

**Оценка и управление угрозами,
связанными с ледниками, в
условиях изменения климата**

**Проф. Джон М. Рейнолдс
Рейнолдс Интернешнл Лтд., Молд**

Угрозы, связанные с ледниками, и изменение климата

Когда изменяется климат, происходит следующее:

- Увеличивается количество ледниковых озер
- Увеличиваются объемы воды в озерах

→ **Угроза усиливается**



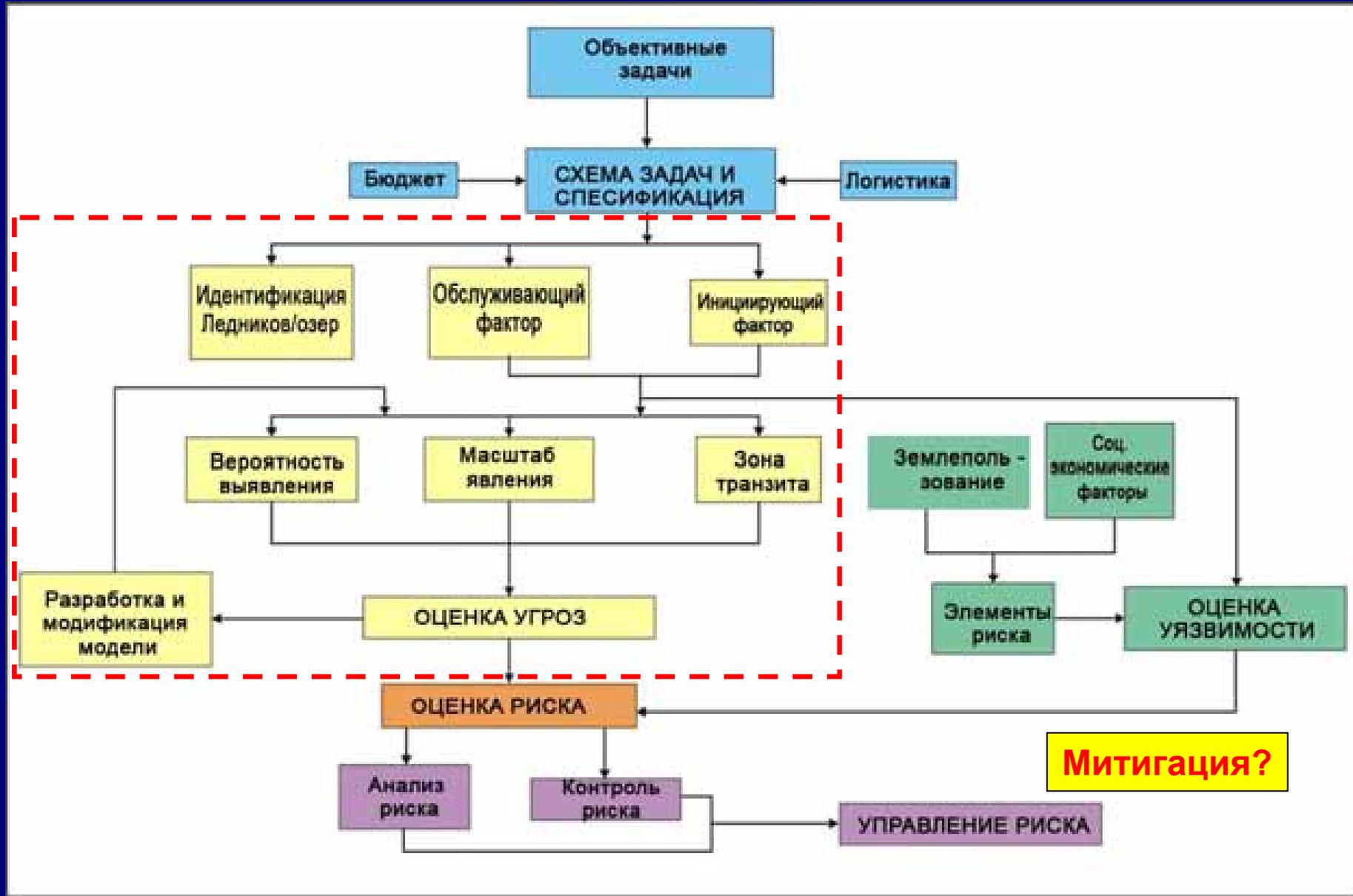
Сельская местность развивается, и строительство происходит в более высокогорных районах :

- Больше дорог, мостов
- Горнодобывающие предприятия
- Гидроэнергетика
- Населенные пункты
- Туристические маршруты/ домики для ночлега

→ **Уязвимость растет**



Образец структуры проекта по оценке и управлению риском, связанным с ледниками



Источник: Руководство по управлению угрозами и рисками, связанными с ледниками (RGSL, 2003).

