

Размывы берегов как один из факторов проявления русловых процессов на реках

Старший научный сотрудник
НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева
Географический факультет
МГУ имени М.В. Ломоносова

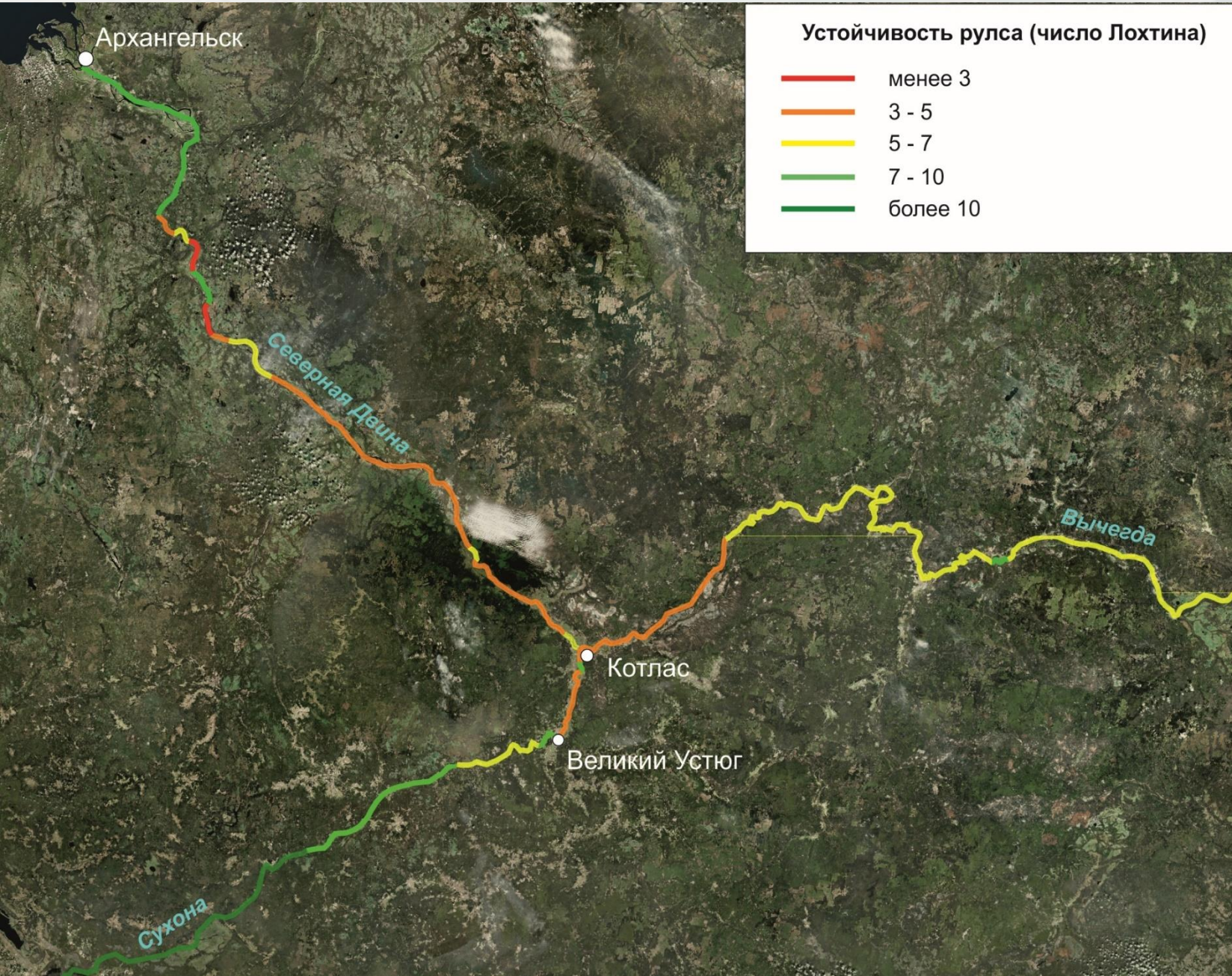
Н.М. Михайлова

Причины размыва берегов



- Слабая устойчивость русел к размыву
- Строение берегов
- Изменение условий воздействия потока на берега
- Развитие форм русла
- Развитие форм руслового рельефа
- Возникновение природных и антропогенных препятствий в русле
- Нижние бьефы гидроузлов

Устойчивость русла к размыву



1.

$$L =$$

$$d/H$$

- Скорость перемещения побочней, кос, осередков может быть равна от 300 до 600 м/год.
- Средняя скорость размыва берегов около 10 м/год, а максимально возможная – более 50 м/год.
- Протяженность фронта размыва – до 60-80% от суммарной длины берегов на участке русла.

2.

- Состав берегов
- Неоднородность в строении подмываемого уступа приводит к оползанию, осыпанию берегов

2.

Дейги
ш

Строение берегов

Неоднородность в строении подмываемого уступа и колебания уровня воды приводит к оползанию и осыпанию берегов.



р. Северная Двина

В широкопойменных слабоустойчивых руслах размывы берегов определяются водоносностью и гидрологическим режимом реки.

Изменение условий воздействия потока на берега:

- изменение гидрологических характеристик реки
- при изменении гидравлических характеристик потока в сторону их увеличения
- при воздействии регуляционных сооружений
- при разработке прорезей

Сильные размывы:

