

Фонд  
интеллект

# Анализ данных и использование методов машинного обучения при изучении динамики берегов Карского моря, на примере западного побережья Байдарацкой губы

*Богатова Д.М.*

# Район исследований

## Ключевые участки

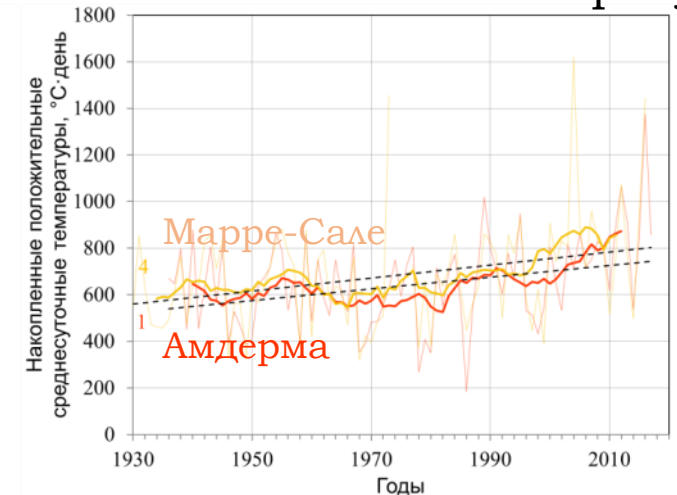
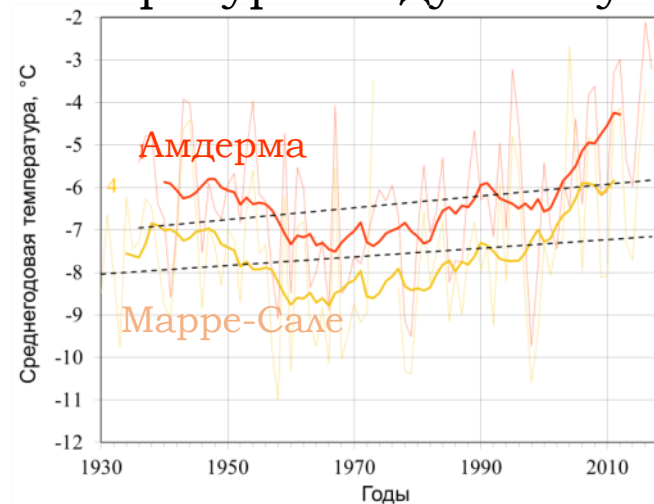


★ Ключевой участок

● Метеостанция

Преимущественно сплошное распространение ММП, мощностью 50-300 м и температурой  $-4...-6^{\circ}\text{C}$

## Температура воздуха и сумма положительных температур

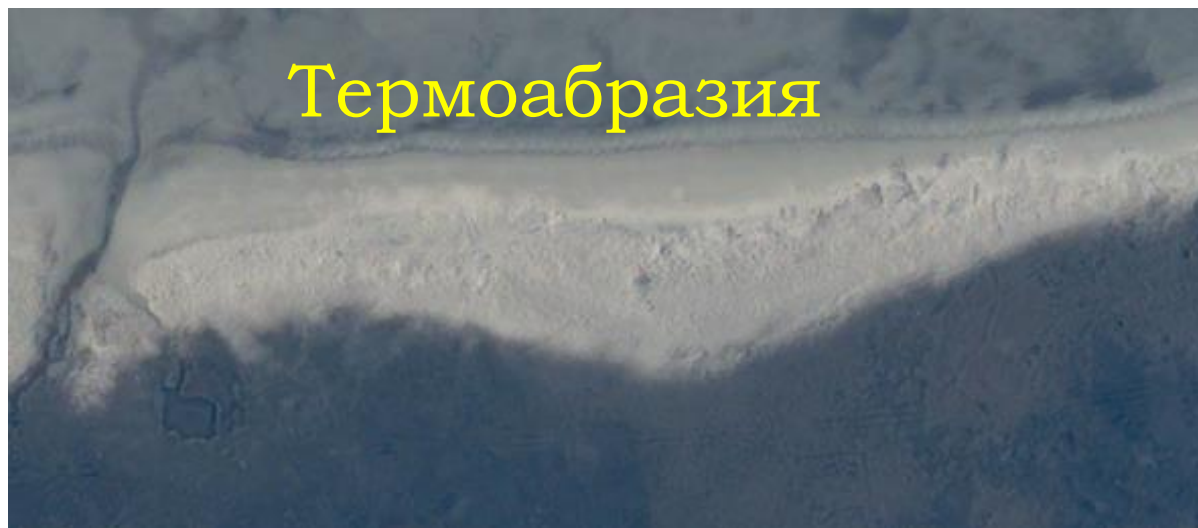
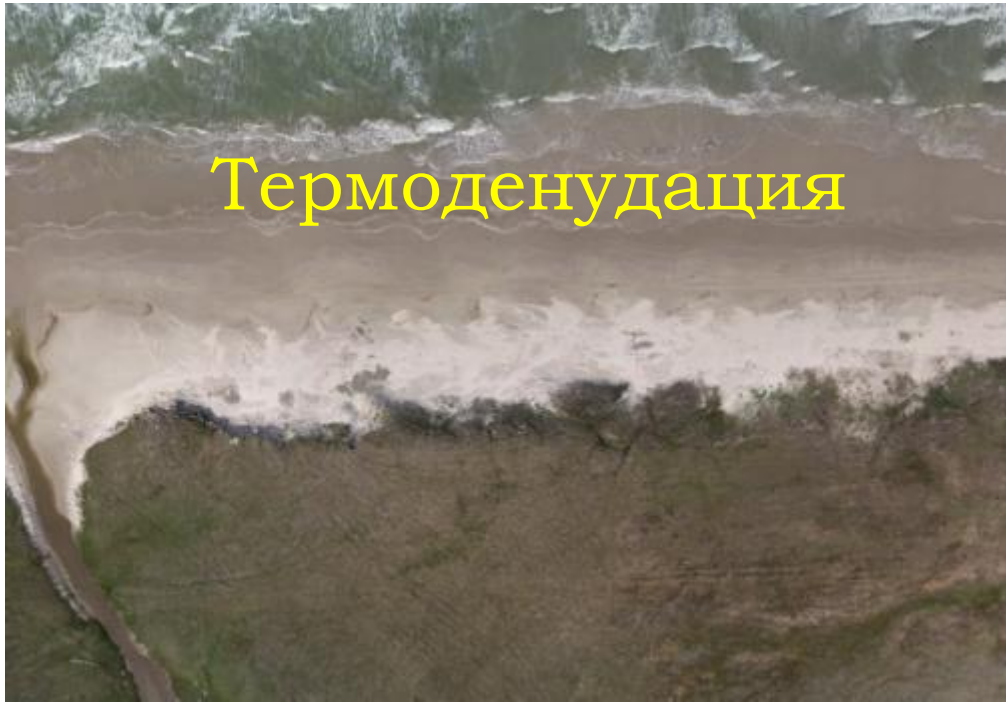


