

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

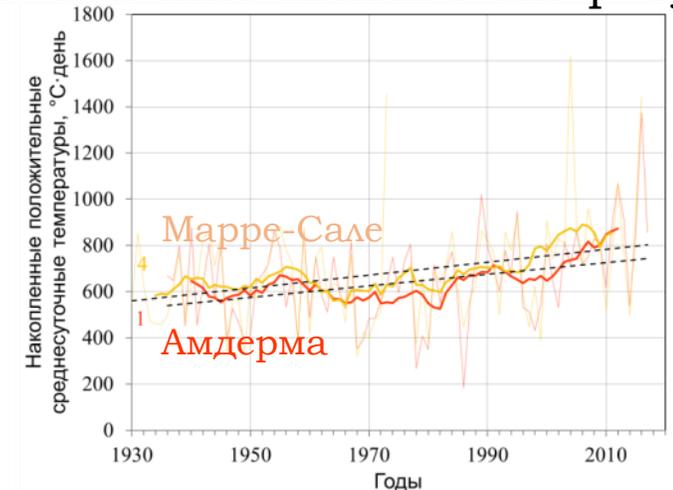
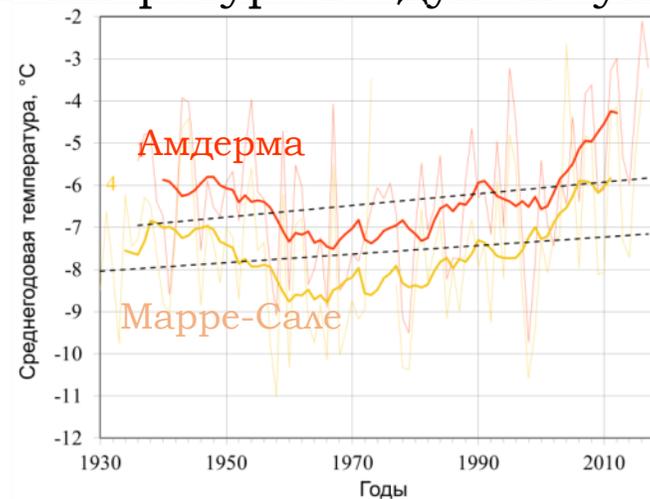


★ Ключевой участок

● Метеостанция

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

Температура воздуха и сумма положительных температур

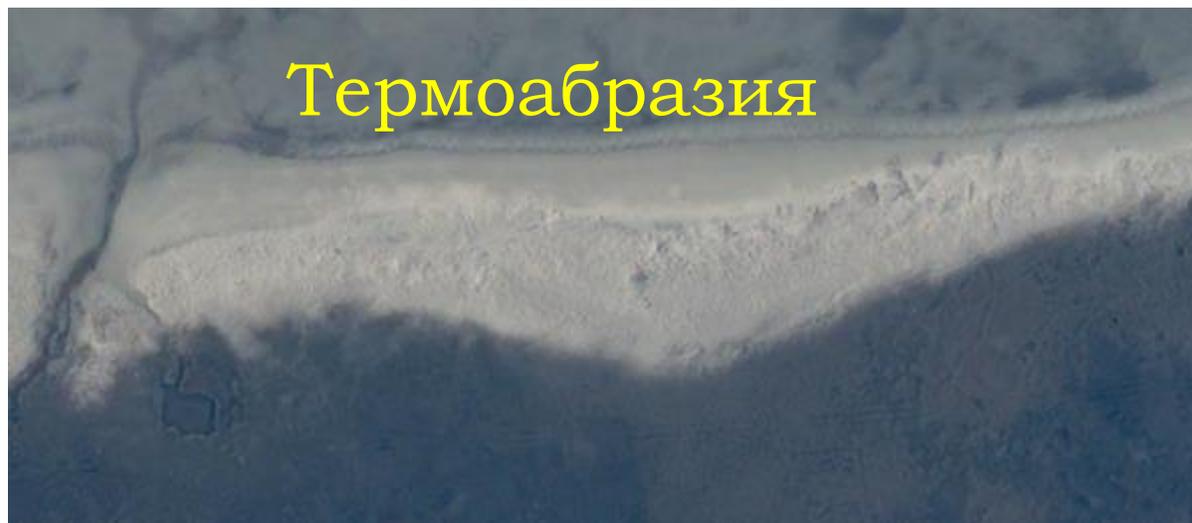
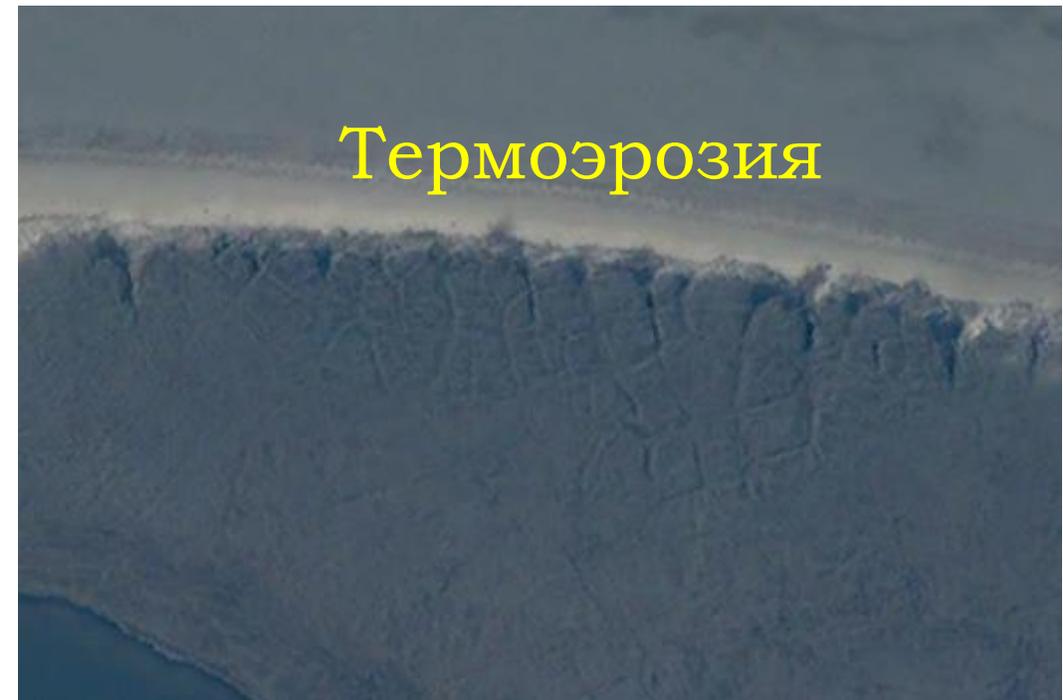
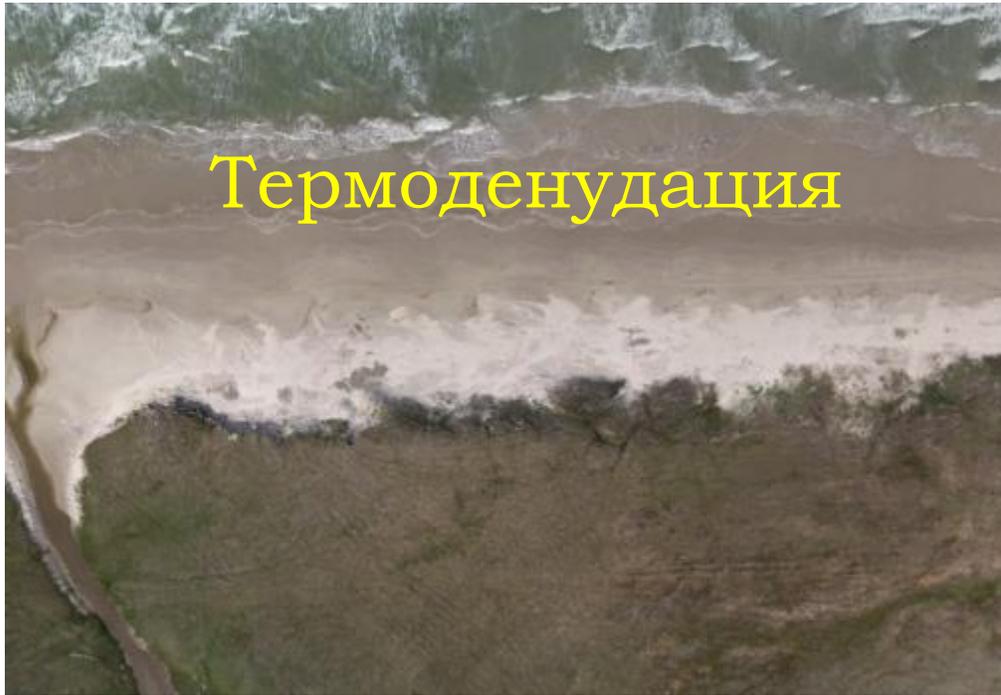