дистанционное зондирования съемки для определения
характера угроз, связанных с ледниками



Потенциальный завал долины и образование ледниковой дамбы

Ледник Медвежий, Таджикистан

Лунанские озера, Северный Бутан



Измерение скорости ледниковых стоков при помощи радара с синтезированной апертурой

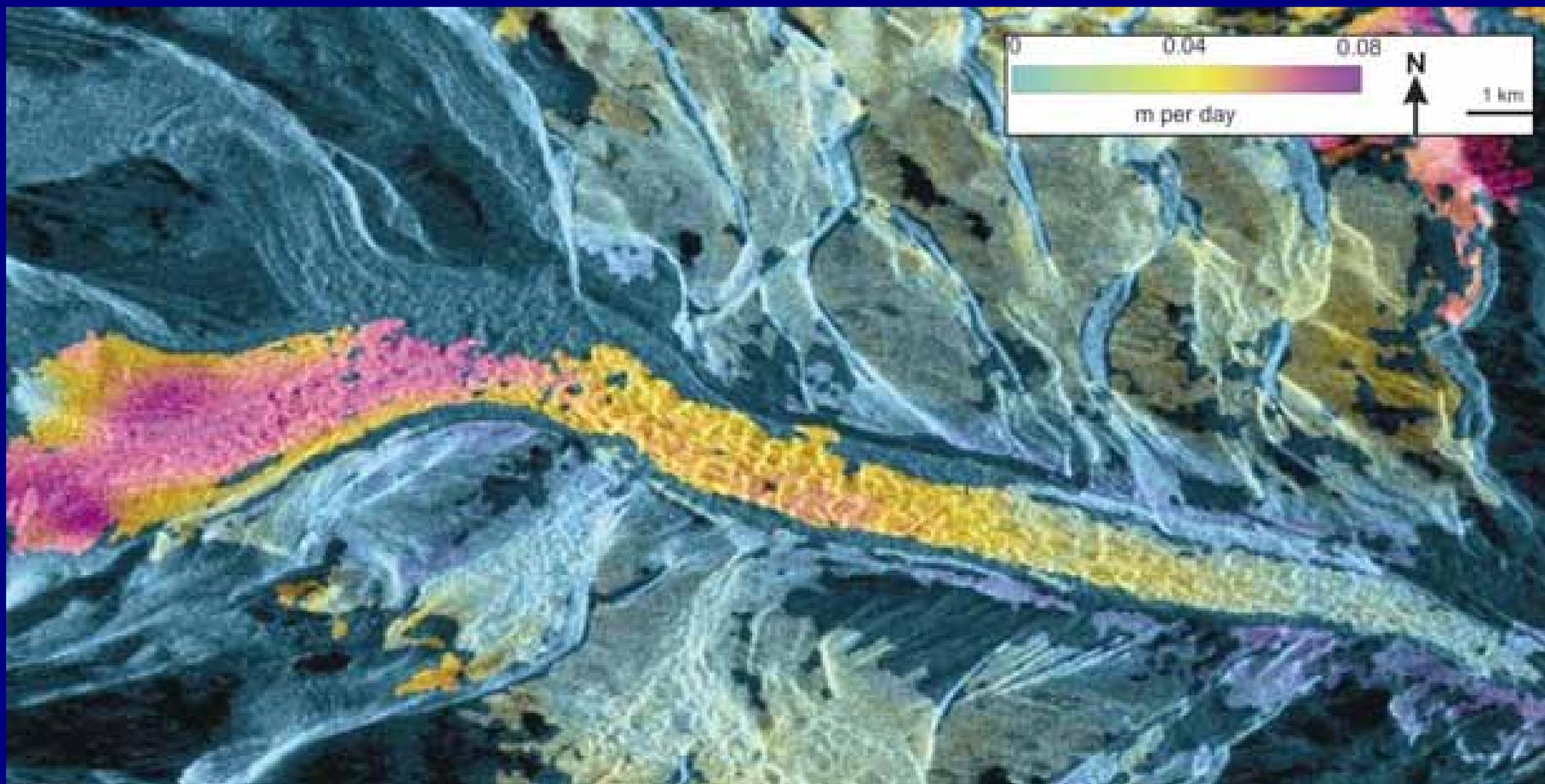
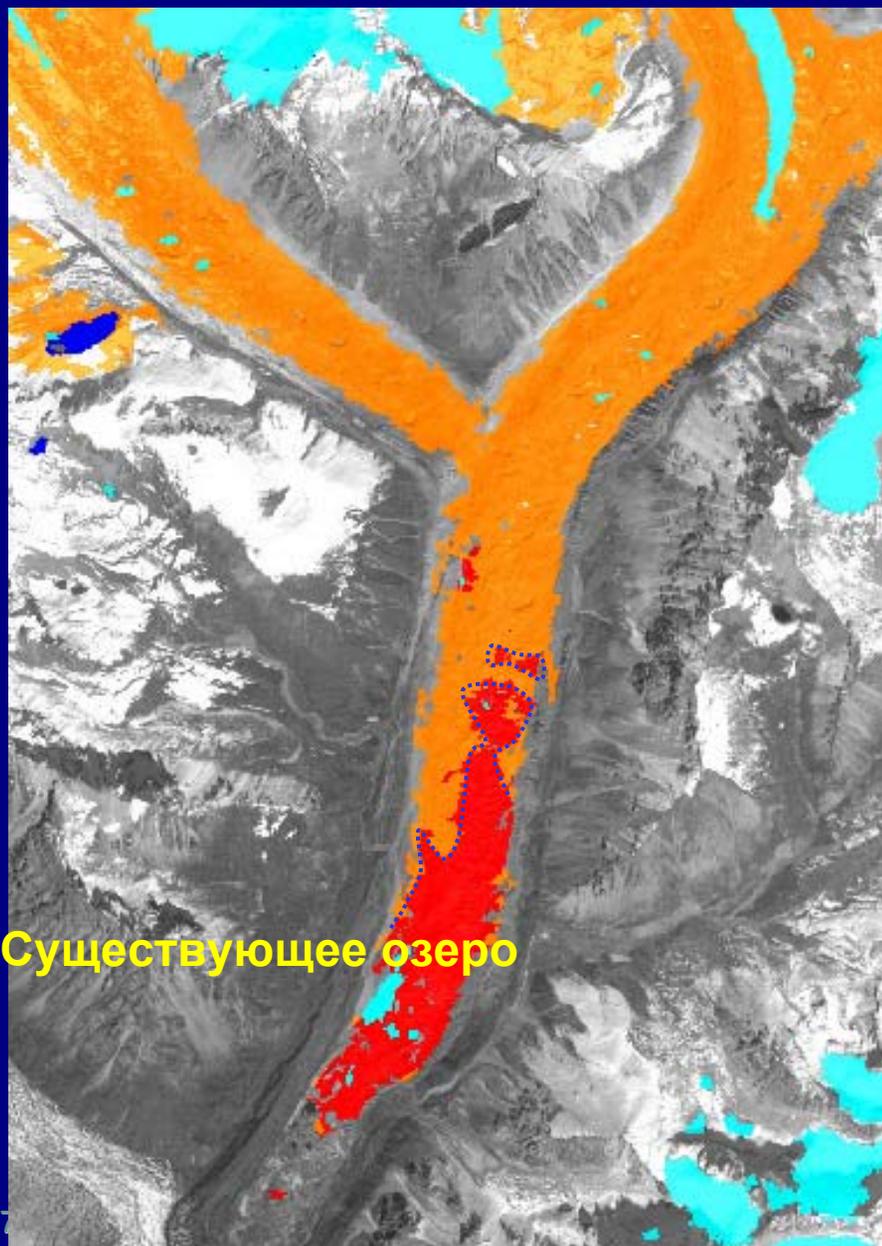