# Сбор данных

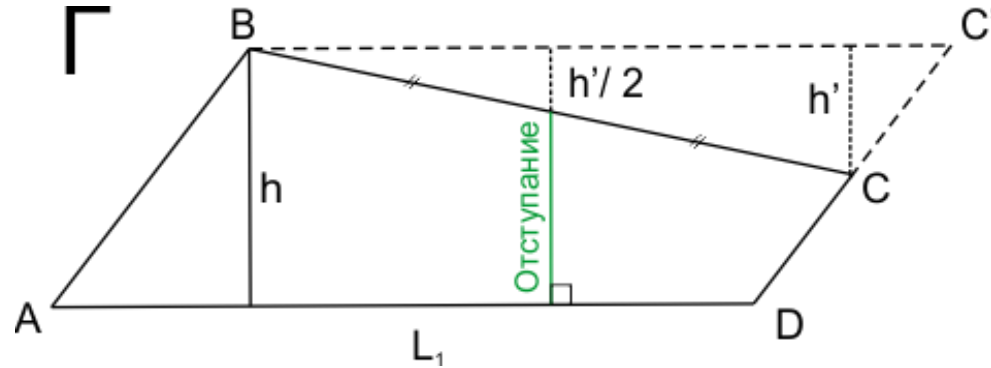
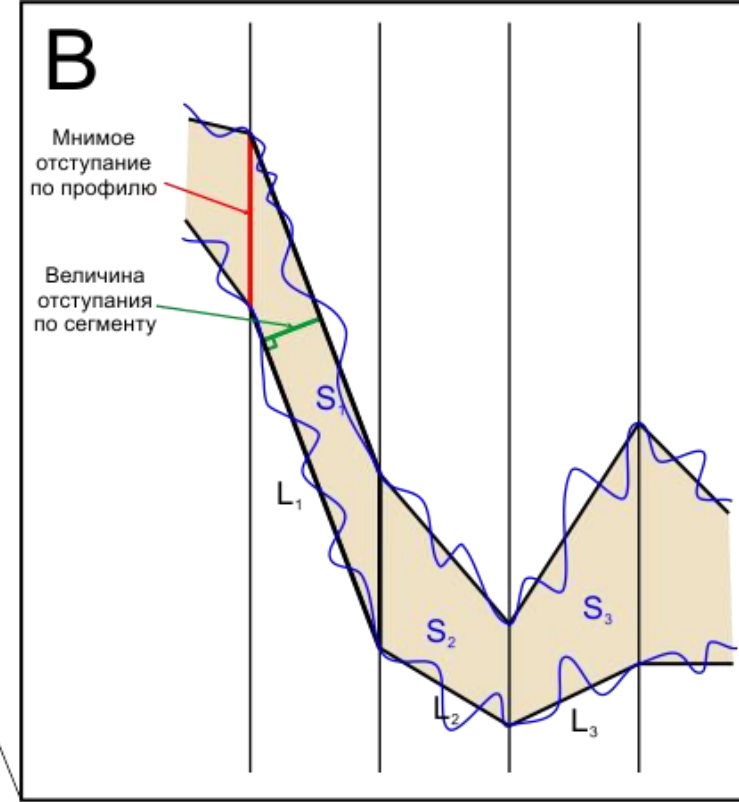
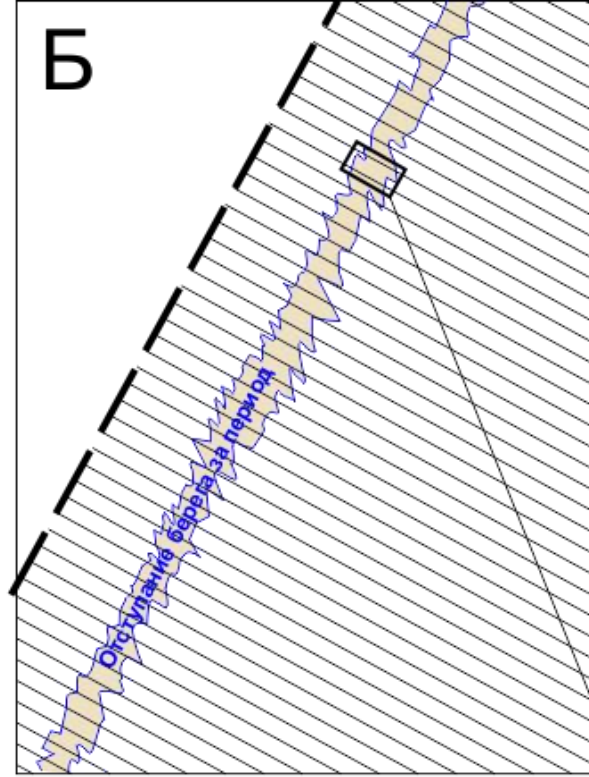
Для трех ключевых участков Карского моря (Уральского и Ямальского берега Байдарацкой губы, Харасавэя) обрабатывались аэро-фотоснимки 1970-х и 1980-х годов, космоснимки 2000-х и 2010-х годов. Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) были дополнены результатами полевых наблюдений посредством DGPS съемки 2013, 2014, 2015, 2017 г.г. на Уральском берегу.