Сбор данных

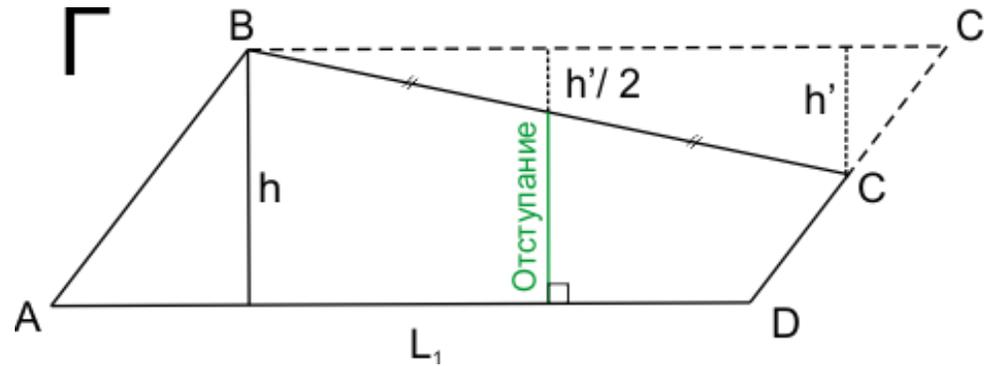
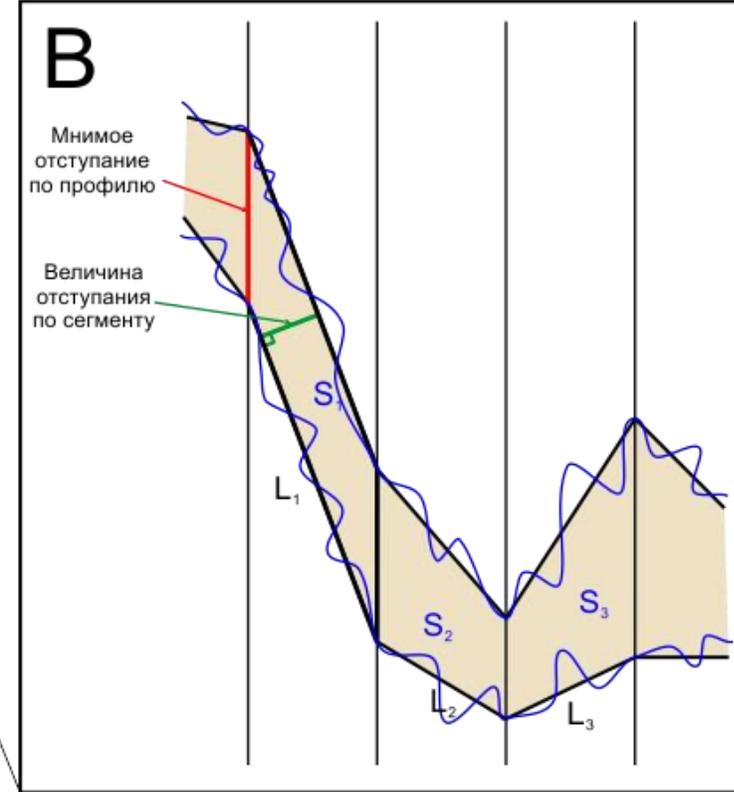
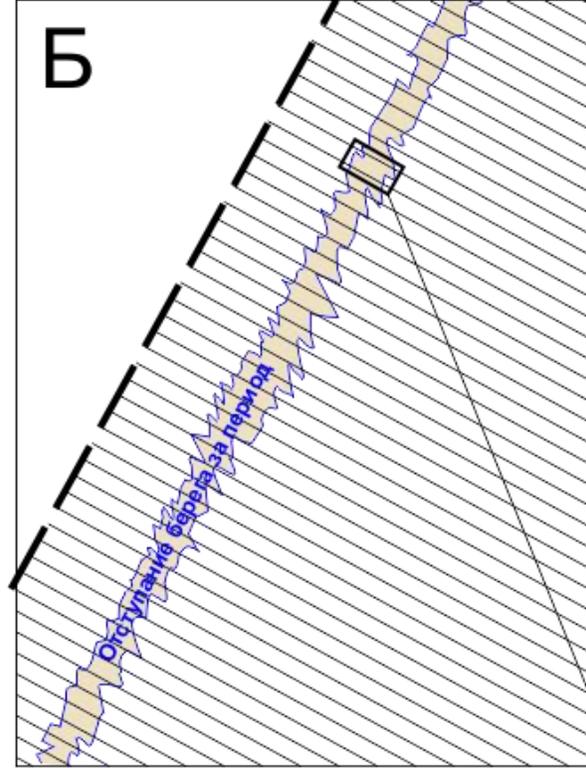
Для трех ключевых участков Карского моря (Уральского и Ямальского берега Байдарацкой губы, Харасавэя) обрабатывались аэро-фотоснимки 1970-х и 1980-х годов, космоснимки 2000-х и 2010-х годов. Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) были дополнены результатами полевых наблюдений посредством DGPS съемки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



Сбор данных (криолитологические особенности)



