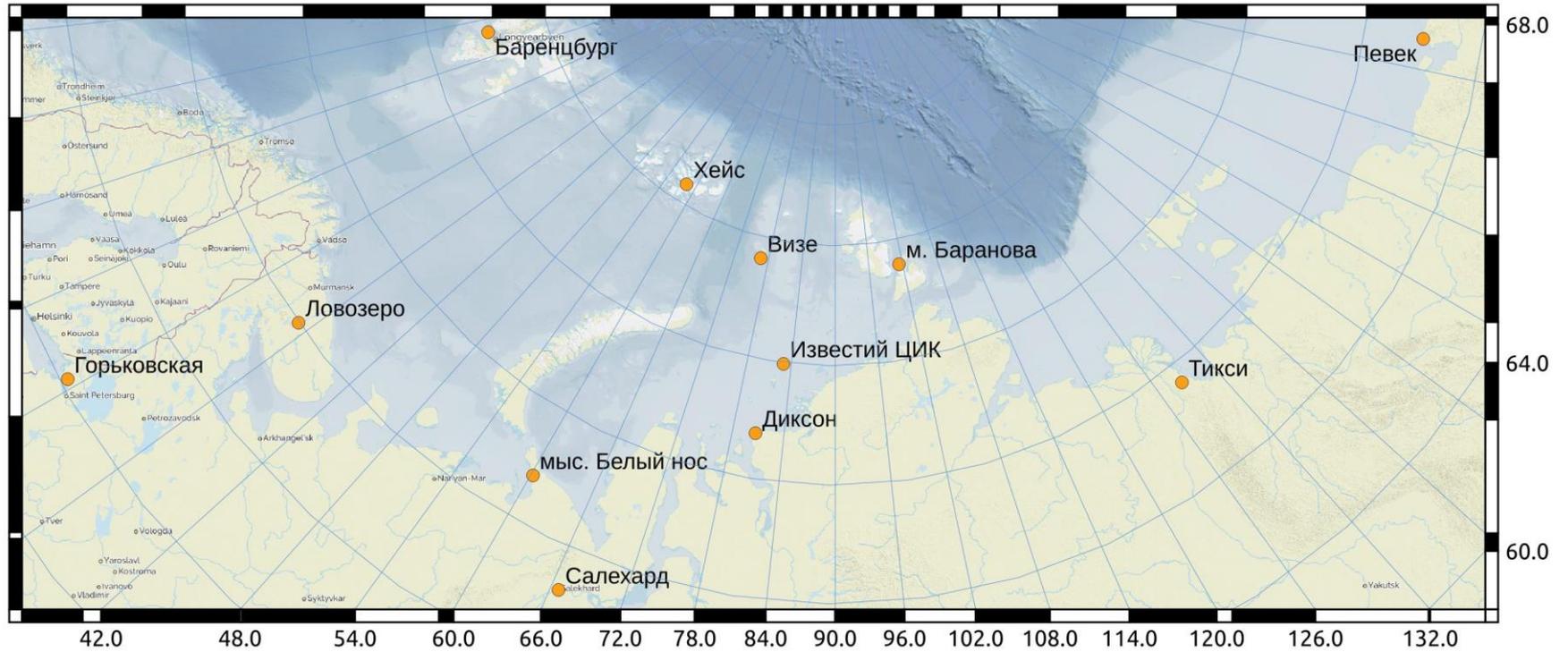
B_δ – вариации магнитные бури

$Z = Z$

$E = Y$

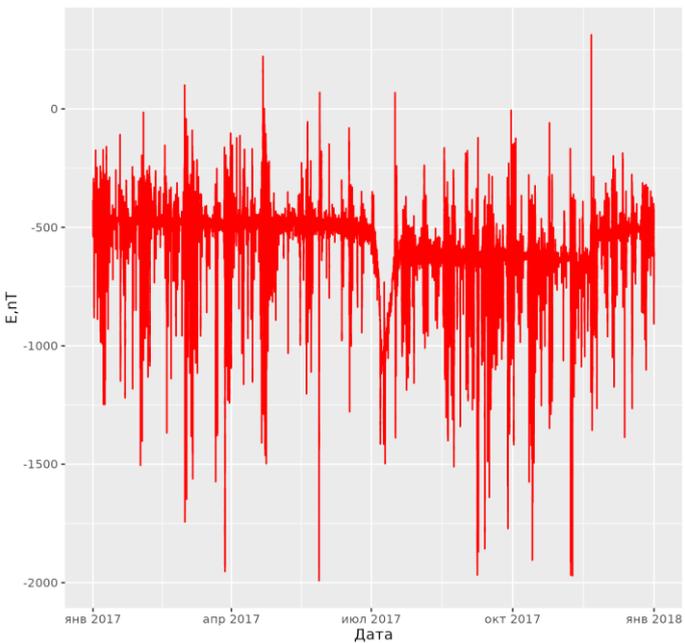
$H = X$

Схема расположения станций

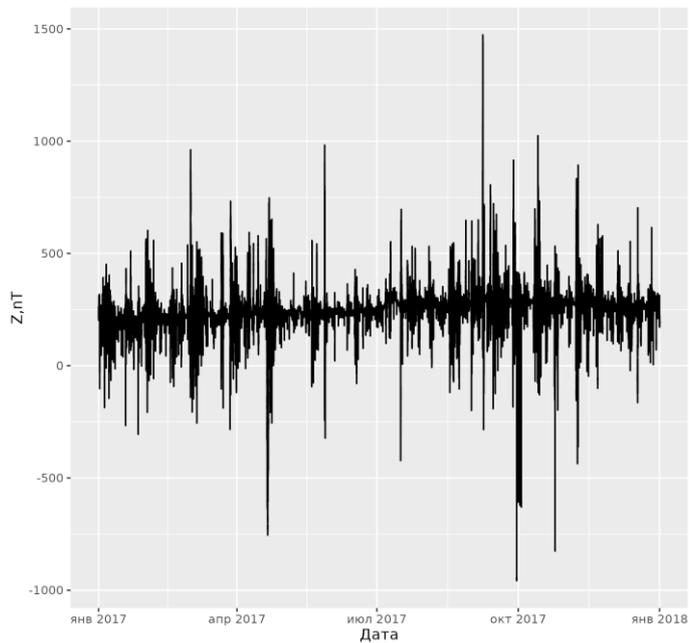