# Сбор данных (криолитологические особенности)



# Методика



$$\text{Отступление} = \frac{S_{ABCD}}{L_1}$$

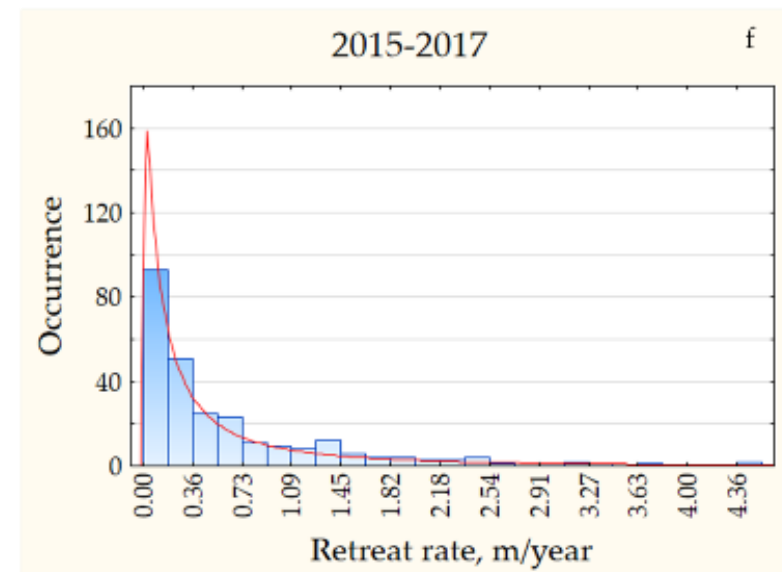
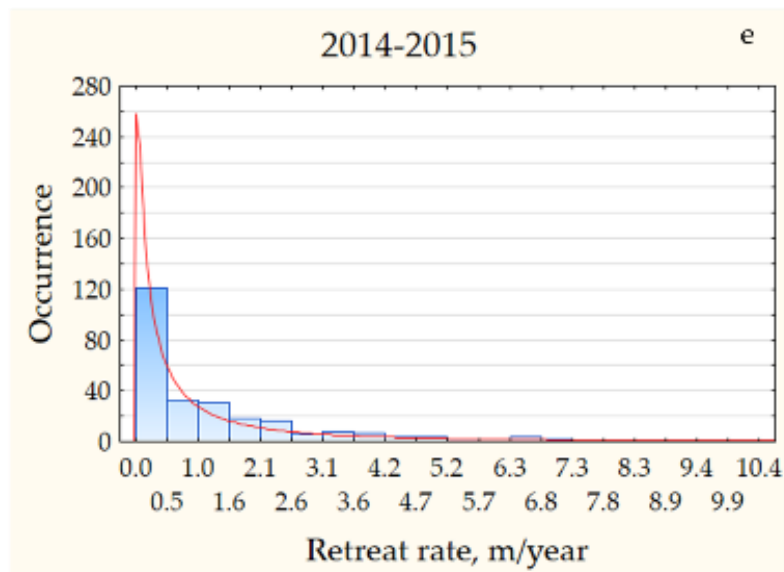
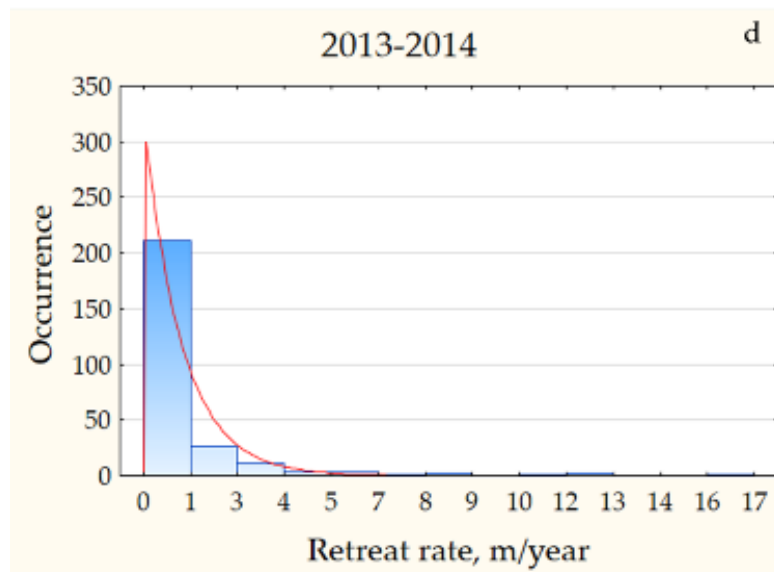
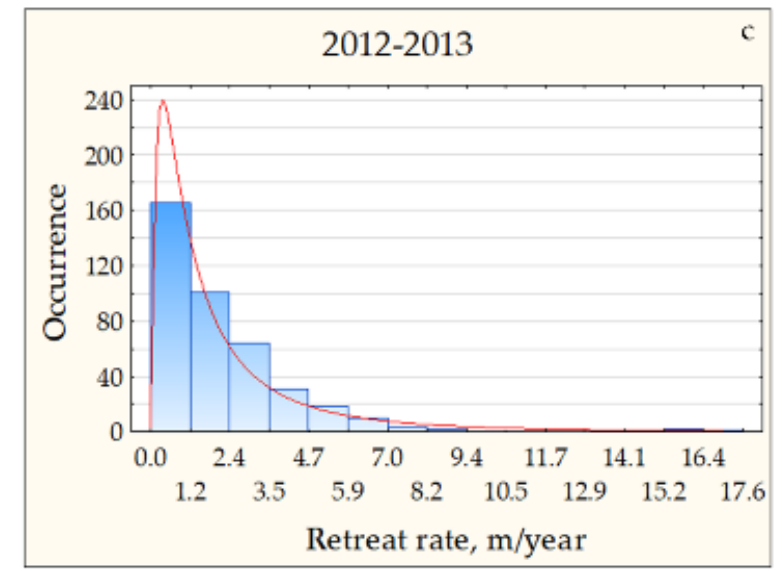
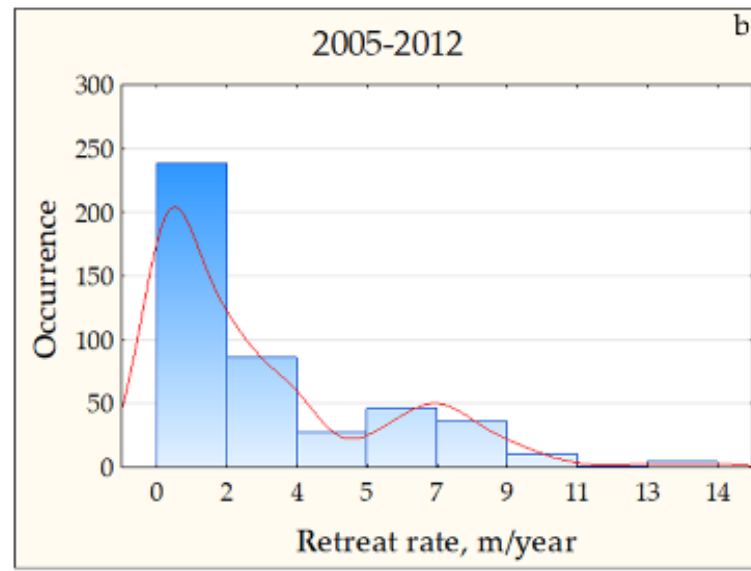
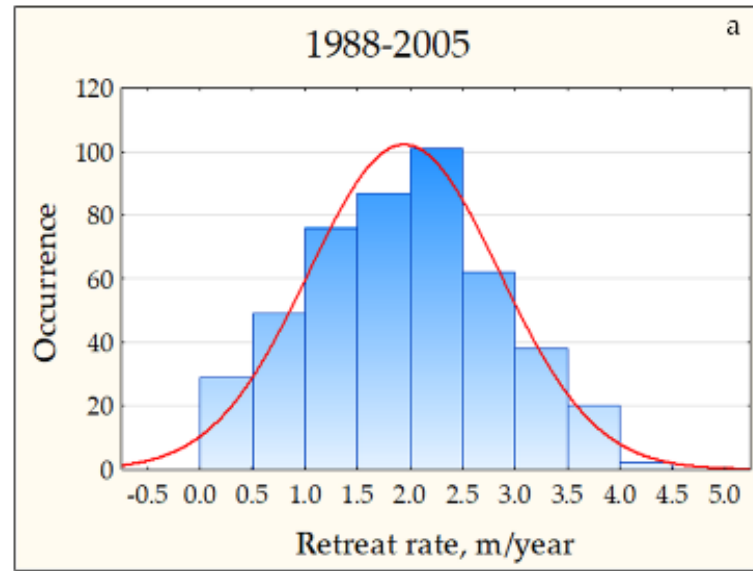
$$S_{ABCD} = S_{ABC'D} - S_{BC'C}$$

