ENVIROMIS-2018, 5-11 июля 2018 г.

МЕТОДОЛОГИЯ ДАТИРОВАНИЯ СКЛОНОВЫХ ЯВЛЕНИЙ В ГОРАХ

(на примере горно-ледникового бассейна Актру, Горный Алтай)

Николаева С.А., Савчук Д.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск

sanikol1@rambler.ru, savchuk@imces.ru

ДЕНДРОГЕОМОРФОЛОГИЯ – датировка и реконструкция геоморфологических событий и процессов (*Schweingruber, 1996*).

ДЕНДРОГЕОМОРФОЛОГИЯ – ветвь древесно-кольцевого анализа, занимающаяся геоморфологическими и геологическими процессами, влияющими на деревья (*Solomina, 2002*).

I. Теоретические предпосылки

Этапы исследования:
II.Подготовительный этап
III. Полевые исследования
IV.Лабораторные исследования
V. Пространственно-временные реконструкции

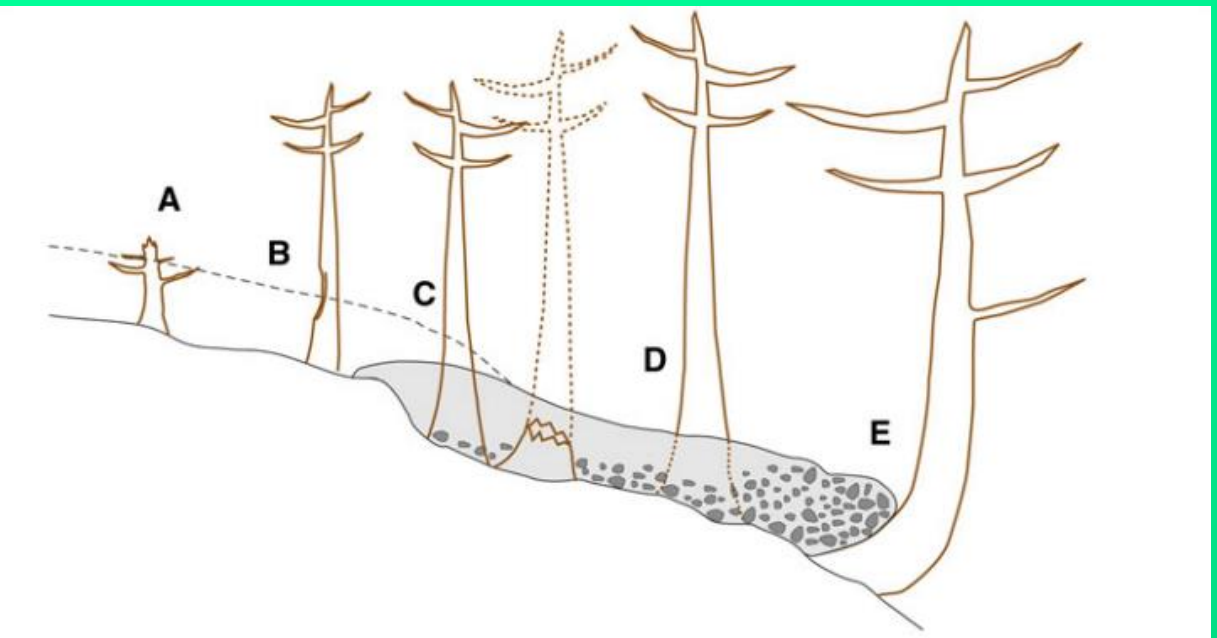
I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

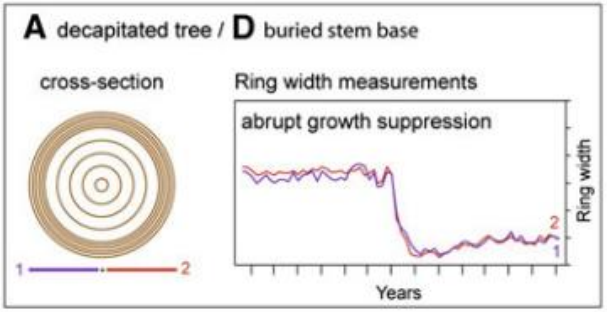
Схема концепции «процесс – событие – отклик» *J. Shroder, 1980* с дополнениями *Bollschweiler, Stoffel (2010)* и нашими уточнениями

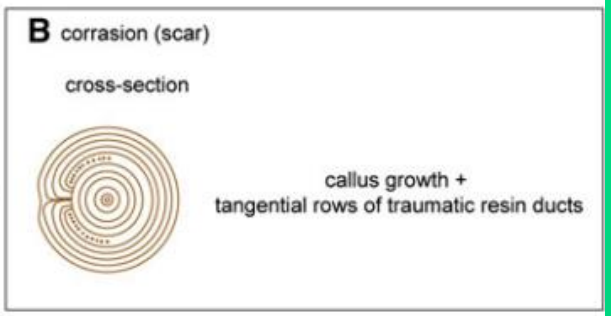
→ ⟶

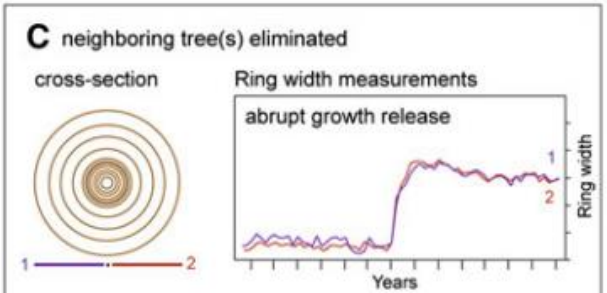
Процесс («process»)	Событие («event»)	Отклик («response»)
Сель Лавина Обвал Камнепад Оползень и т.п.	Механические нарушения целостности особи: – травмы ствола, ветвей и корней – декапитация (слом ствола от верхушки до основания, облом ветвей) и появление ветвей замещения Наклон/изгиб основания ствола Изменение условий внешней среды: – погребение основания ствола – снижение конкуренции – оголение корней	Каллюсная ткань Тангенциальные ряды травматических смоляных ходов Реакционная древесина, или сжатия/расширения Резкое и продолжительное изменение прироста (снижение/увеличение) Эксцентричность роста ствола

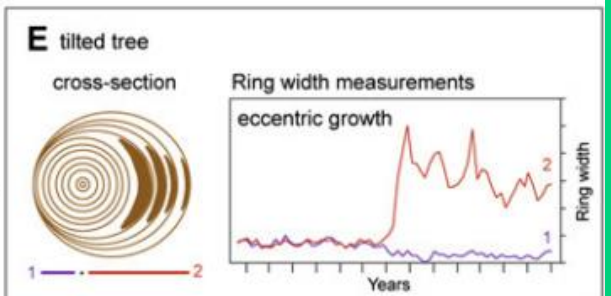
II. СХЕМА ОТКЛИКА ДЕРЕВЬЕВ по: *Bollschweiler, Stoffel, 2010*











СОБЫТИЕ – внешние проявления у деревьев (механические повреждения, засыпание и т.п.)