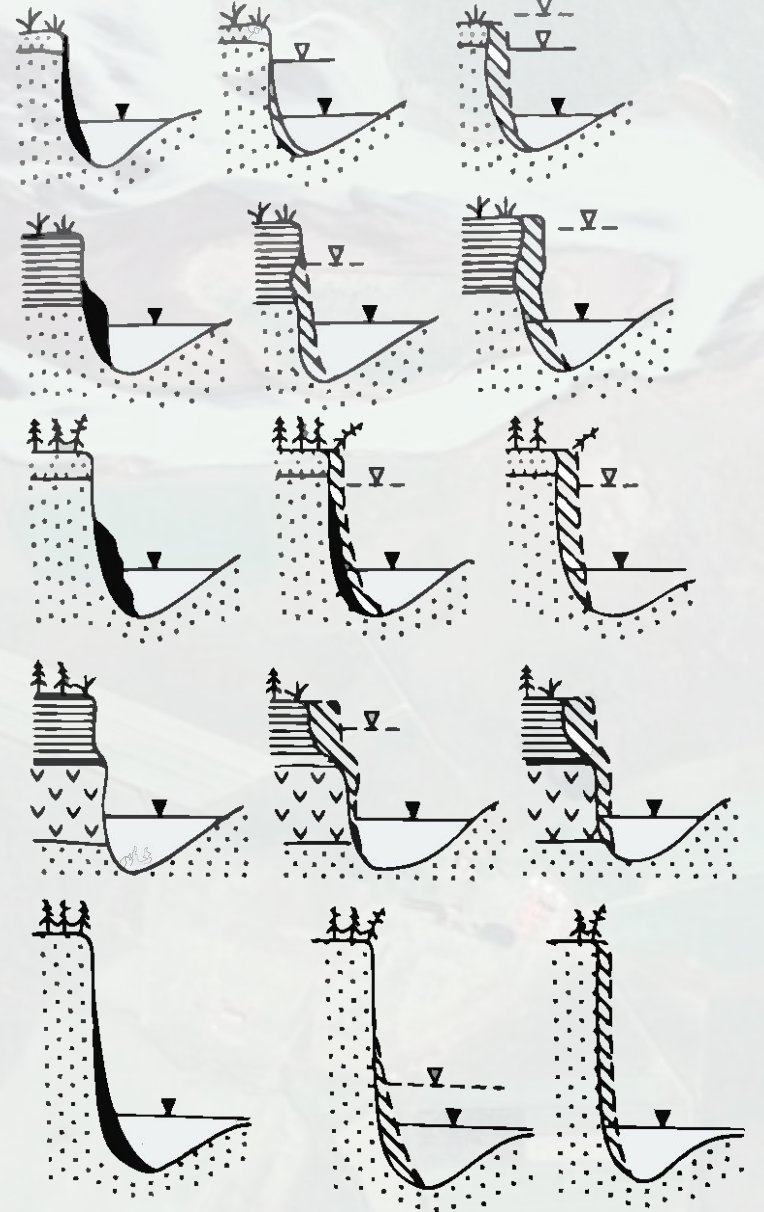
- на больших и средних реках – от 10 м/год
- на малых реках – 2 м/год

Связь морфологических признаков с интенсивностью размыва



Интенсивность
размыва

Межень Паводки Половодье



Скорости размывов берегов рек с различным геологическим строением

Характеристика размыва	Скорость размыва берегов, м/год (по Р.С. Чалову)			
	Пески, супеси	Суглинки	Глины	Торф, полускальные породы
Очень сильный	>10	>5	>2	>1
Сильный	5-10	2-5	1-2	0,5-1
Средний	2-5	1-2	0,5-1	0,2-0,5

Смещение и трансформация гряд во время подъема уровней влияет на:

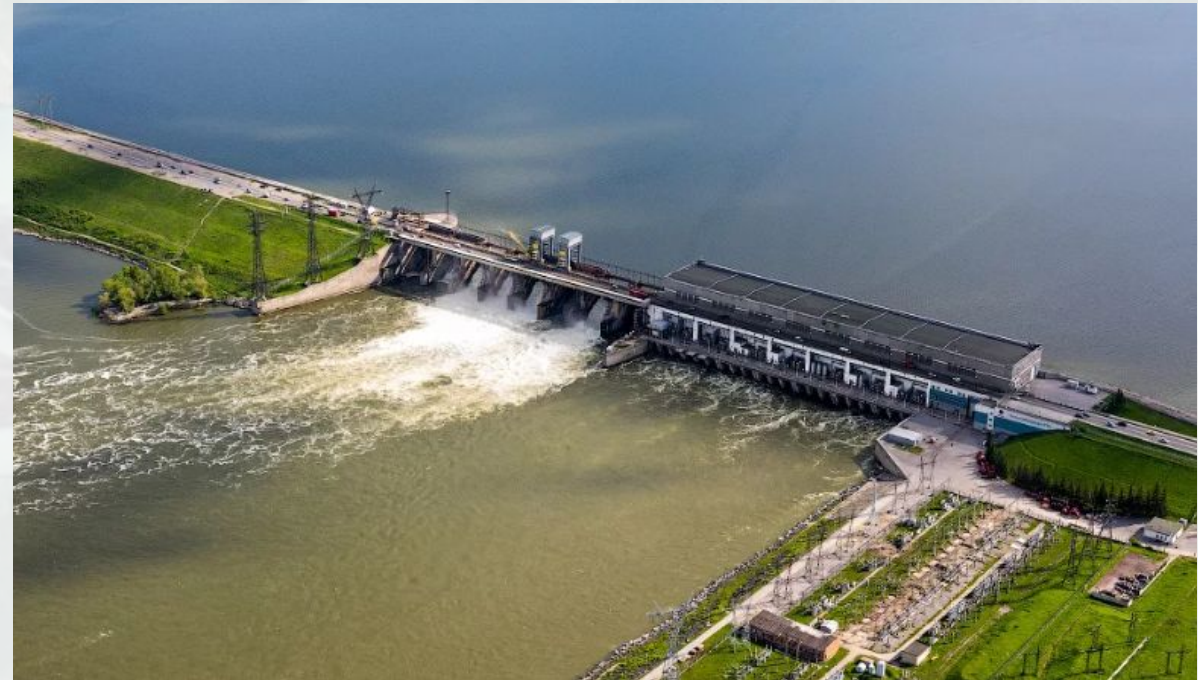
- скорость потока
 - измерение поперечных уклонов
 - изменение угла подхода потока к берегу
-
- Увеличение поперечного уклона по сравнению с продольным в 2-3 раза
 - Скорость течения у берега возрастает в 1,5 раза
 - Свалы сопровождаются подпором
 - Сложные циркуляционные течения у берега
 - Формирование фестончатых очертаний берега (положение небольших гряд)
 - Смещение участков максимального размыва (смещение гряд)

После возведения плотины в нижнем бьефе:

- активизируется размыв берегов
- начинается процесс направленного

врезания
Примеры размывов берегов в нижних бьефах:

- Дон ниже Цимлянской ГЭС
- Обь ниже Новосибирской ГЭС
- Волга ниже Рыбинского водохранилища и ниже Иваньковского водохранилища



Желтым показано положение русла в 2002 г. на снимке 2012 г.

