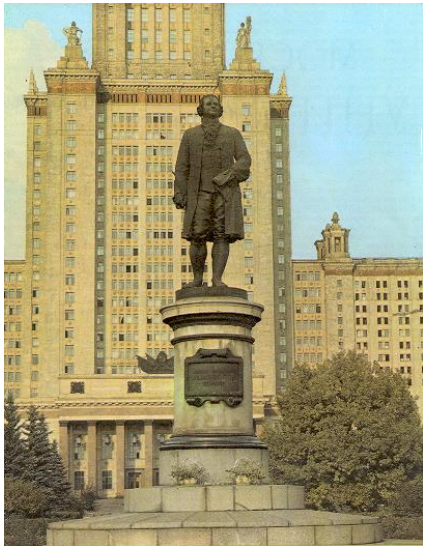


ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА



Лекция Речная эрозия. Сели.

Университетский курс лекций
© Верхотуров А.Г., 2019 г.

4. Речная эрозия



- Разрушение мостов через реки в Забайкальском крае в результате активизации речной эрозии после паводка 2018 г.

Виды:

1. Боковая
2. Русловая (донная)

Механизм и стадии:

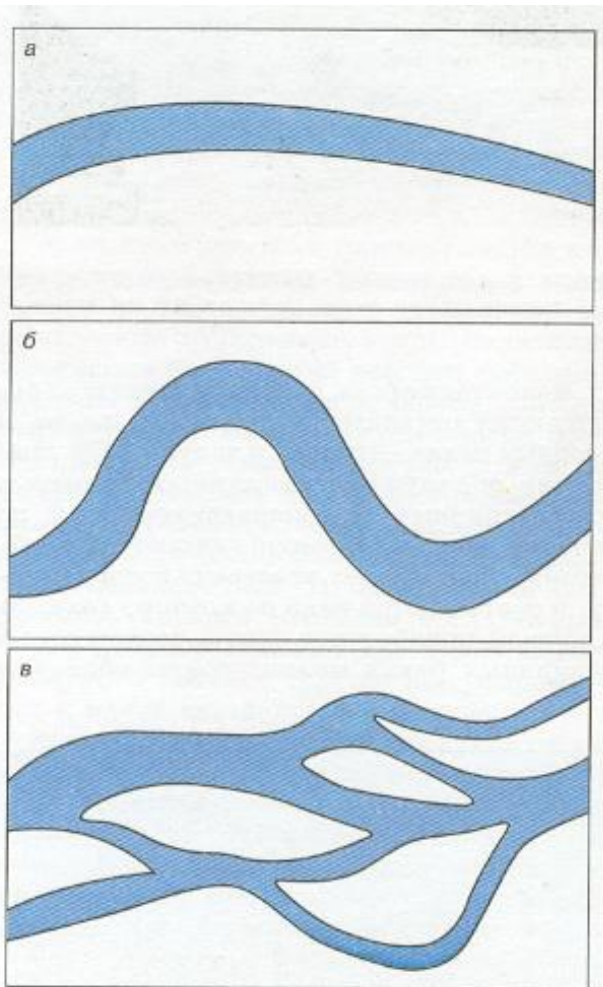
1. Ослабление и разрушение структурных связей
2. Отрыв и перенос частиц потоком
3. Абразия (истирание) пород переносимыми частицами
4. Отложение частиц при снижении скорости потока (формирование аллювия)

4. Речная эрозия

Природные факторы:

- **Гидрологические и орогидрографические условия** реки – ее ширина, глубина, форма русла, скорость течения, наличие притоков, взаимоотношение с бассейном аккумуляции и т.п.;
- **Геоморфологические особенности** местности – тип речной долины, ее уклон, положение базиса эрозии и т.п.;
- **Геологические особенности** – тип пород вдоль речной долины, их водопрочность, размываемость, выветрелость и т.д.;
- **Климатические условия** – количество выпадающих осадков, регулирующих водность реки, наличие льда, длительность ледового периода и т.д.
- **Особенности растительности** по берегам реки;
- **Неотектонические условия**, определяющие современный базис эрозии и его динамику.

Речная эрозия



☀ Природные факторы:

