

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РЕК РОССИИ В XXI ВЕКЕ: ЗАДАЧИ, ТЕХНОЛОГИИ, ОЦЕНКИ.



д.г.н., профессор кафедры гидрологии суши,
заведующий лабораторией
эрозии почв и русловых процессов
Географического факультет МГУ
Чалов С.Р.



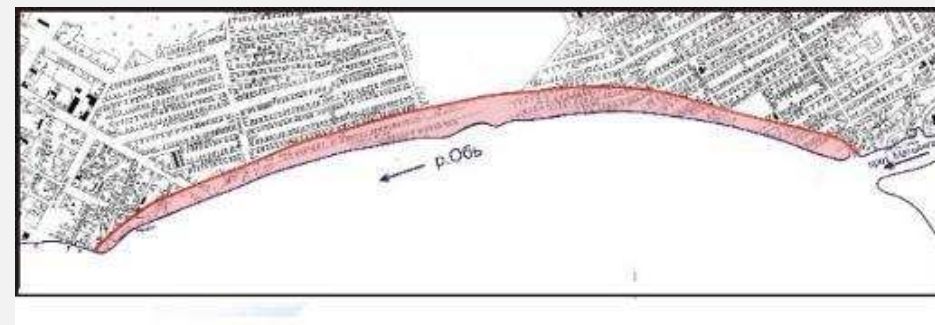
Телеграм-канал
Эрозионные и русловые
процессы

Негативные последствия русловых деформаций – р.Обь, г. Колпашево

Протяженность
фронта размыва
– 3,6 км;
высота берега –
5-8 м над
меженным
уровнем



Прогнозируемый размыв
территории города к 2060 г.



... самая актуальная повестка дня



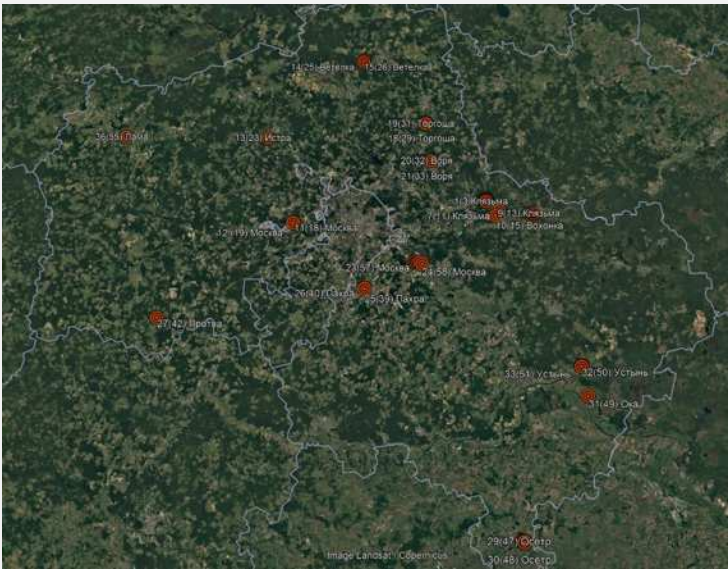
Исследования плановых русловых деформаций рек России в XXI веке: задачи, технологии, оценки



1. ТЕХНОЛОГИИ

Стационарные исследований русловых деформаций

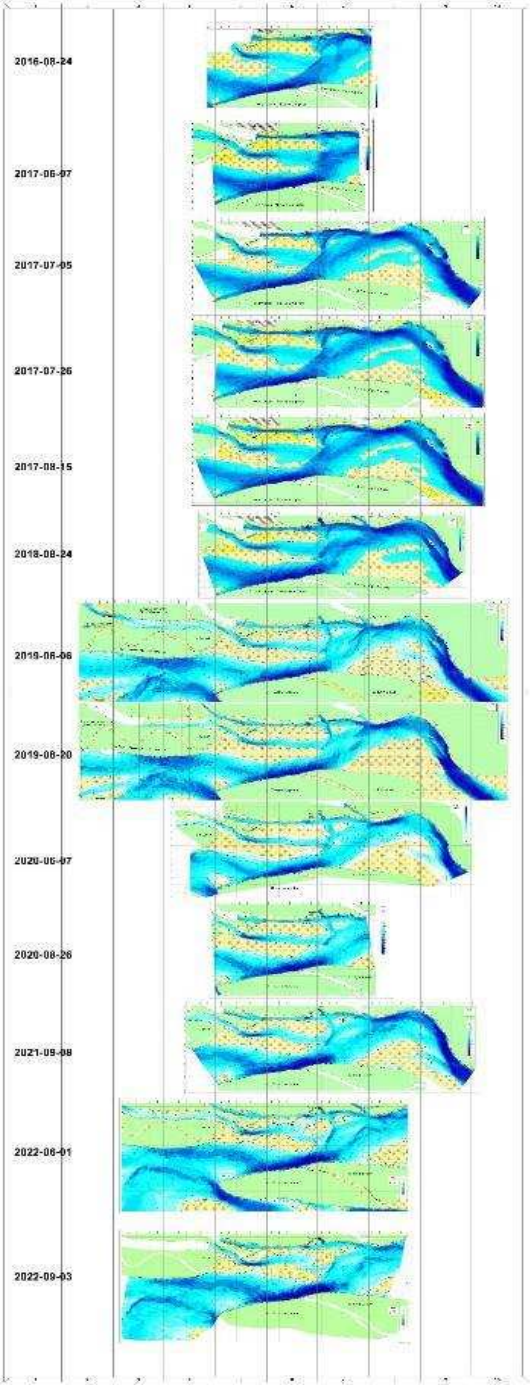
Число организованных пунктов стационарных наблюдений	Общее число реперов и меток
36	195



Стационары в Московской области

№ п/п	Стационар	Широта	Долгота
1.	р. Кудьма – д. Лакша	56° 2'19.15"C	43°38'2.61"B
2.	р. Кудьма – п. Буревестник-1	56° 7'38.80"C	43°48'59.80"B
3.	р. Кудьма – п. Буревестник-2	56° 7'39.33"C	43°49'6.54"B
4.	р. Кудьма – к.п. Зеленый город-1	56° 9'29.24"C	44° 7'4.45"B
5.	р. Кудьма – к.п. Зеленый город-2	56° 9'29.63"C	44° 7'19.85"B
6.	р. Кудьма – д. Зелецино-1	56° 8'44.54"C	44° 9'35.23"B
7.	р. Кудьма – д. Зелецино-2	56° 8'47.00"C	44° 9'36.74"B
8.	р. Кудьма – д. Зелецино-3	56° 8'48.51"C	44° 9'50.21"B
9.	р. Кудьма – д. Ветчак	56° 5'48.72"C	44°18'27.56"B
10.	р. Озерка – с. Чернуха	56° 0'37.41"C	44°11'2.38"B
11.	р. Озерка – с. Кужутки-1	55°55'51.27"C	44° 5'23.50"B
12.	р. Озерка – с. Кужутки-2	55°55'25.05"C	44° 5'2.17"B
13.	р. Озерка – д. Белозерово	55°48'28.24"C	44°15'19.01"B
14.	р. Сетчуга – с. Ивановское	55°53'13.92"C	43°37'38.36"B
15.	р. Печеть – д. Александровка	55°54'11.72"C	44° 4'35.07"B

Стационары в бассейне Кудьмы



Якутский стационар МГУ
(статус стационара с 2024 года)

Дистанционные методы: автоматические и полуавтоматические алгоритмы

Автоматическое определение горизонтальных деформаций

авторский алгоритм определения размывов на протяженных участках рек. Проанализированы различные методики и индексы для наиболее точного выделения водной поверхности, учитывающие высоту, залесенность берегов и т.д.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

Атмосферная коррекция космических снимков

Выделение рабочей области

Неконтролируемая классификация снимков или использование индексов определения водной поверхности

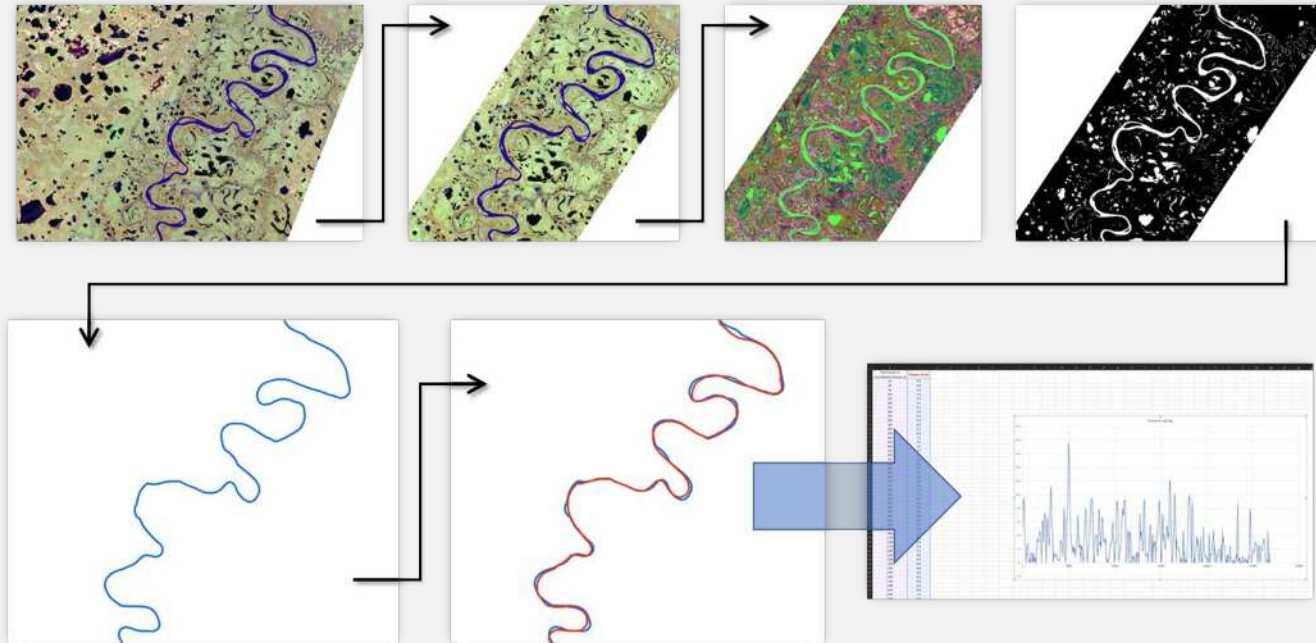
Дешифрирование водной поверхности и перегруппировка результатов классификации

Трассирование линии берега по бинаризованному растру и ее сглаживание с помощью алгоритма Савицкого-Голея