Опасность проявления русловых процессов (размывов берегов)



Экстремальность размывов

Для разных рек:

Северная Двина – 25 м/год

Лена в среднем течении – 15-30 м/год

Дельта Волги – 30-35 м/год

Обь в районе Колпашево – 14-15 м/год

Чулым – 30-50 м/год

Дон в среднем течении – 8-10 м/год

Катунь у с.Верх.Катунского – 50-70 м/год

Мезень – 4-7 м/год















Связь экстремальных размывов вогнутых берегов с размерами рек со слабоустойчивым руслом (по И.П. Попову)

Ширина реки, м	Скорость размыва вогнутых берегов, м/год
до 400 м	до 19 м/год
600 м	32 м/год
более 800 м	более 50 м/год

р.
Сакмара



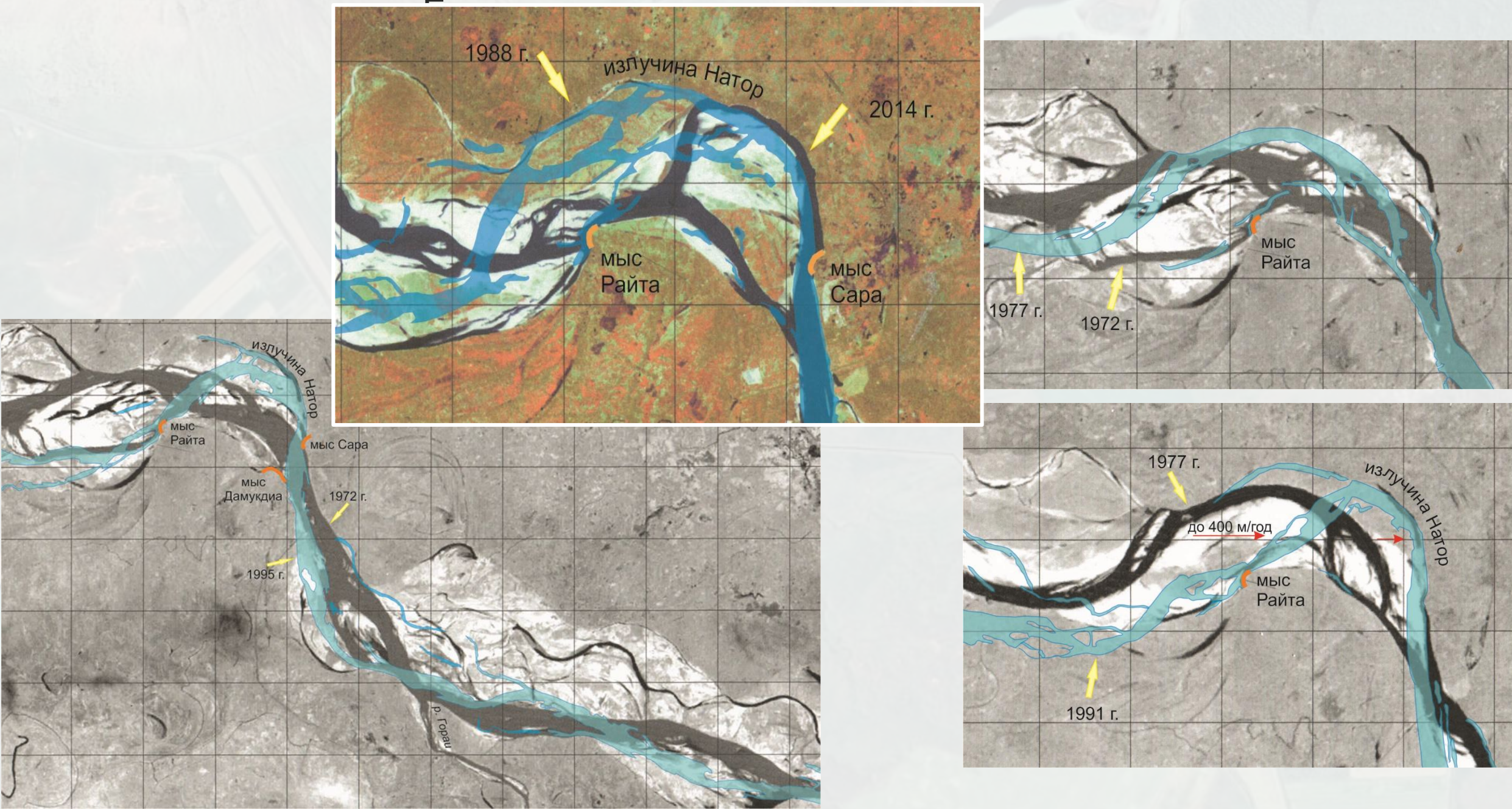
П Р И Р О Д Н А Я О П А С Н О С Т Ь

Тип процесса по степени опасности	Основные средние и крупные реки						Малые реки (районирование)				
	Степень опасности, баллы	Устойчивость русла к размыву (число Лохтина)*	Темпы русловых деформаций			Периодичность горизонтальных русловых деформаций	Характеристика последствий проявления опасности русловых процессов	Показатель опасности, балл	Размыв берегов		Характеристика последствий проявления опасности русловых процессов
			скорость размыва берегов, м/год	протяженность фронта размыва, % от длины участка реки**	скорость смещения форм руслового рельефа (кос, побочной, осередков), м/год				средние скорости, м/год	протяженность зон размыва, % от длины берегов	
ОПАСНЫЙ	 4	<1	>25	80-100	>800 (размываются, формируются новые)	В течение года; полное перестроение русла	 3	>5	50-100	Повреждение строений, подмывы опор мостовых переходов и водозаборов, сокращение сельхозугодий	
УМЕРЕННО-ОПАСНЫЙ	 3	1-2	10-25	80-50	500-800	Годы - десятки лет	 2	1-5	10-50	Выход из строя отдельных водозаборов, мостовых и подводных переходов	
МАЛО-ОПАСНЫЙ	 2	2-5	5-10	20-50	300-500	Десятки лет	 1	<1	локальные участки или отсутствуют	Локальные разрушения отдельных строений	
ПРАКТИЧЕСКИ НЕ-ОПАСНЫЙ	 1	>5	<5	0-20 (локальные участки или отсутствуют)	<300	Десятки лет или отсутствуют	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div> Временные водотоки</div> <div> Врезание</div> <div> Аккумуляция</div> <div> 2) Скорость размыва берега, м/год</div> <div> С) Спряmlенные излучины</div> <div> СМ) Смена рукавов (развитие новых/отмирание старых), перестроение русла</div> <div> Л) Размыв берега в результате затора льда</div> </div>				