Image courtesy of D. Quincey

Ледник Кангшунг в Тибете (Китай)

Нанесение на карту существующих озер с риском и прогнозирование возможного формирования новых озер



Определение участков возможного формирования озер согласно правилу 2° :

- **красный** $< 2^\circ$ - новое озеро
- **оранжевый** $2-6^\circ$ - запруды (временные)
- **голубой** $>6^\circ$ - нет запруд

Повторный анализ с перерывом в несколько лет показывает произошедшие изменения на участках, где существуют озера, и где могут возникнуть новые озера, а также уменьшение поверхности ледников и расширение участков потенциального формирования новых озер .

Рейнолдс (2000)

Негативный баланс масс

Застой покрытого наносными породами языка ледника

Обрушение внутри ледниковых дренажных канавок

Поведение зависит от потока на индивидуальном участке

Image courtesy of D. Quincey

Относительные площади зон скапливания в сравнении с размером участка ледникового потока

Оценка угрозы – факторный анализ

ID	Параметры, влияющие на уровень угрозы/ баллы	0	2	10	50
1	Объем озера	N/A	низкий	Сред.	Больш.
2	Уровень воды в озере в сравнении с уровнем дамбы	Нет дамбы	низкий.	Сред.	Полн.
3	Очевидное просачивание через дамбу	Нет.	Мин.	Умерен.	Больш.
4	Покрытая льдом моренная дамба +/- термокарстовые характеристики	N/A	Мин.	Част.	>умерен.
5	Риск отламывания кусков льда от ледяной глыбы	N/A	Низкий	Умерен.	Больш.
6	Риск ледяной/каменной лавины	N/A	Низкий	Умерен.	Больш.
7	Над/внутри ледниковый дренаж	Нет.	Низкий	Умерен.	Больш.