Повторение процедуры для снимков на другой момент времени

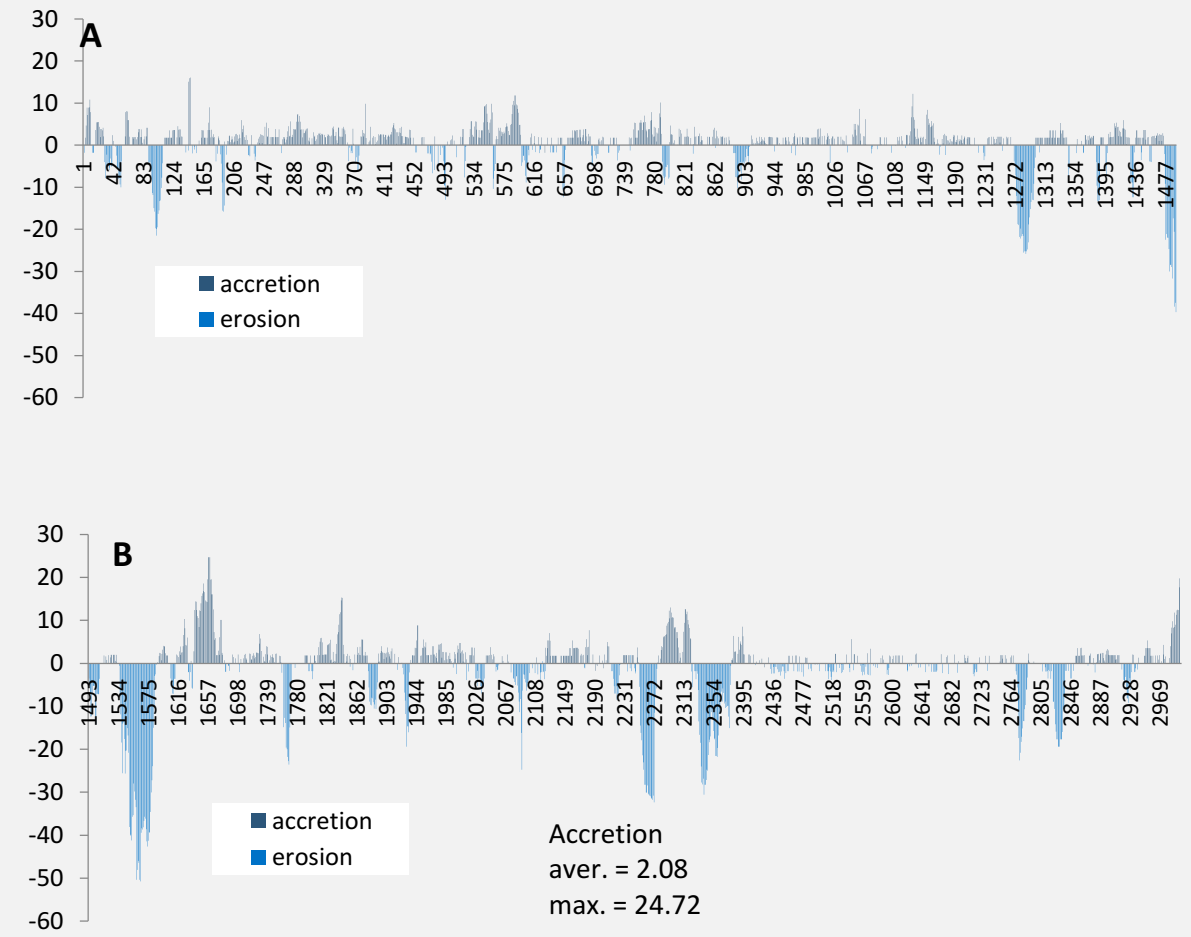
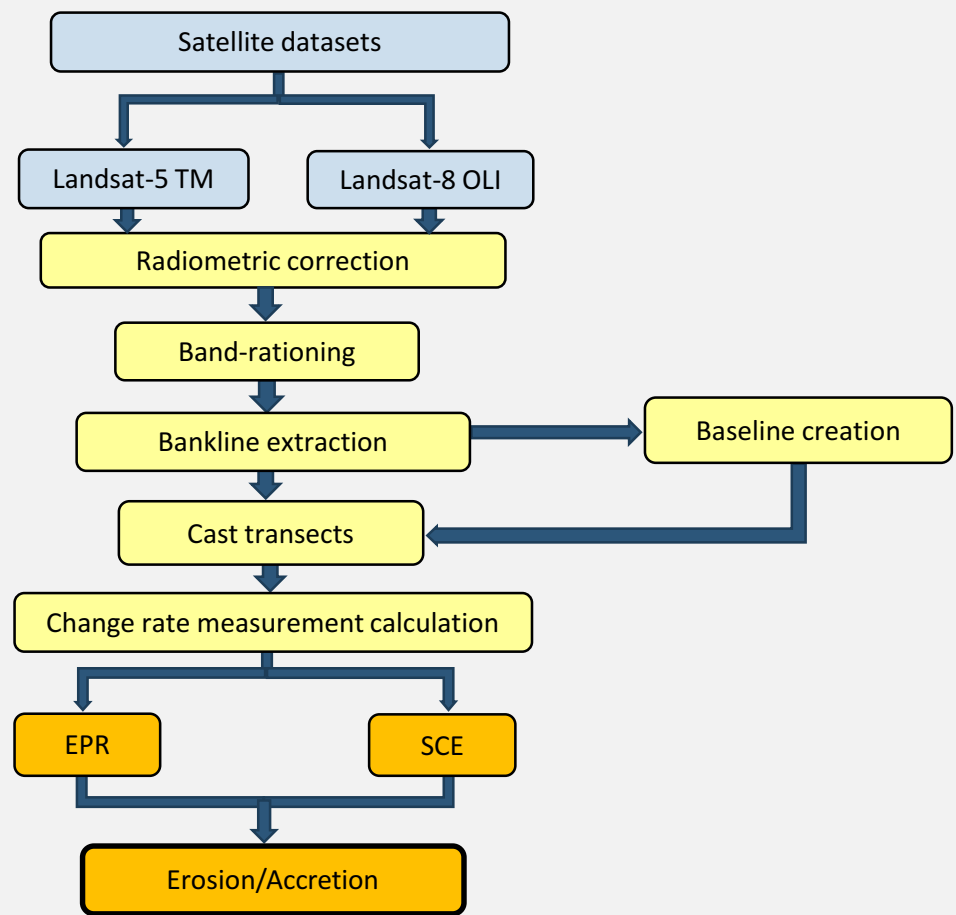
Сопоставление полученных линий и получение полигонов размыва

Расчет характеристик размыва для полигонов или в каждой точке вдоль линии

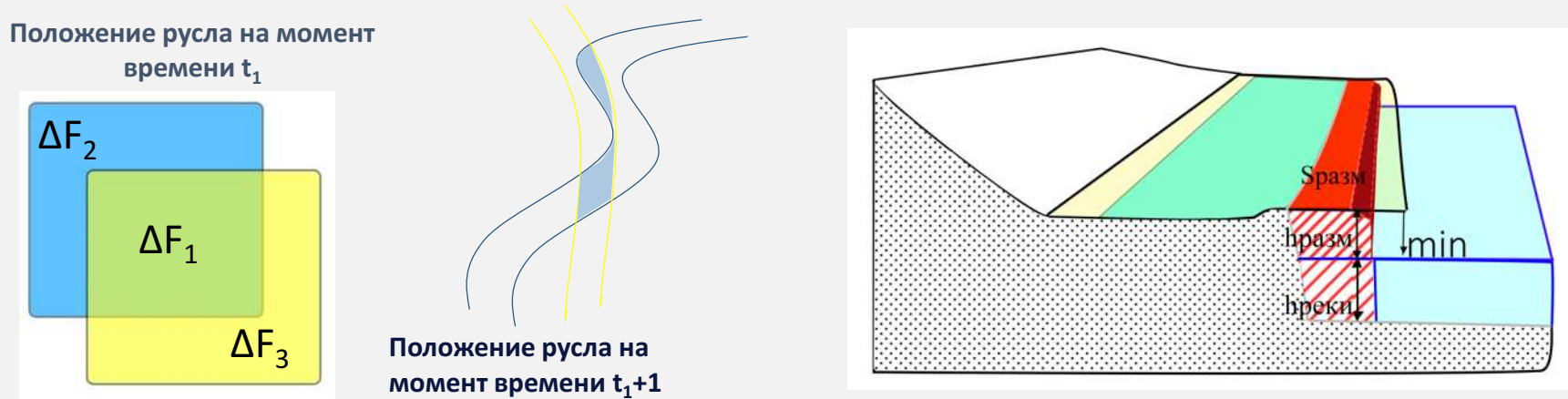


Исследования плановых русловых деформаций рек России в XXI веке: задачи, технологии, оценки

Программные средства определения размывов берегов в ГИС: Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (ARCGIS)



Глобальные базы для оценки интенсивности размыва берегов: GSWE



Метод идентификаций плановых переформирований (ИПП)

- **Полуавтоматизированное определение темпов отступления берегов в среде ГИС (м/год)**
 - БД Global Surface Water Explorer
 - Коллекция снимков Landsat
- **Определение высот размываемых берегов:**
 - Построение поперечных профилей ArcticDEM
 - Маска растительности бд ICESAT GLAS
 - учет уклонов русла (ЦМР HydroSHEDS), MERIT DEM (ASTER) или глобальная БД уклонов GloRS

Точность полуавтоматических методов определения размыва берегов

Участок/км	Ручная оцифровка, м ²	GSWE, м ²	Ошибка, %
ПБ/61-65	1646531	1612004	2,1
ЛБ/65-68	1038047	999325	3,7
ПБ/73-74	354990	353679	0,4
О/83-85	652891	648843	0,6
ПБ/110-117	2396625	2297342	4,1

- Набор данных Occurrence Change Intensity наилучшим образом соответствует размыву берегов (островов) между 1999 и 2020 годами
- Расчетный период для годовых размывов составляет 21 год