ОТКЛИК - разнообразные ростовые реакции деревьев

II.ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ – выбор территории с изучаемыми склоновыми процессами:

1) анализ особенностей склоновых процессов и факторов, способствующих их активизации (наличие обломочного материала, параметры климата и т.п.);
2) анализ изображений территории за разные годы;
3) характеристика древесной растительности как важнейшего индикатора склоновых процессов;
4) сбор свидетельств о склоновых процессах;
5) выбор модельных участков для изучения

6) другие виды работ, позволяющие оценить склоновые процессы:
- сбор образцов древесины для радиоуглеродного датирования,
- описание слоев селевых отложений,
- описания растительности и т.п.

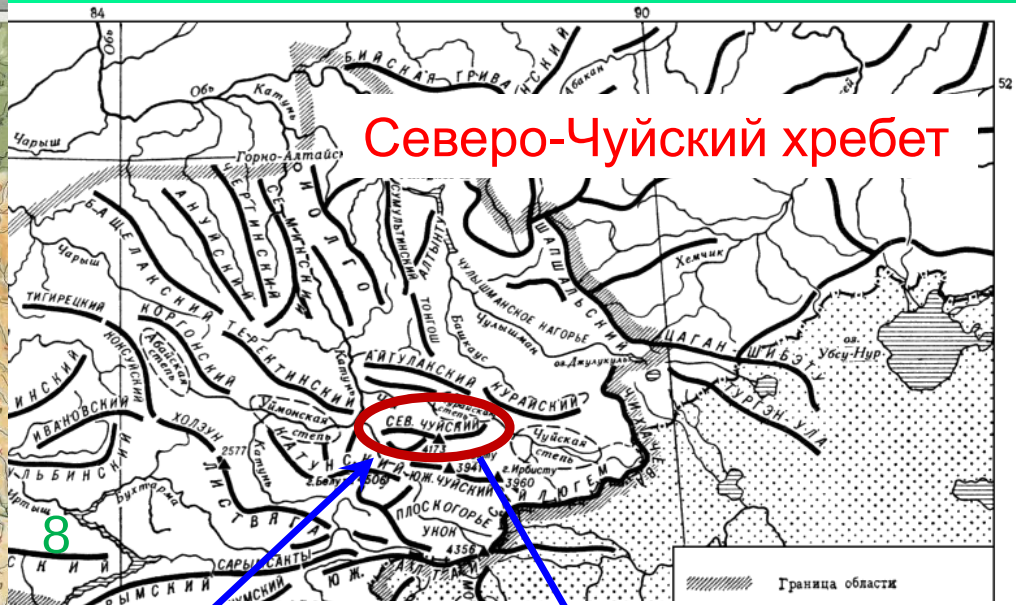
II.ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ: недендрохронологические

1) непосредственные наблюдения (литературные источники, сеть интернет, опрос очевидцев, собственные наблюдения, архивные данные)
2) анализ изображений территории (карты/схемы, аэрофотоснимки, спутниковые) разных годов выпуска
3) картирование деревьев с разными типами нарушений
4) радиоуглеродное датирование (датирование древесных образцов из отложений по 14С)
5) анализ слоев селевых отложений (последовательность расположения слоев)
6) фитоценотическая индикация (состав и структура растительных сообществ)
7) лихенометрическая индикация (размеры определенных видов лишайников)

Обычно используется комбинации большинства перечисленных методов.

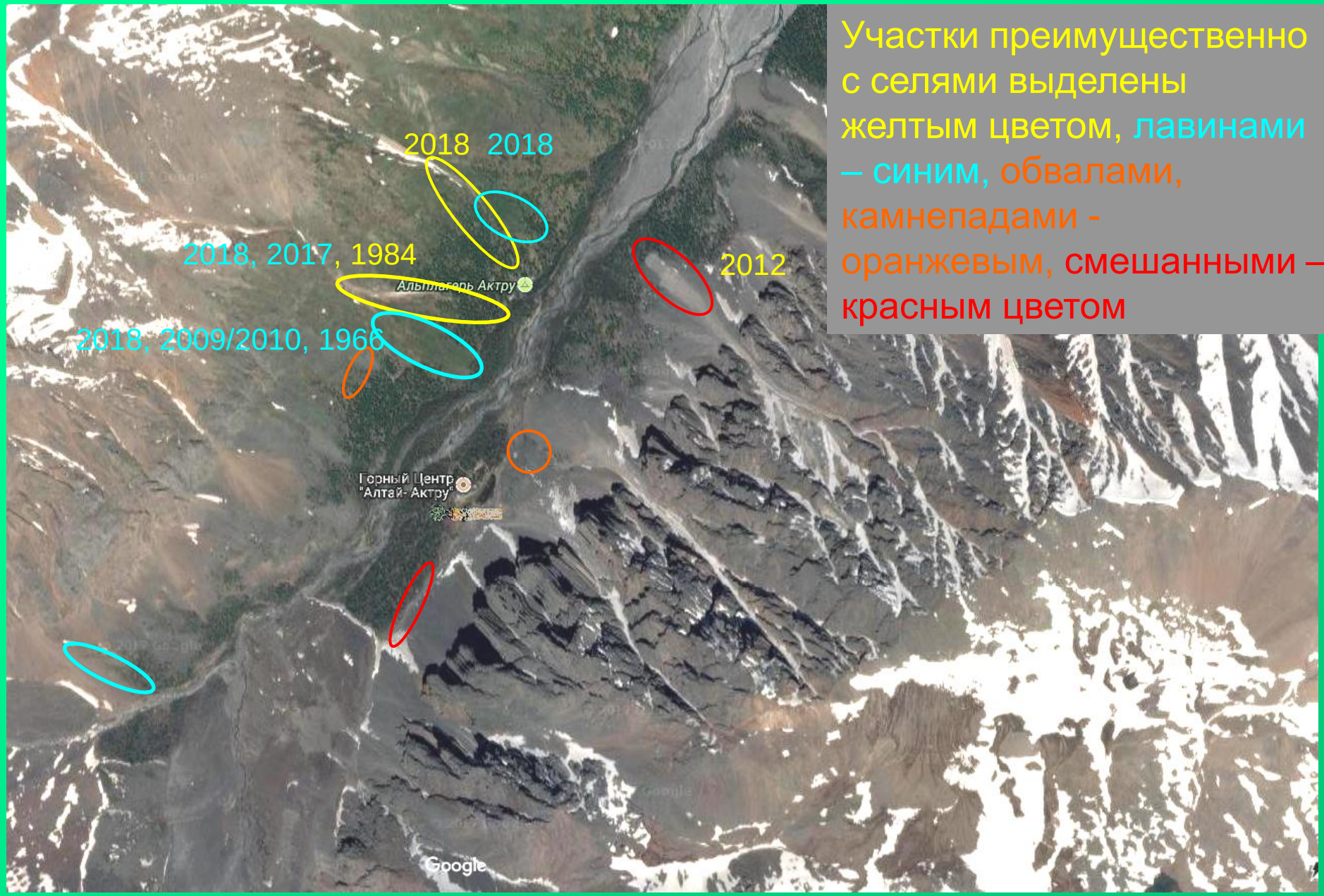
РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ: Горный Алтай, Северо-Чуйский хребет, верховья р. Актру