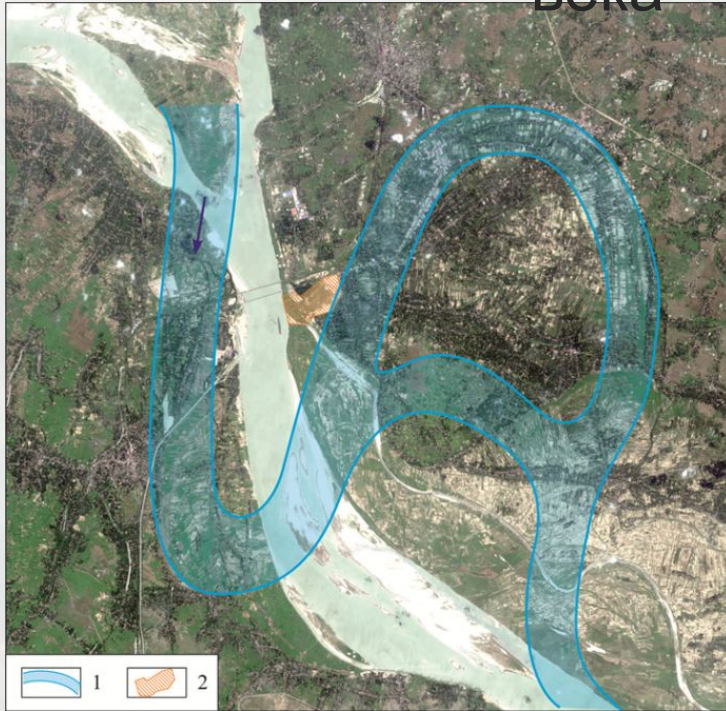
*Устойчивость русла к размыву определяется показателем устойчивости - числом Лохтина (Л): $L = d/H$, где d-средний диаметр наносов (мм), H-километрическое падение реки (м/км)

** если не выражена в масштабе карты

Горизонтальные русловые деформации на р.