Методика



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

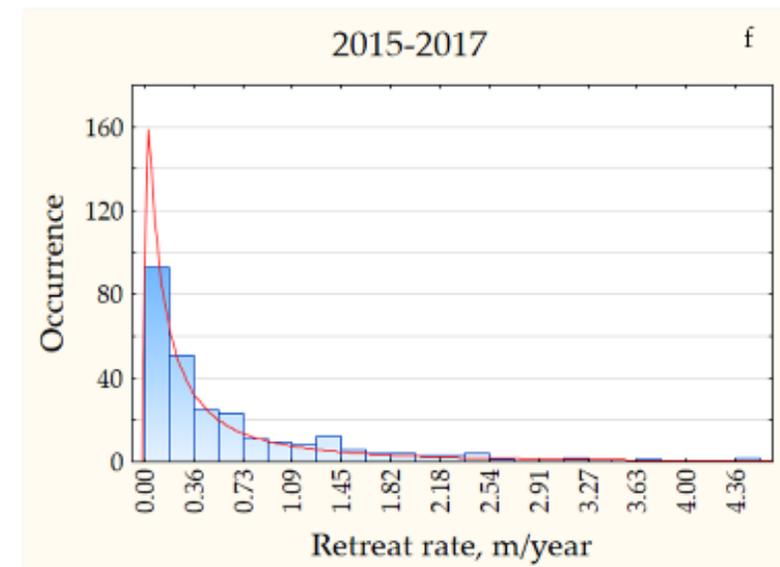
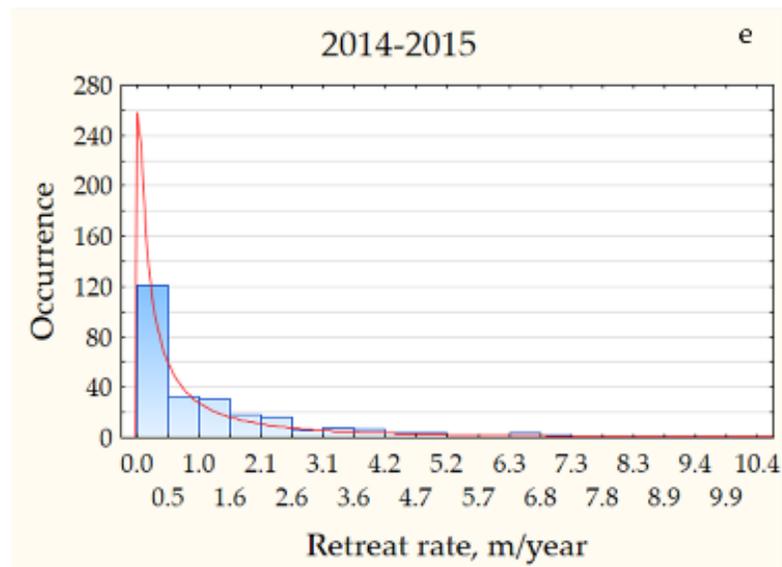
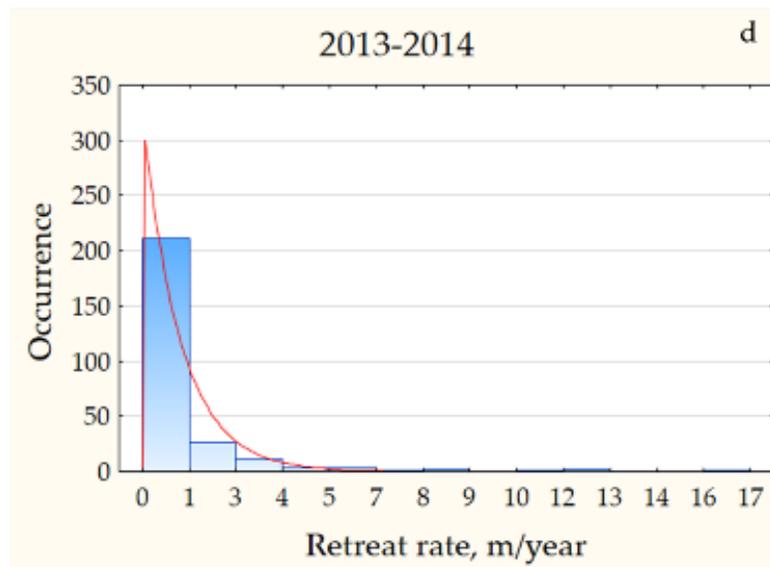
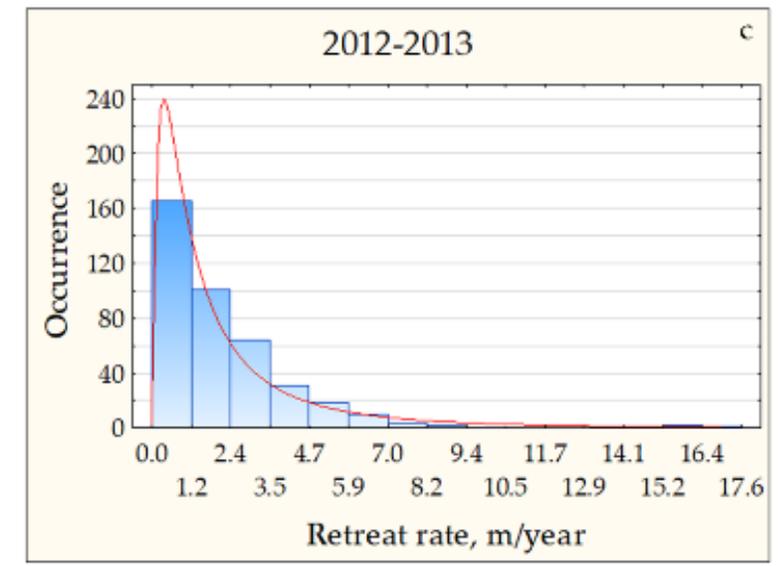
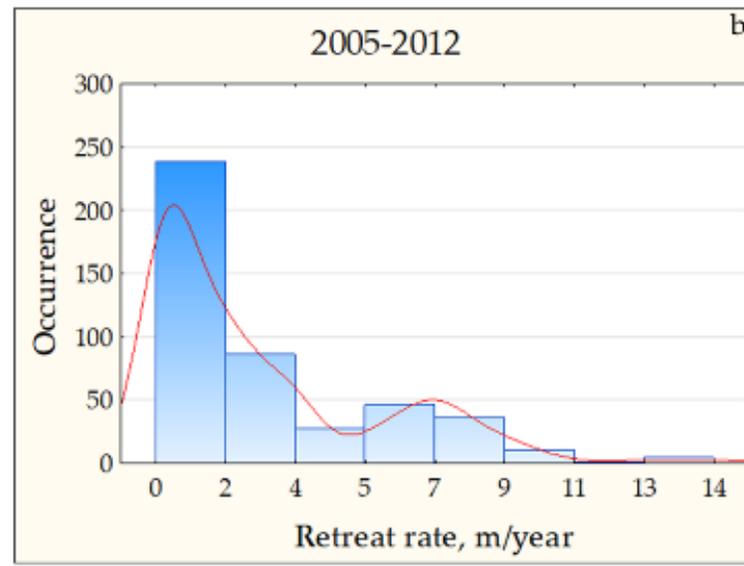
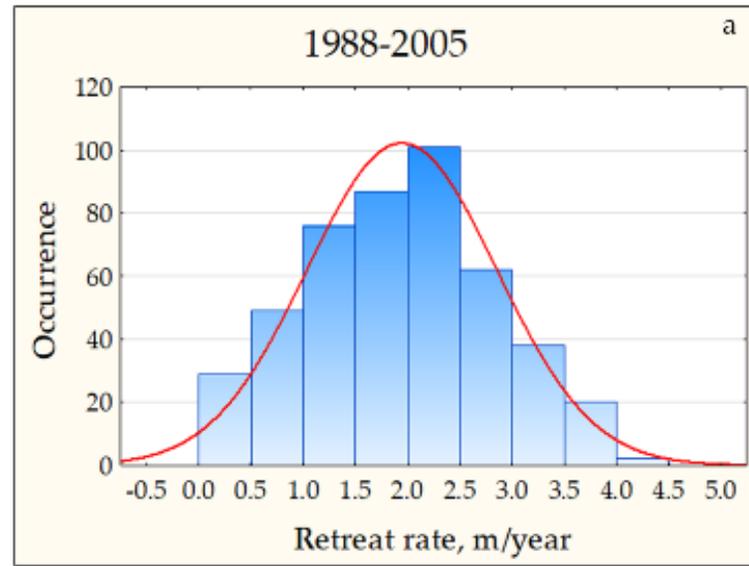
$$S_{ABCD} = S_{ABC'D} - S_{BC'C}$$