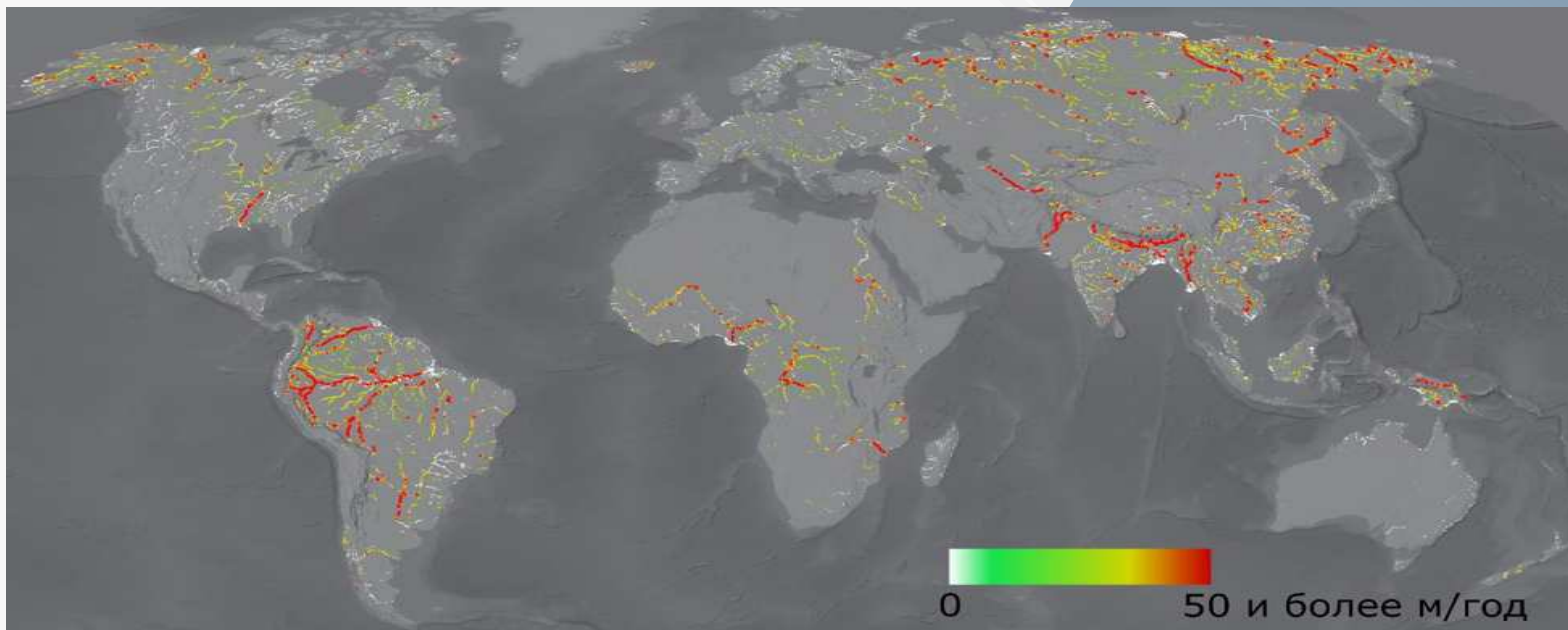


1999 год



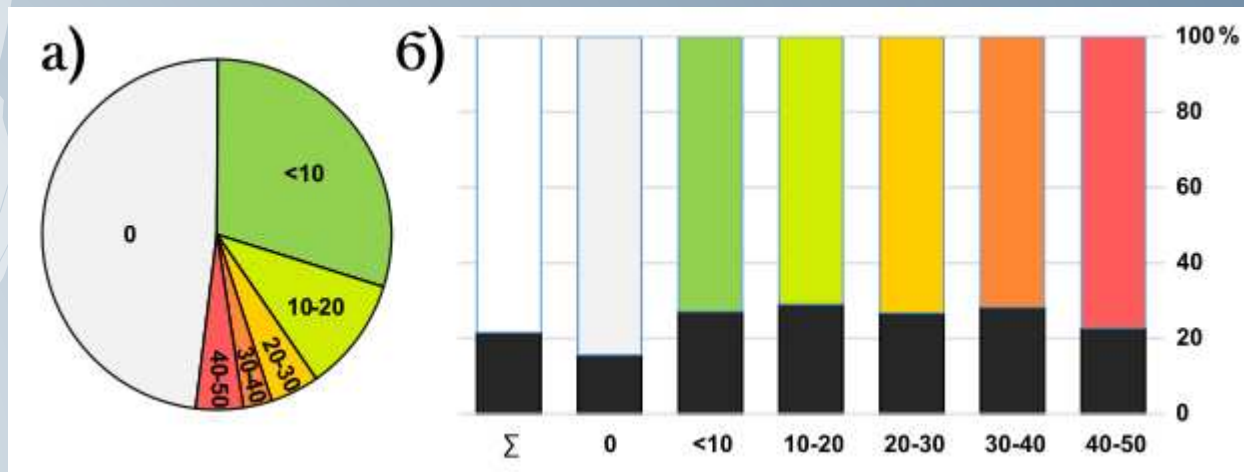
2020 год

Глобальные базы данных размывов берегов



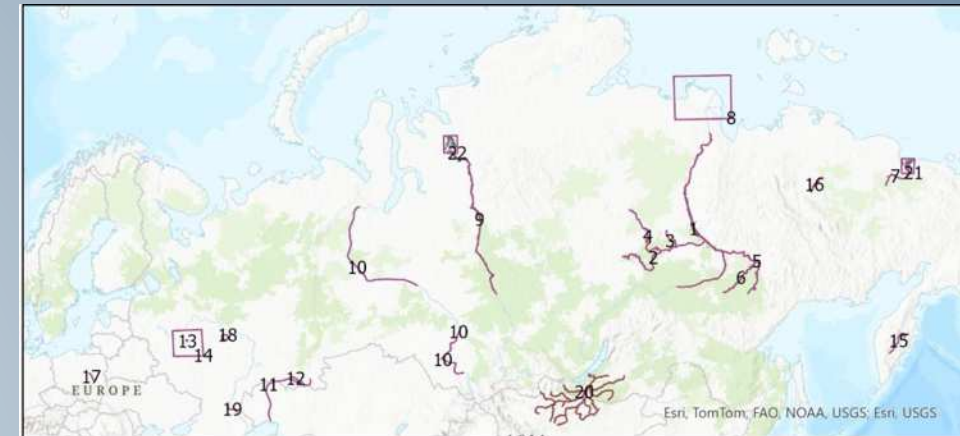
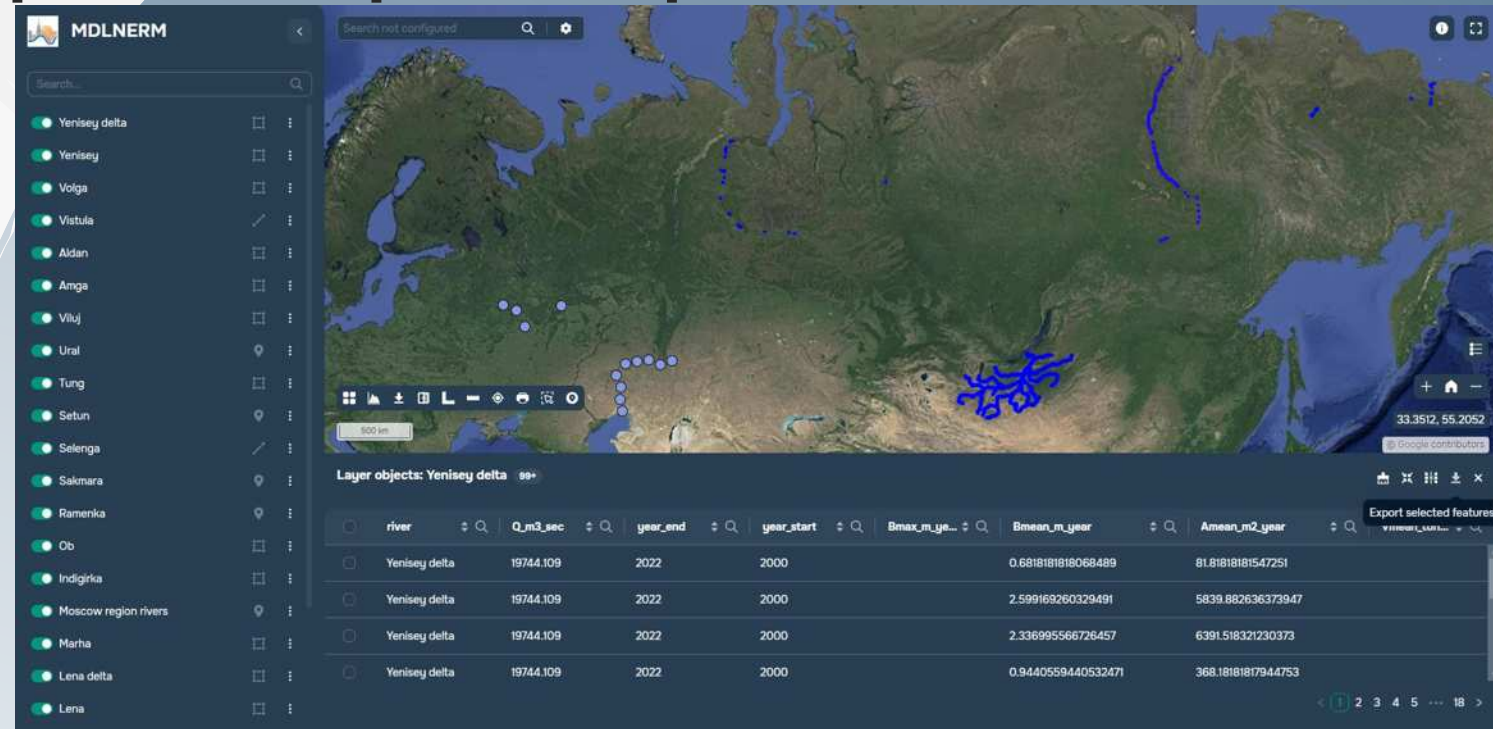
Максимальные скорости размыва на бесприточных участках рек шириной более 150 метров (по базе данных [Langhorst, Pavelsky, 2022])

Распределение диапазонов максимальных скоростей размыва (в м/год) среди всех рек базы данных [Langhorst, Pavelsky, 2022] (а) и доля расположенных на территории России участков среди всех диапазонов (б)



Интерактивная база данных размывов рек Северной Евразии

- web-картографирование FLEXGIS
- <https://map.giscarta.com/viewer/93a6a4b3-179f-450f-be02-a31ca6db245b>
- Около **150000 участков с определением параметров размыва** (за 20-30 лет и более)
- **23 000 километров** рек бассейнов Вислы, Волги, Урала, Оби, Лены, Индигирки, Колымы, Камчатки
- Продольное разрешение участков оценки **от 30 м до 2 км**