Анализ с учетом множества критериев можно адаптировать к местному набору угроз, связанных не только с озерами

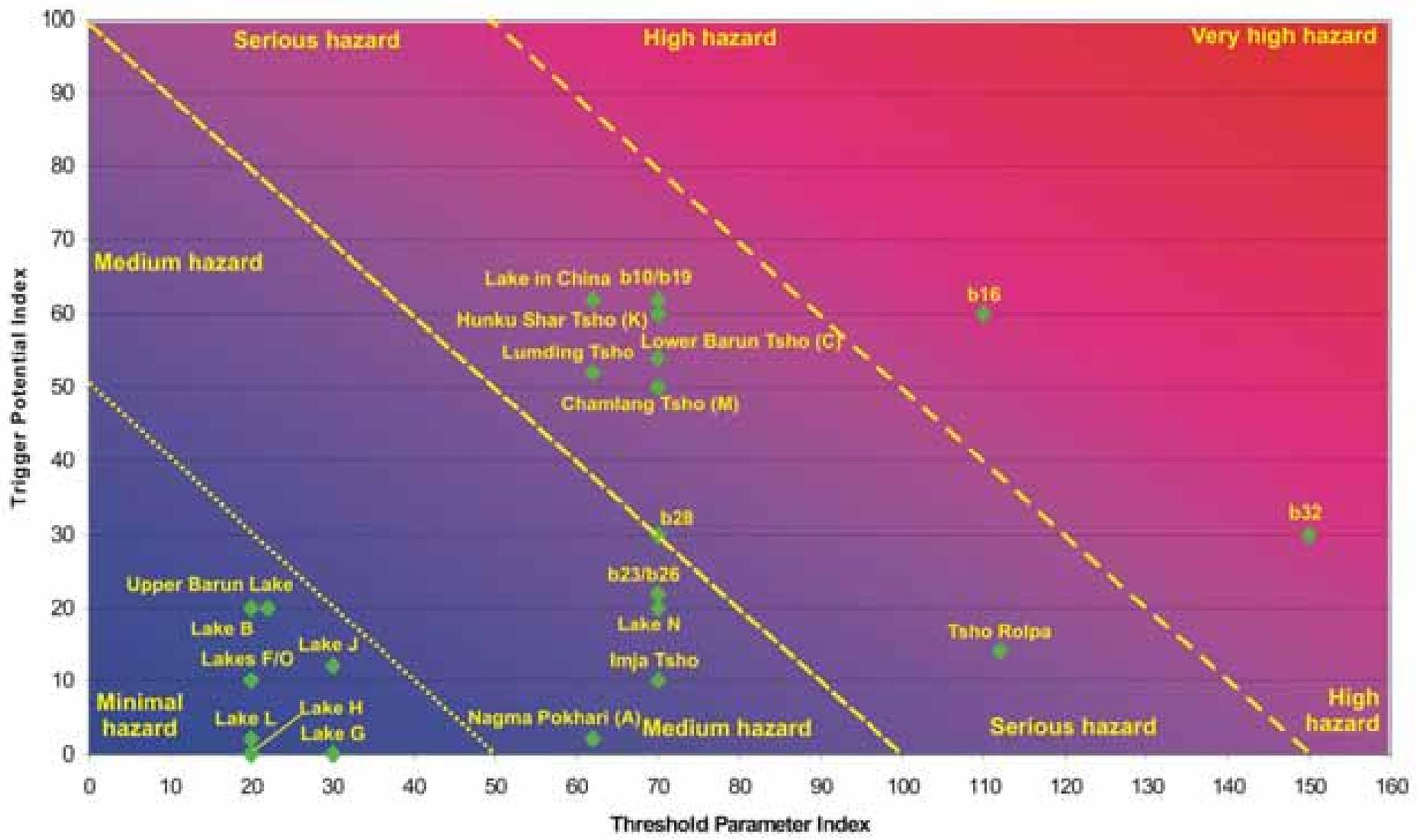
Пороговая величина

Потенциально сигнальный параметр (триггер)

0	50	100	125	150+
Нулевая	Средняя угроза	серьезная	высокая	Очень высокая
		>>> прорыв может произойти в любой момент >>>		

(адаптировано из Отчета Дайс и Рейнолдс, 1998)