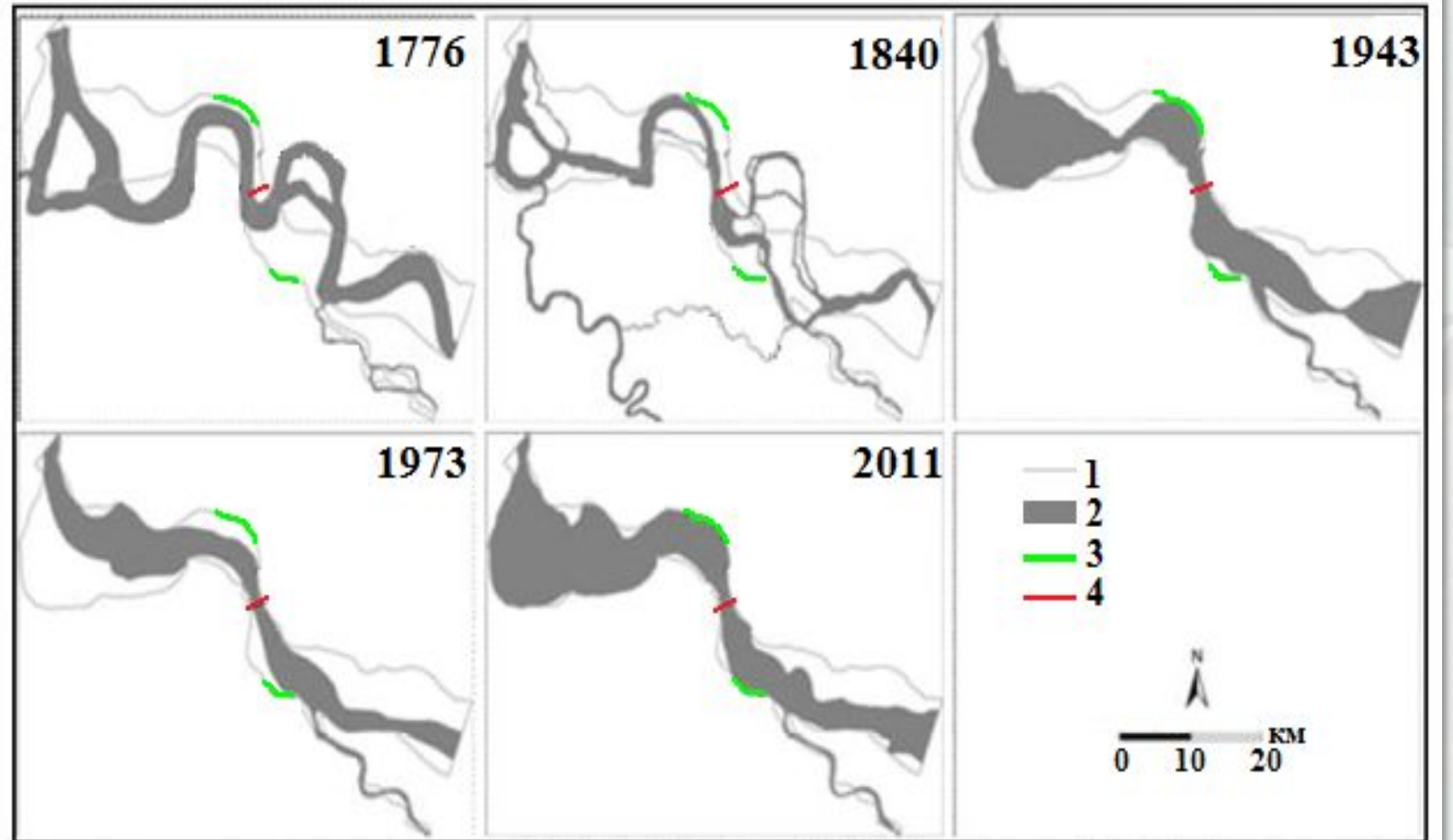


Деформации русла Ганга, начиная с XVIII века



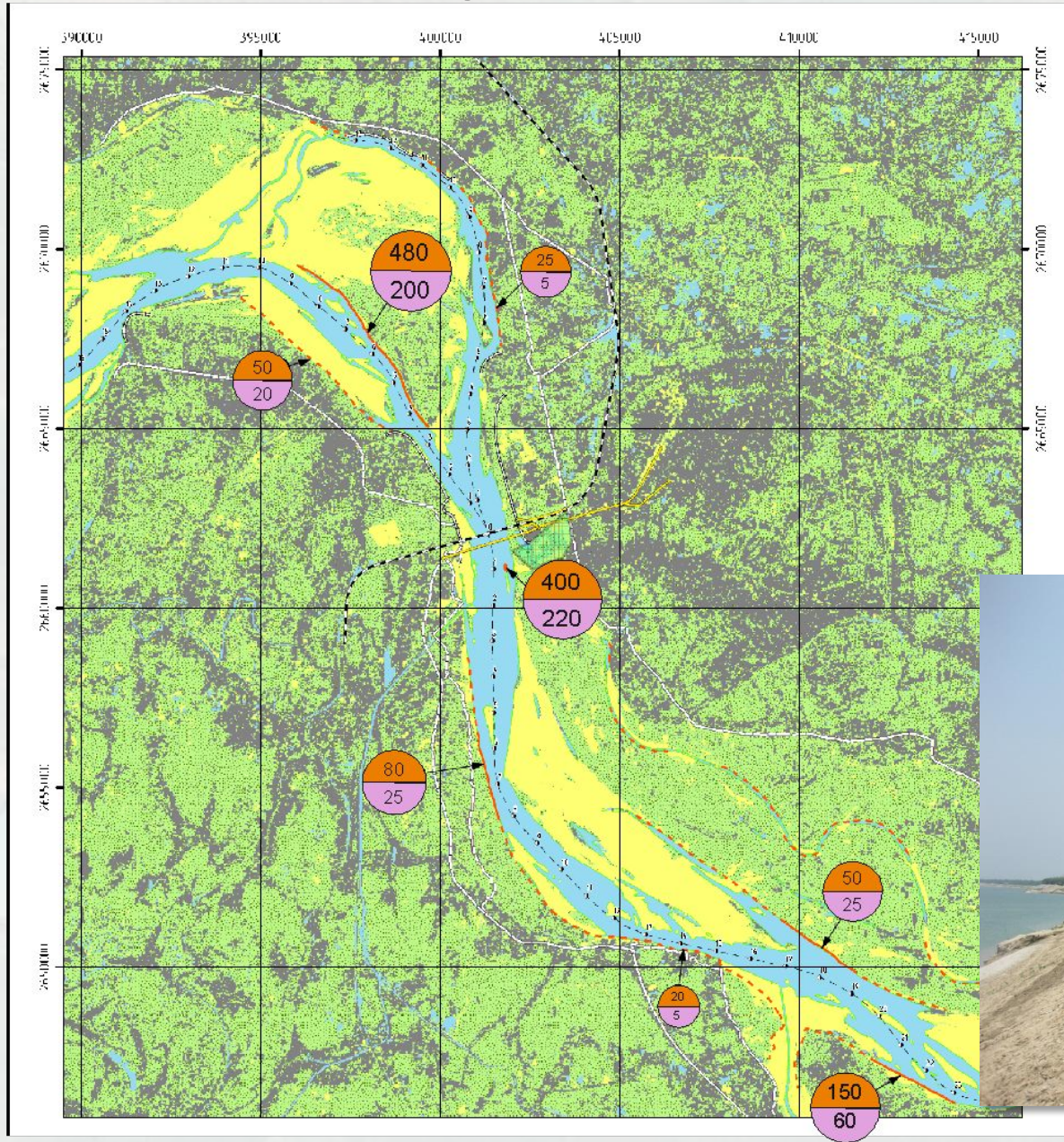
Положения русла Ганга
в конце XVIII века

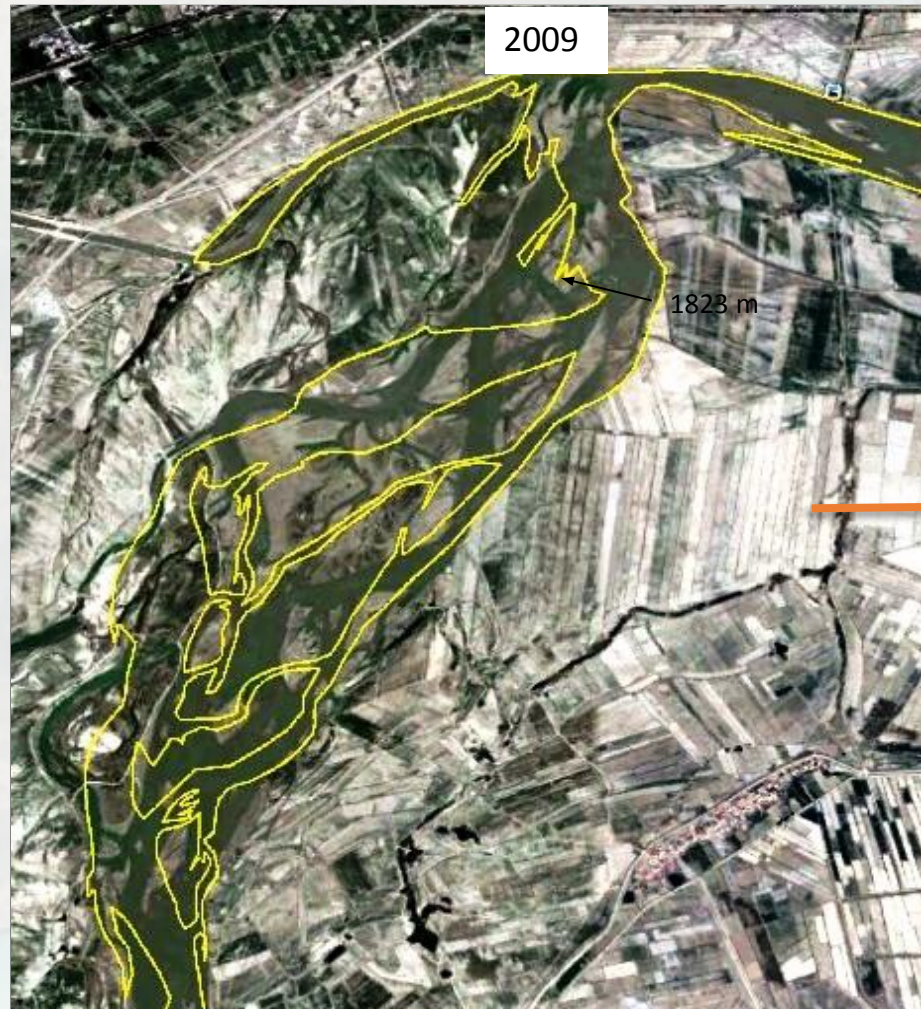
Сформировавшееся при спрямлении излучины разветвление функционировало на протяжении XIX столетия, после чего основное русло сместилось в правостороннюю часть дна долины.