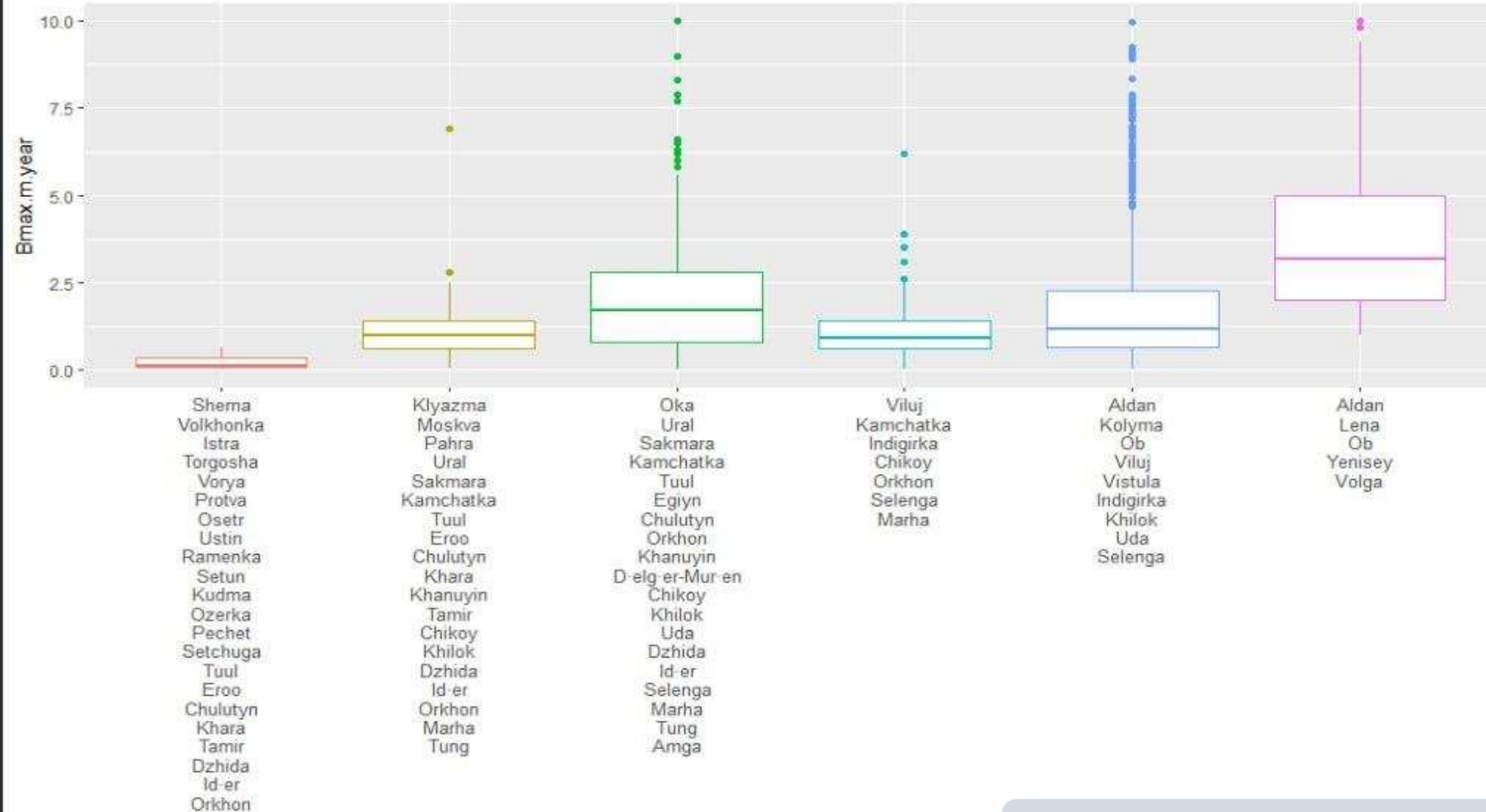
ID River	ID River	ID River	ID River	ID River
1 Lena	6 Amga	11 Ural	16 Indigirka	22 Yenisey delta
2 Viluj	7 Kolyma	12 Sakmara	17 Vistula	21 Kolyma delta
3 Tung	8 Lena delta	13 Setun and Ramenka	18 Moscow region rivers	
4 Marha	9 Yenisey	14 Moscow region rivers	19 Volga	
5 Aldan	10 Ob	15 Kamchatka	20 Selenga	



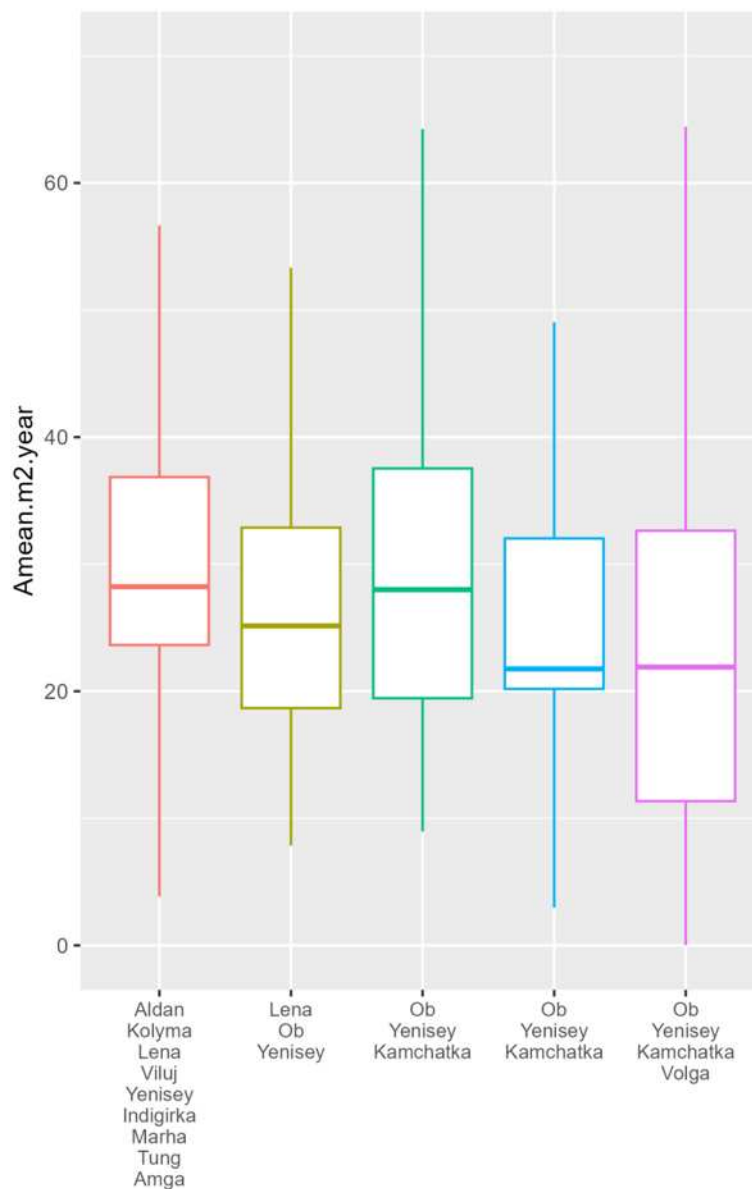
2. ОЦЕНКИ

Общие закономерности: размеры рек – максимальные размывы

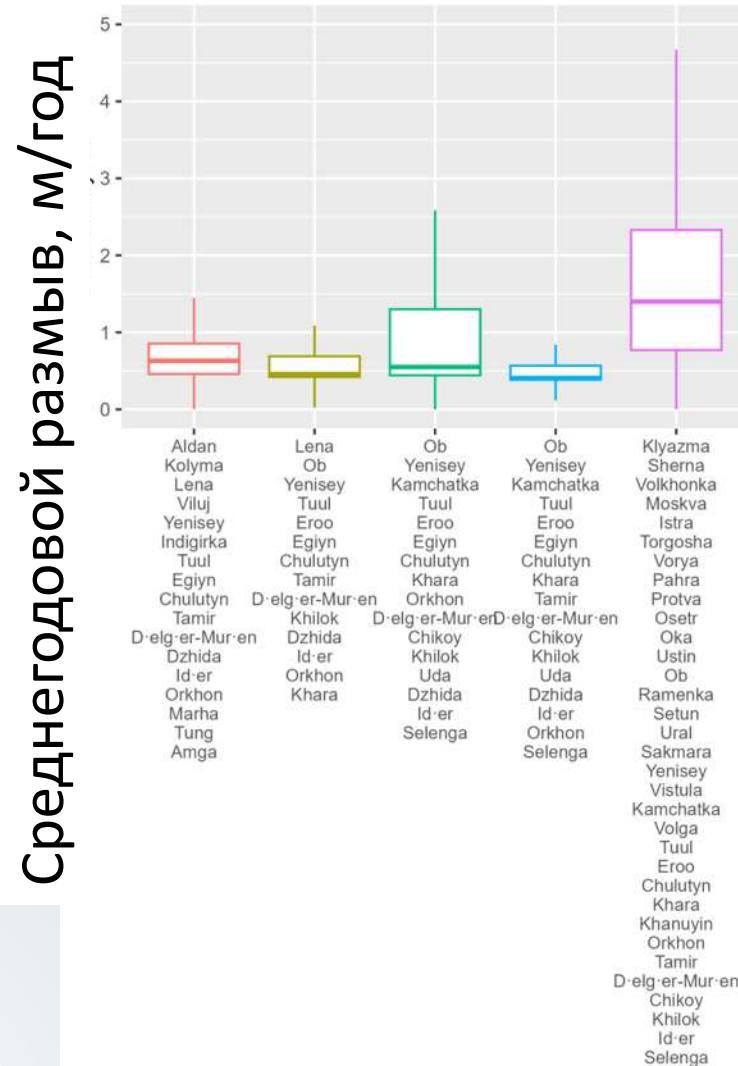
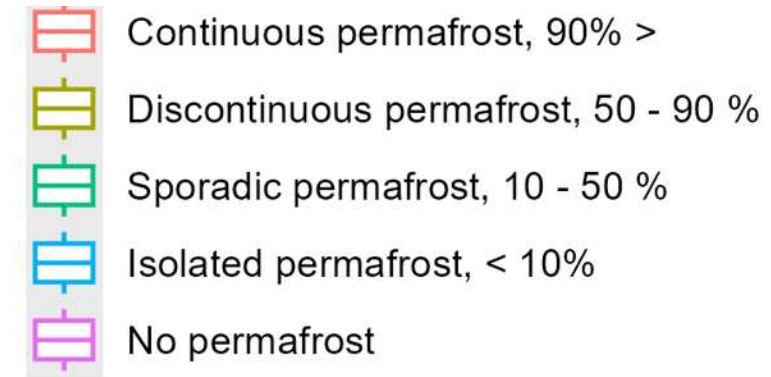
Среднегодовой
расход воды,
 $\text{м}^3/\text{с}$



Исследования плановых русловых деформаций рек России в
XXI веке: задачи, технологии, оценки