$$S_{BC'C} = L_1 \times h'/2$$

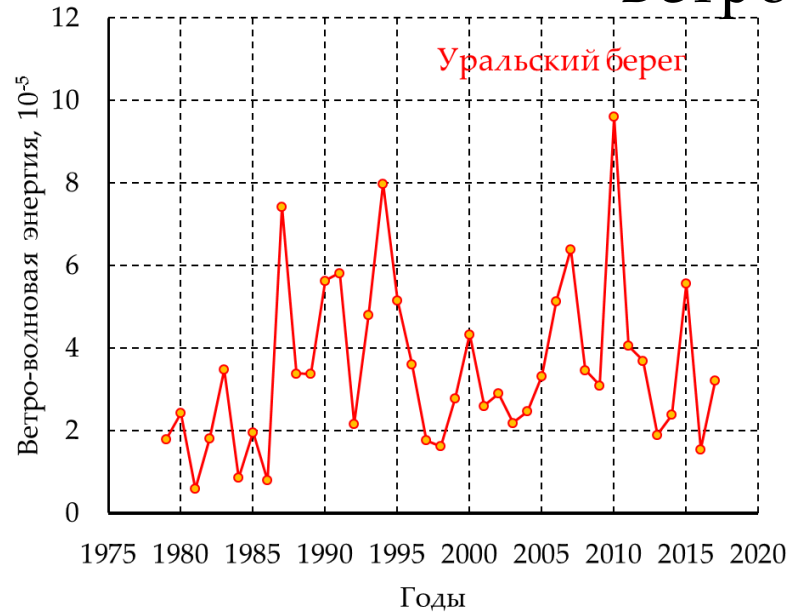
$$S_{ABC'D} = L_1 \times h$$

$$S_{ABCD} = L_1 \times h - L_1 \times h'/2 = L_1 \times (h - h'/2)$$

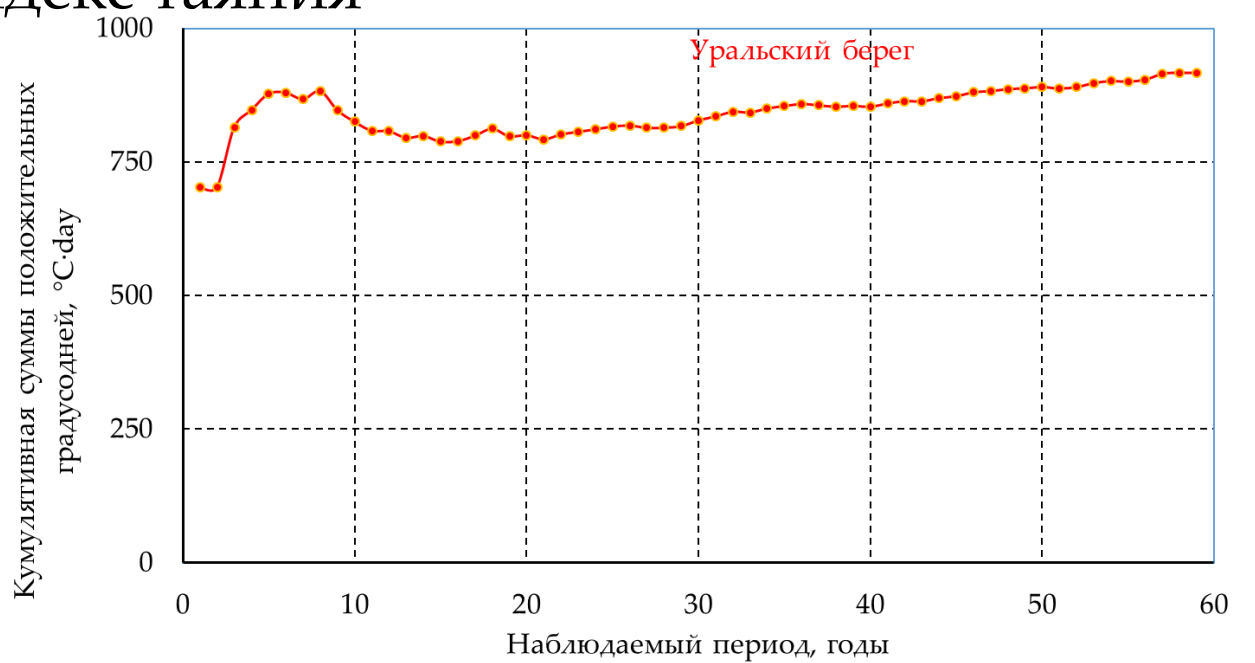