Скорость течений равнинных и горных рек различается в десятки тыс. раз

Энергия потока: $E = mv^2/2$

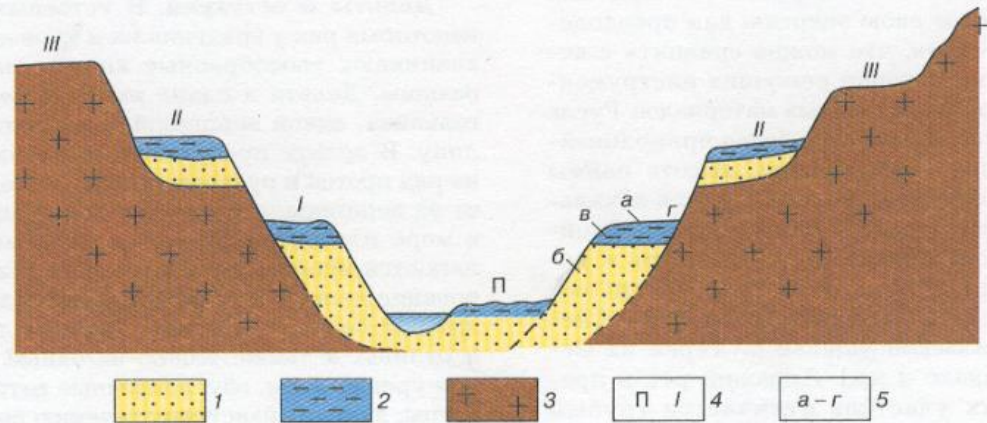


Рис. 7. Схема строения речной долины, в которой развиты пойма и речные террасы
 1 — русловой аллювий; 2 — пойменный аллювий; 3 — коренные породы; 4 — формы рельефа (пойма (П), терраса, ее номер и тип: I — аккумулятивная, II — эрозионно-аккумулятивная, III — эрозионная); 5 — элементы строения террас: а — площадка, б — уступ, в — бровка, г — тыловой шов

Рис. 6. Основные типы речных русел
 а — спрямленное; б — меандрирующее; в — разветвленное

Речная эрозия

Эрозионный процесс в Новгородской области

Высокое и длительное стояние уровня воды в рр. Оке и Волге в весенний период 1999 г. способствовало продолжительному периоду размыва берегов и активизации эрозионного процесса.

На р. Оке эрозионный процесс активно протекал на излучинах и мысах, где величина отступления бровки берегового уступа достигала 2-5 м. Наиболее интенсивная эрозия наблюдалась в районе д. Погорелки, где величина размыва превышала 5,0 м.

4. Речная эрозия

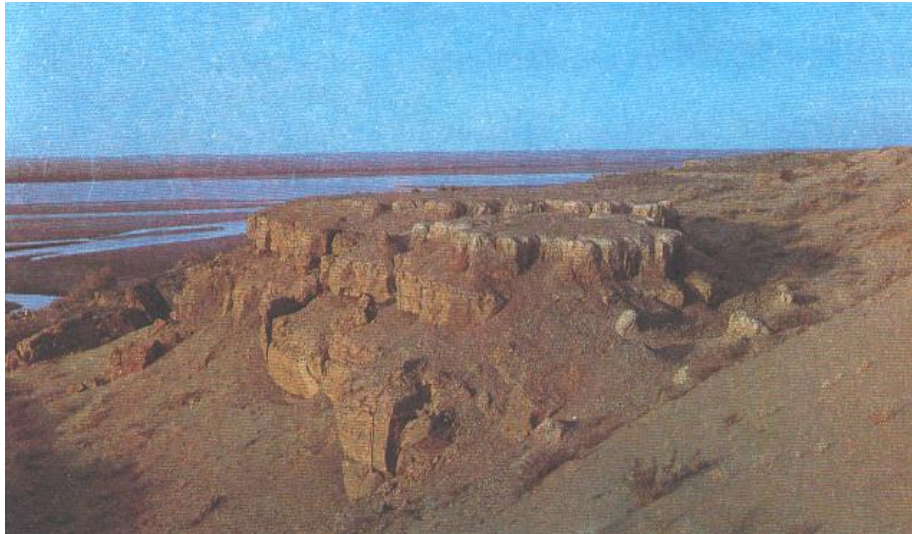


Боковая эрозия берега на
р.Пахре

Боковая речная эрозия
(слева), на противоположном
берегу (справа) –
аккумулятивная отмель,
нижнее течение р.Курилки
(фото А.И.Шеко)



4. Речная эрозия



Коренной берег р.Амударьи

- **Техногенные факторы активизации:**
 1. Неправильное регулирование речного стока (водохранилищами, плотинами и т.п.)
 2. Вырубка лесов, уничтожение растительности
 3. Понижение базиса эрозии реки

4. Речная эрозия



р.Ягноб (Зап.Тянь-Шань)

- **Прогноз и оценка:**
 1. Оценка и изучение речного стока (в том числе твердого)
 2. Метод аналогий
 3. Контроль базиса эрозии, выявление опасных участков
 4. Мониторинг

4. Речная эрозия

Оценка опасности речной эрозии по СНиП 22-01-95

Показатели, используемые при оценке степени опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности процессов			
	чрезвычайно опасные (катастрофические)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
Эрозия речная				
Площадная пораженность территории, %	-	>10	5-10	<5
Протяженность берега в пределах которого относительно одновременно происходит развитие процесса, км	-	>400	200-400	<200
Объем относительно одновременных деформаций пород, млн.м ³ /год	-	0,2-0,3	До 0,08	До 0,04
Скорость развития, м/год	-	Более 3	До 1-3	0,1-1

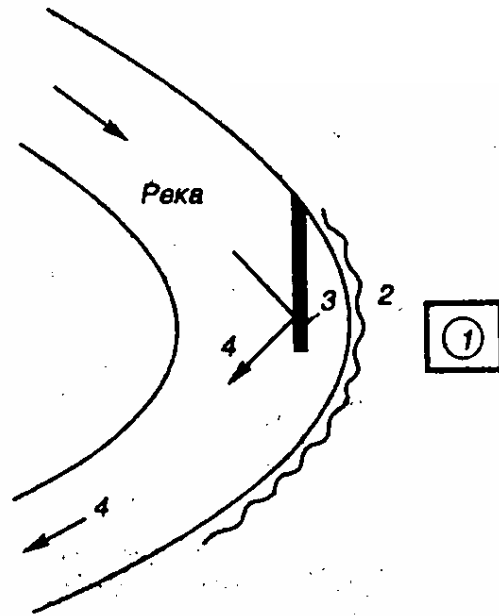
4. Речная эрозия



Ущелье р.Нарын
(Внутренний Тянь-Шань)