Исходные данные (Югорский Шар) 2014-2023

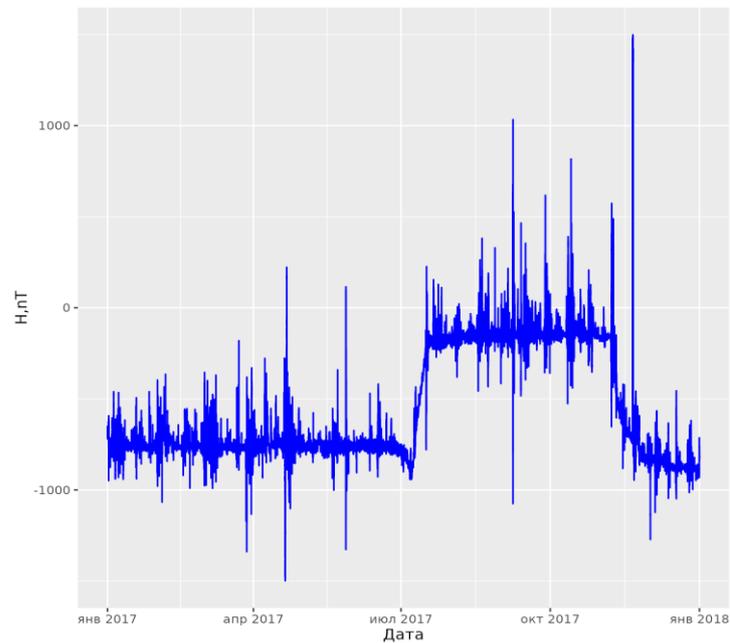
2017



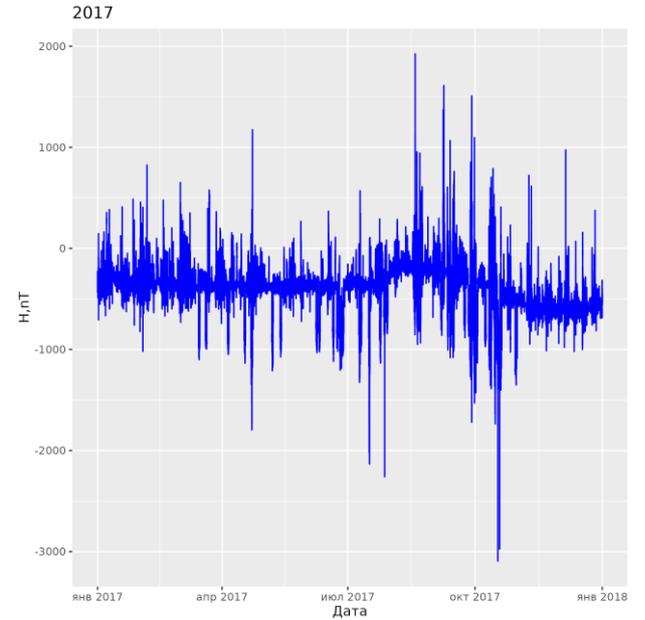
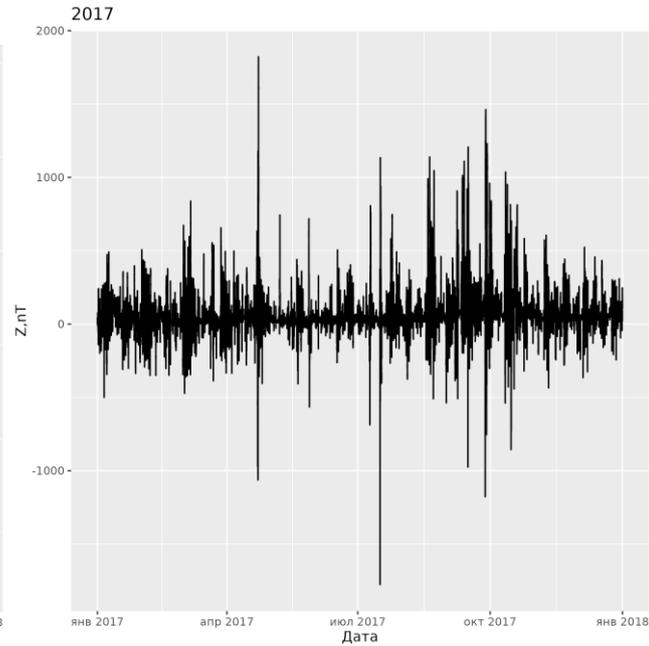
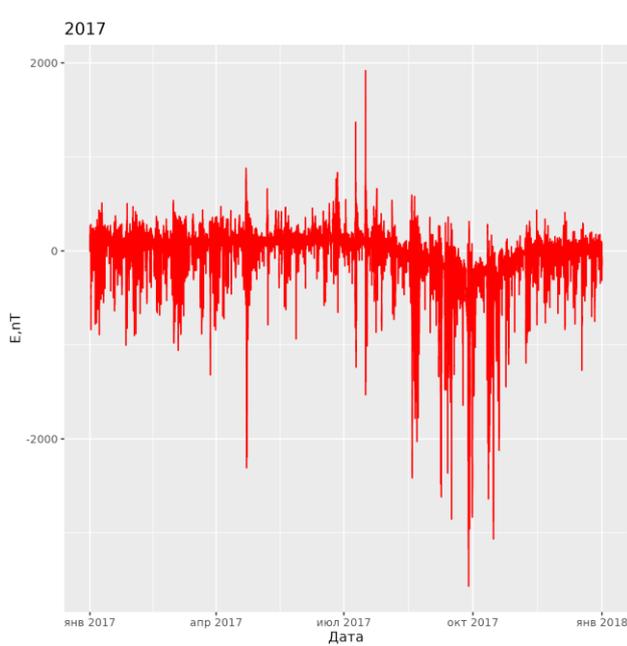
2017