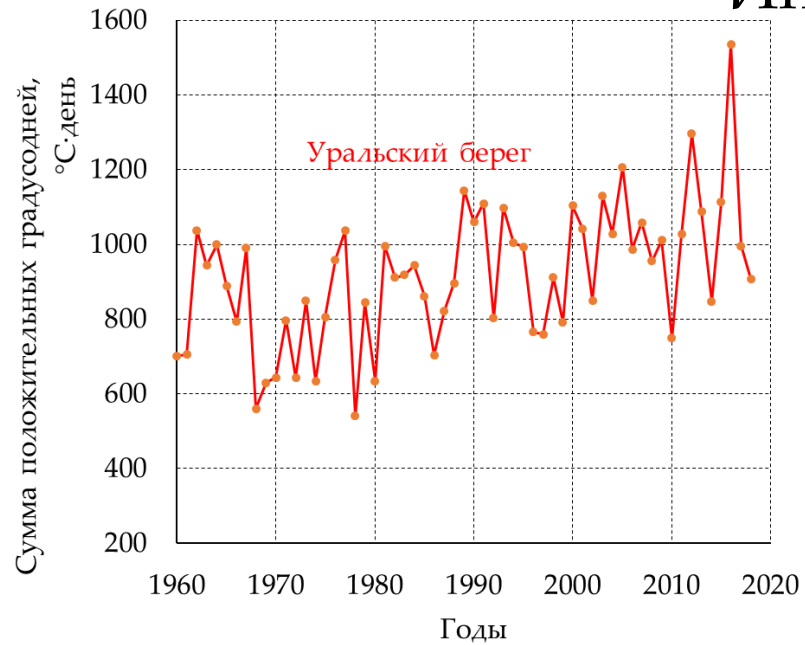
# Распределение скоростей отступления Уральского берега



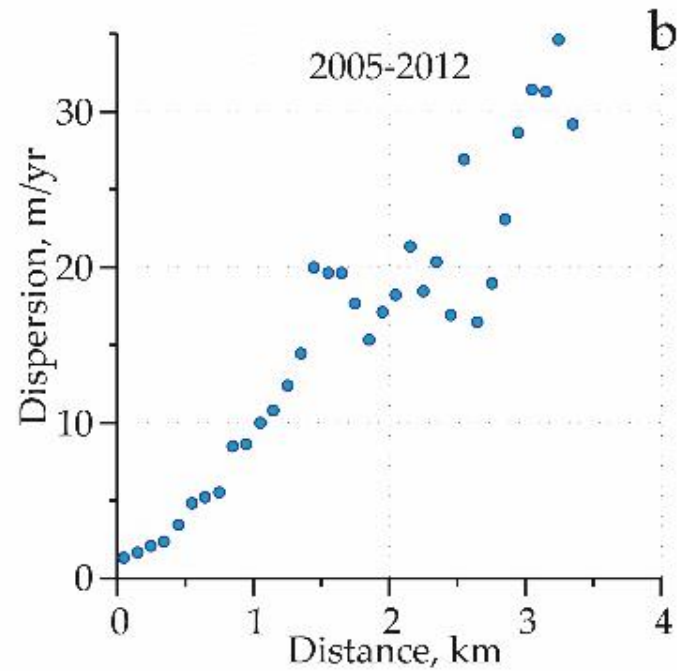
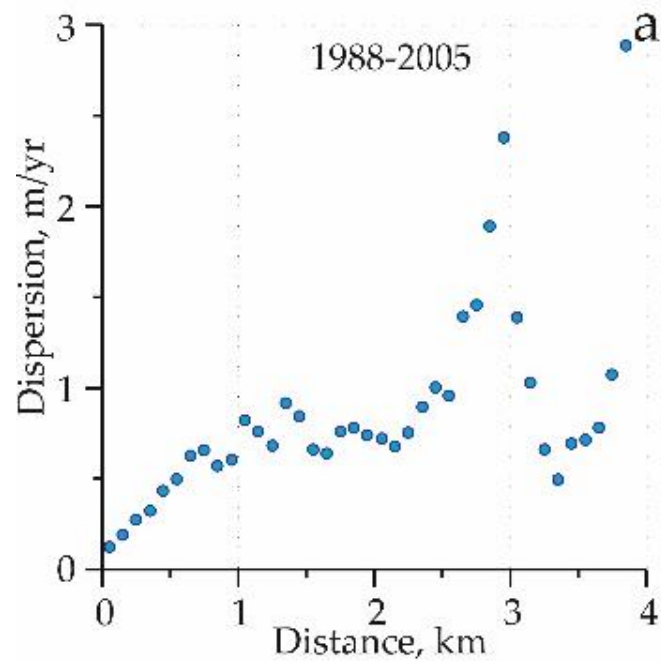
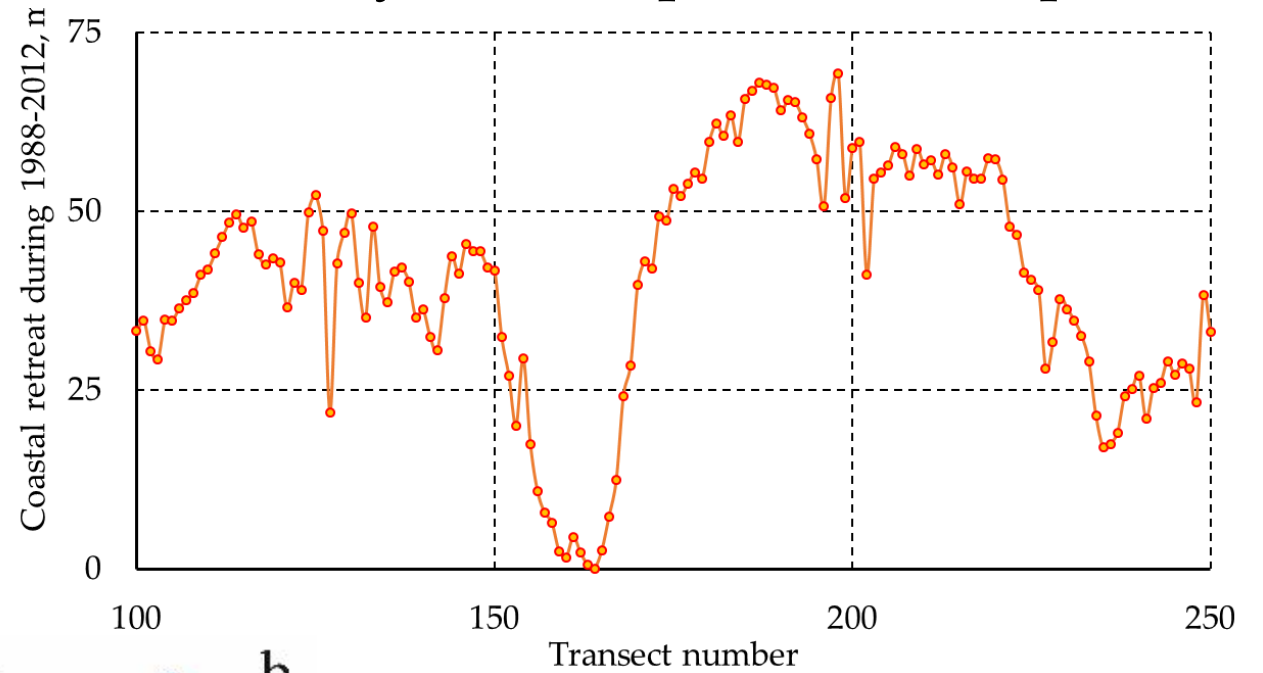
# Ветро-волновая энергия