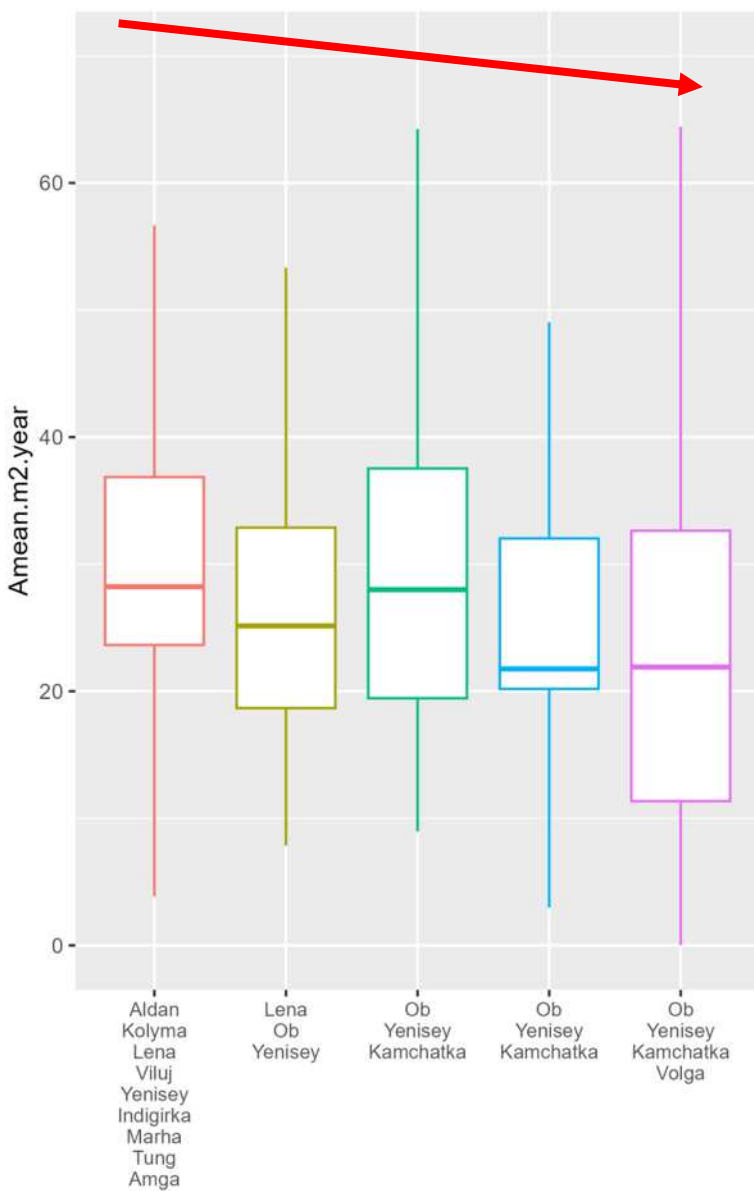
Площади размывов, м²/год

Распространение
мерзлоты, %

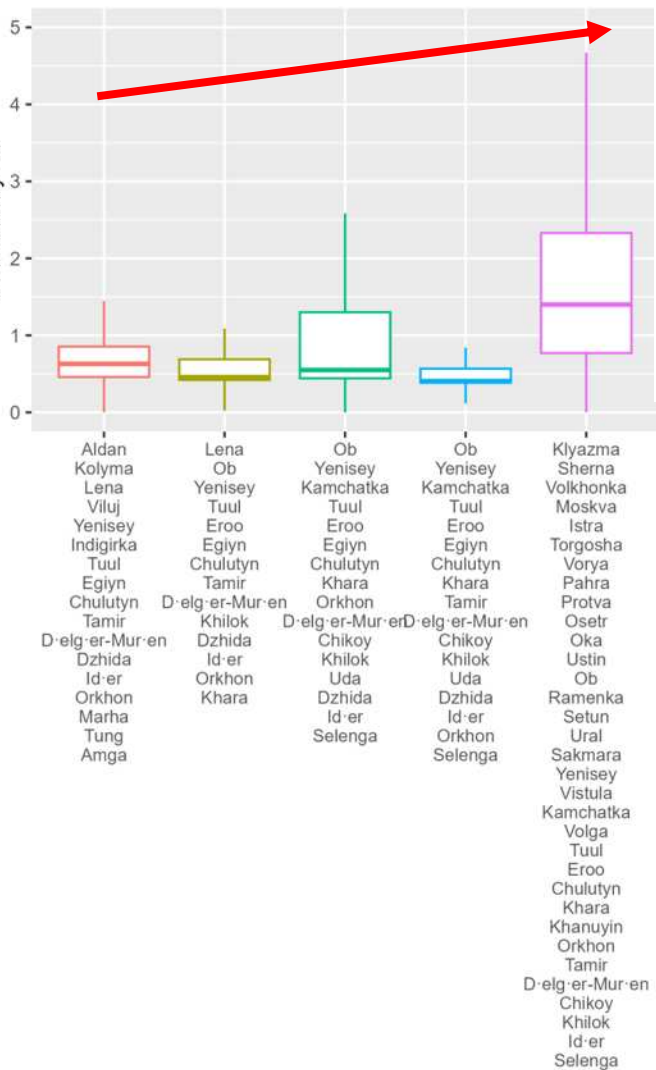


Общие закономерности: влияние мерзлоты

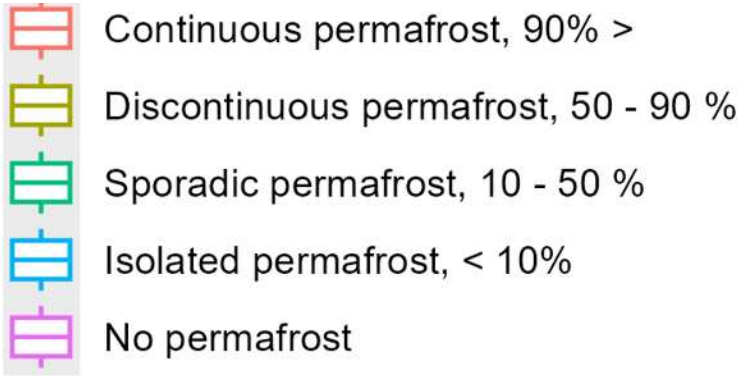
Площади размывов, м2/год



Среднегодовой размыв, м/год

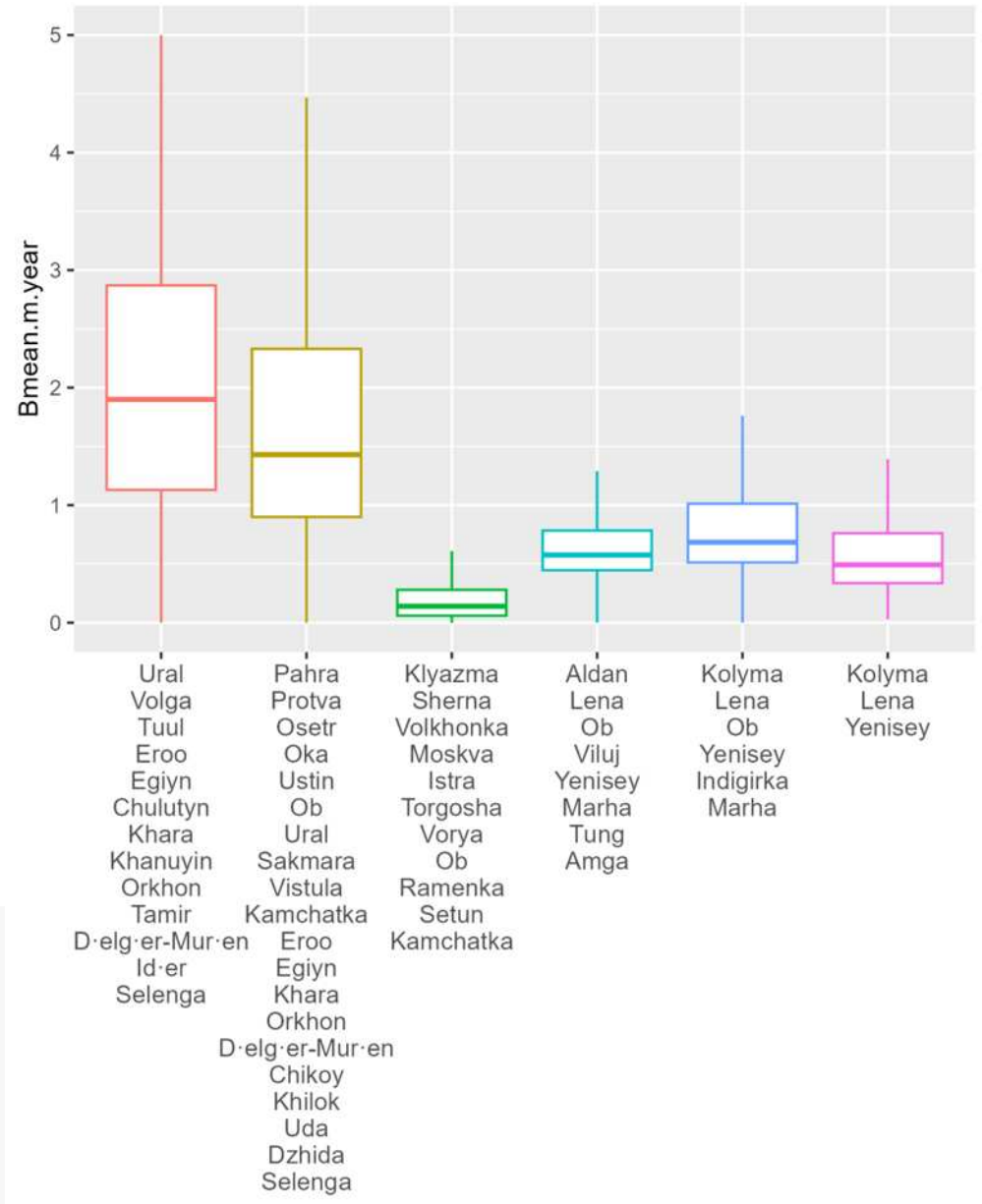


Распространение мерзлоты, %

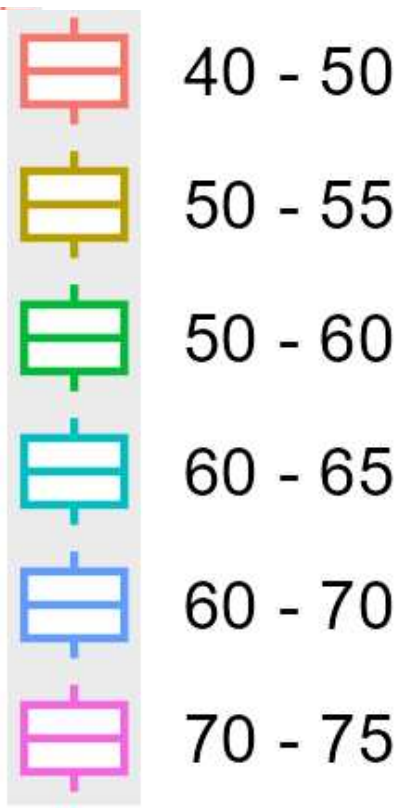


Субширотные закономерности

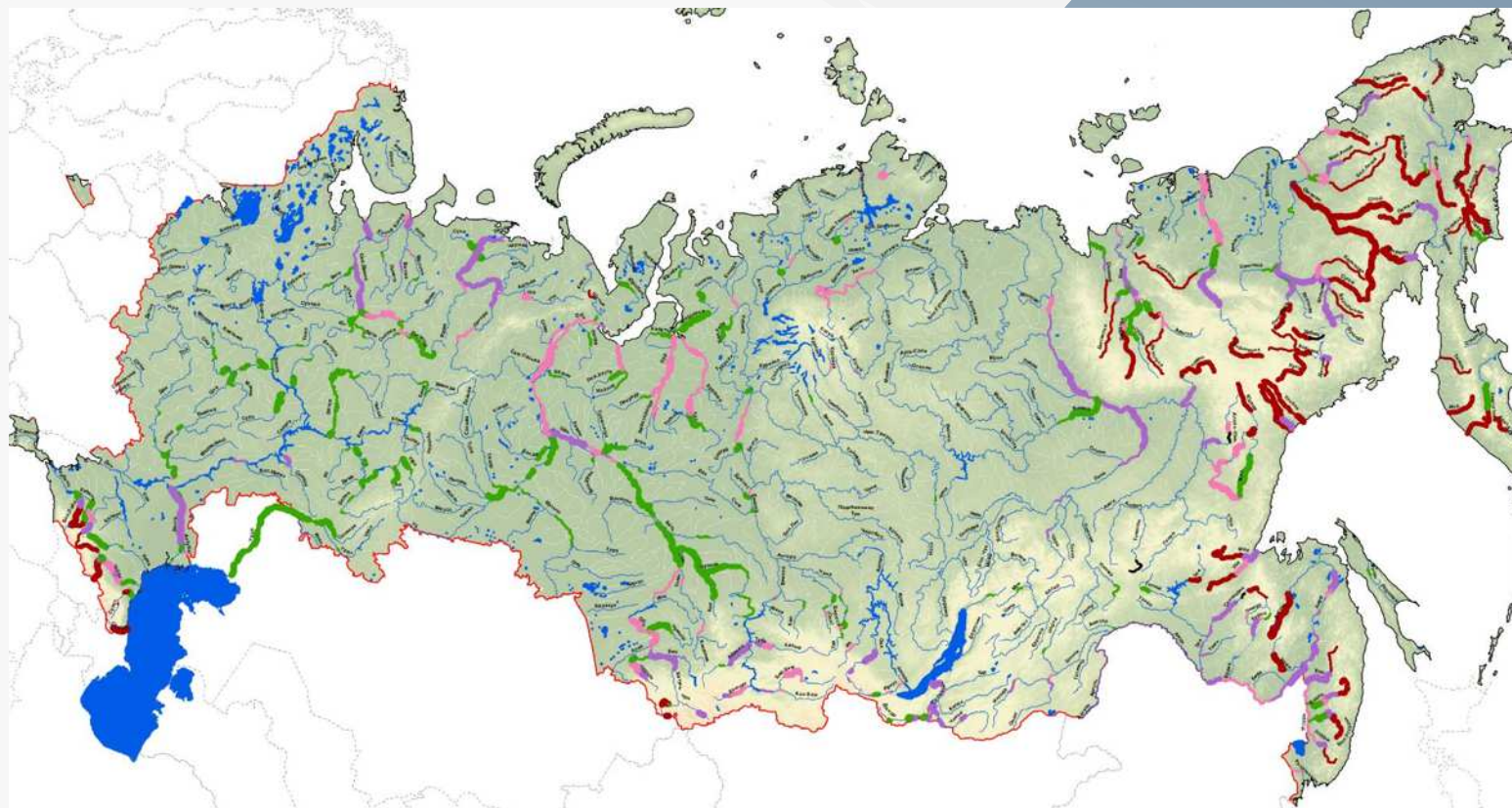
Максимальный размыв, м/год



Распространение мерзлоты, %



Географические закономерности проявлений экстремальных размывов (>5 м/год) на территории России



- 310 крупнейших рек России – длиной более 200 километров
- 1700 мест с участками размыва берегов, имеющими средние темпы более 5 м/год и максимальные темпы – более 10 м/год