горно-ледниковый бассейн Актру

50°04’N, 87°45’E

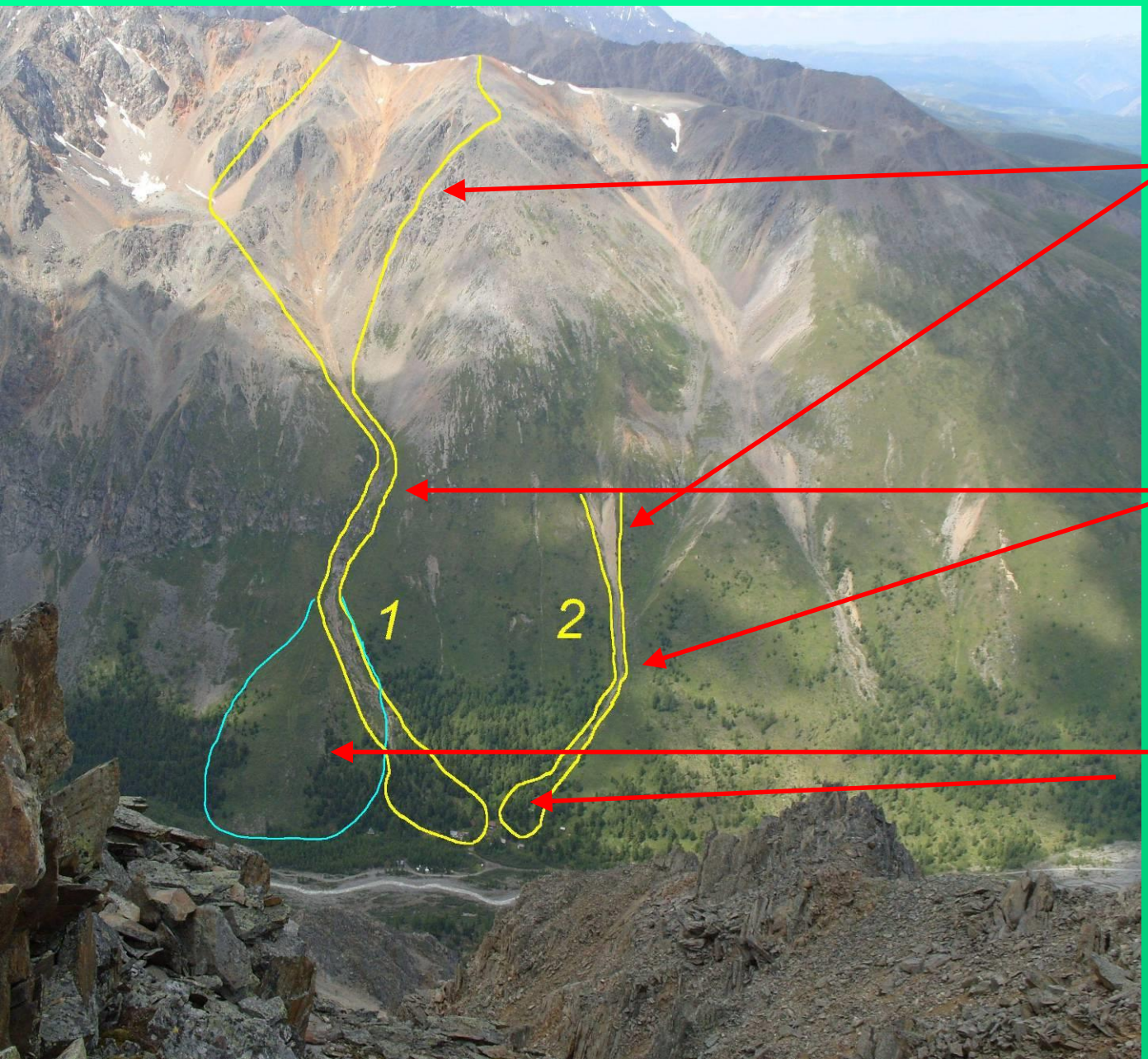
ПРОЦЕСС: ПОДБОР УЧАСТКОВ на основе анализа карт/снимков в верховьях р. Актру и непосредственных наблюдений



Участки преимущественно с селями выделены желтым цветом, лавинами – синим, обвалами, камнепадами - оранжевым, смешанными – красным цветом

ЛАВИННЫЙ КОМПЛЕКС и СЕЛЕВОЙ БАССЕЙН (левый борт)

(голубым) (желтым)



Зоны:

зарождения (очаг)

транзита (лоток)

аккумуляции
(конус выноса)

Фото С.А. Кузнецова

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ: селевой бассейн

(левый борт, район географической станции ТГУ)

Последствия схода селя 24 июня 1984 г.