# Индекс таяния



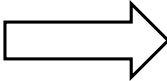
# Пространственные корреляции темпов отступления Уральского берега





# Подготовка данных

- *Перевод категориальных признаков*

Номер профиля	Ведущий процесс		Номер профиля	Ведущий процесс			
				1	2	3	4
229	1		229	0	0	0	1
230	2		230	0	0	1	0
231	2		231	0	0	1	0
232	3		232	0	1	0	0
309	2		309	0	0	1	0
310	4		310	1	0	0	0

\* 1 – Термоденудация, 2 – Термоабразия, 3 – Термоэрозия, 4 – Термокарст

## Методы анализа данных:

- *Корреляционный анализ;*
- *Факторный анализ*

- *Нормализация числовых данных*

$$\hat{x} = \frac{(x - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})}$$

## Подходы к прогнозированию темпов отступления берега:

- *Заполнение пропусков*

- *Медианный фильтр;*
- *Нейронные сети*

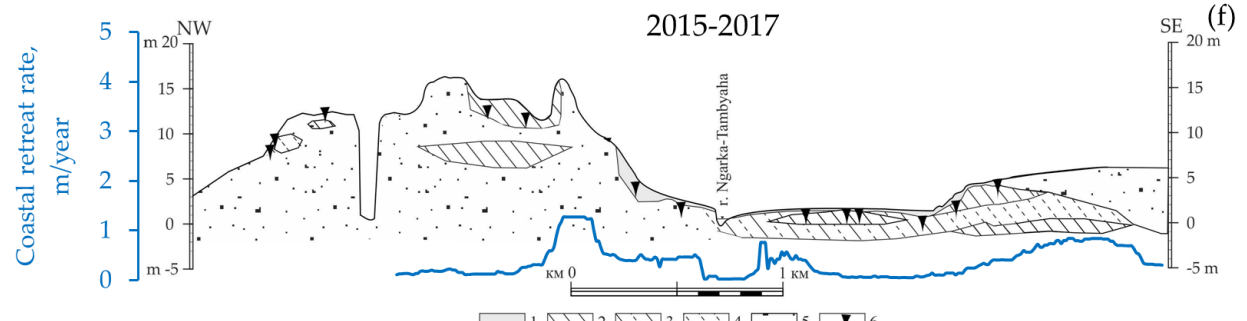
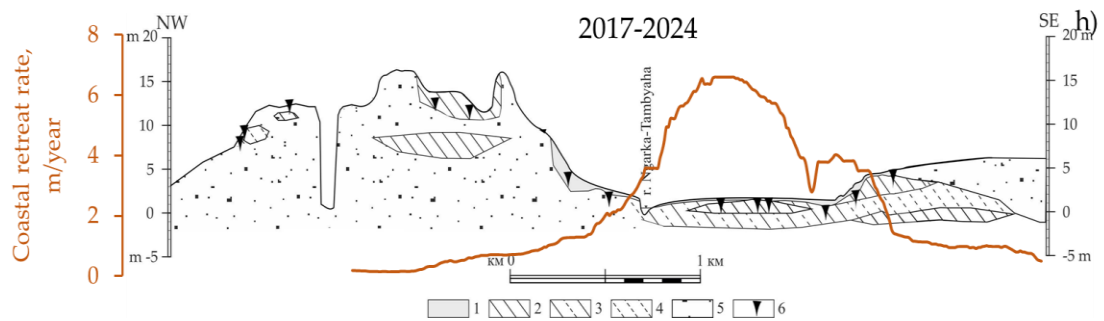
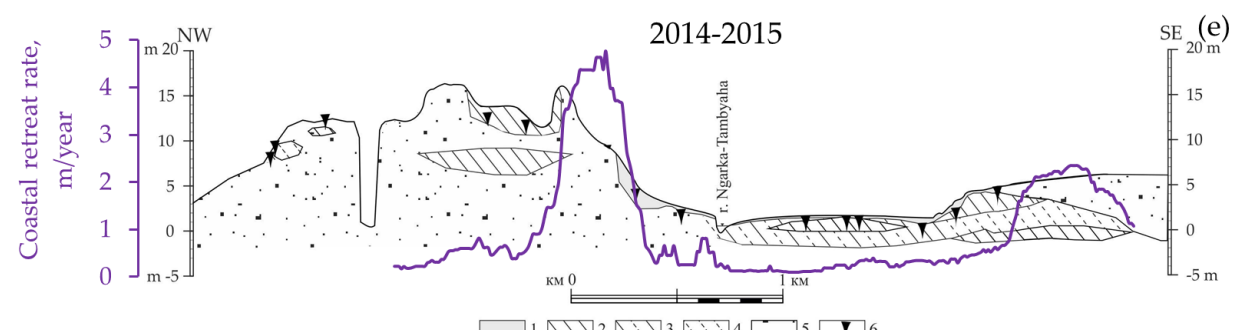
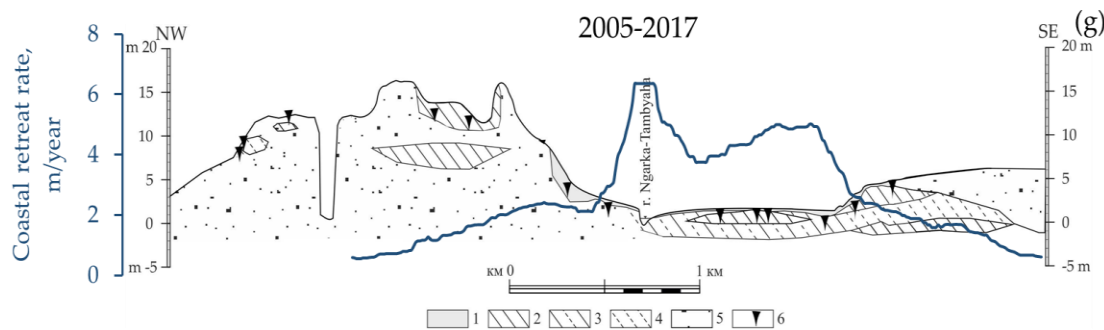
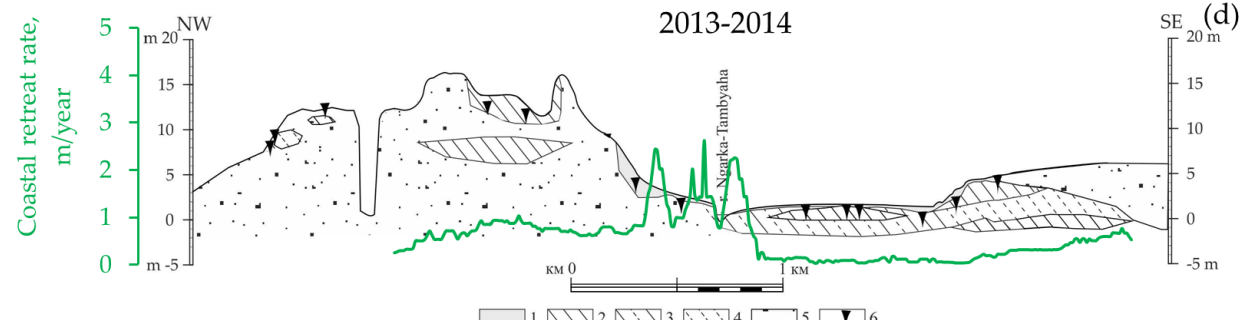
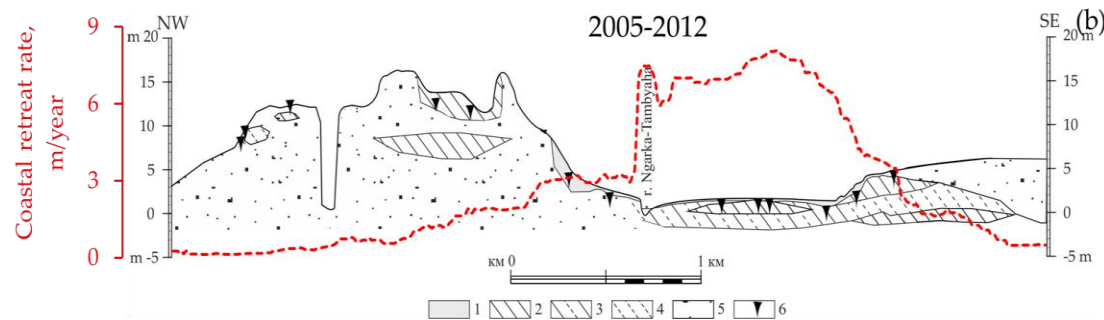
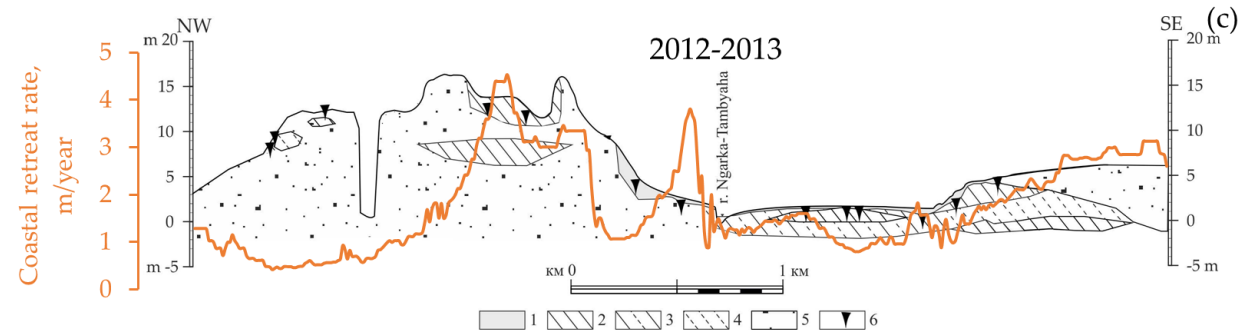
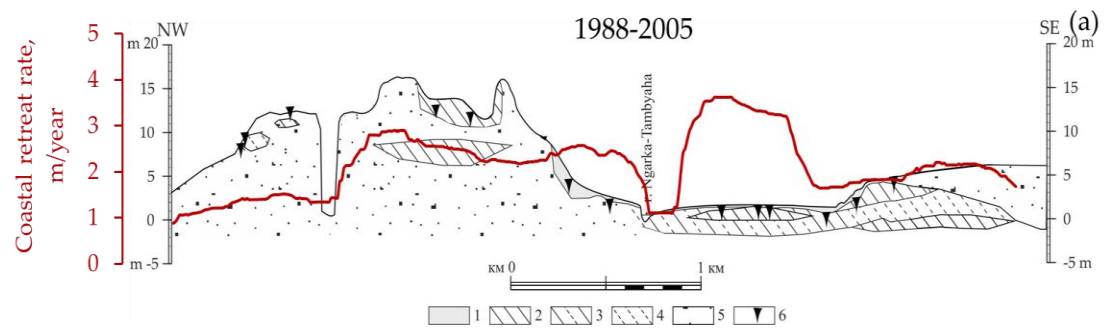
# Корреляционный анализ