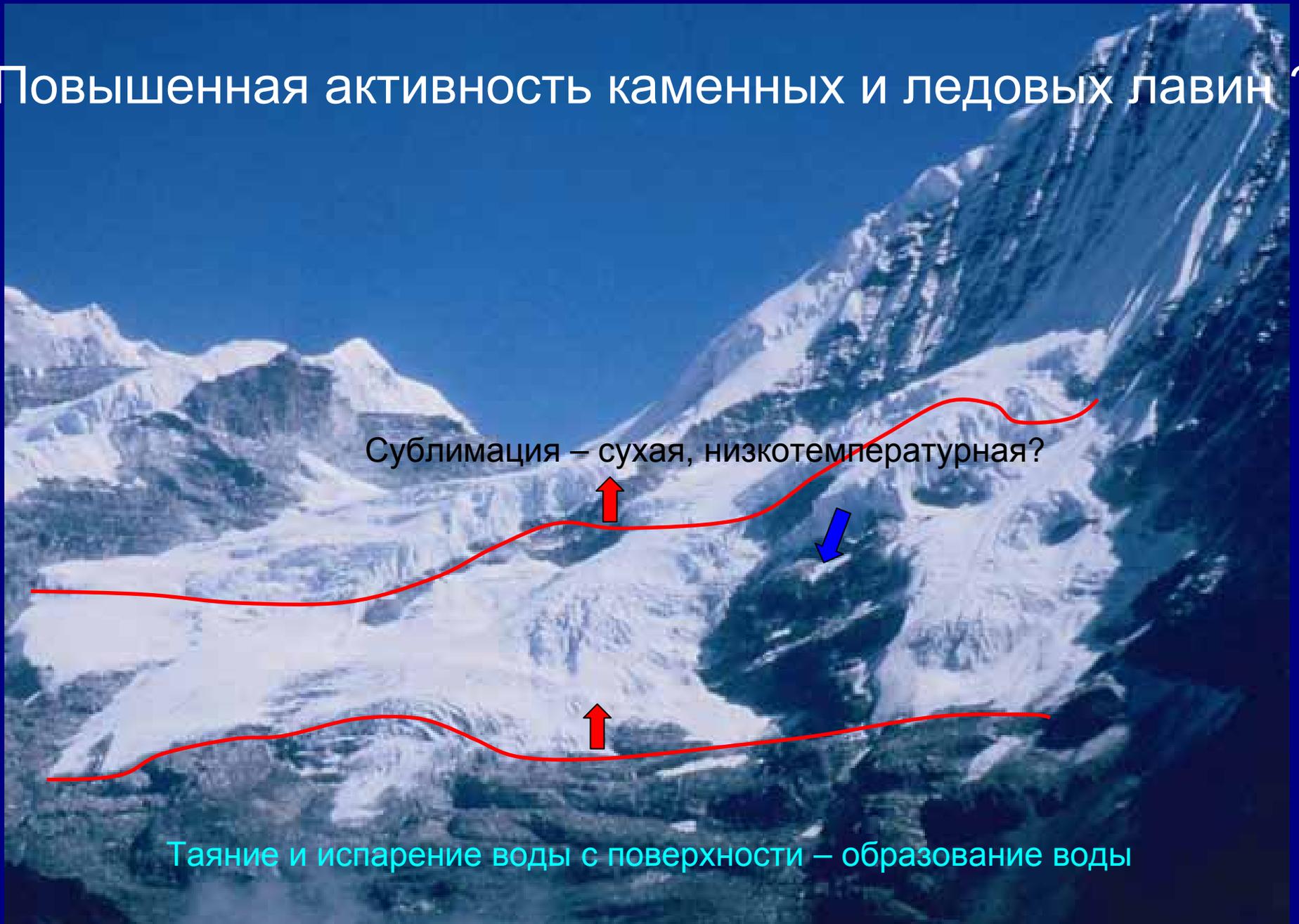
Анализ с учетом множества критериев для Северо-Восточного Непала



Меняющиеся угрозы – результат изменения климата

- Таяние и сокращение площадей ледников
- Изменения в объемах стока талых вод – количество и время
- Изменение уровня осадков – количество и время
- Повышенный запас талой воды внутри ледников?
- Таяние вечной мерзлоты и геотехнические последствия
- Увеличение поверхности раздела между низкотемпературным и умеренным ледовым режимом
- Повышение температуры воды в озерах и ускоренная абляция ледяных глыб, растворяющихся в озерах
- Высокие ледовые перегородки – риск прорыва ледниковых дамб
- Рост числа вновь образуемых ледниковых озер

Повышенная активность каменных и ледовых лавин ?