- **Меры борьбы:**
 1. Инженерная защита от речной эрозии
 2. Регулирование речного стока
 3. Строительство защитных дамб
 4. Лесомелиорация

4. Речная эрозия

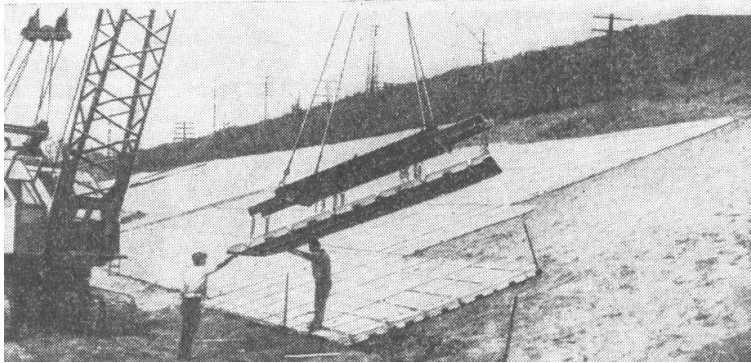


Набережная р.Москвы

Схема защиты берега от боковой эрозии с помощью струенаправляющей стенки (по Ананьеву, Потапову, 2000): 1 – здание; 2 – размываемый берег; 3 – струенаправляющая стенка; 4 – течение реки

4. Речная эрозия

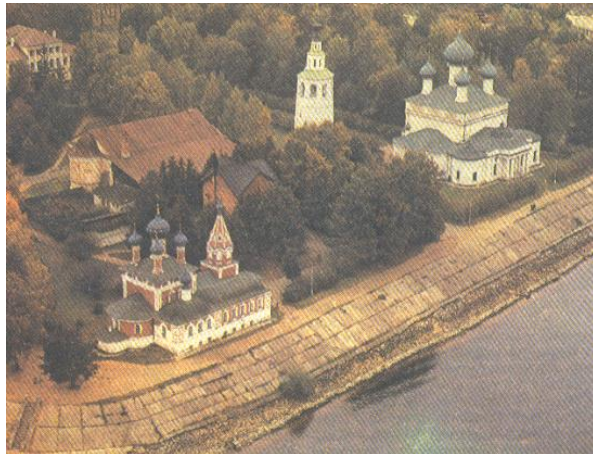
Инженерная защита, защитные стенки и набережные