2017

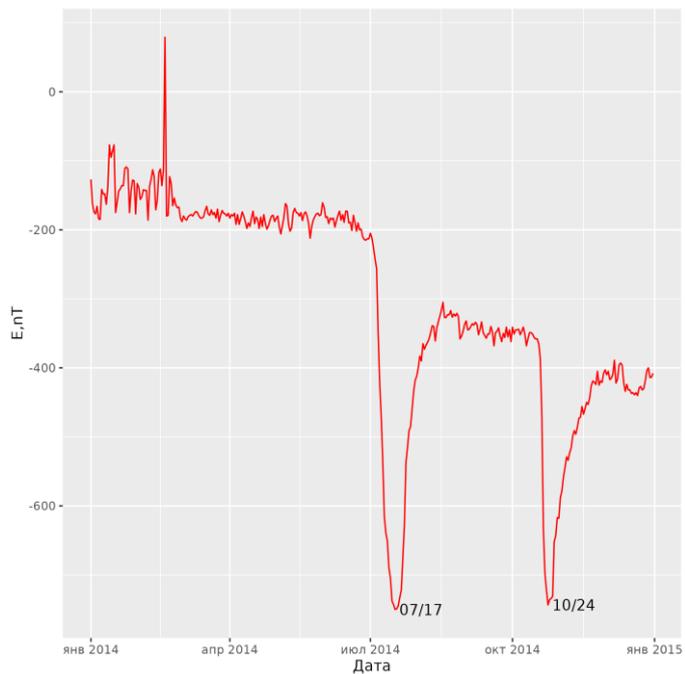


Исходные данные (пролив Вега, Диксон) 2014-2023

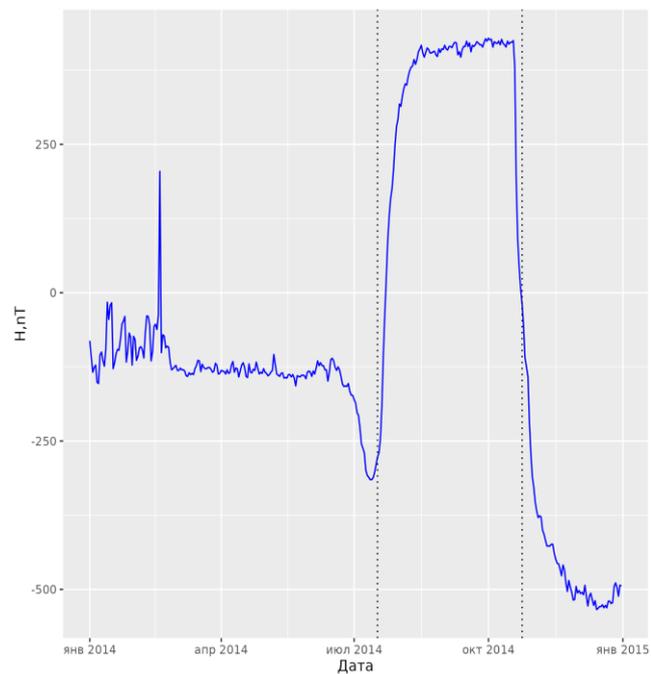


Анализ дынных (Югорский Шар) 2014