Зона аккумуляции (зимовье)

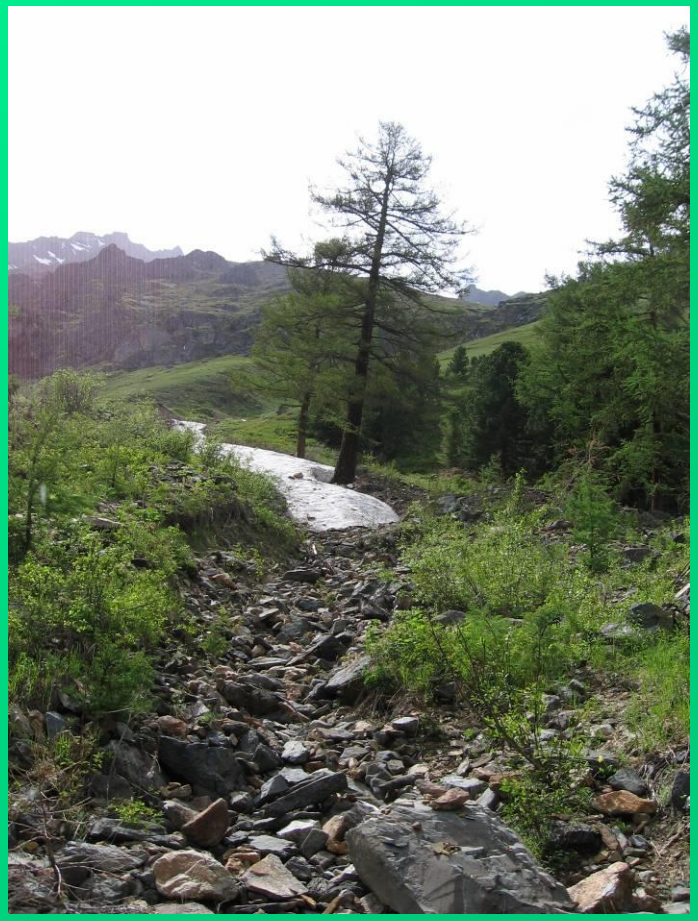
Фото С.А. Никитина

Последствия схода лавины в мае 2017 г.

Нижняя часть зоны транзита

Фото 8.07.2017

Последствия схода лавины в мае 2018 г.



Нижняя часть зоны транзита

Фото 17.06.2018

Последствия схода лавины в мае 2018 г.

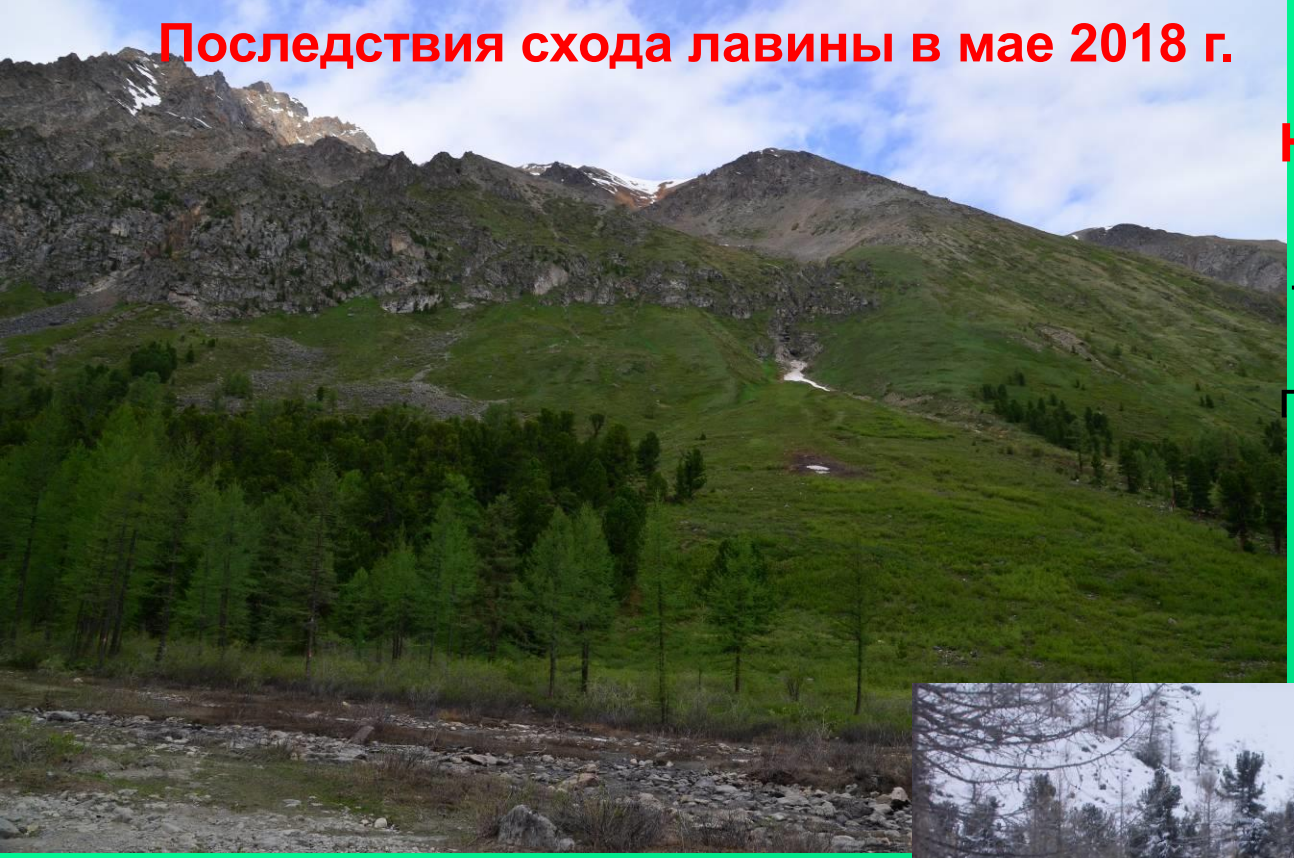


Фото 17.06.2018

Сход лавины весной 1966 г.
(М.А. Душкин, 1974)

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ:
лавинный конус (левый борт, район географической станции ТГУ)

Последствия схода лавины 31.12.2009 г.