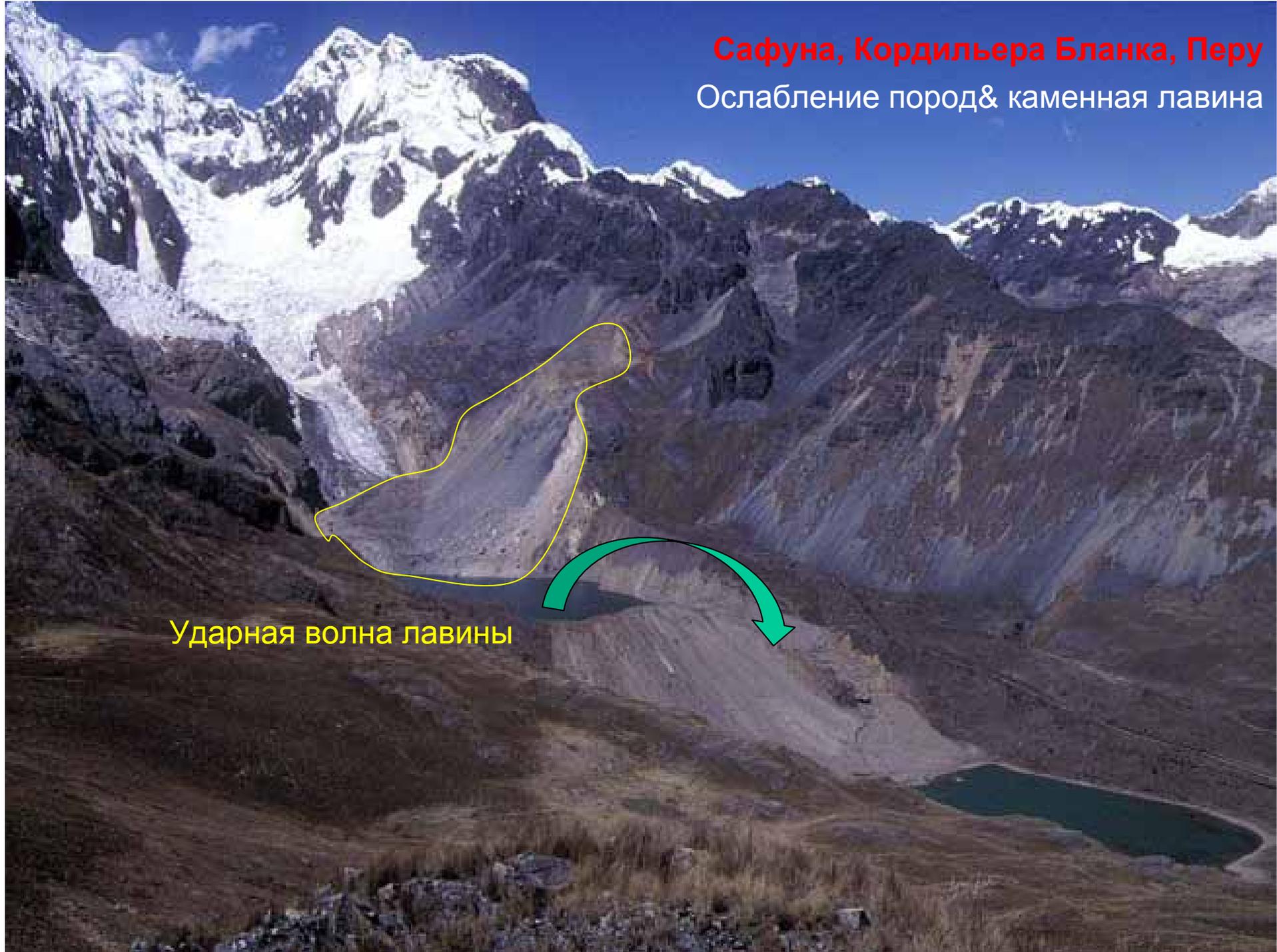


Сублимация – сухая, низкотемпературная?

Таяние и испарение воды с поверхности – образование воды

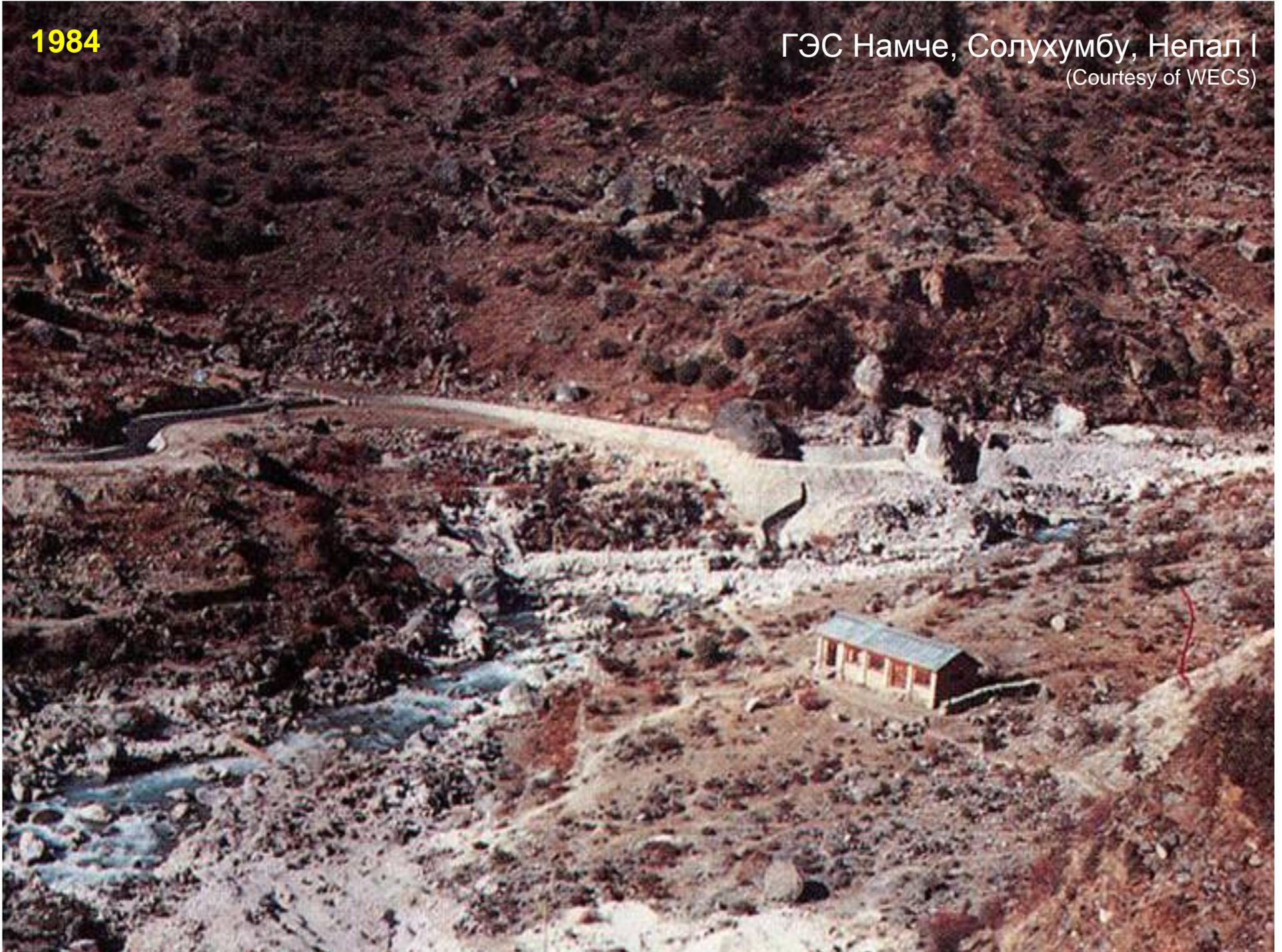
Сафуна, Кордильера Бланка, Перу
Ослабление пород & каменная лавина