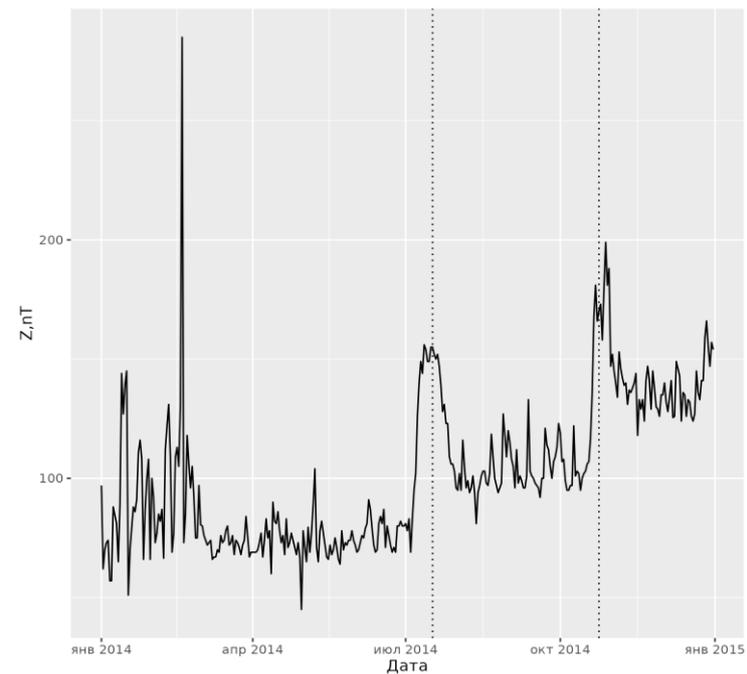
2014



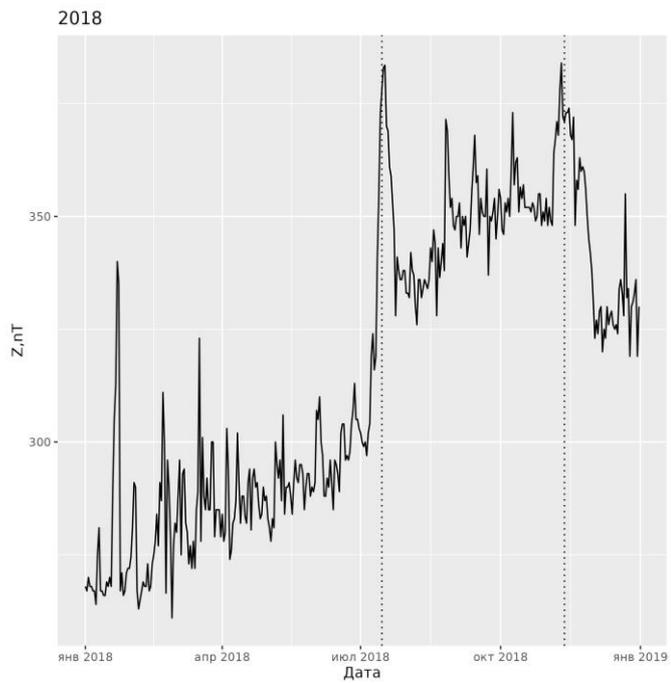
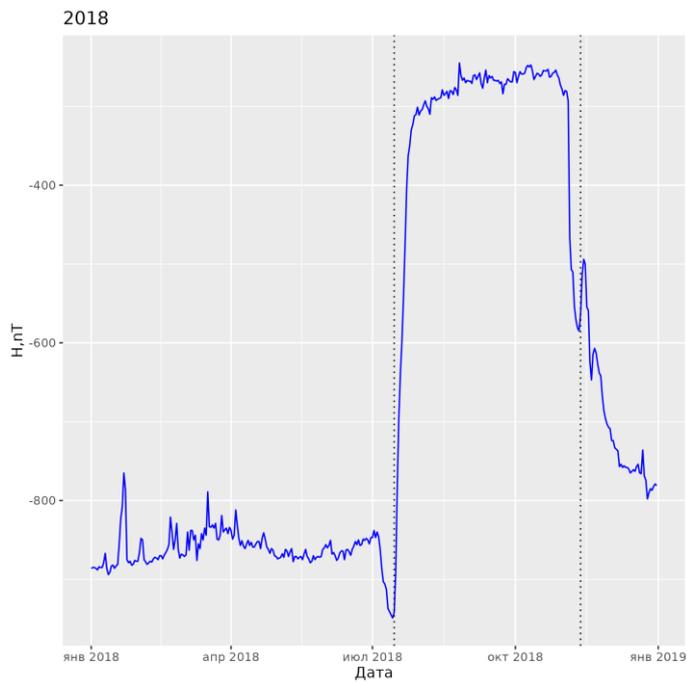
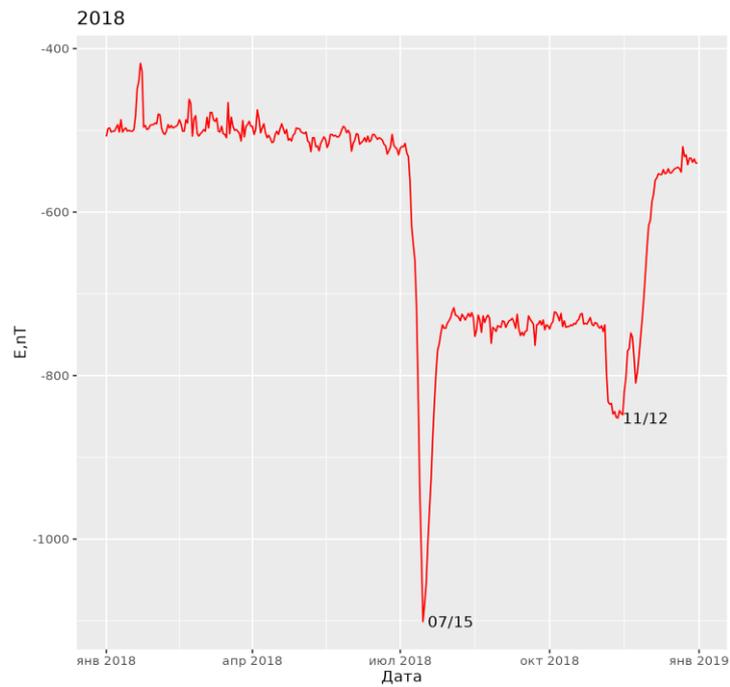
2014