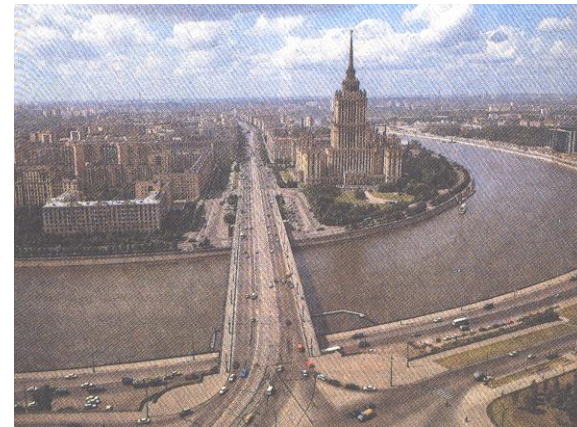
Укладка защитных плит на берегу реки



Кремлевская набережная в Москве



Набережная в Угличе на р.Волге



Набережные в р-не Кутузовского проспекта в Москве

5. Сели и их оценка

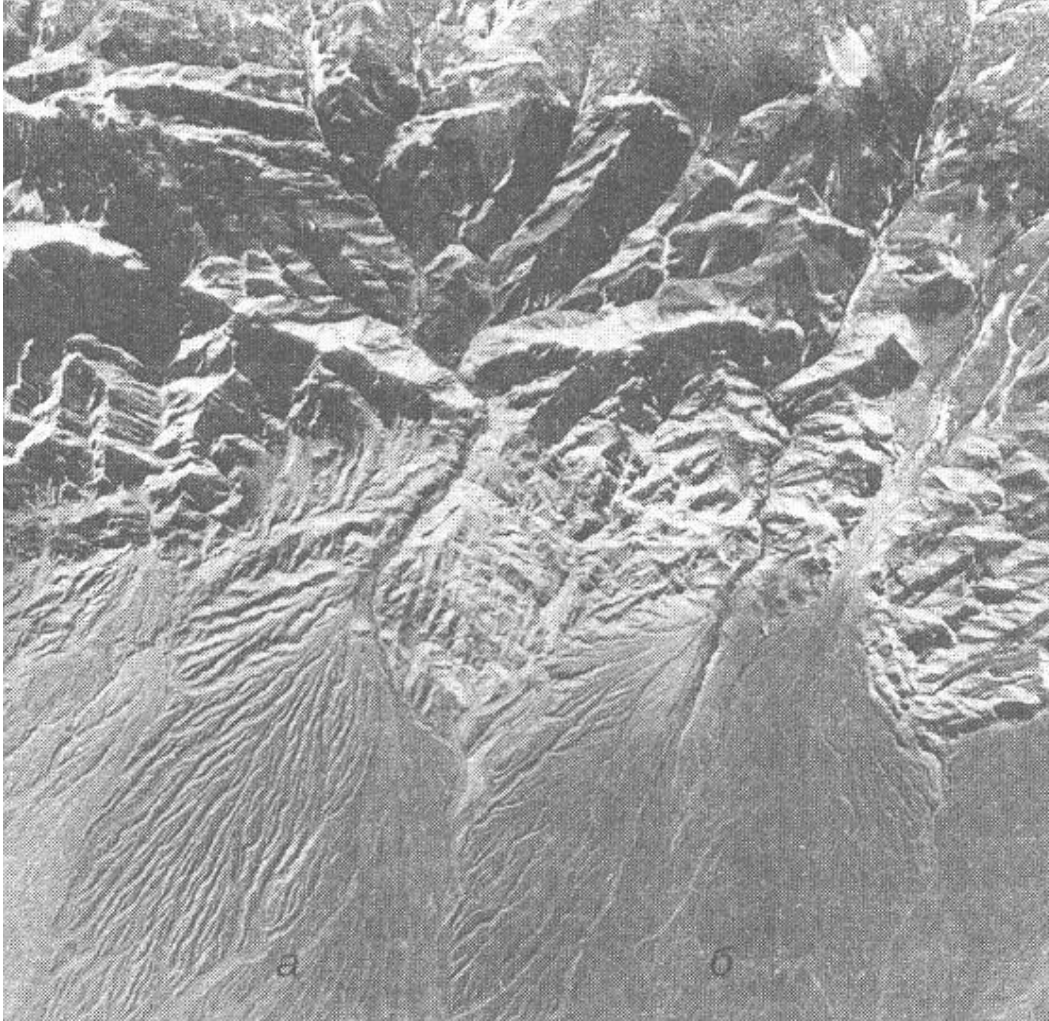


Последствия селя в Канаде, 1997 г.



- Сель (от арабского «силь» - бурный поток) – внезапный, временный грязе-каменный поток, возникающий в руслах горных и предгорных рек
- Свойства селевого потока:
 1. Плотность 1,3-1,8 г/см³
 2. Содержание твердого материала до 10-75% (блоки до 3-4 м и весом до 200 т)
 3. Высокая скорость (до 10 м/с и более)
 4. Объем до 10 млн. м³
 5. Прерывистое (волновое) движение

5. Сели и их оценка



- Конусы выноса пролювия в предгорьях (аэрофотоснимок)

5. Сели и их оценка



Двигающийся сель,
Тырныауз, 2000 г.

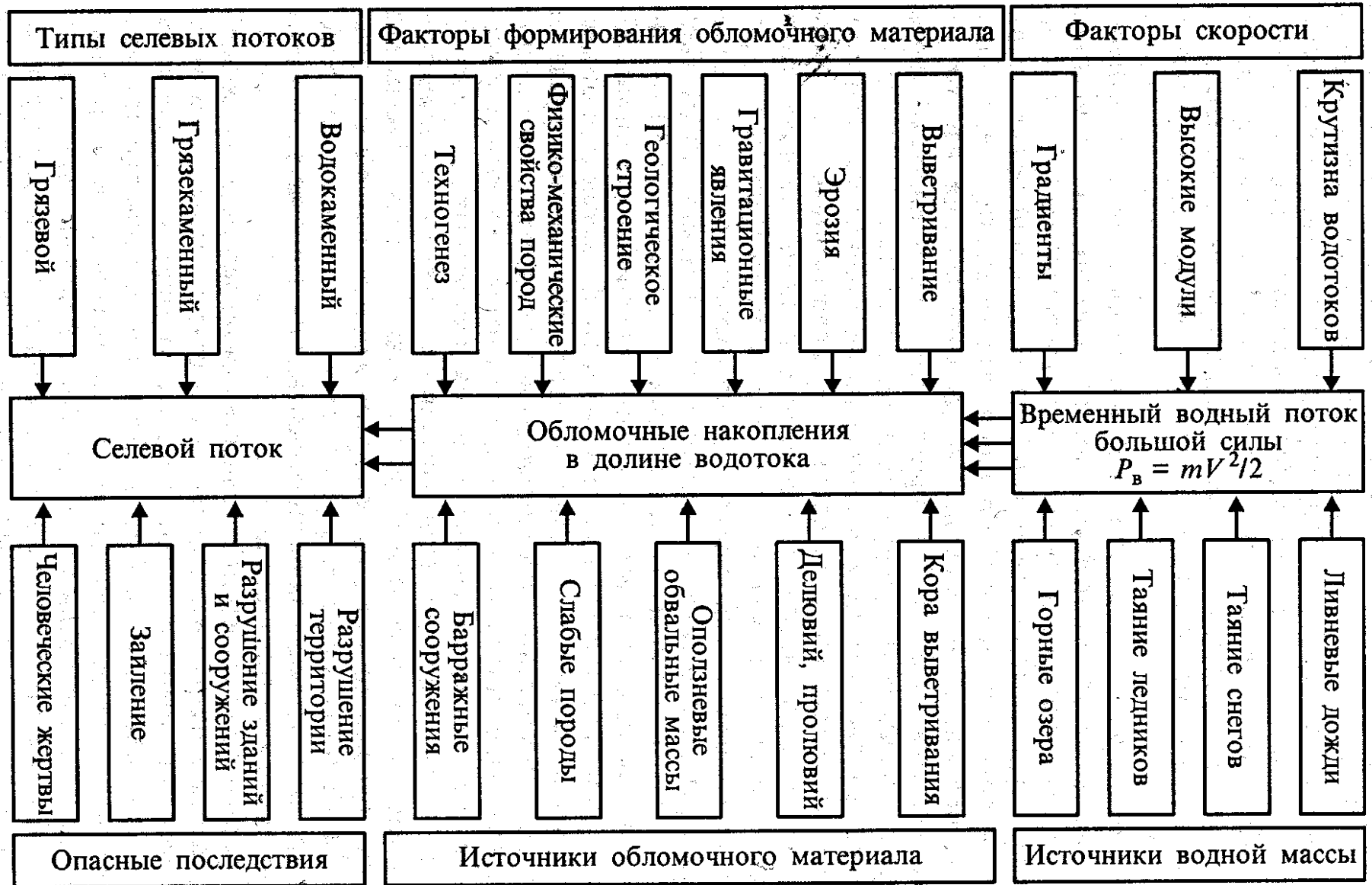
Типы селей:

- По составу:
 1. Грязевые
 2. Каменно-гязевые
 3. Водно-каменные
- По генезису:
 1. Ливневые (дождевые)
 2. Гляциальные
 3. Лимно-гляциальные
 4. Снеготаяния
 5. Смешанные

5. Сели и их оценка

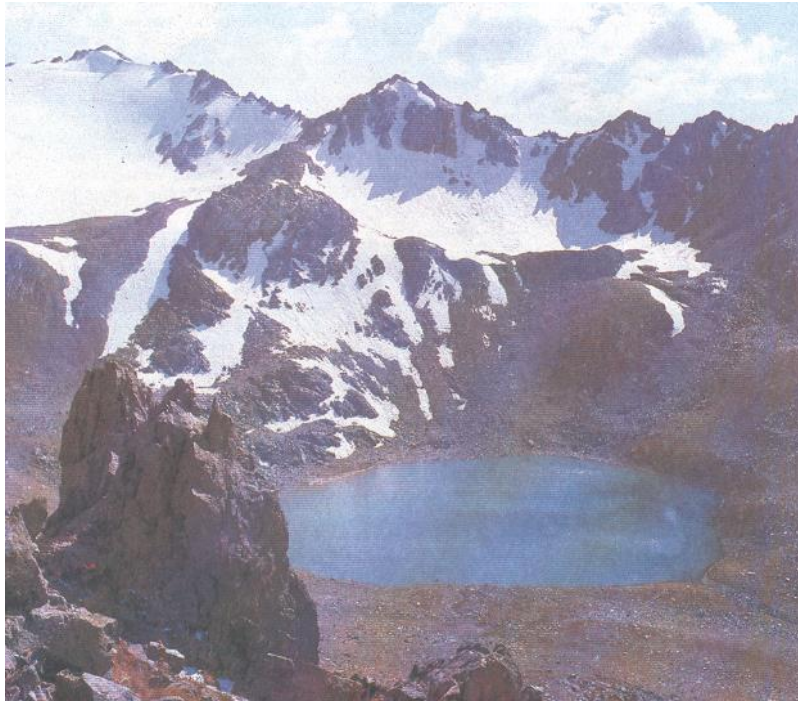
- **Природные факторы формирования селей:**
 1. **Геологические** (наличие рыхлых пылевато-глинистых размываемых пород – лёссов, супесей и т.п.; интенсивное выветривание; склоновые процессы – обвалы и оползни; сейсмичность)
 2. **Геоморфологические** (наличие крутой долины с разветвленным ложем – притоками)
 3. **Климатические** (образование внезапного паводка в результате резкой смены погоды – ливни, таяние снега, льда, прорыв озера при его переполнении и т.п.)
 4. **Почвенно-биологические** (эрозия почв, гибель растительности и т.п.)

Структурная модель формирования селевого потока (Иванов, Тржцинский, 2001)