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

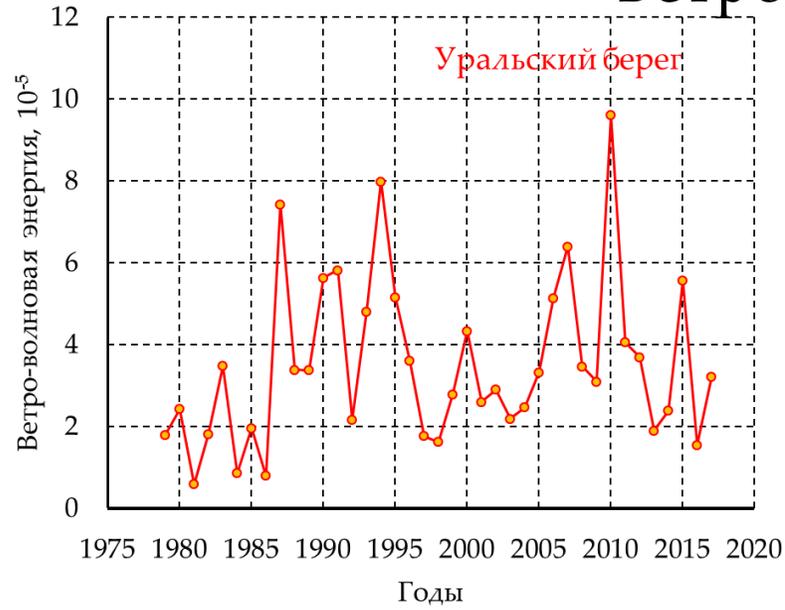
$$S_{ABC'D} = L_1 \times h$$

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

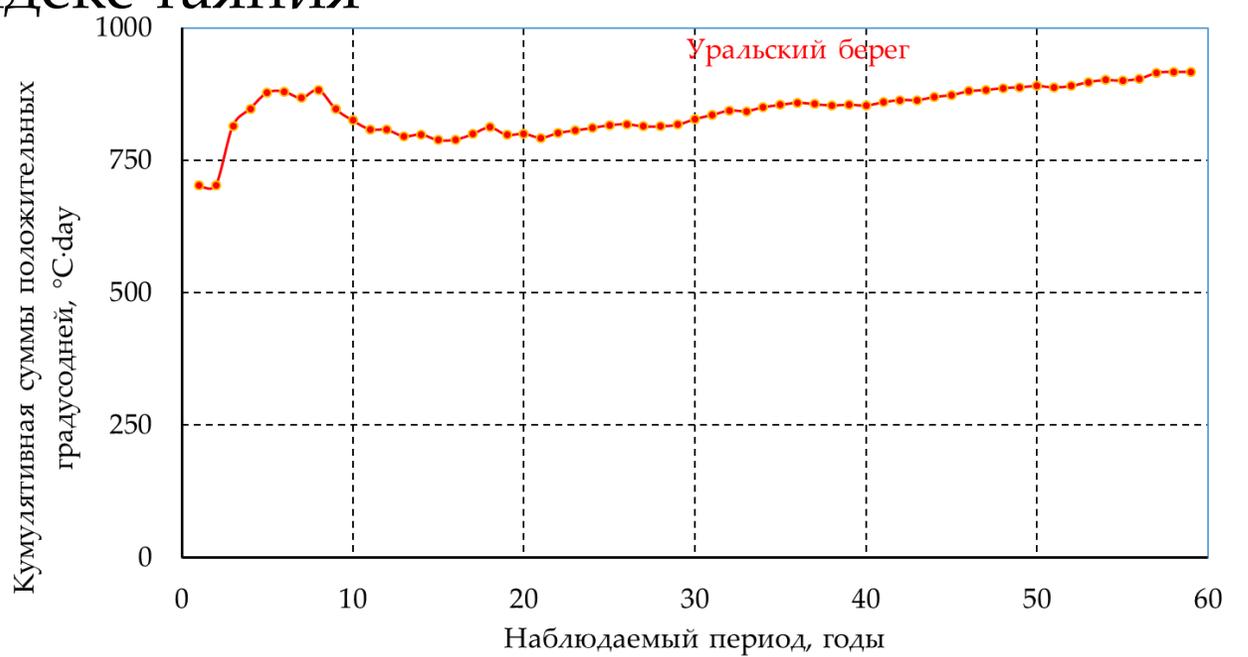
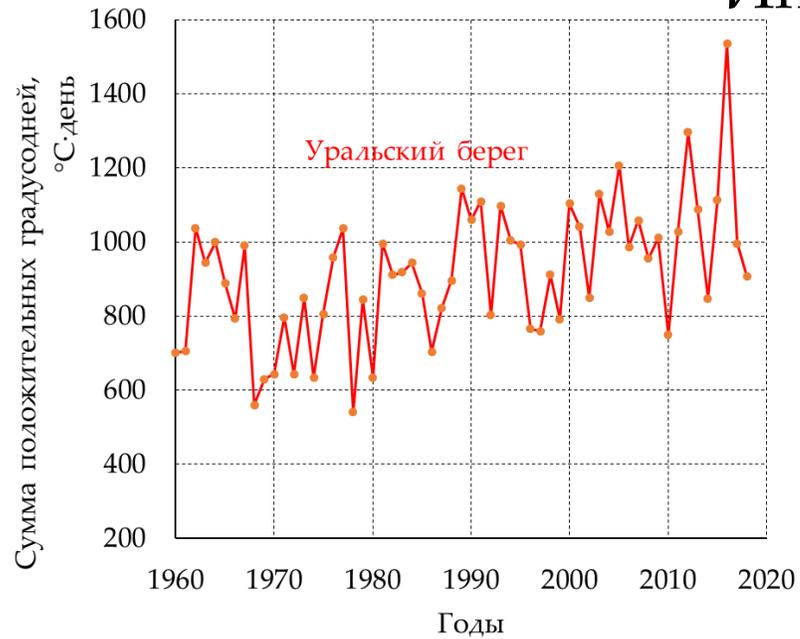
Распределение скоростей отступления Уральского берега