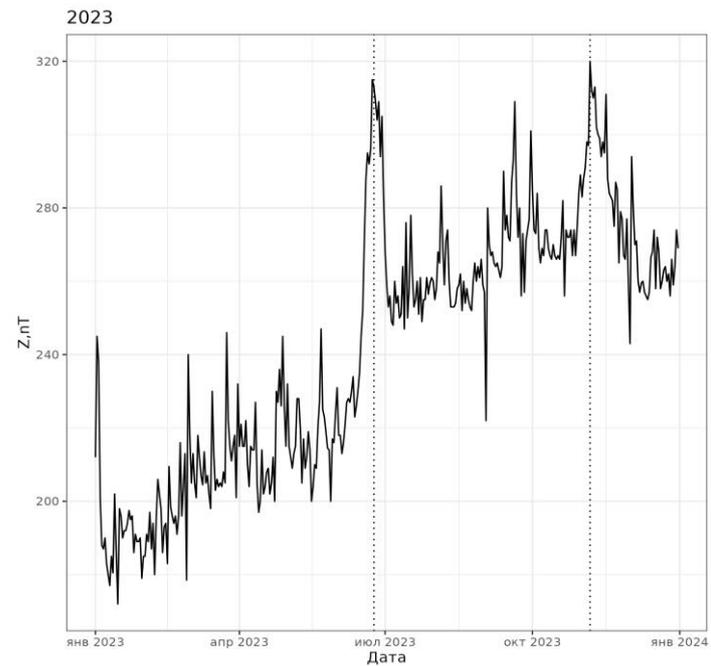
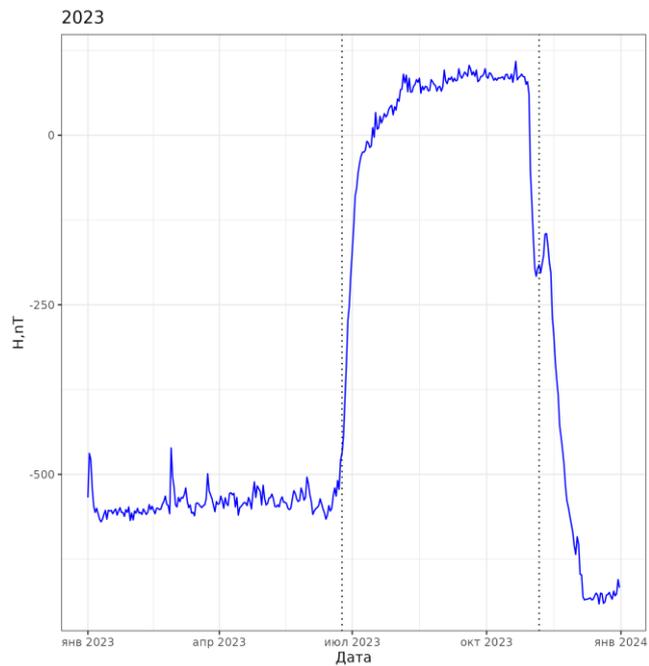
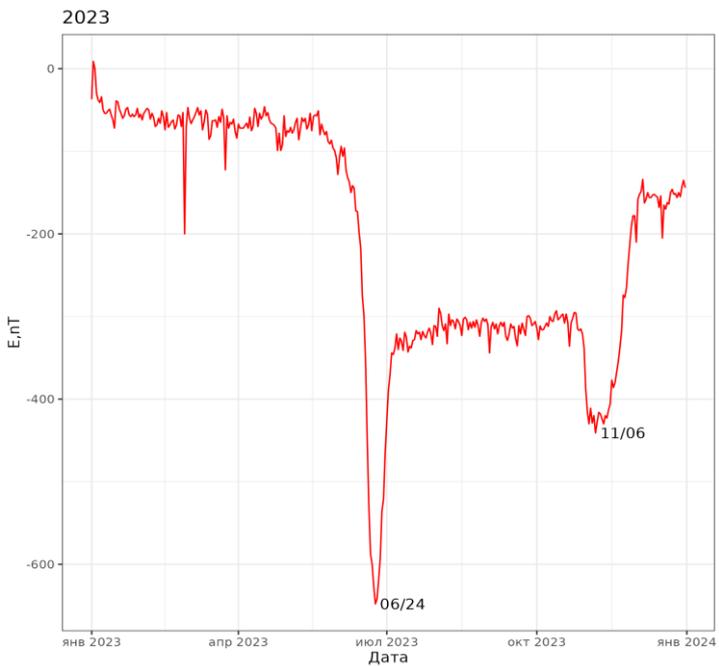
2014



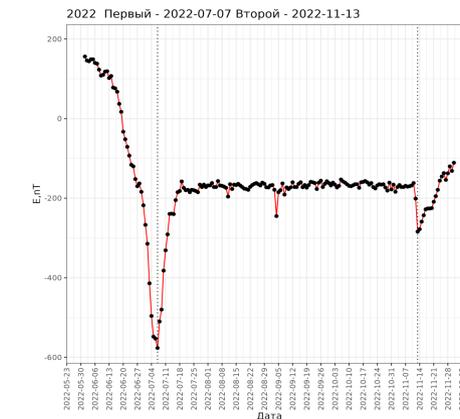
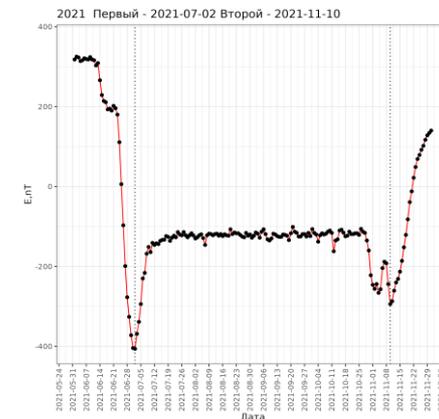
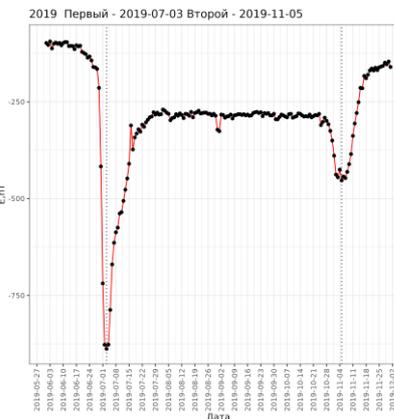
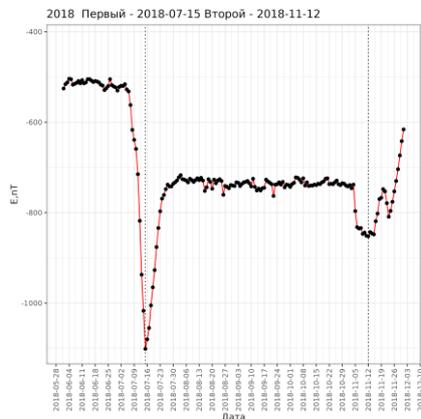
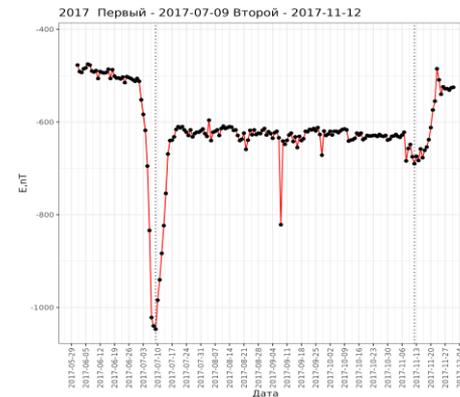
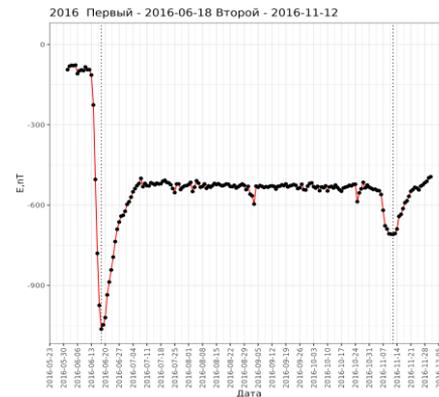
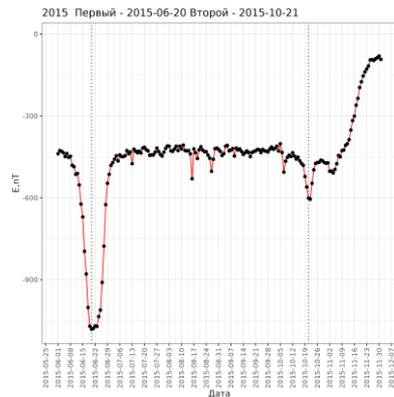
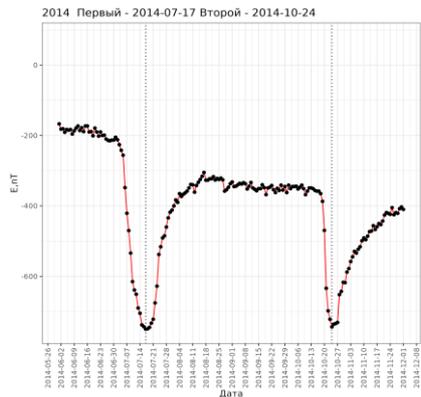
Анализ дынных (Югорский Шар) 2018