МЕАНДРИРУЮЩИЕ РУСЛА / ПРОСТЫЕ РАЗВЕТВЛЕНИЯ
(критерий - доля длины участка, повторяемость экстремальных размывов)

единичные (<1%) регулярные (1-10%) преобладание (>10%)

свободное
меандрирование
простые разветвления
равнинных и полугорных
русел



ПРЕИМУЩЕСТВЕННО РАЗВЕТВЛЕННЫЕ РУСЛА
(критерий - доля изменившегося русла за период)

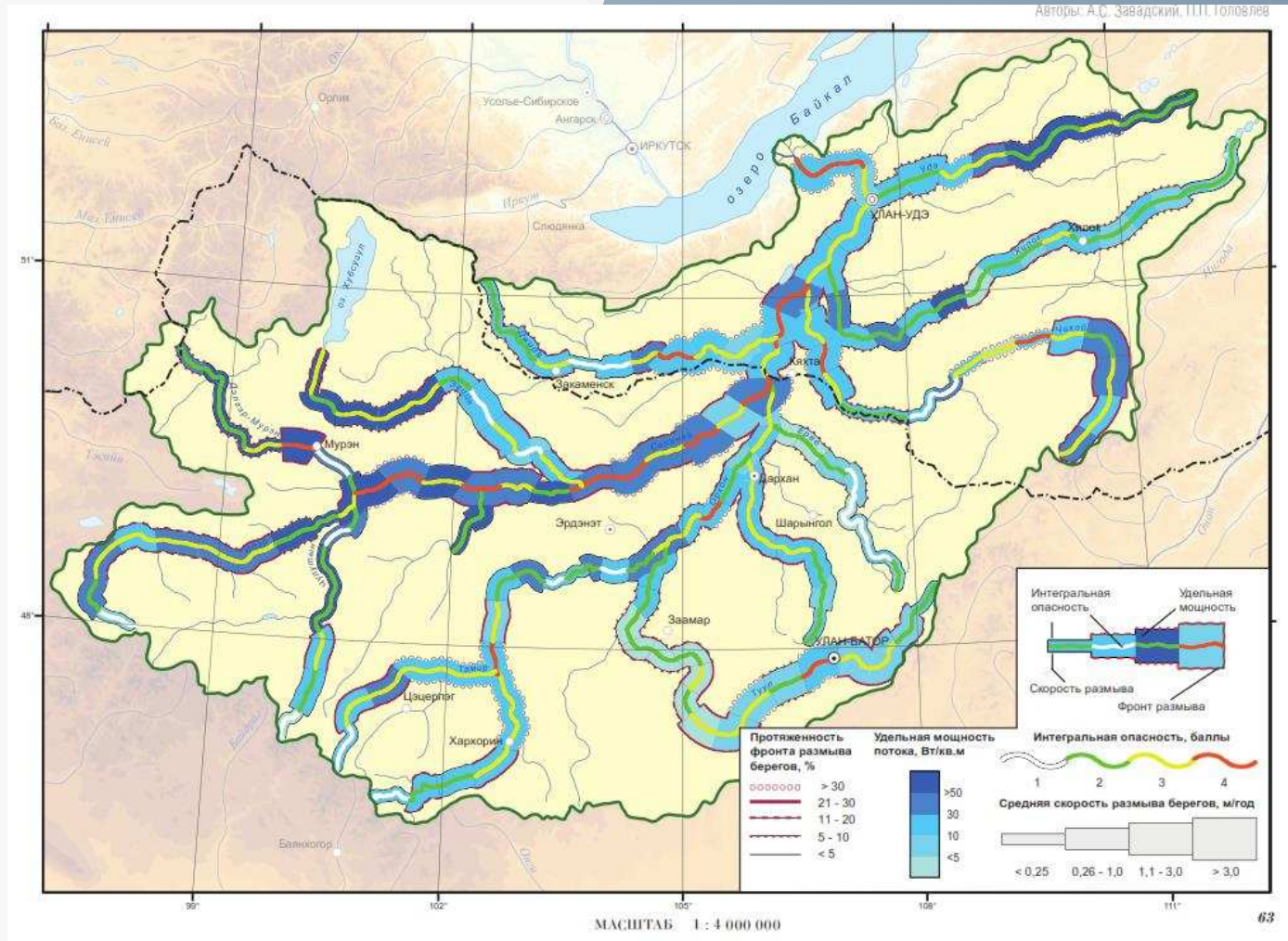
до 25% 25-75% более 75%

горные русла
сложные разветвления
равнинных и полугорных
русел



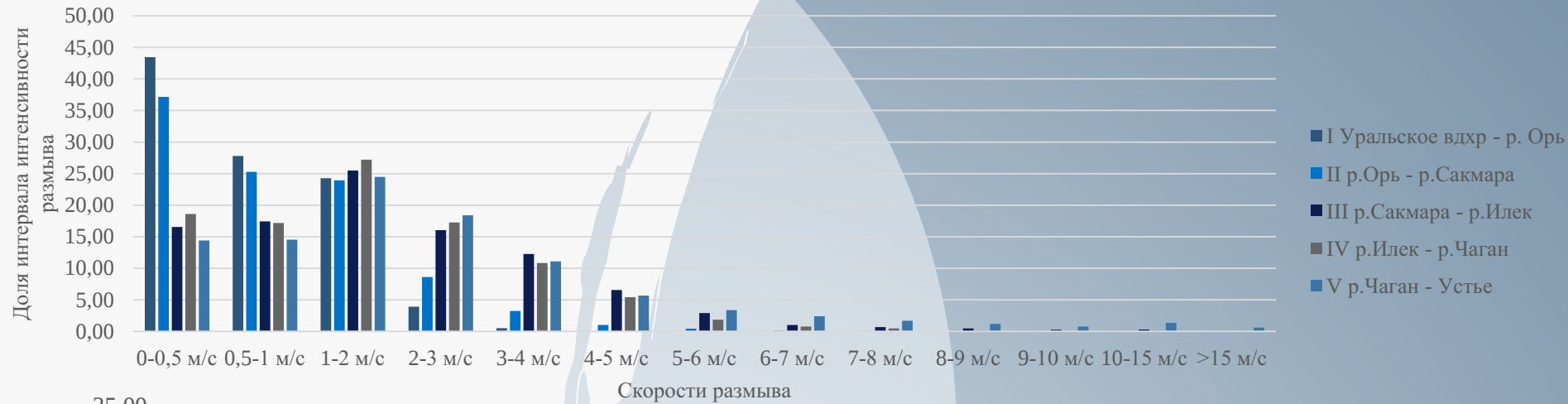
Исследования плановых русловых деформаций рек России в XXI веке: задачи, технологии, оценки

Региональные базы данных русловых деформаций и опасности русловых процессов: бассейн р. Селенги



Исследования плановых русловых деформаций рек России в XXI веке: задачи, технологии, оценки