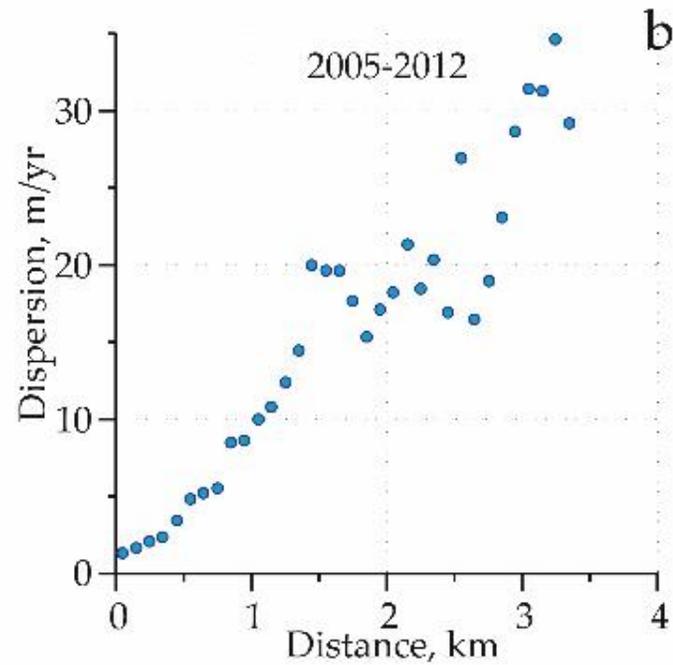
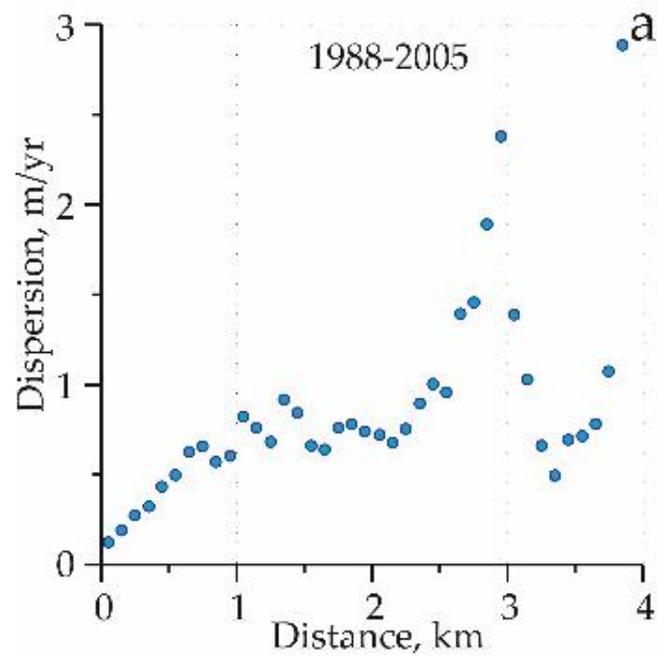
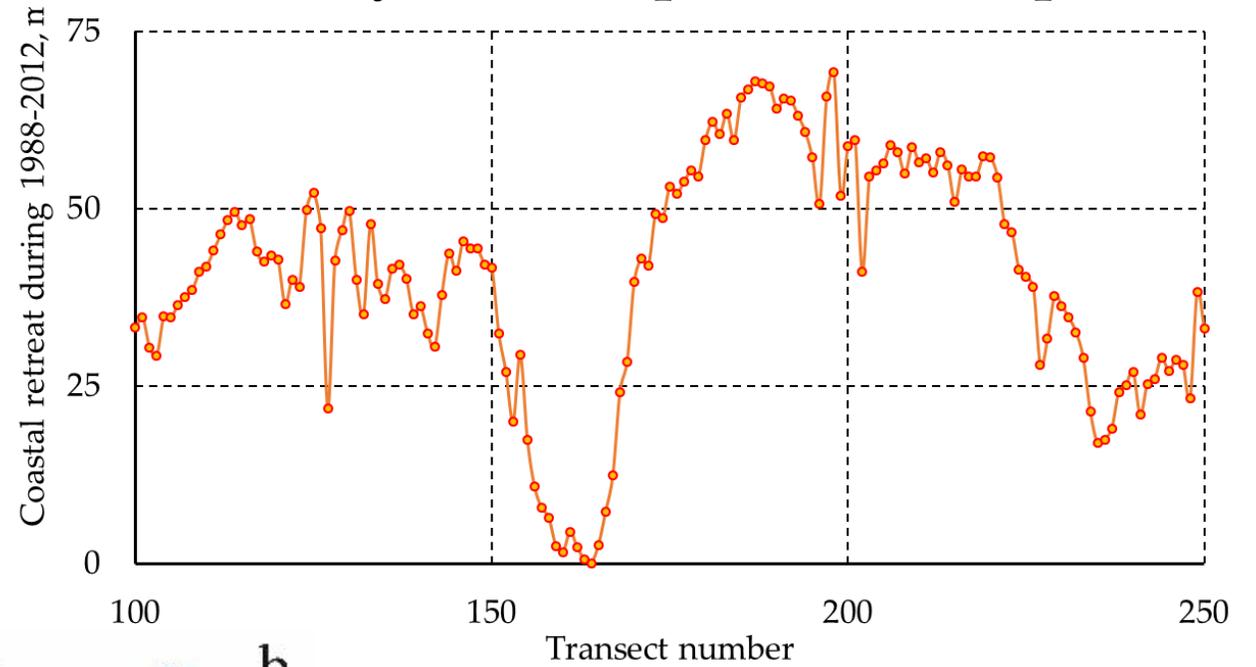
Ветро-волновая энергия