Ударная волна лавины



1984

ГЭС Намче, Солухумбу, Непал I
(Courtesy of WECS)



1985

(Courtesy of WECS)

Мультифазовые наводнения



Методы восстановления



Инженерно-восстановительные методы, применяемые в Перу с 1941г:

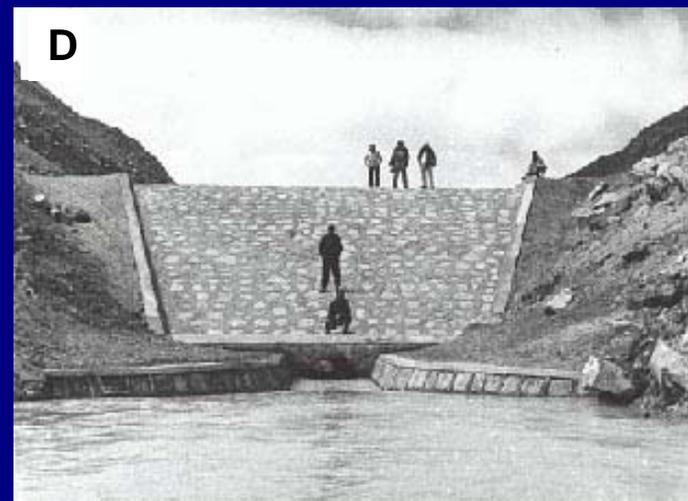
А - Архуекоча (открытый канал)

В – Лагуна Льяка
(восстановление канала и моренной дамбы)

С, D – Лаго Хуалькакоча
(восстановление канала и моренной дамбы)