Изменение конфигурации русла р.Ганг с 1776 по 2011 гг.
Русло реки обозначено вместе с песчаными побочными и
низкой поймой [Hore et al., 2013]

Современные скорости размыва берегов на р. Ганг

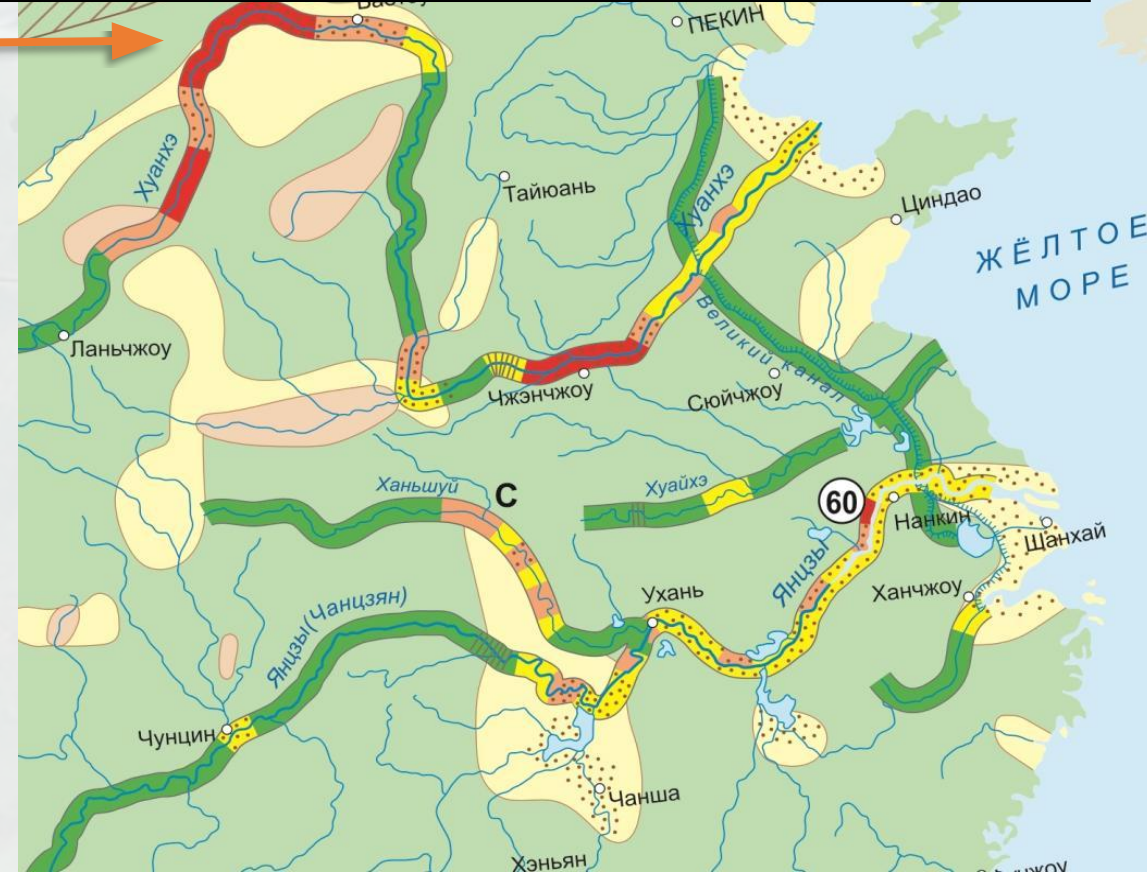
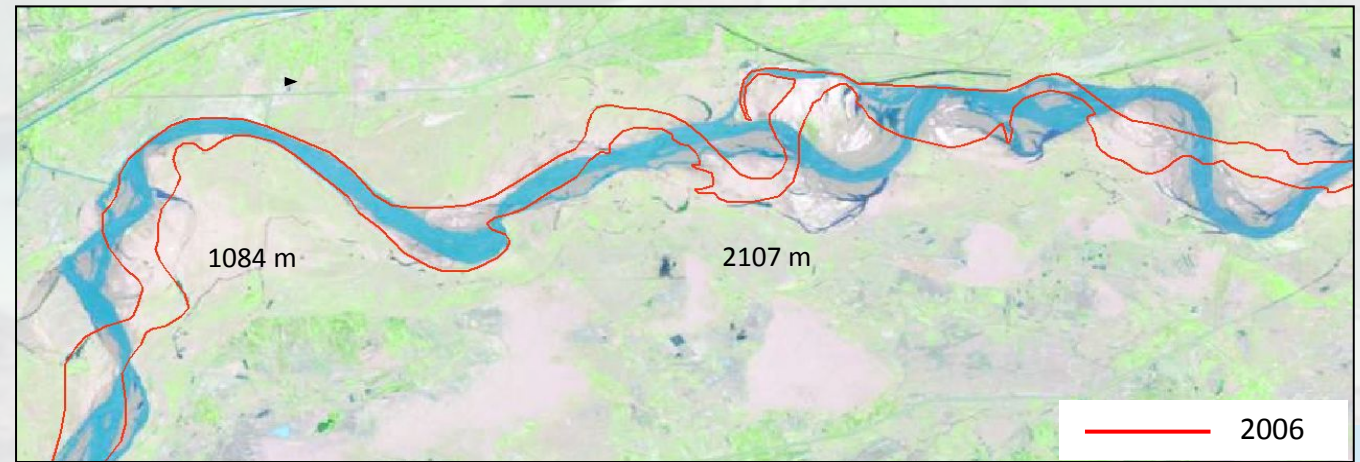




Желтая линия – положение русла р.Хуанхэ в 2015 г. На снимке 2016 г.