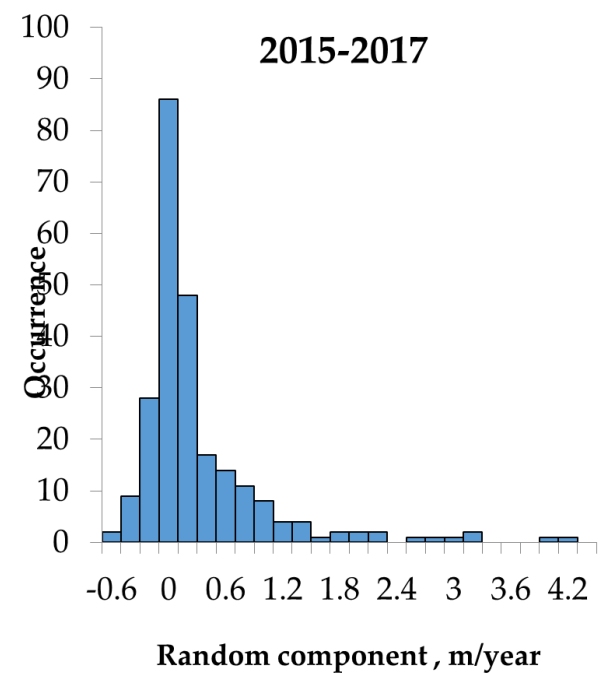
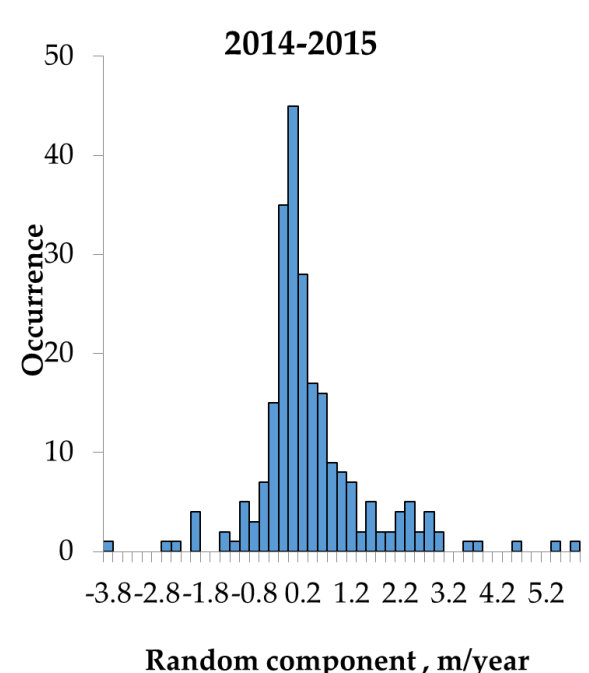
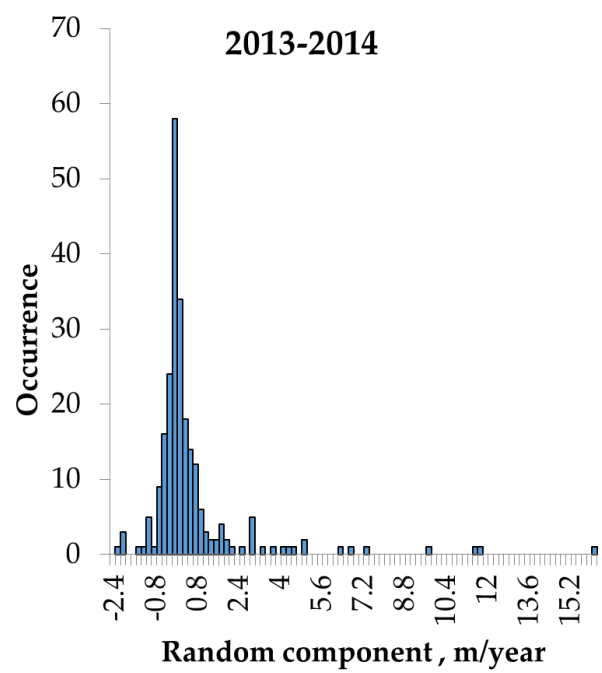
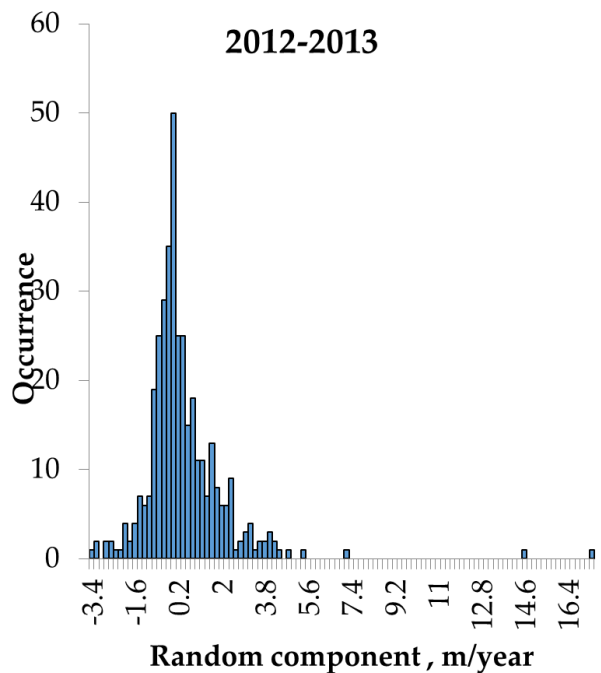
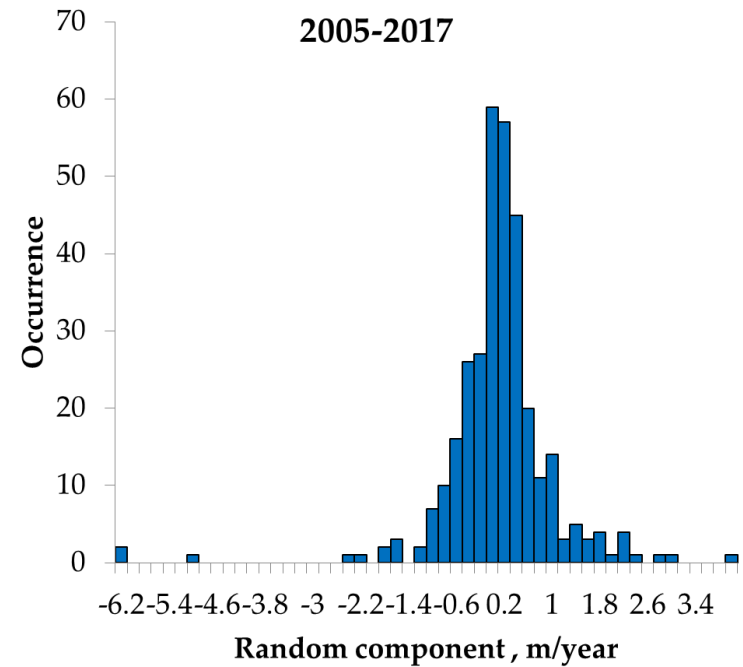
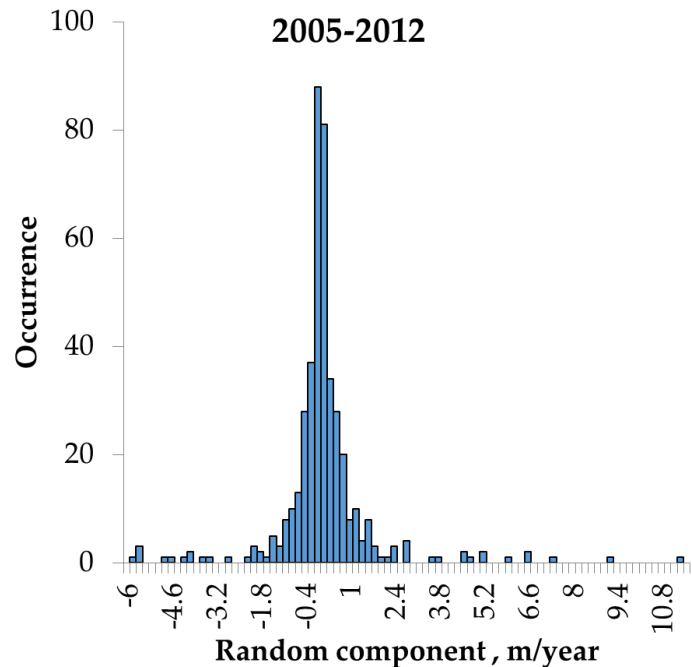
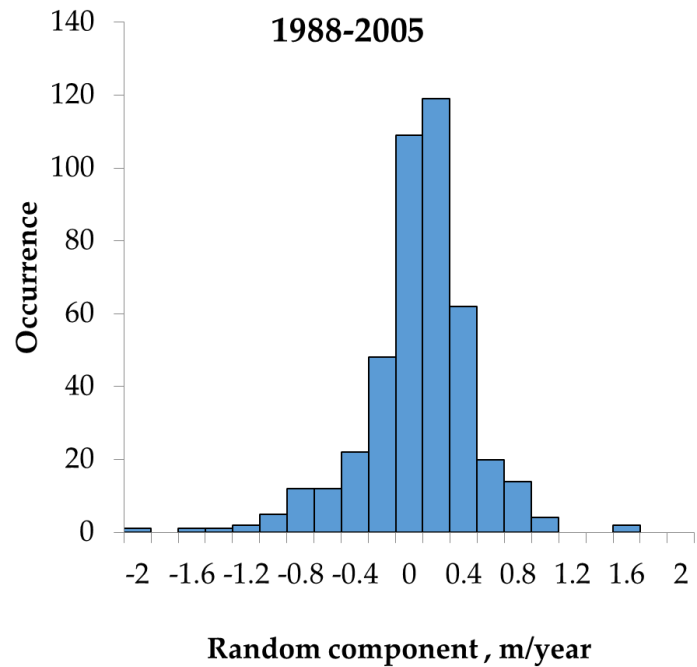
Категориальные данные	Коэф. кор	p-value	Интерпретация	
Лайда	<b>0.398</b>	0	Умеренно сильная	Значимая
Низкая терраса	-0.034	0.47	Слабая	Не значимая
Высокая терраса	-0.324	0	Умеренно сильная	Значимая
Термоденудация	-0.508	0	Умеренно сильная	Значимая
Термоабразия	0.247	0	Слабая	Значимая
Термоэрозия	0.152	0	Слабая	Значимая
Термокарст	<b>0.406</b>	0	Умеренно сильная	Значимая
Песчаные грунты	-0.453	0	Умеренно сильная	Значимая
Глинистые	<b>0.355</b>	0	Умеренно сильная	Значимая
Переслаивание	0.182	0	Слабая	Значимая
Торфы	0.024	0.6	Слабая	Не значимая