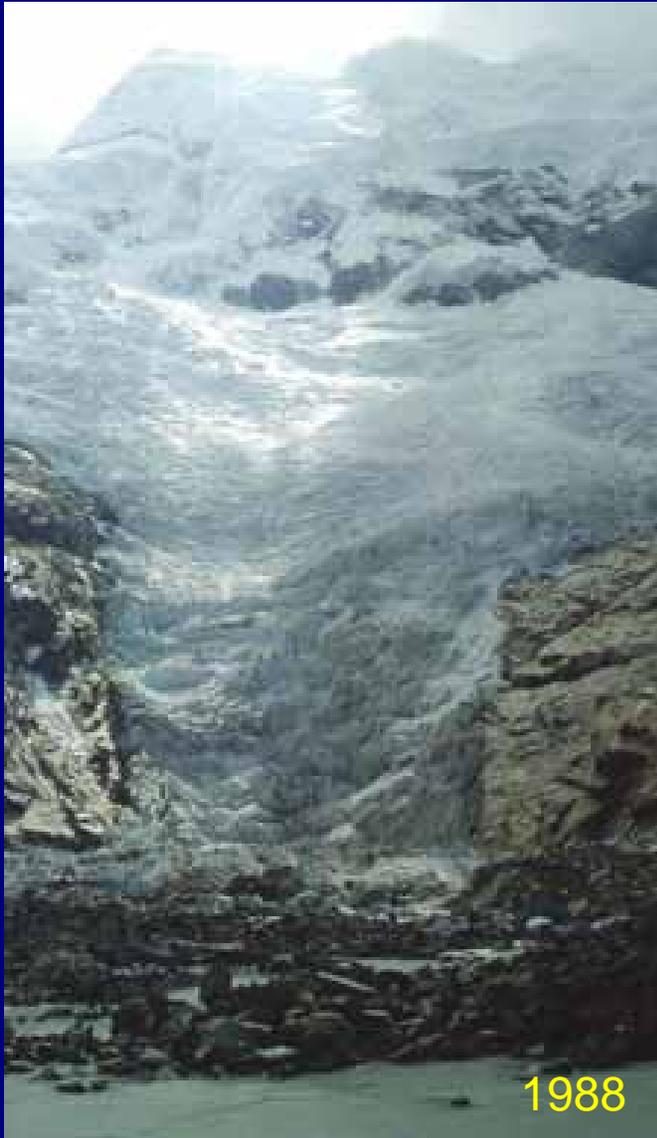


(C) USGS

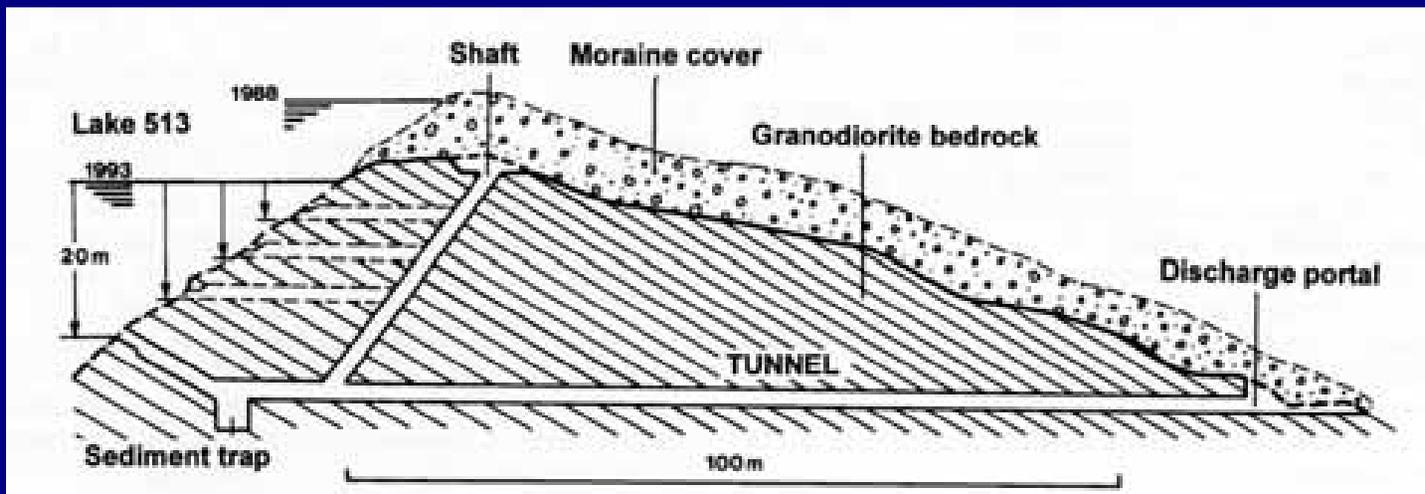


(C) USGS

Хуалькон, Кордильера Бланка, Перу



Хуалькон, Перу





Детрит после ледяной лавины

**Составное изображение
дистанционных съемок :
Тшо Ролпа, Непал**



Тшо Ролпа, Непал, СМЯГЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Установка водосбросов (сифонов) в 1995; испытания до 1997
- Установка системы раннего оповещения в 1998 – стоимостью \$1.2 млн. – уничтожена



Тшо Ролпа – смягчение воздействия 2

- Строительство канала в 1999-2000



Все тяжелое оборудование доставлено вертолетом, все остальное доставлено носильщиками и яками.

Тшо Ролпа, Непал



- Канал завершен в 2000г.
- Уровень воды снизился на 3.5 м
- Затраты ~ \$3 млн.

Смягчение воздействия. Низовье

Инженерные сооружения

- Сетки для сдерживания потока обломочных пород
- Защитные дамбы
- Отводные каналы & перегородки
- Системы раннего оповещения

Снижение уязвимости

- Переселение
- Планирование землепользования
- Разработки в области снижения риска

Комбинированные методы



Photo courtesy of Dr Jorg Hanisch

Выводы: Угрозы, связанные с ледниками

- Создают все больше проблем в связи с изменением климата;
- Выявленные сейчас угрозы вероятнее всего будут отличаться от угроз, которые возникнут через 20-30 лет;
- Формирование определенных ледниковых озер можно предсказать на 20-30 лет вперед;
- Некоторые ледники Таджикистана могут стать причиной образования крупных озер;
- Необходимо осуществлять детальный мониторинг резких изменений в горных ледниках;
- В будущем возможны прорывы накопившейся внутри ледников воды;
- В ключевых регионах необходимо проводить обзор ситуации не реже одного раза в пять лет, а за некоторыми ледниками необходимо следить каждый год при помощи дистанционных съемок;
- Необходимо планировать заблаговременно – не менее 30 лет вперед, с целью снижения уровня риска



**РОЗЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЛЕДНИКАМИ
КАКИМ БУДЕТ ЕЕ БУДУЩЕЕ?**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!

Рейнолдс Интернешл Лтд, СК



Reynolds International Ltd

Unit 17, Mold Business Park
Wrexham Road, Mold, Flintshire, CH7 1XP

Tel: +44-1352-756196; Fax: +44-1352-759353

Email: info@reynolds-international.co.uk

Web: www.reynolds-international.co.uk