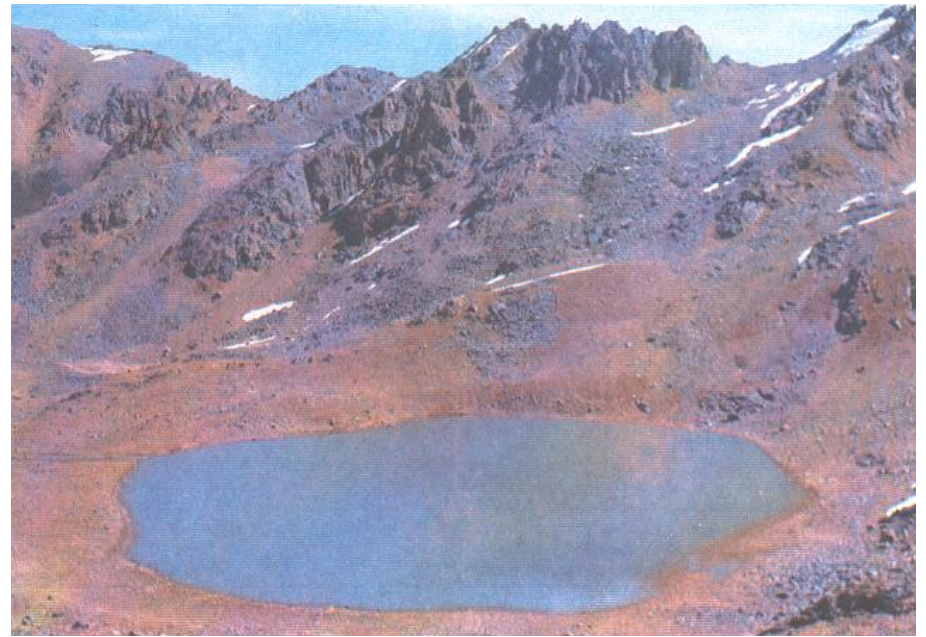


5. Сели и их оценка

Прорыв горных ледниковых озер – одна из причин формирования лимно-гляциальных селей



Оз.Майдантал, Чаткальский хр.



Оз.Дашти-Джум, Гиссаро-Дарваз

5. Сели и их оценка



Последствия селя в
Тырныаузе, 2000 г.

- **Техногенные факторы образования селей:**
 1. Перевыпас скота на склонах
 2. Распашка склонов, неправильная агротехника
 3. Чрезмерные поливы
 4. Сведение растительности, вырубка лесов
 5. Прорыв дамб
 6. Техногенная активизация выветривания

Сели и их оценка



Расчистка 17 км федеральной трассы Амур после схода селя (июль 2018 г.)



Тот же участок федеральной трассы Амур после расчистки селевых накоплений (июль 2018 г.)