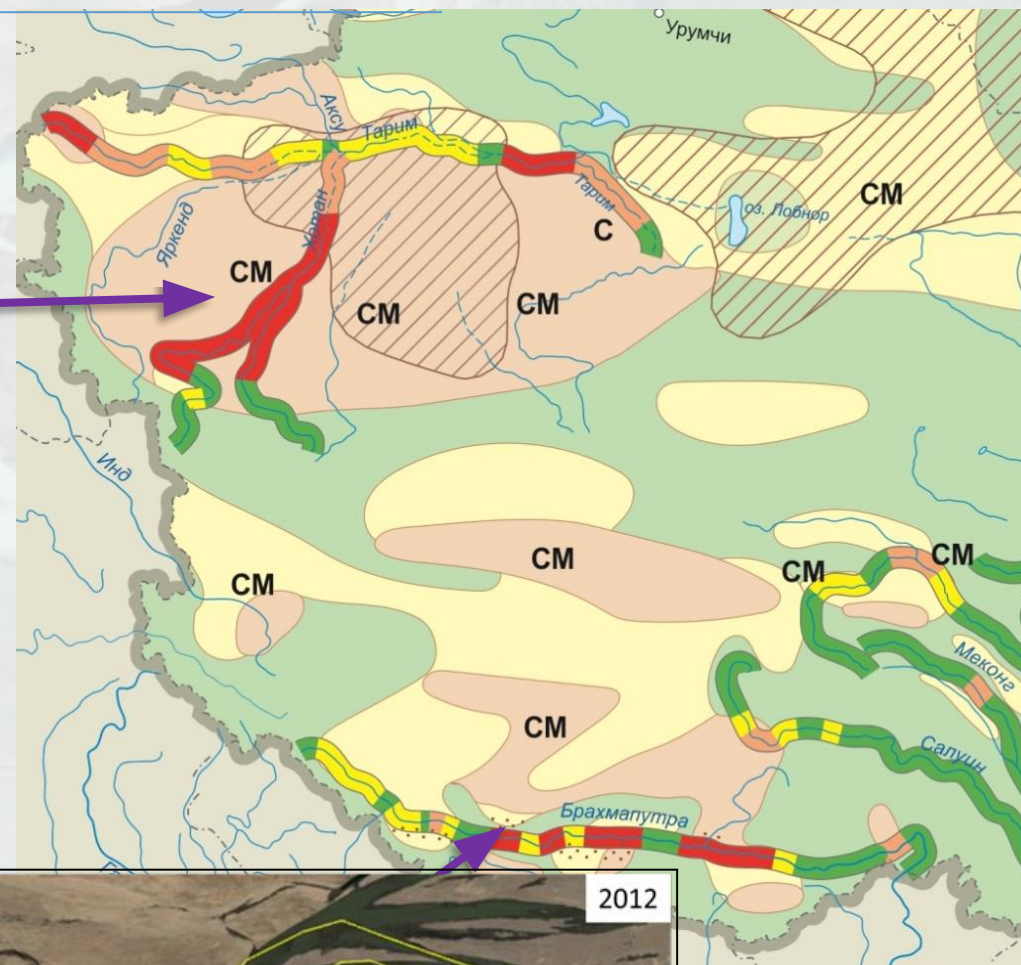
р. Хуанхэ

Скорость размыва берегов до 700 м/год
 Максимальная скорость размыва 290 м/день [Тао Ли,

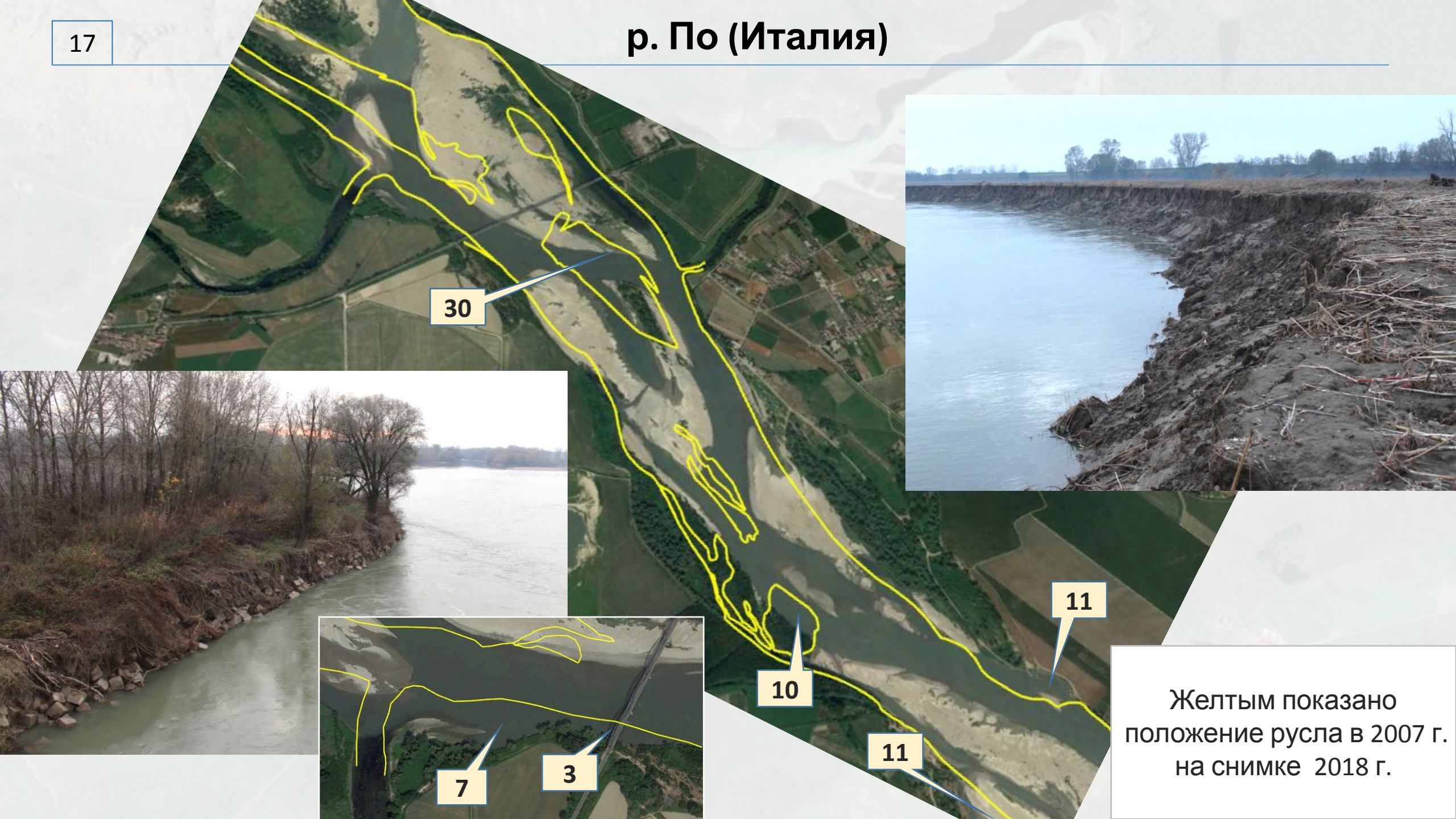




Деформации русла на реке Хотан за один год (2012-2013)