Нижняя часть конуса

Фото М.Н. Диркс 1.01.2010

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ:
сели 14-16 июля 2012 (правый борт)

Съёмка 13.07.2012 (Интернет)

Фото 20.07.2012

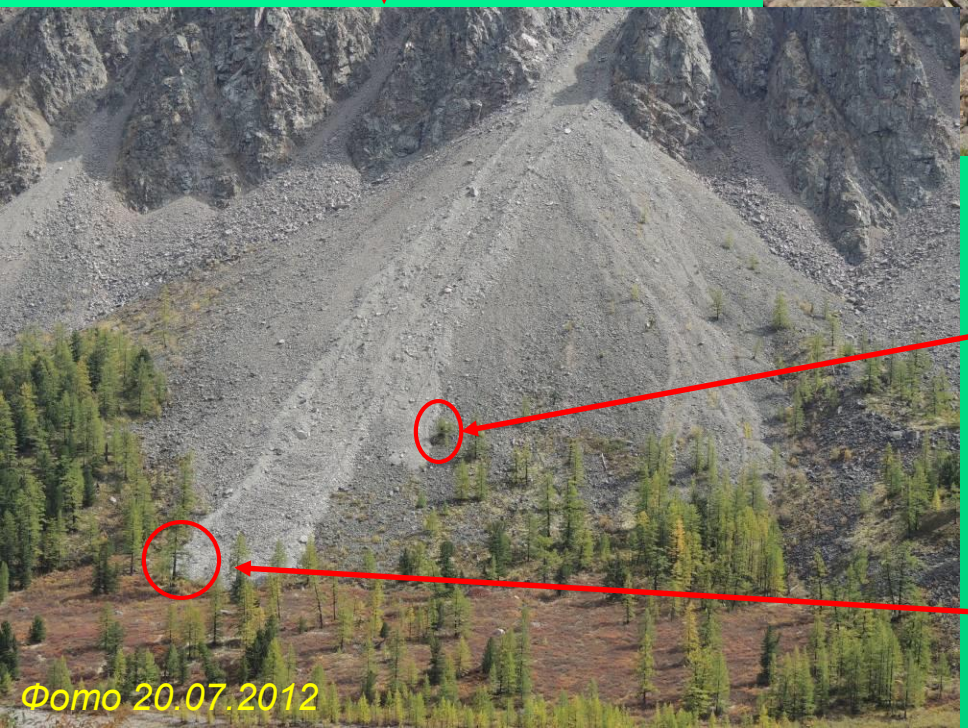
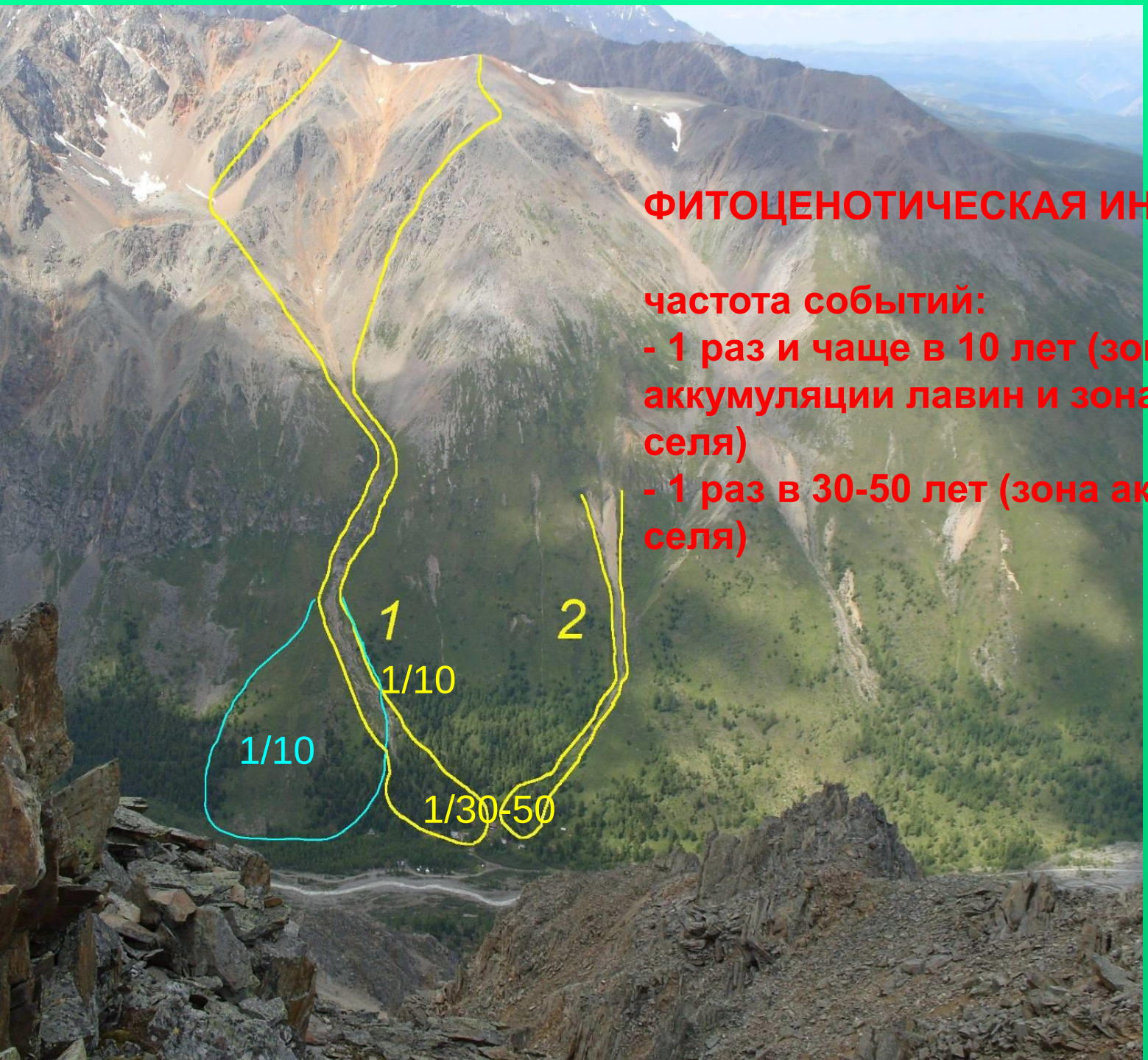