Индекс таяния

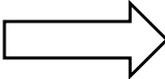


Пространственные корреляции темпов отступления Уральского берега



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*

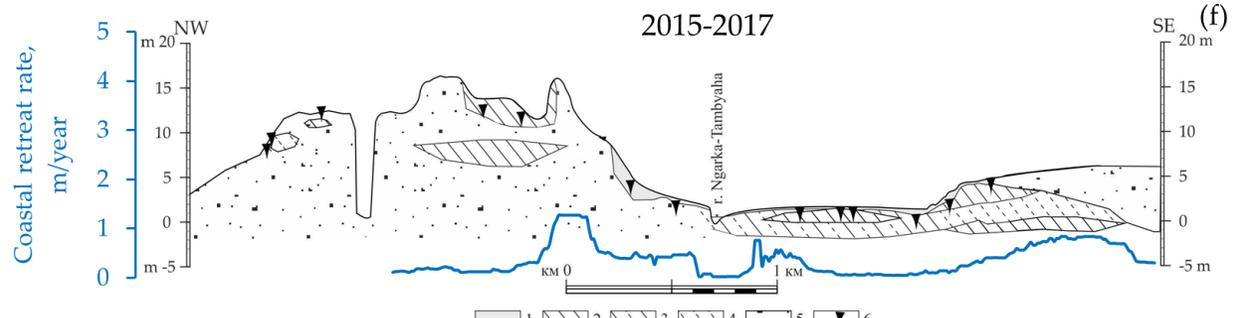
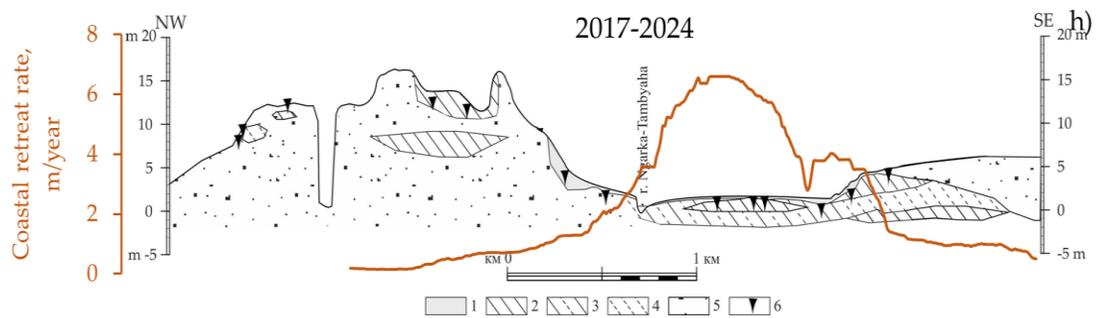
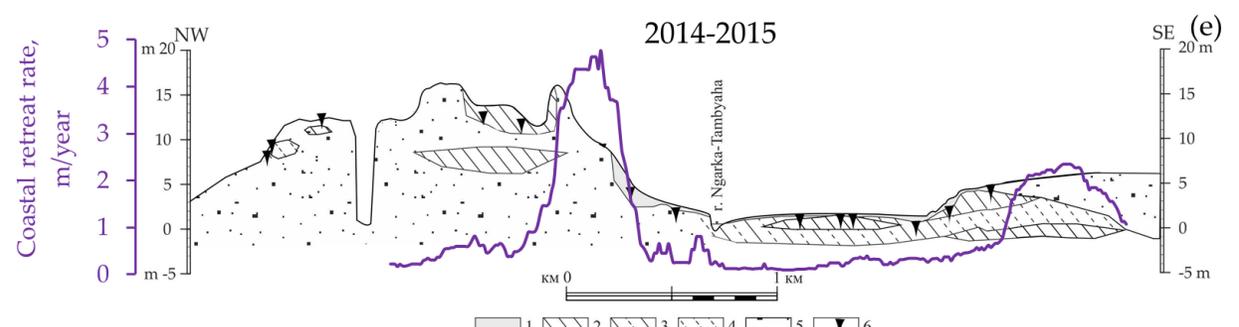
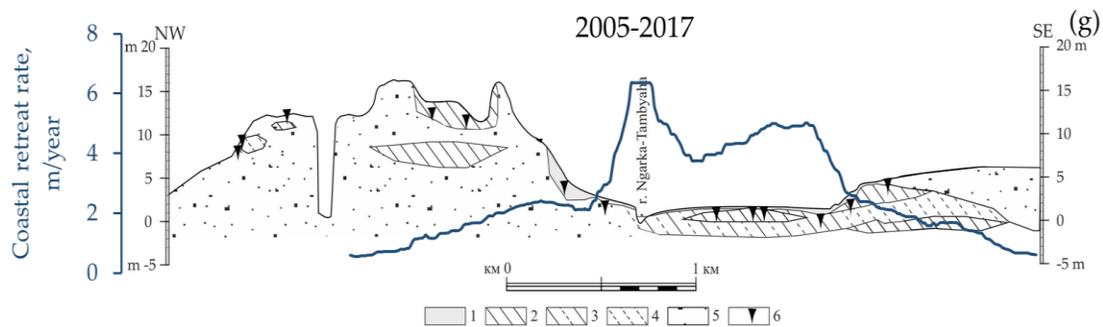
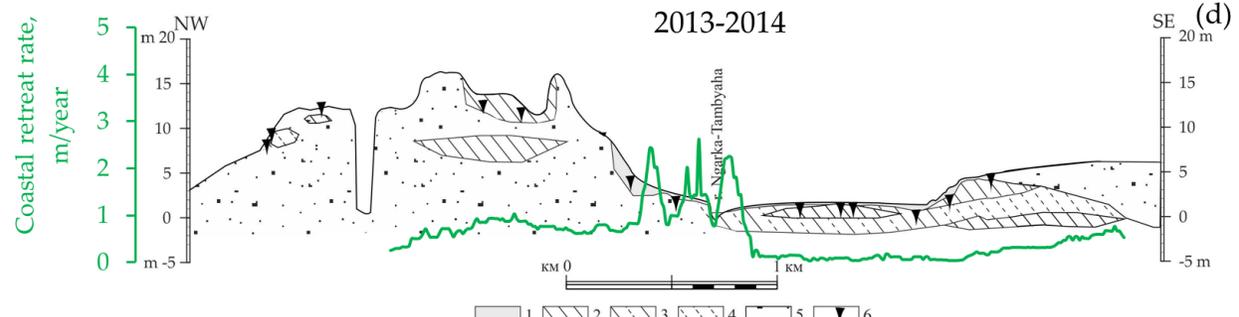
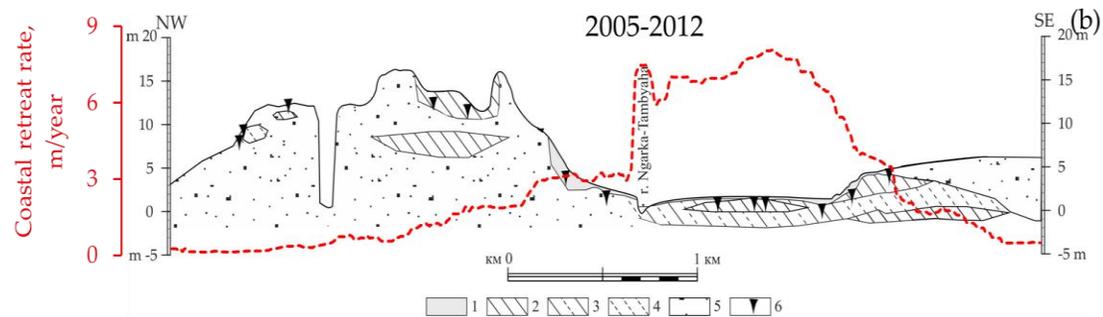
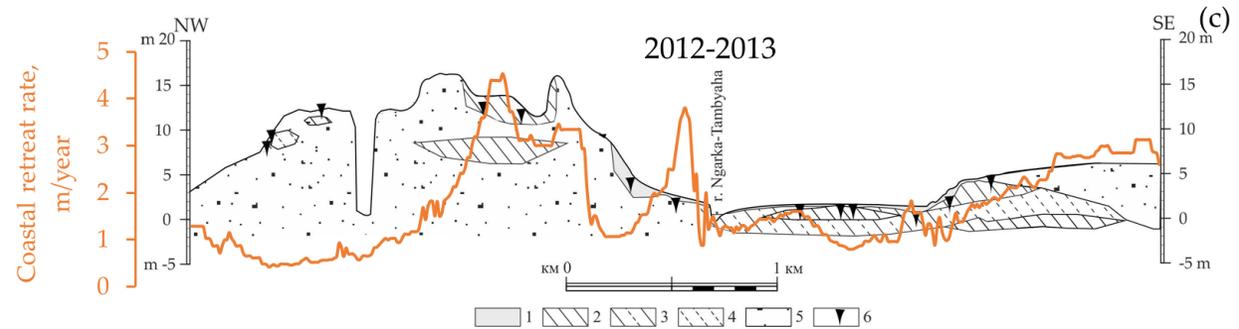
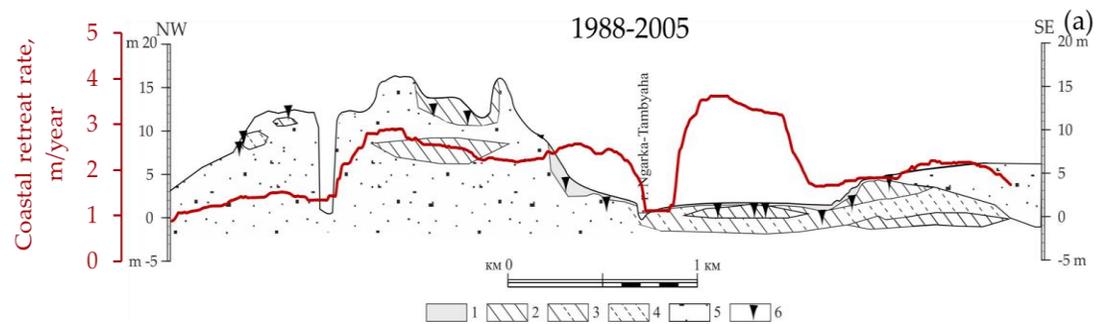
Корреляционный анализ