Категориальные данные	Категориальные данные	Коэф.кор
Геоморфологический уровень	Ведущий процесс	0.689
Геоморфологический уровень	Состав грунтов	0.545
Ведущий процесс	Состав грунтов	0.583

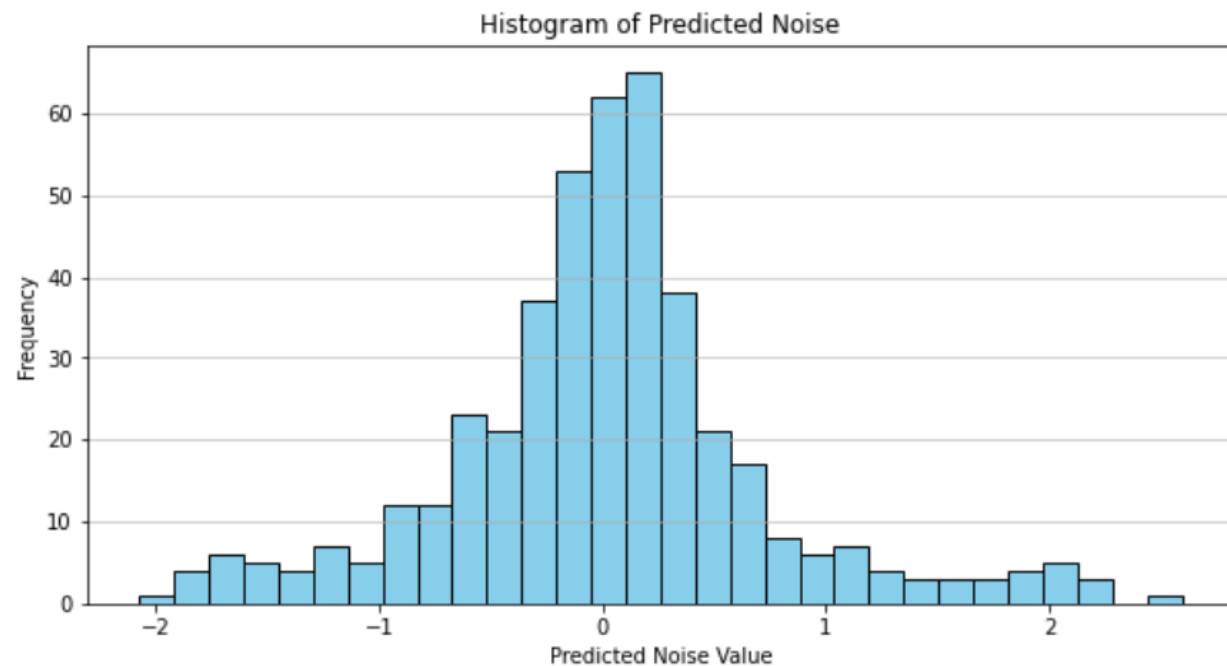
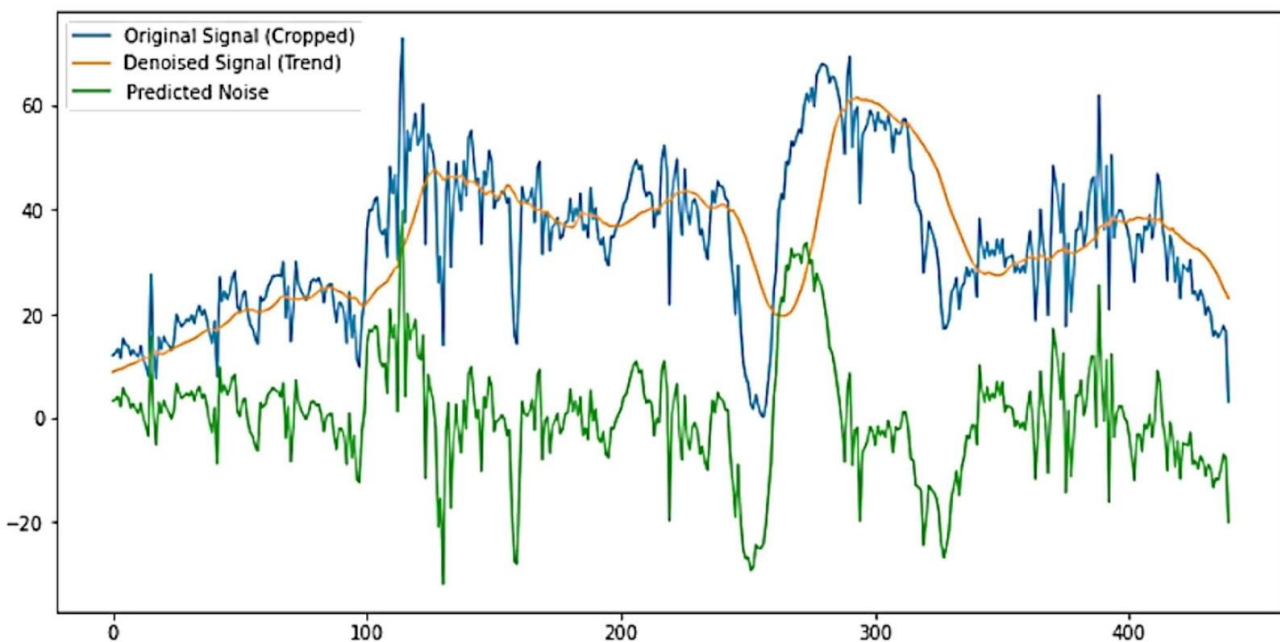
# Факторный анализ

Признаки берега	1988-2005			2005-2012			2005-2017			2017-2024		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Наличие лайды	<b>0.63</b>	0.52	0.45	<b>0.68</b>	<b>0.47</b>	0.22	<b>0.71</b>	<b>0.47</b>	-0.01	<b>0.65</b>	<b>0.48</b>	0.21
Наличие низкой террасы	<b>-0.45</b>	-0.20	0.44	<b>-0.23</b>	<b>-0.23</b>	0.61	0.01	<b>-0.25</b>	-0.73	<b>-0.27</b>	-0.21	<b>0.59</b>
Наличие высокой террасы	0.04	-0.16	-0.74	<b>-0.23</b>	-0.10	<b>-0.78</b>	<b>-0.51</b>	-0.07	0.78	-0.17	-0.13	<b>-0.74</b>
Развитие термоденудации	<b>-0.56</b>	-0.27	0.44	<b>-0.38</b>	<b>-0.27</b>	0.64	-0.19	<b>-0.28</b>	-0.77	<b>-0.40</b>	<b>-0.27</b>	<b>0.64</b>
Развитие термоабразии	-0.12	1.0	0.09	-0.16	<b>1.0</b>	0.01	-0.07	<b>1.0</b>	0.04	-0.19	<b>1.0</b>	0.00
Развитие термоэрозии	0.14	-0.09	-0.81	-0.09	-0.06	<b>-0.85</b>	<b>-0.29</b>	-0.05	0.81	-0.05	-0.08	<b>-0.84</b>
Развитие термокарста	<b>0.91</b>	-0.27	0.51	<b>0.98</b>	<b>-0.33</b>	0.29	<b>0.91</b>	<b>-0.28</b>	-0.06	<b>1.0</b>	-0.36	<b>0.31</b>
Преимущественно песчаные	<b>-0.62</b>	-0.12	0.16	<b>-0.54</b>	-0.09	0.34	<b>-0.41</b>	-0.10	-0.49	<b>-0.50</b>	-0.10	<b>0.37</b>
Преимущественно глинистые	<b>0.71</b>	-0.29	-0.13	<b>0.65</b>	<b>-0.33</b>	<b>-0.29</b>	<b>0.43</b>	<b>-0.29</b>	0.45	<b>0.62</b>	-0.32	<b>-0.31</b>
Пестрого состава	-0.13	0.93	0.07	-0.18	<b>0.97</b>	0.00	-0.09	<b>0.94</b>	0.04	-0.19	<b>0.99</b>	0.01
Торфы	-0.02	0.00	-0.12	-0.02	-0.01	-0.09	0.02	-0.02	0.06	-0.05	0.00	-0.11
Величина отступления	<b>0.55</b>	-0.01	0.01	<b>0.74</b>	<b>0.27</b>	<b>0.30</b>	<b>0.66</b>	<b>0.33</b>	-0.08	<b>0.75</b>	<b>0.26</b>	<b>0.39</b>





Нейронная сеть может улавливать тенденции и закономерности в сегментах ряда. Мы использовали обратную сверточную сеть, которая обычно применяется для извлечения шума из временных рядов. Нейронная сеть была предложена для разделения случайных и систематических сигналов в наборе данных о скоростях отступления побережья.



# Заключение

1. Поскольку климатические параметры невозможно точно предсказать, прогнозирование должно быть вероятностным для периодов короче 20 лет. За более длительные периоды, например, 30 лет и более, годовая изменчивость климатических факторов имеет тенденцию к усреднению, что позволяет использовать эти средние значения для прогнозирования.
2. Анализ экспериментальных полувариограмм выявляет пространственные корреляции в значениях отступления береговой линии на расстояниях от 200 до почти 1000 метров.
3. Для более длительных периодов наблюдения (более 7 лет) распределение скорости отступления имеет тенденцию быть нормальным или следовать распределению ядра Гаусса, тогда как для более коротких периодов наблюдается логнормальное распределение.
4. Последовательное использование корреляционного и факторного анализа, включающее категориальные данные, помогает определить, какие естественные признаки наиболее существенно влияют на изменения побережья, и определить области с наибольшим риском интенсивных преобразований.
5. Нелинейные во времени изменения скоростей отступления берега играют ключевую роль в изменении береговых линий в Арктике и характеризуются в основном случайным характером. Для прогнозирования изменения положения берега предлагается подход, в котором разрушение береговой линии рассматривается как комбинация двух частей: первая – случайная величина, отражающая локальные вариации структуры берега и воздействие климата; вторая – систематическое перемещение средних значений случайных распределений. Случайную часть можно описывать параметрами распределения, что позволяет установить доверительный интервал.

Спасибо за внимание

Работа была выполнена при поддержке Фонда «Интеллект».