Анализ дынных (Югорский Шар) 2023



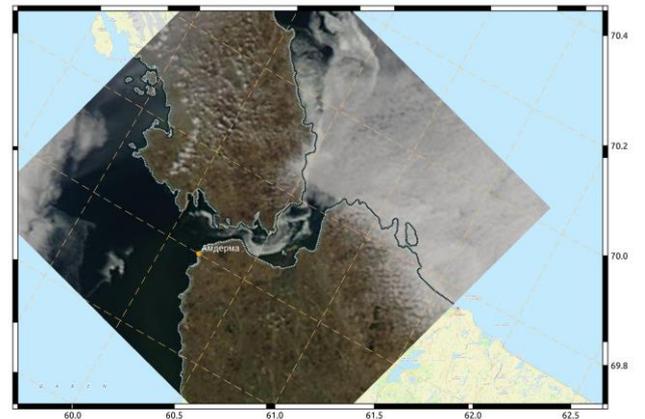
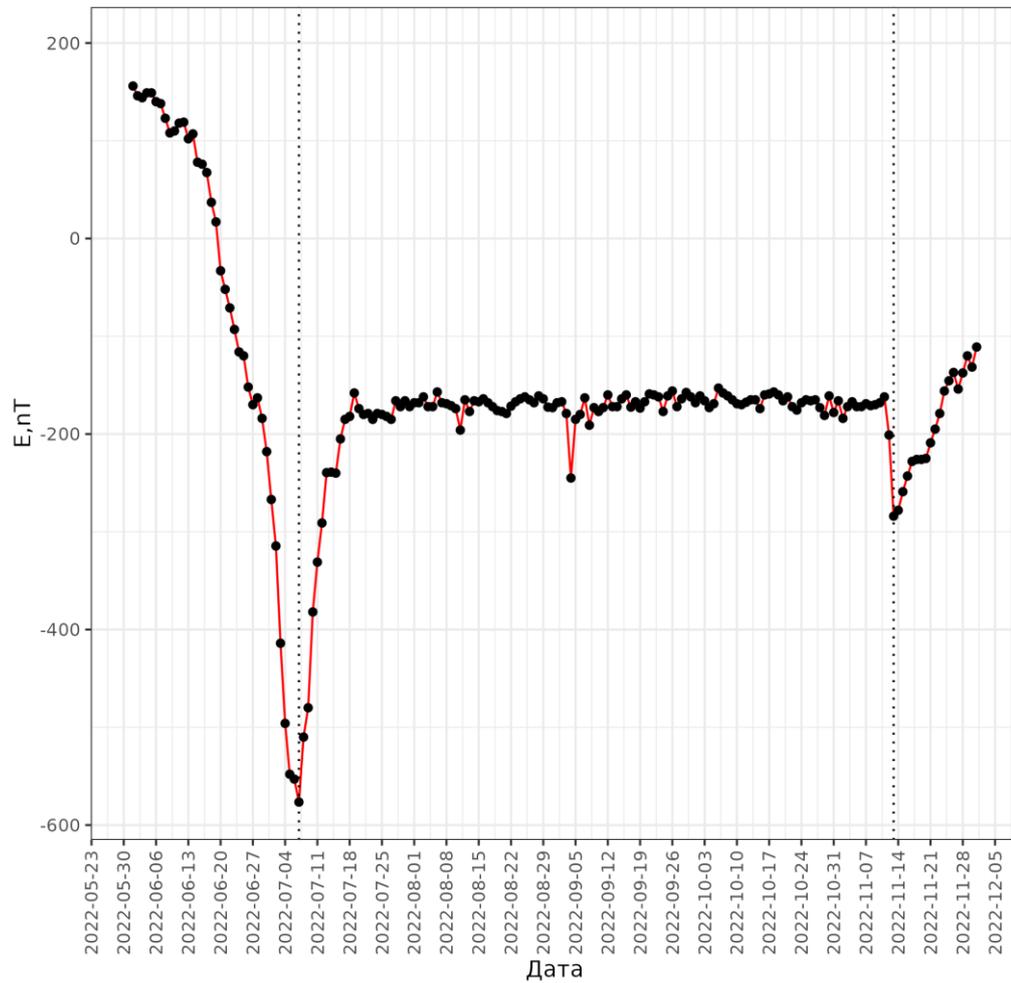
Анализ дынных (Югорский Шар) 2014-2023