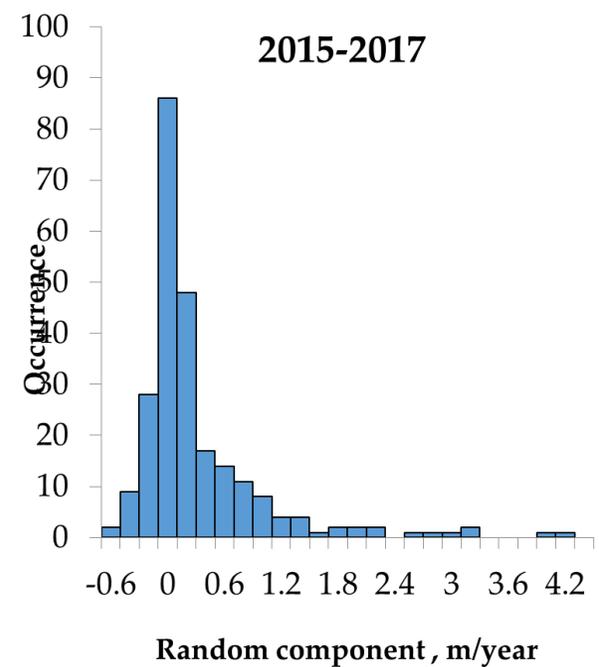
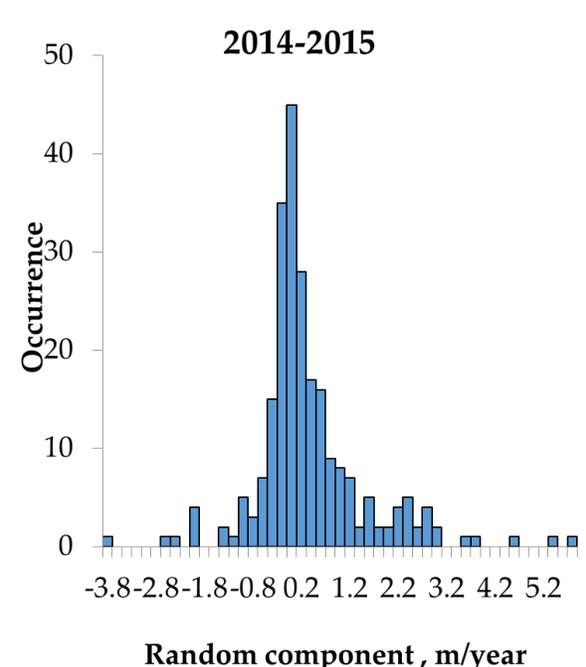
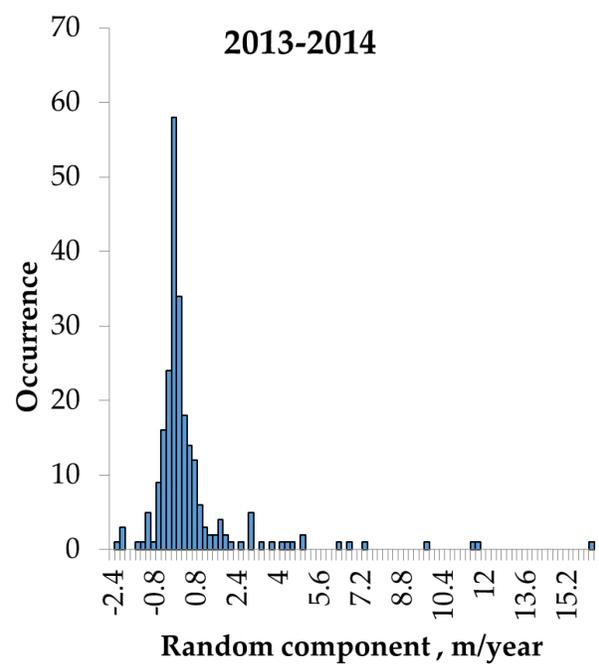
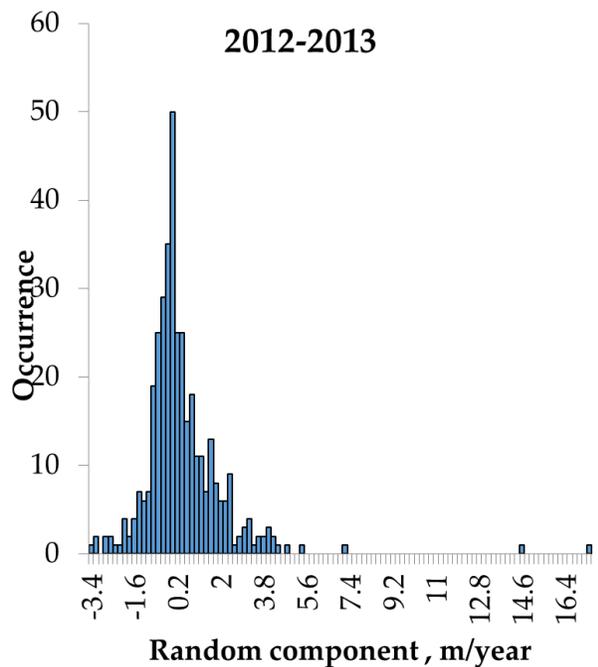
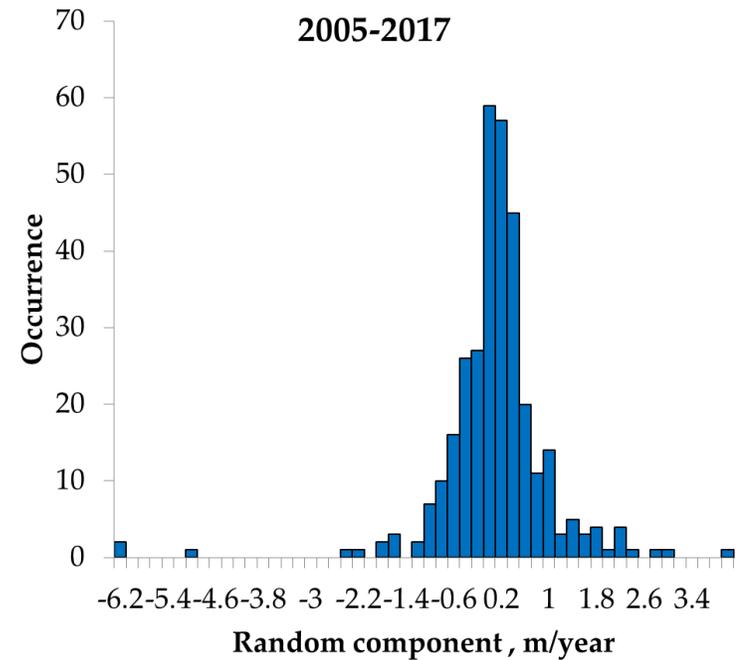
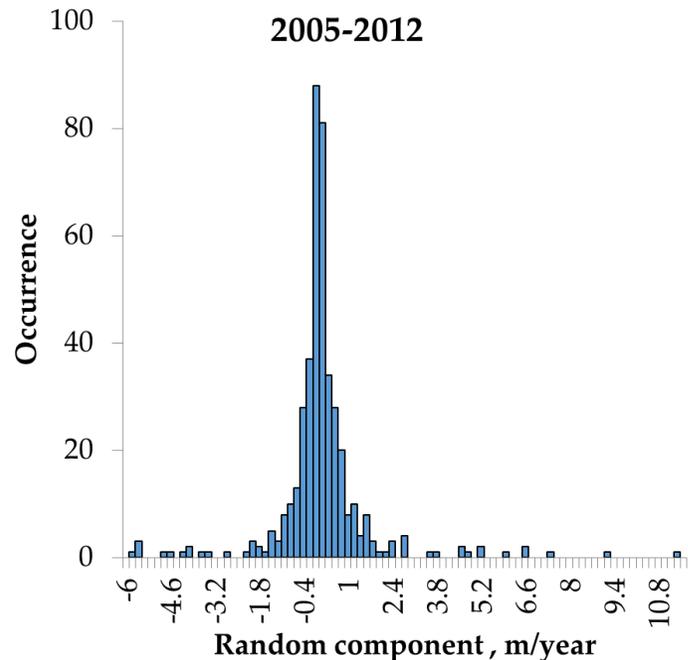
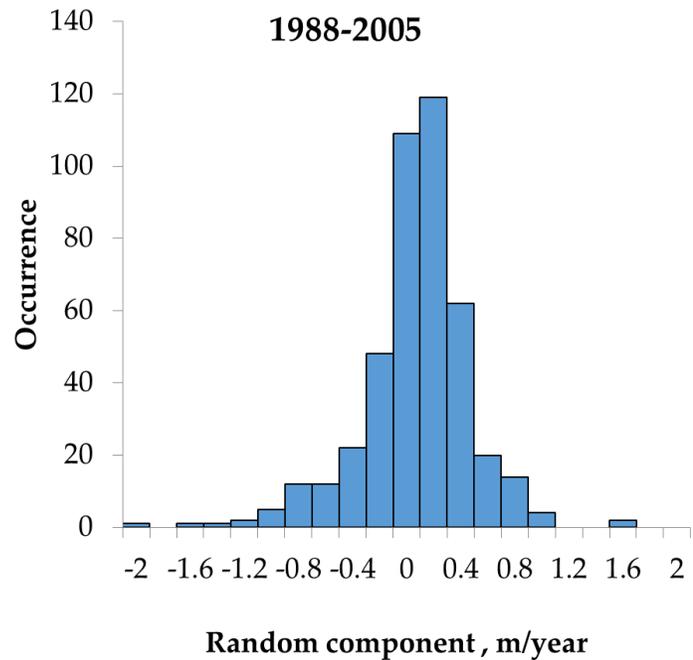
Категориальные данные	Коэф. кор	p-value	Интерпретация	
Лайда	0.398	0	Умеренно сильная	Значимая
Низкая терраса	-0.034	0.47	Слабая	Не значимая
Высокая терраса	-0.324	0	Умеренно сильная	Значимая
Термоденудация	-0.508	0	Умеренно сильная	Значимая
Термоабразия	0.247	0	Слабая	Значимая
Термоэрозия	0.152	0	Слабая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