5. Сели и их оценка

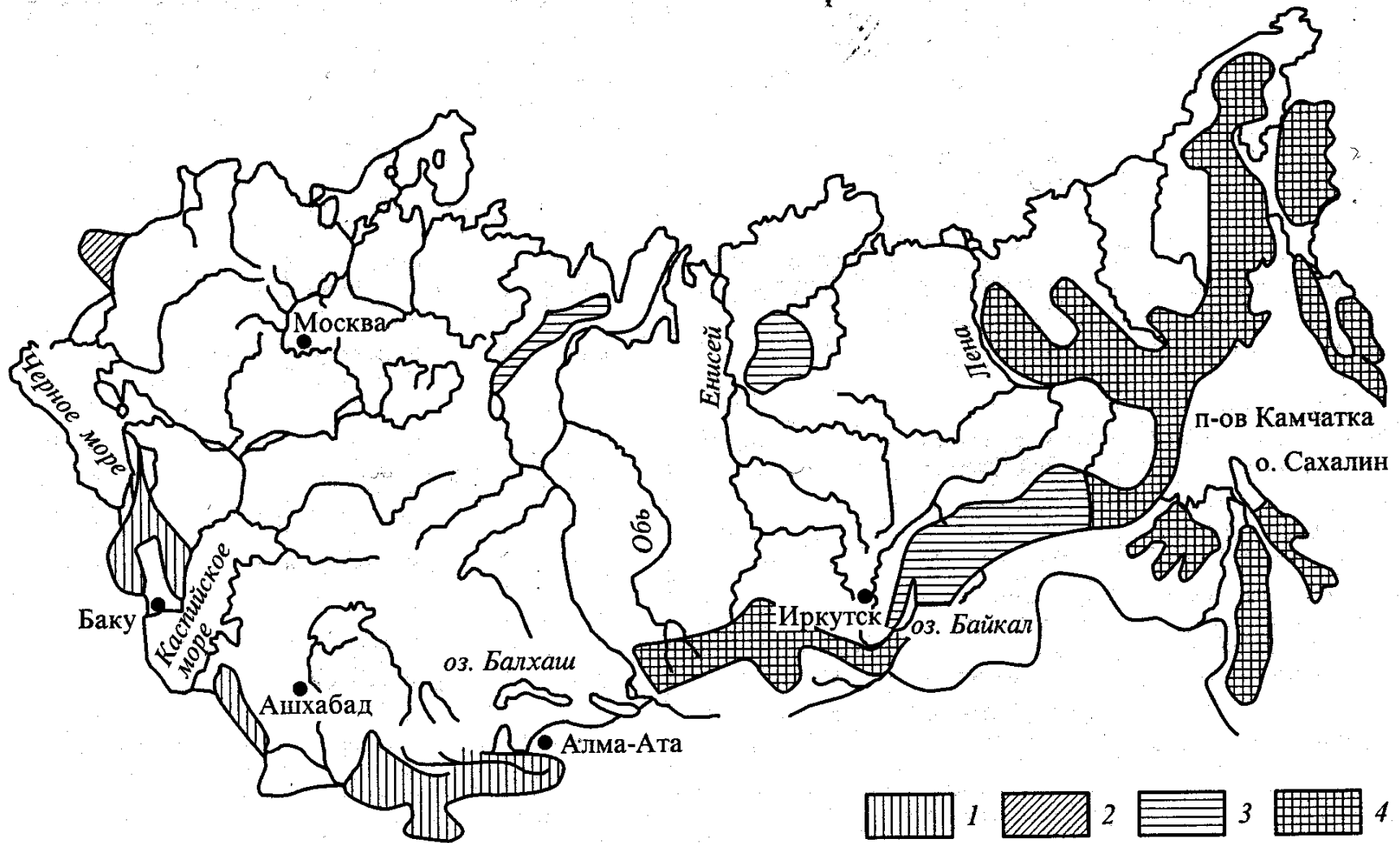
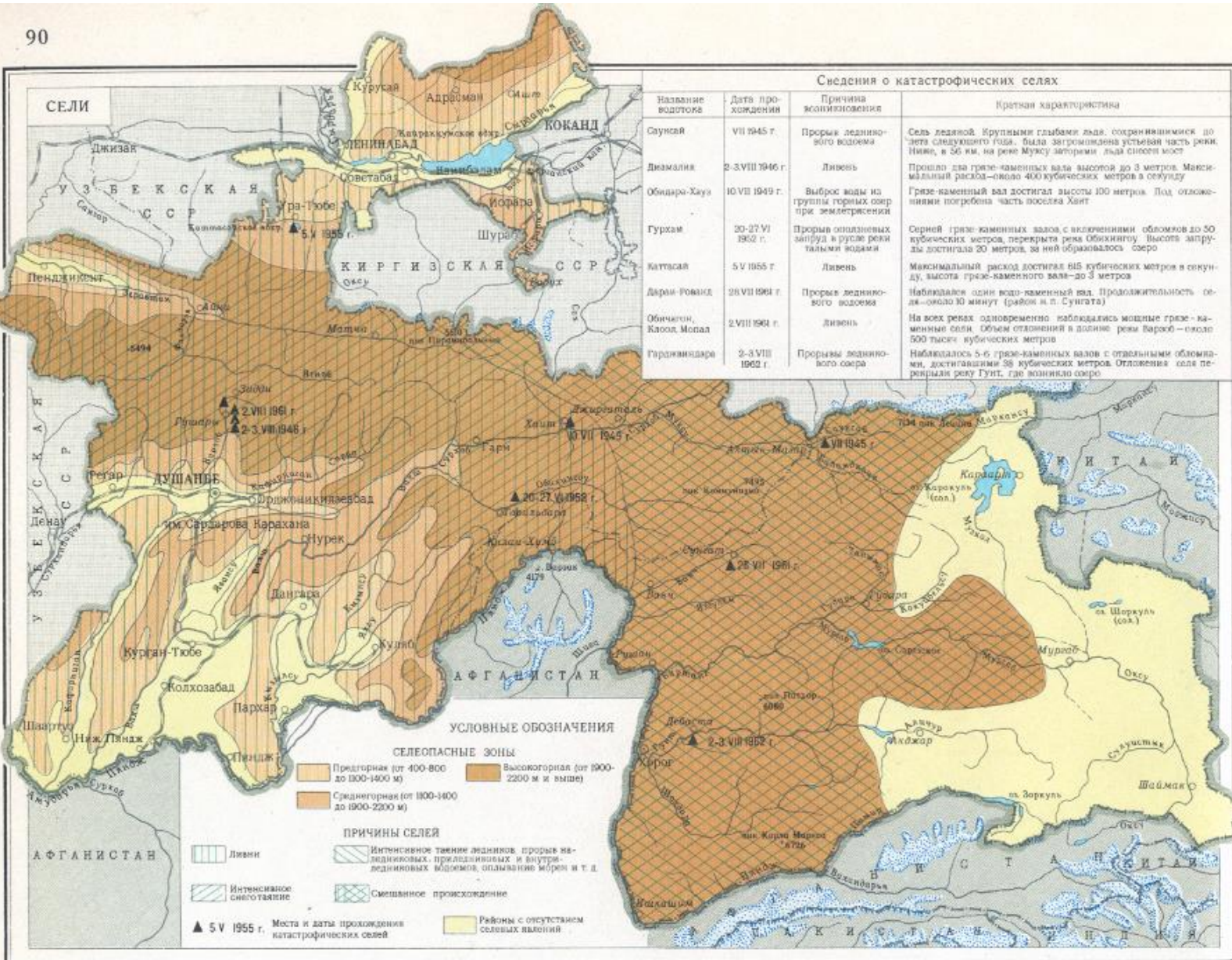


Схема развития селей на территории бывш. СССР (по А. И. Шеко, 1980).

1—4 — районы развития селей: 1 — интенсивного; 2 — средней интенсивности; 3 — слабой интенсивности; 4 — возможного развития.

5. Сели и их оценка



Карта селей Таджикистана

5. Сели и их оценка



Спасение людей от селя в Тырнаузе, 2000 г.