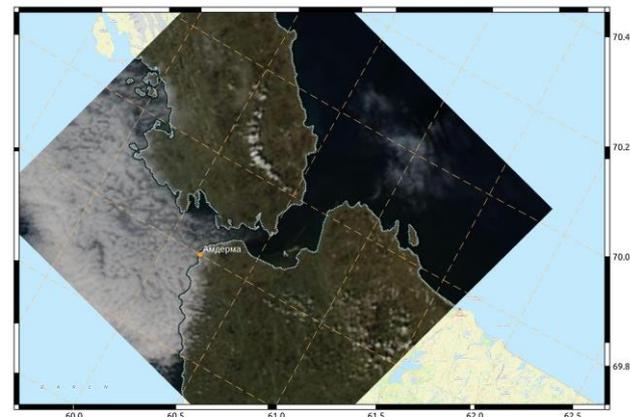
Анализ дынных (Югорский Шар) 2014-2023

год	первый	второй
2014	07-17	10-24
2015	06-20	10-21
2016	06-18	11-12
2017	07-09	11-12
2018	07-15	11-12
2019	07-03	11-05
2020		
2021	07-02	11-10
2022	07-07	11-13
2023	06-24	11-06

2022 Первый - 2022-07-07 Второй - 2022-11-13

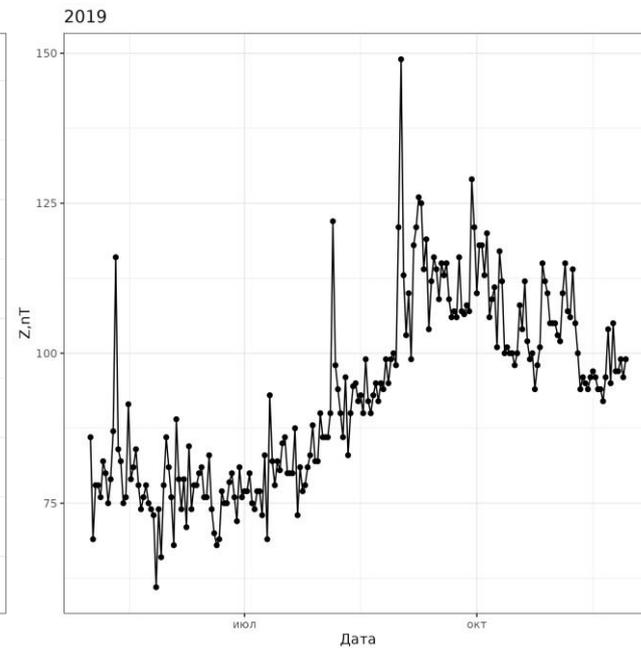
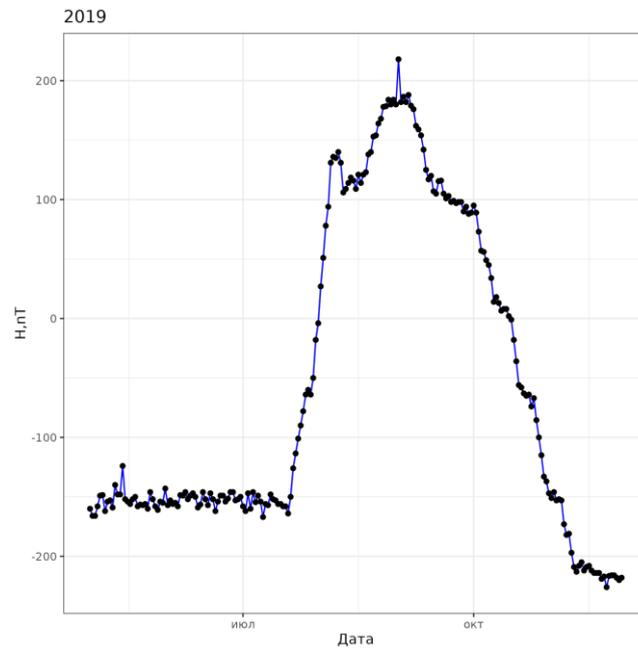
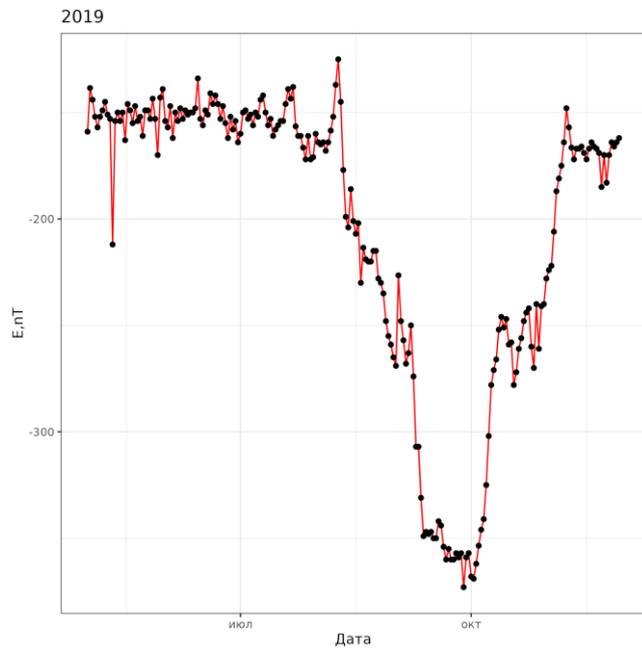