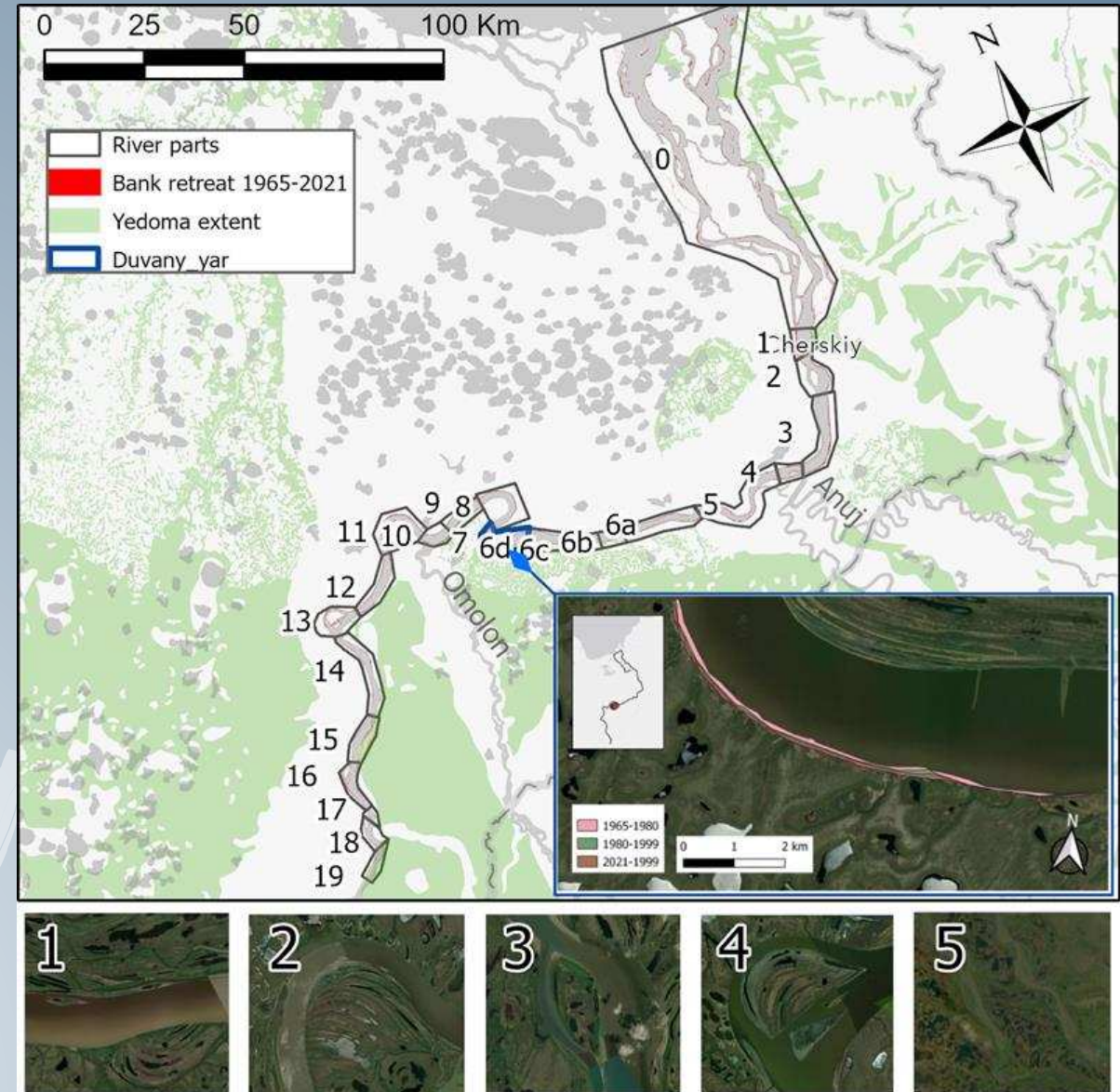
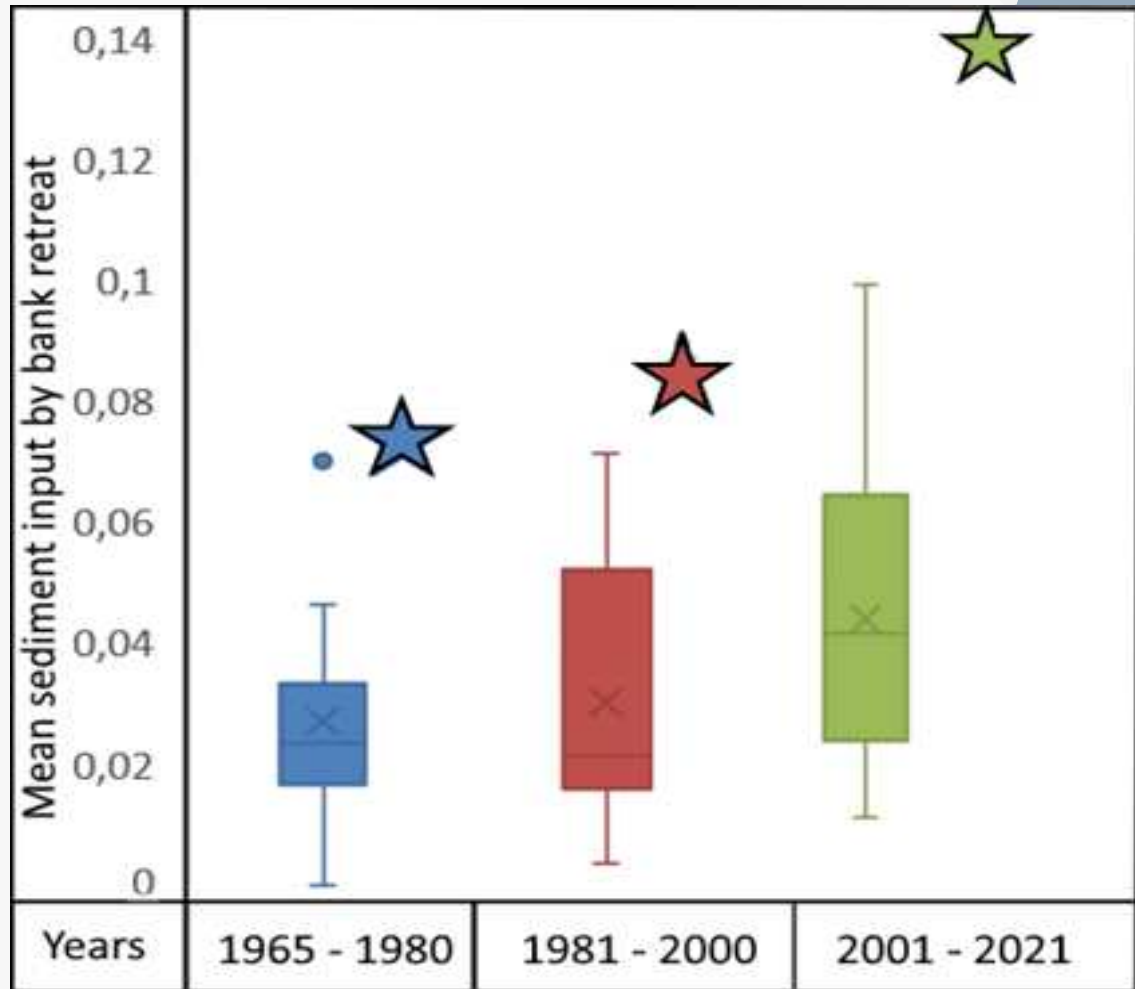
Замедление темпов деформаций на южных реках: бассейн р. Урал



В

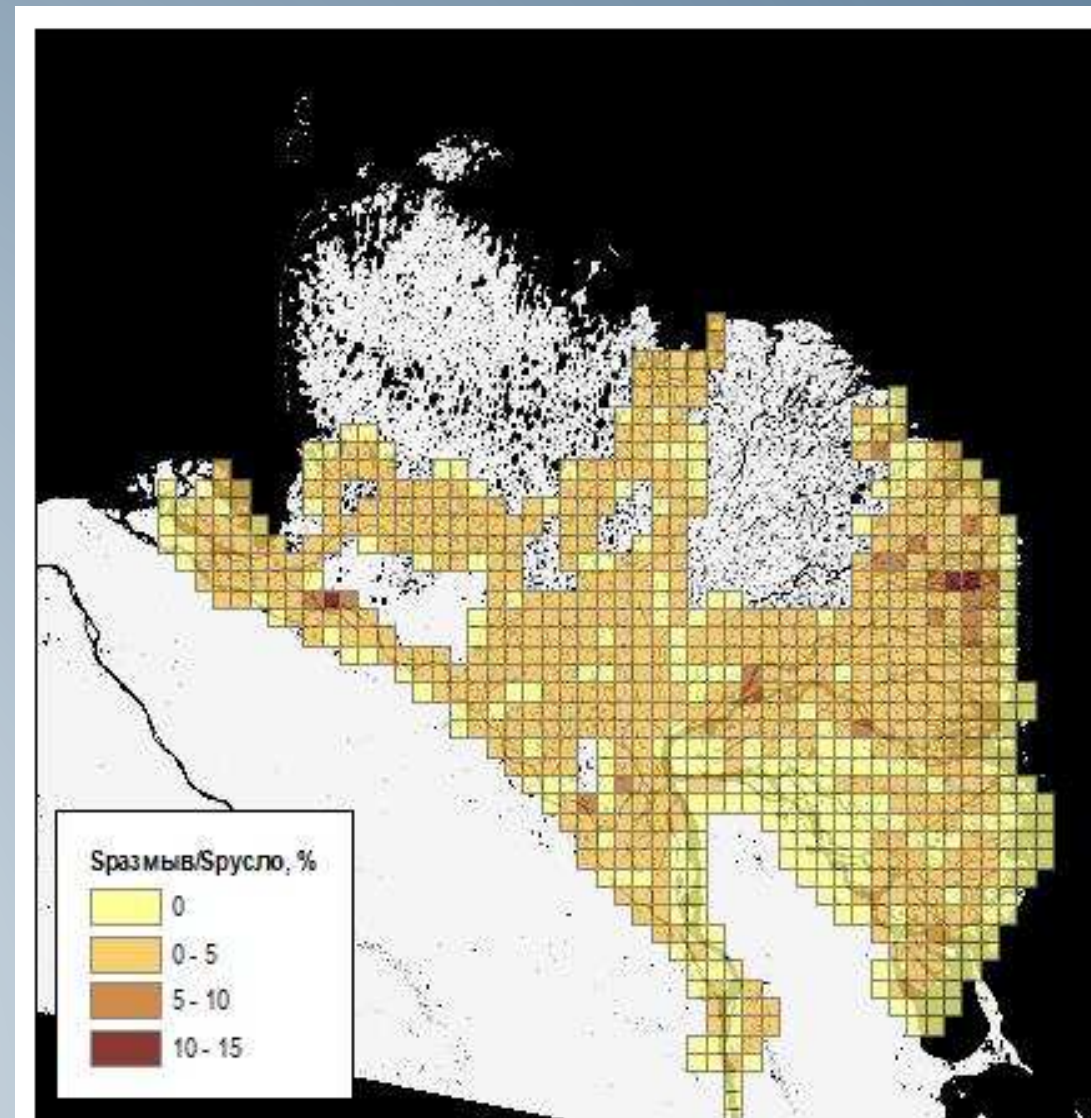
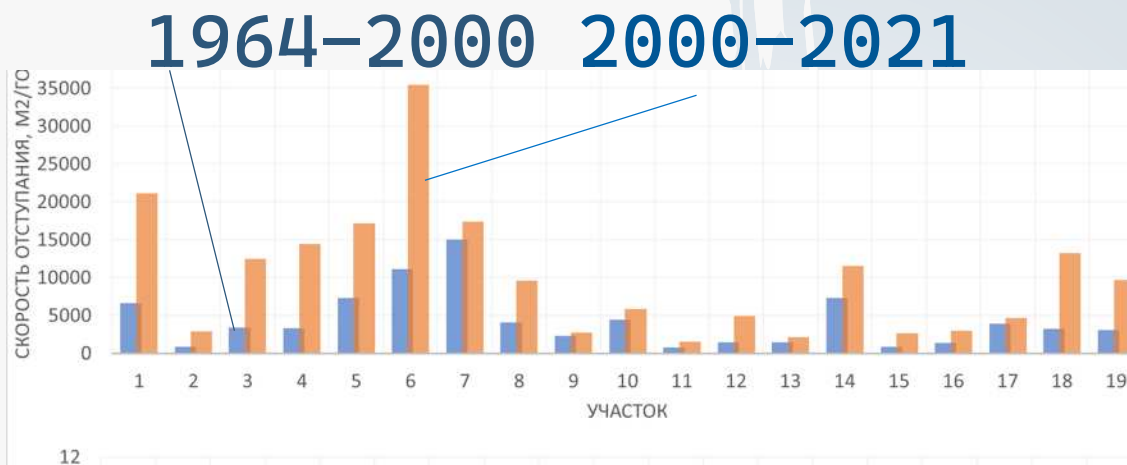
Исследования плановых русловых деформаций рек России в
XXI веке: задачи, технологии, оценки