р.
Брахмапутра
Максимальный размыв
берега около 200 м/год

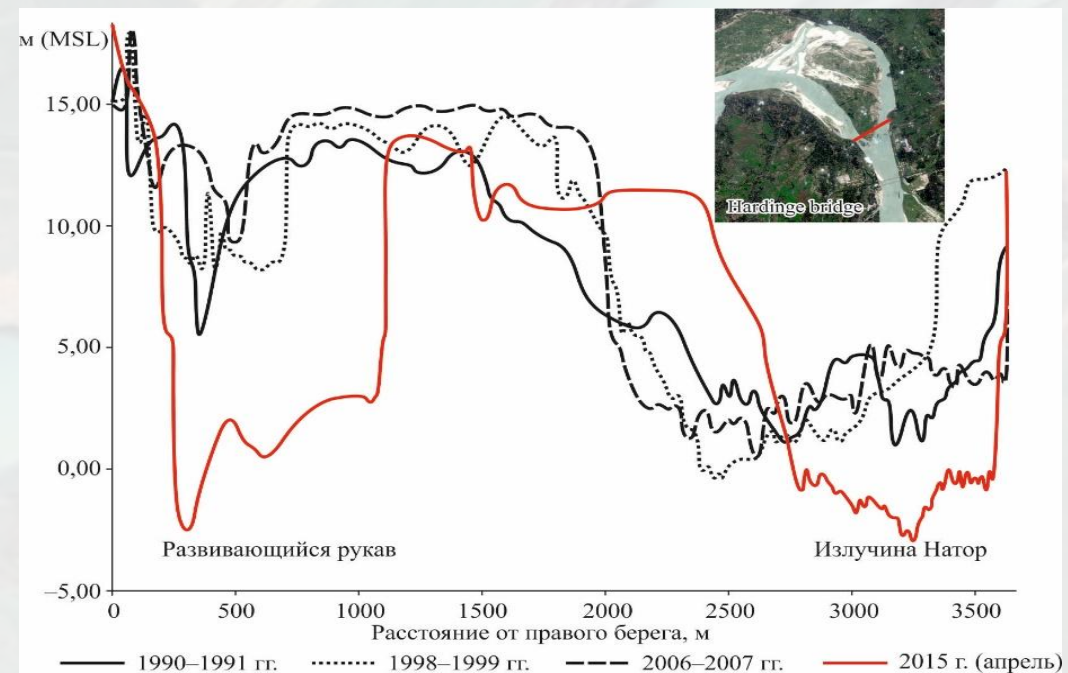


Желтым показано
положение русла в 2007 г.
на снимке 2018 г.

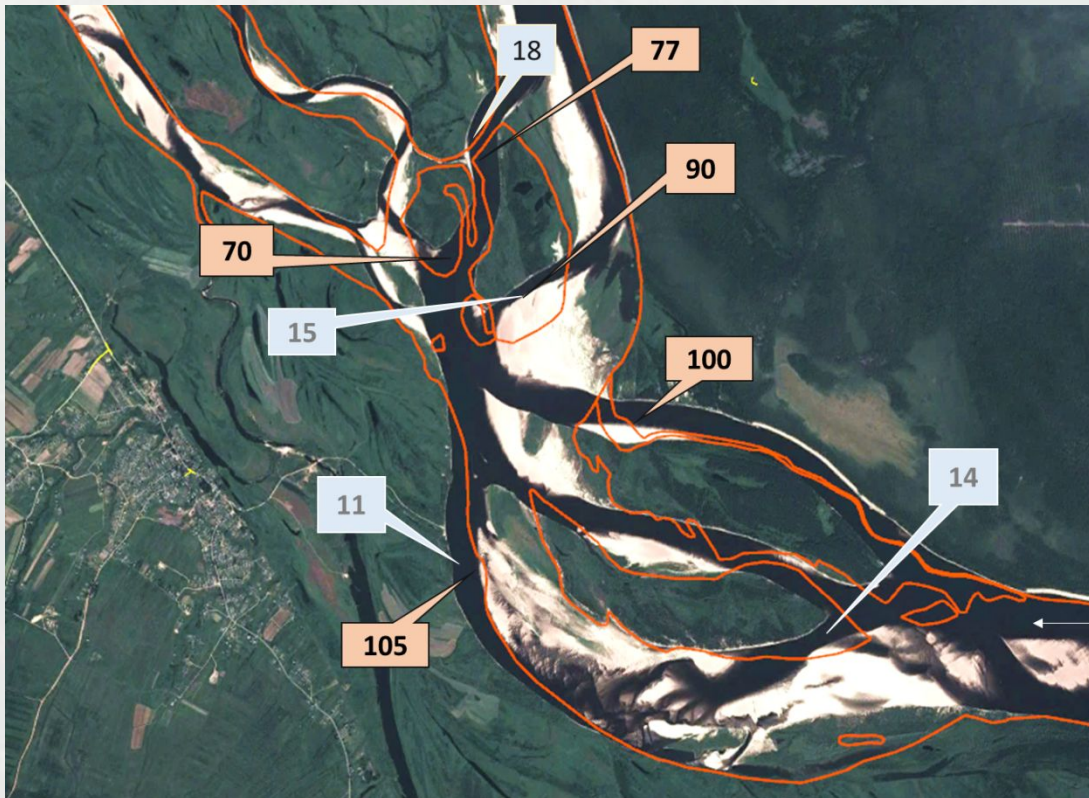
Изменение поперечного профиля в результате размыва берегов



- 1 – Размыв левого берега за период с 2011 по март 2014 г;
- 2 – размыв берега за период с марта 2014 по июнь 2015 г;
- 3 – динамическая ось потока в протоке в 2011 г.



Поступление в русло продуктов размыва



1986



2017



р. Северная Двина

С активно размываемых участков в русло поступает в среднем 50-150 тыс. м³/год наносов (что сопоставимо с объемами дноуглубительных прорезей).

В годы с наибольшими размывами – до 0,5-1,5 млн. м³.

Укрепление берегов на р.Ганг (Бангладеш)



Размыв берегов - сложный многофакторный процесс

1. Основной фактор, влияющая на размыв – устойчивость русела, строение берегов.
2. В руслах со слабой устойчивостью, где берега сложены легкоразмываемыми породами важнейшим фактором является водоносность реки и ее гидрологический режим.
3. Развитие форм русла (излучин) способствует изменению угла подхода потока к берегу, а, следовательно, увеличению размыва.
4. Важную роль в размыве берегов играет русловой рельеф, оказывающий направляющее влияние на поток.
5. При изменении русла (строительство плотин) в нижних бьефах гидроузлов поток осветлен, что сказывается на увеличении скоростей размыва.
6. В результате размыва берегов в русло поступает большое количество наносов, которые осаждаюсь способствуют формированию форм руслового рельефа (гряд).
7. Результатом размыва также является изменение продольного профиля реки.

An aerial topographic map of a region, likely in the Caucasus, showing a network of roads, rivers, and terrain contours. The map is rendered in a light, semi-transparent style, allowing the text to be clearly visible in the center.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