Фото 20.07.2012

Неповрежденные деревья

Фото 10.07.2017

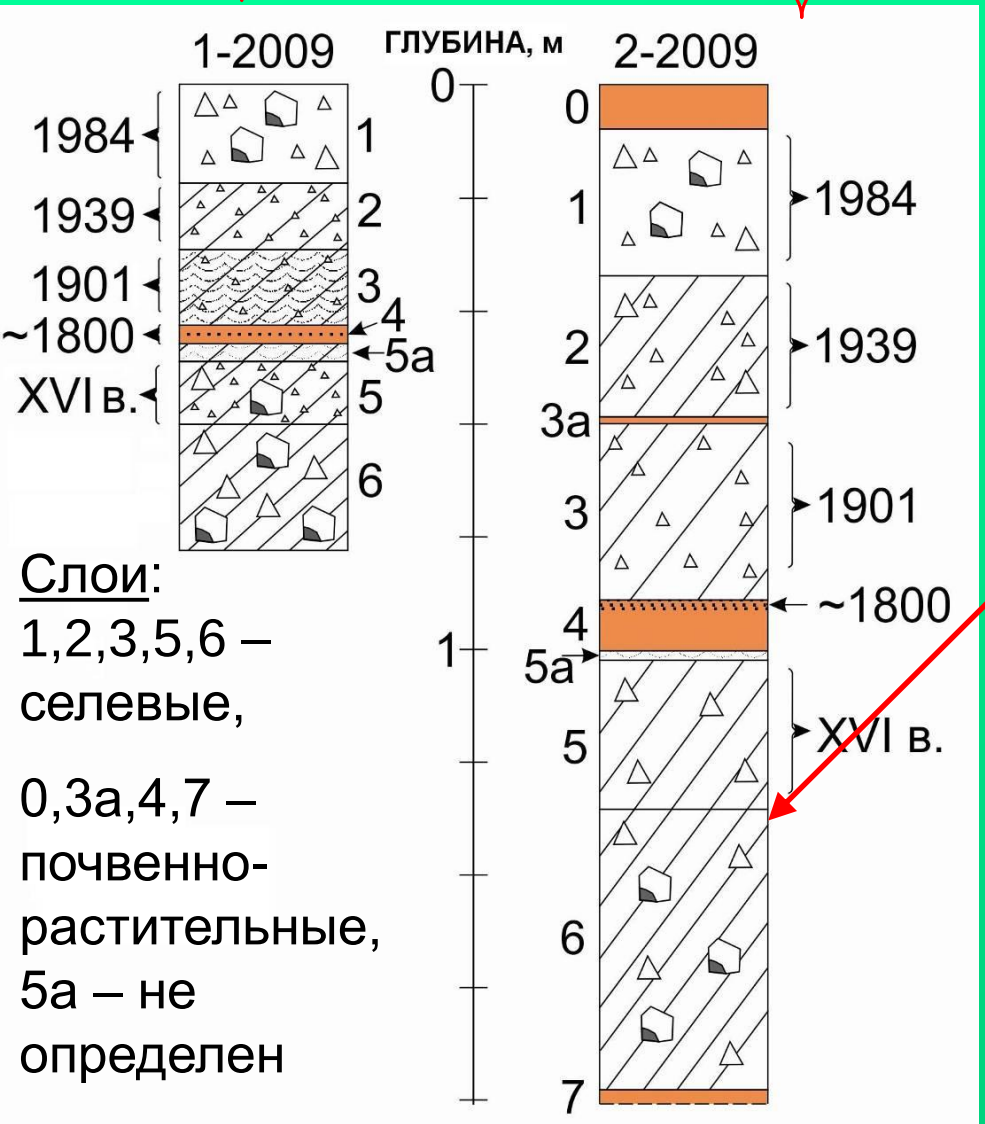


ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ.

частота событий:
- **1 раз и чаще в 10 лет (зона аккумуляции лавин и зона транзита селя)**
- **1 раз в 30-50 лет (зона аккумуляции селя)**

ДАТИРОВАНИЕ СЕЛЕВЫХ И ПРОЧИХ ОТЛОЖЕНИЙ в селевом бассейне

Н.ч.зоны транзита - зона аккумуляции



Слои:
1,2,3,5,6 – селевые,

0,3а,4,7 – почвенно-растительные,
5а – не определен

АНАЛИЗ СЛОЕВ СЕЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ позволил выделить 5 крупных для данного селевого бассейна селевых событий.

РАДИОУГЛЕРОДНЫМ МЕТОДОМ определено время гибели дерева кедра (Ивановский, 1993), древесный образец которого найден между двумя селевыми слоями на глубине 1,3 м. На основе этого датировано одно из селевых событий.

Описания разрезов сделаны к.г.н. А.С. Кузнецовым

III. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: дендрохронологические

1) отбор деревьев с внешними нарушениями на конкретных участках склона;
2) картирование деревьев с разными типами нарушений;

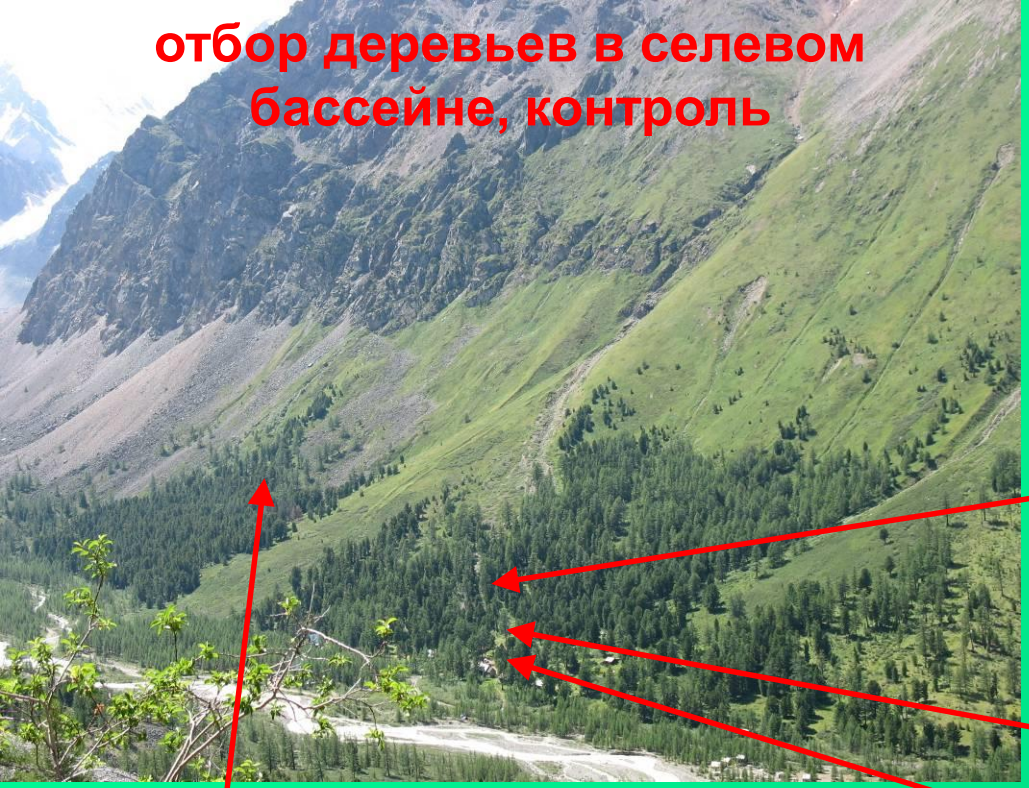
3) учет различных типов нарушений;