Ускорение деформаций берегов нижней Колымы

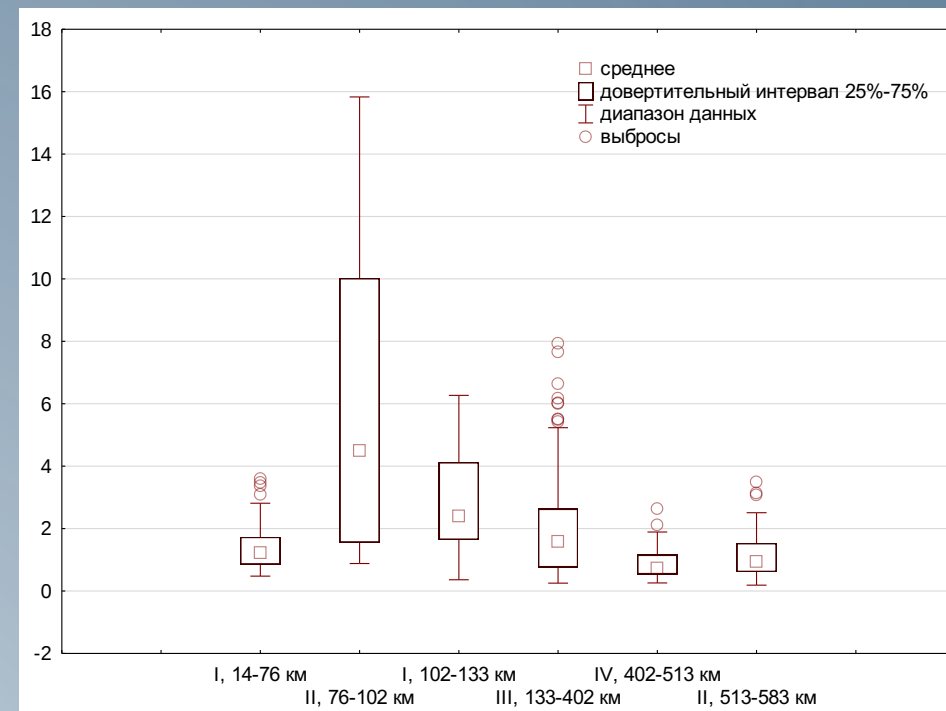
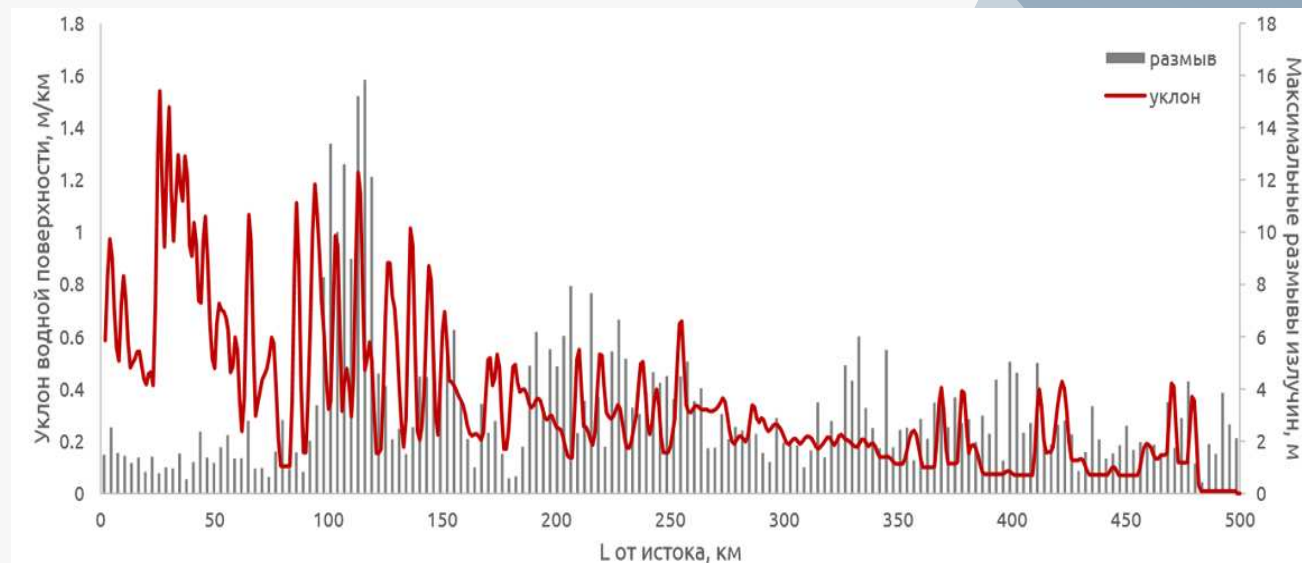


дельты Лены – воздействие деградации многолетнемерзлых пород на разрушение берегов

- На современном этапе до 15 % русла подвержено переформированиям в нижних частях рукавов Трофимовской и Оленекской протоков – зона распространения едом
- Скорости разрушений мерзлотных берегов в 2000-2021 гг. увеличились на 1.95 м/год (или на 95%) по сравнению с 1964-2000 гг.



Прогностические статистические зависимости размыва берегов: р. Камчатка



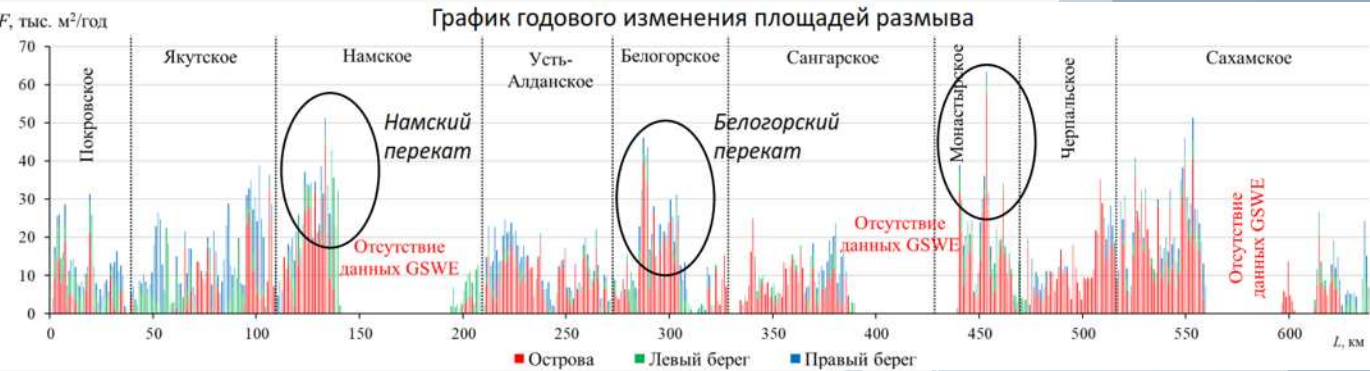
Для меандрирующего русла (ПК 14–76): $C_6 = -2,41 - 0,36 \cdot I - 0,06 \cdot H_6 + 0,05 \cdot Q$ ($R^2 = 0,67$)

Для пойменно-русловой многорукавости (ПК 76–102):

$C_6 = 16,13 - 8,48 \cdot I + 0,37 \cdot H_6 - 0,06 \cdot Q$ ($R^2 = 0,78$),

(I – меандрирующее русло с одиночными русловыми и пойменными разветвлениями, II – пойменно-русловая многорукавость, III – меандрирующее русло, IV – разветвленно-меандрирующее русло)

Прогностические статистические зависимости размыва берегов: р. Лена



1 Покровское

$$F_o = -5,75B_p - 2,91B_{п.о} - 6,20I - 4,40q + 73,3 \quad (R = 0,64)$$

$$F_{общ} = -3,23B_{п.о} + 19,0 \quad (R = 0,64)$$

2 Якутское

$$F_{общ} = 6,83B_{п.о} + 9,81 \quad (R = 0,62)$$

3 Намское

$$F_o = 1,42B_{п} - 2,89 \frac{B_{п}}{B_p} - 304I + 23,7 \quad (R = 0,73)$$

$$F_{общ} = 1,69B_{п} - 6,17B_{п.о} - 199I + 16,2 \quad (R = 0,85)$$

4 Усть-Алданское

$$F_{ЛБ} = 0,026B_o + 1,48 \frac{B_o}{B_p} + 1,11 \quad (R = 0,51)$$

$$F_{ПБ} = -0,035q - 0,46h + 8,29 \quad (R = 0,55)$$

$$F_{общ} = 0,050q - 1,34h + 25,8 \quad (R = 0,55)$$

$$F_{бер} = -0,52 \frac{N}{\rho g} - 0,23q + 9,73 \quad (R = 0,53)$$

Прогностические статистические зависимости размыва берегов: р. Лена

1. Анализ существующей нормативной документации

Проблемы учета русловых процессов при инженерно-гидрометеорологических изысканиях (результаты анализа экспертных мнений) // Камышев А.А., Бондарев В.П., Чалов С.Р. Инженерные изыскания. В печати

2. РД «Оценка горизонтальных русловых переформирований с использованием ДЗЗ и глобальных баз данных».

- применимость различных методов,
- ограничения на космические снимки в зависимости от их разрешения и величины размыва,
- ссылки на существующие базы данных, учитывающих изменения положения рек
- рекомендации

3. Развитие интерактивной базы данных размывов – наполнение атрибутивной информацией

4. Внедрение региональных вероятностных моделей прогноза русловых деформаций



Исследования плановых русловых деформаций рек России в
XXI веке: задачи, технологии, оценки

Межвузовский научно-координационный совет по эрозионным, русловым и устьевым процессам (МНКС)



- ❑ Создан и функционирует с 1984 года
- ❑ Объединяет более 70 вузов и научных организаций

- ❑ Организация конференций и научных школ для молодых ученых.
- ❑ Совместные исследования и публикации, в том числе в рамках специальных выпусков в ведущих отечественных и зарубежных журналах.
- ❑ Оказание методической помощи в постановке исследований, а также подготовке специалистов.

Основная задача:
координация научно-исследовательских работ в области эрозионных, русловых и устьевых процессов, выполняемых учеными вузов и научных организаций.

Сайт МНКС: <https://sediment.ru/>

Исследования плановых русловых деформаций рек России в XXI веке: задачи, технологии, оценки

Курс «Актуальные методы гидрологических расчетов в инженерных изысканиях»



Старт курса –
12 ноября 2024г.



Онлайн



понедельник, четверг
14:00 – 17:10



удостоверения МГУ им М.В. Ломоносова
о повышении квалификации



[Запись на курс](#)

noc@geogr.msu.ru

progeografiu.ru

1.	Задачи и особенности современных полевых работ, расчетов и моделирования в условиях развития технологий и изменения природной среды
2.	ГИС-технологии в гидрологических изысканиях
3.	Методы расчета стока в условиях нестационарности климатических условий
4.	Особенности ИГМИ для оценки ледовых условий
5.	Гидродинамическое (одномерное и двумерное) моделирование
6.	Оценка овражной эрозии
7.	Анализ русловых деформаций
8.	Натурные и дистанционные методы оценки транспорта наносов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

srchalov@geogr.msu.ru

В докладе
использованы
материалы

Д. Школьного,
В. Иванова
А. Камышева,
К. Прокопьевой,
У. Коневой



Telegram-канал
Эрозионные и русловые
процессы