Снимок 03-07-2022



Снимок 11-07-2022

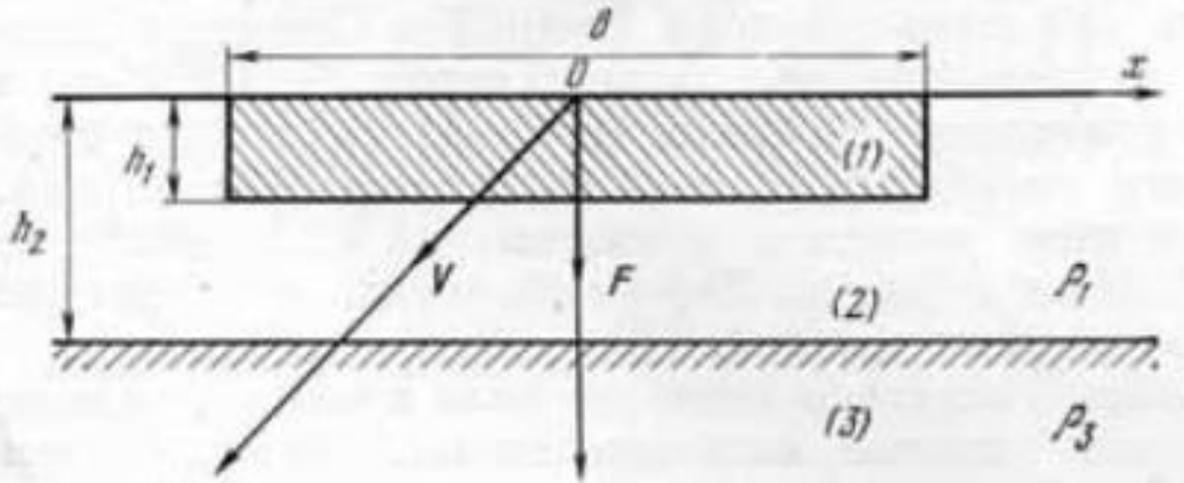
Анализ данных (пролив Вега) 2019



Для решения задач о поле движущейся морской воды воспользуемся первыми двумя уравнениями Максвелла-Лоренца в гармоническом режиме

$$\operatorname{rot} H = \gamma(E + \mu[V \times F]) = j \quad \operatorname{rot} E = j\omega\mu H$$

$$\Delta H - k^2 H = -\mu\gamma \operatorname{rot}[V \times F]$$



ρ_1 – удельное сопротивление воды

ρ_3 – удельное сопротивление дна

F_z – вертикальная составляющая магнитного поля Земли

μ – магнитная проницаемость вакуума

$\beta = \pi/b$ (ширина течения)

V_0 – скорость течения

$k^2 = -j\omega\mu\gamma$ – квадрат волнового числа ($k > 0$)

V – скорость движения морской воды

j – плотность тока

Пример:

$h_1 = h_2 = 100$ м,

ρ_1 (вода) = 0,2 Ом · м,

ρ_3 (дно) = 1,0 Ом · м,

$b = \pi * 1000$ м,

$H = 20$ нТл,

при $z = h_1$

Скорость 1 м/с

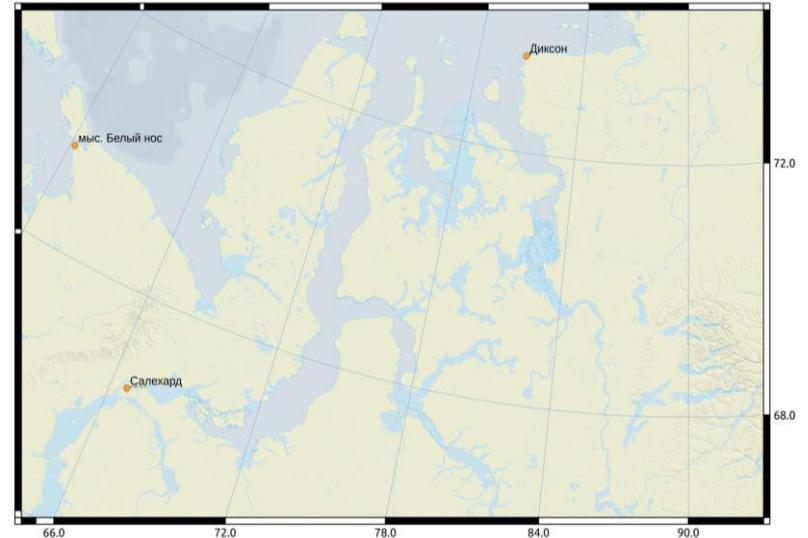
$$H_y = \frac{-(\mu V_0 F_z)}{\rho_1} \frac{(\beta(h_2 - h_1) + \rho_1/\rho_3)}{\beta h_2 + \rho_1/\rho_3} z \cos \beta x$$

Магнитометрическое оборудование фирмы LEMІ

— 25 (<https://www.isr.lviv.ua/index.htm>)

Диапазон измерений полного магнитного поля	$\pm 70\,000$ нТл
Диапазон измерений по аналоговому выходу	± 1000 нТл
Коэффициент преобразования аналогового канала	2.4 мВ/нТл
Уровень шума на 1 Гц	< 10 пТл
Разрешающая способность по каждой из компонент на цифровом выходе	0.033 нТл
Температурный дрейф	< 0.2 нТл/°С
Погрешность неортогональности компонент	< 30 угл. мин.
Рабочий диапазон температур	-40 ... +60° С
Источник питания	12 В
Потребляемая мощность	< 0.7 Вт

Возможное расположение вариационных станций для получение гидрографических характеристик (течение, уровень).



Программное обеспечение и методы.

Для компиляции данных и расчета вторичных математических кривых использовалось бесплатное (открытое) программное обеспечение: QGIS (<https://www.qgis.org>), R(<https://r-project.org>). QGIS использовался для построения карт. R использовались для обработки "больших", более 50 000 000 записей, объемов данных, создание вторичных математических кривых, построения графиков. В рамках программы импортозамещения следует отметить, что перечисленное программное обеспечение является бесплатным и распространяется на условиях Стандартной Общественной Лицензии (https://ru.wikipedia.org/wiki/GNU_General_Public_License).

Выводы

Применение анализа и интерпретации вторичного магнитного поля, с установкой магнитометров в характерных точках изменения магнитного потока, дадут уникальные данные о характеристиках течений (направления, скорость, глубина распространения), уровней моря. Это даст возможность надежно обеспечить развитие СМП. Авторы выражают огромную благодарность и продолжают дело начатое представителями нашего института: Шнееру В.С., Фонареву Г.А., Жигалову Л.Н., Жигаловой Н.Н. и многим другим.

«Наука начинается с того момента, когда начинают что-то измерять, любая точная наука невозможна без точной меры». Д. И. Менделеев

СПАСИБО.