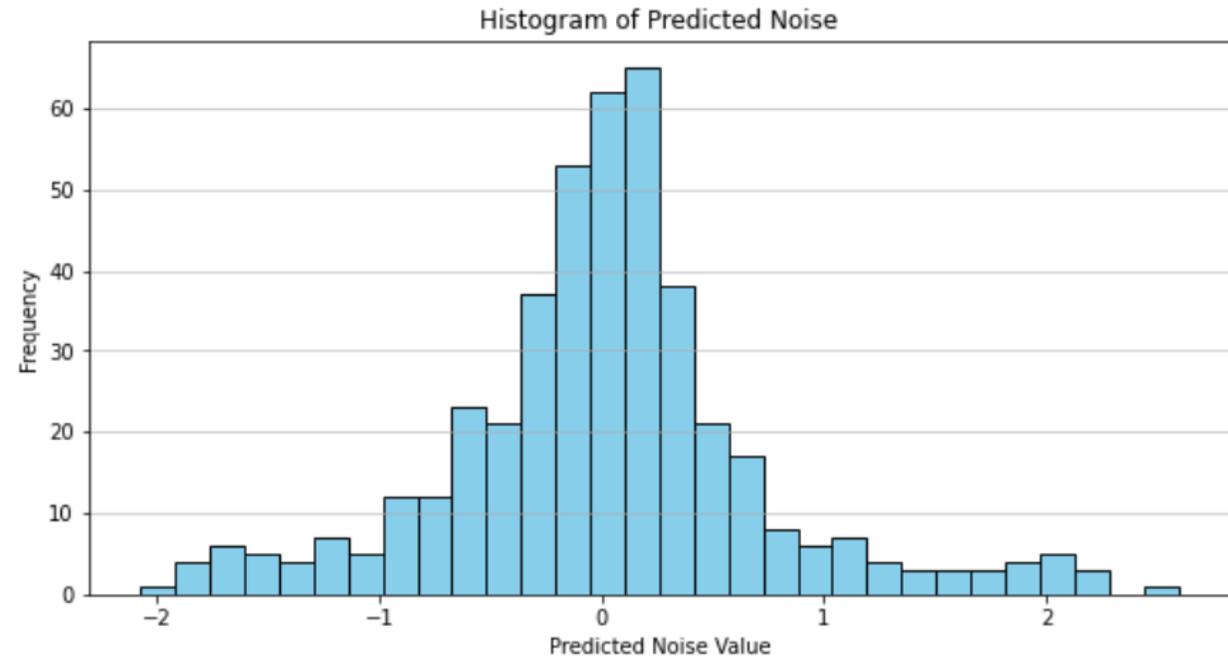
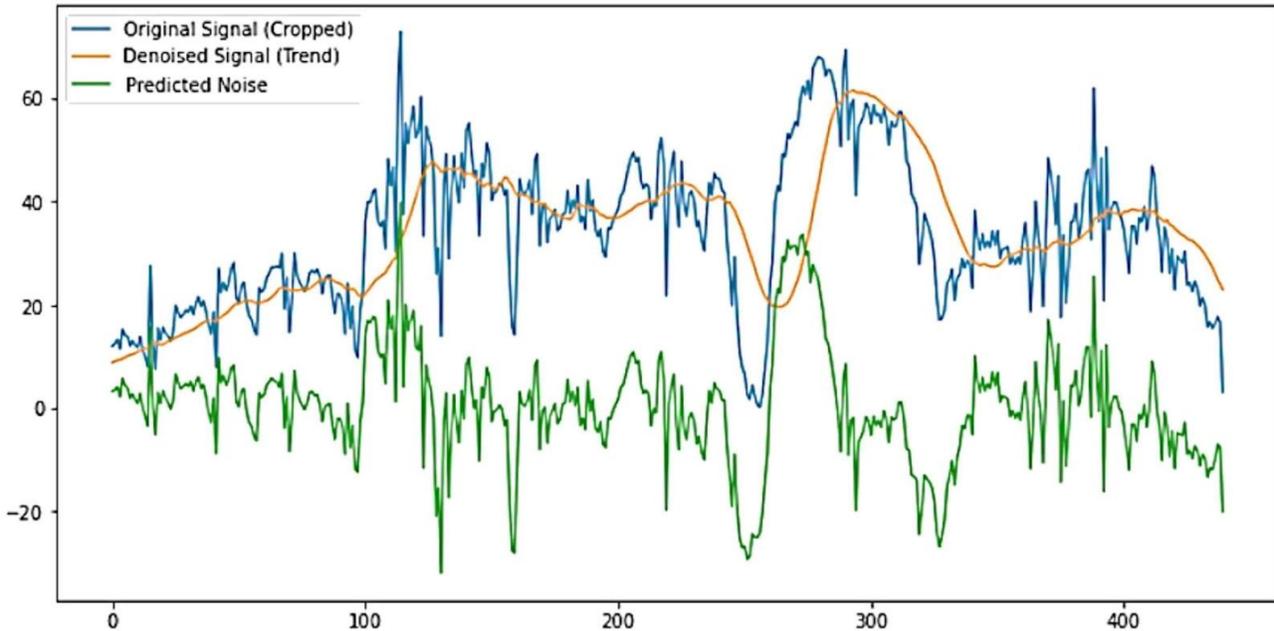
Факторный анализ

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





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».