- **Прогноз и оценка селей:**
 1. Метод аналогий
 2. Расчетные методы (по реологическим параметрам, эмпирическим зависимостям)
 3. **Прогноз на основе:**
 1. Частоты повторяемости
 2. Анализа потенциальных факторов
 3. Региональный и локальный

Оценка опасности (по А.И.Шеко)

Энергетические классы селевых потоков

Классы	Генетические особенности селей	Расходы селевых потоков
1	Сели водотоков первого порядка	до 1 м ³ /сек
2	Сели водотоков второго порядка	единицы м ³ /сек
3	Сели водотоков третьего порядка	десятки м ³ /сек
4	Сели от прорыва моренных озер	до 100 м ³ /сек
5	Сели от прорыва крупных завальных озер и водохранилищ	первые сотни м ³ /сек
6	Сели водотоков четвертого порядка	сотни м ³ /сек

Оценка опасности селей

Пораженность территории, % (баллы)	Максимальный объем, тыс. м ³ (баллы)		
	> 500 (3)	50—500 (2)	< 50 (1)
> 25 (3)	6	5	4
5—25 (2)	5	4	3
< 5 (1)	4	3	2

Максимальное количество баллов (5—6) характеризует чрезвычайно опасные территории; среднее — 4 балла — опасные и умеренно опасные; минимальное — 2—3 балла — мало и незначительно опасные.

5. Сели и их оценка

Оценка опасности селей по СНиП 22-01-95

Показатели, используемые при оценке степени опасности природного процесса (ОПП)	Категории опасности процессов			
	чрезвычайно опасные (катастрофические)	весьма опасные	опасные	умеренно опасные
Сели				
Площадная пораженность территории, %	Более 50	10 - 50	5 - 10	Менее 5
Площадь проявления на одном участке, км ²	До 5	До 3	До 1	Менее 1
Объем выноса единовременного выноса, млн. м ³	До 5 -10	До 1 - 3	До 0,5 -1	0,1
Скорость движения, м/с	До 40	До 30	До 20	До 10
Повторяемость, ед. в год	До 0,01	0,03 -0,1	0,1 - 0,2	До 1

Противоселевая защита



Последствия селя в
Тырныаузе, 2000 г.

- **Меры борьбы:**
 1. **Профилактические** (предупредительные) – укрепление склонов, лесоразведение, обоснованный выпас и с/хоз-во, спуски озер
 2. **Селерегулирующие** (селеводы и селедуки, барражи, пропускающие воду и т.п.)
 3. **Селезащитные** (строительство плотин)

5. Сели и их оценка



Формирование селей в пригородах Алма-Аты начинается с таяния снегов в горах Заилийского Алатау

Талая вода скапливается в Большом Алматинском озере



5. Сели и их оценка



**Из Б.Алматинского озера
вода устремляется в
долину р.Б.Алматинки**

**По долинам Малой и Большой
Алматинки вода или сель
устремляется в г.Алма-Ату
(слева – смог над городом)**



5. Сели и их оценка



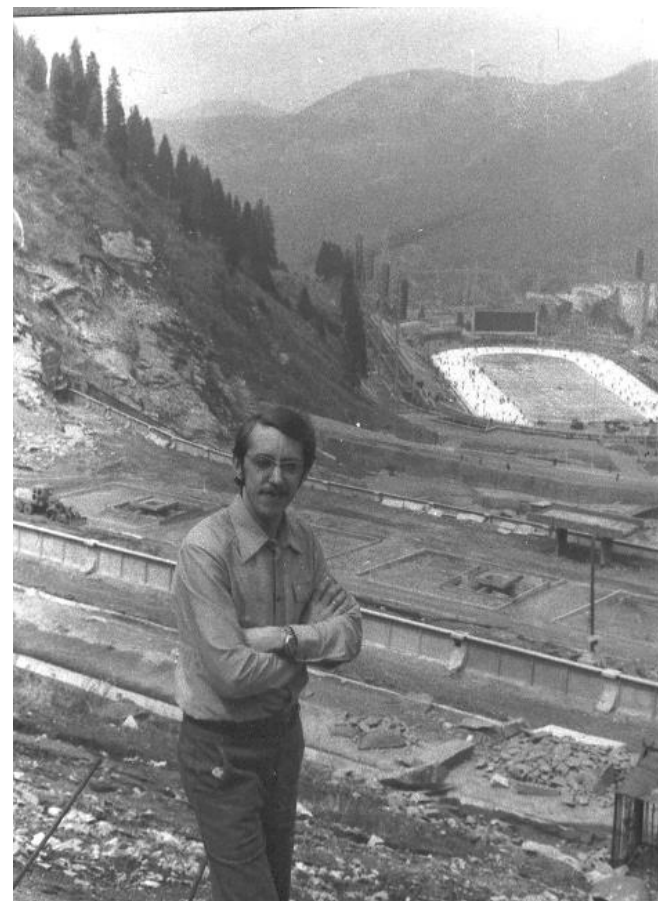
- Сель в пригороде Алма-Аты

Противоселевая защита

Селезащитная плотина на Медео, построенная в 1973 г.
методом направленного взрыва



Плотина Медео



На плотине Медео, (Королев В.А., 1978)

Противоселевая защита



Строительство
селезащитной плотины в
одной из горных долин
Кабардино-Балкарии,
Северный Кавказ

Селезащитная плотина в
ущелье Узын-Каргалы
(Казахстан, Заилийский
Алатау)