4) Вид древесного образца и высоту его взятия на стволе дерева;

5) Учет количества травмированных и нетравмированных (контроль) деревьев, необходимых для исследования

отбор деревьев в селевом бассейне, контроль

Зона грязекаменного потока (крупнообломочная фракция)



Зона грязевого потока (глинистая фракция)

контроль

Свободнорастущие

Группы

внешние признаки воздействия событий у деревьев

Травмы на стволе

Облом нижних ветвей

Слом ствола под основание

Погребение основания ствола

Обломы верхней части ствола и кроны

Замещающая сломанную вершину ветвь

IV. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1) Подготовка и измерение собранных древесных образцов;
2) Перекрестное датирование древесно-кольцевых серий;

3) Датирование различных видов механических повреждений;

4) Выявление и датирование ростовых реакций;

5) Нормирование и анализ хронологий радиального прироста;

6) Определение возраста деревьев и времени появления их основных генераций

IV. Лабораторные исследования.

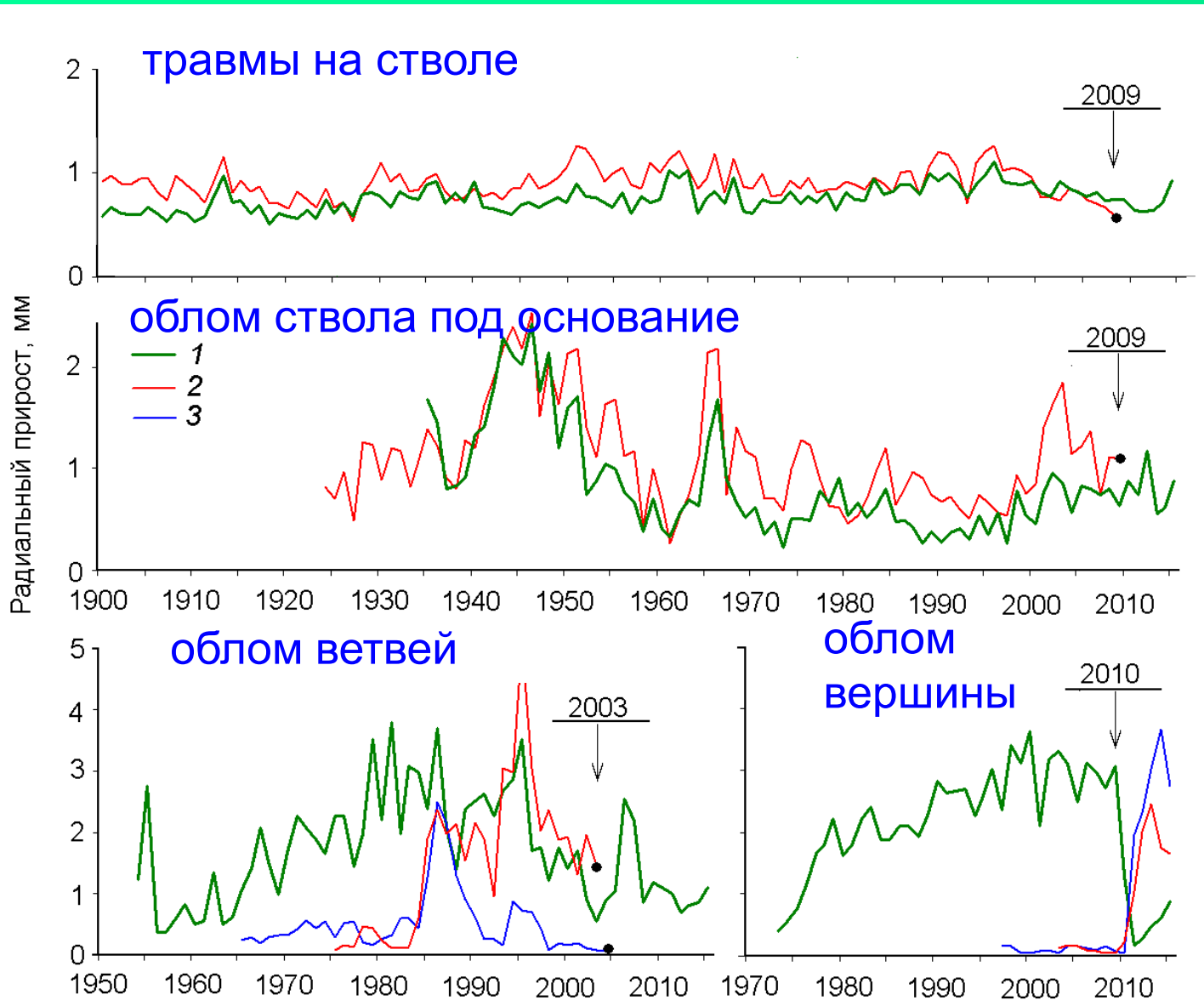
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ:

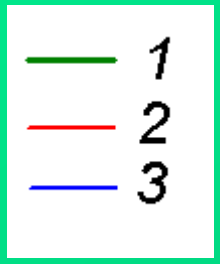
Методы подготовки и измерения древесных образцов являются стандартными и описаны в литературе (Шиятов и др., 2000 и др.).

ДЕНДРОИНДИКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ:

1) травматическая (определение времени нанесения травмы дереву)
2) дендрометрическая (изменение относительной величины радиального прироста)
3) возрастная (время появления основных генераций древесных видов)
4) деформационная (эксцентричность роста ствола)
5) анатомическая (повреждения структуры годичных колец)

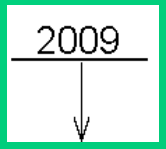
ТРАВМАТИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ: синхронизация радиального прироста ствола и ветвей травмированных деревьев с приростом нетравмированных





1 - контроль

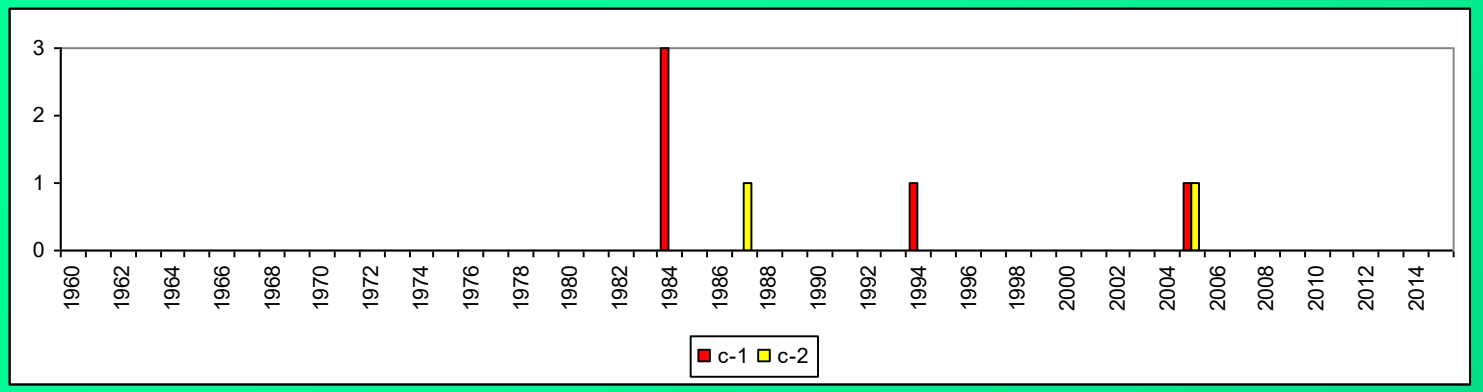
2-3 - с травмами



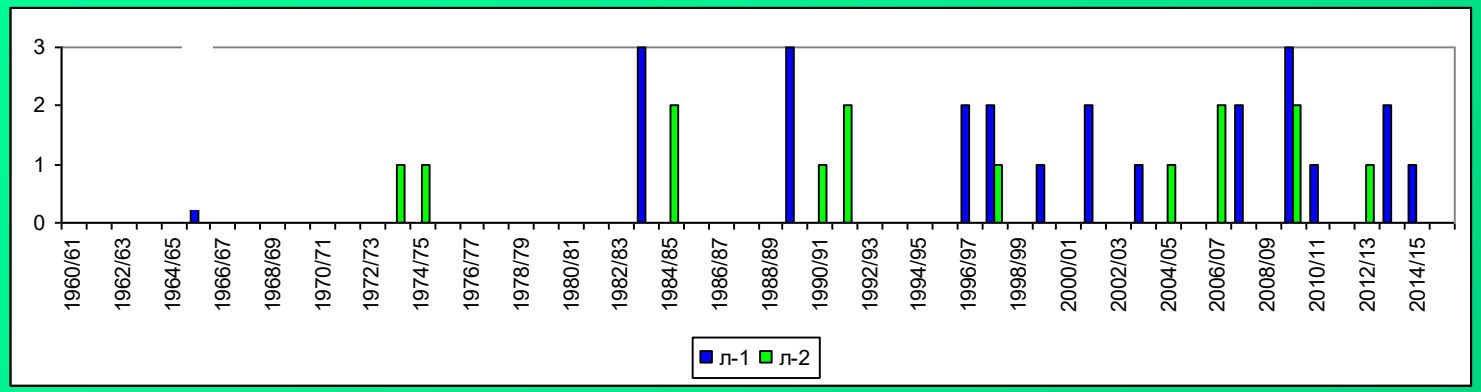
- последний год роста ствола перед травмой

ТРАВМАТИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ: результаты

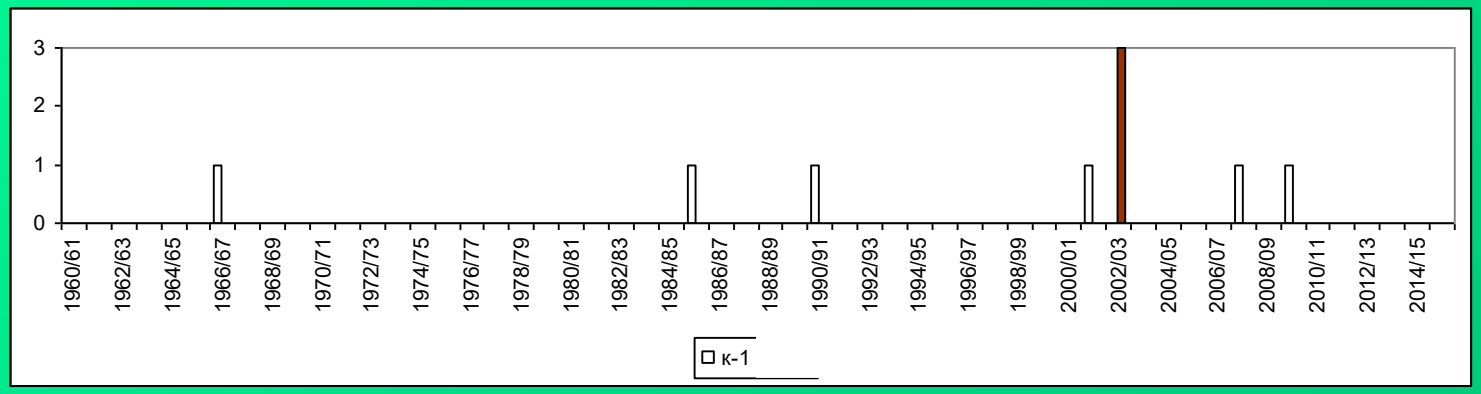
Балловая оценка события



сели



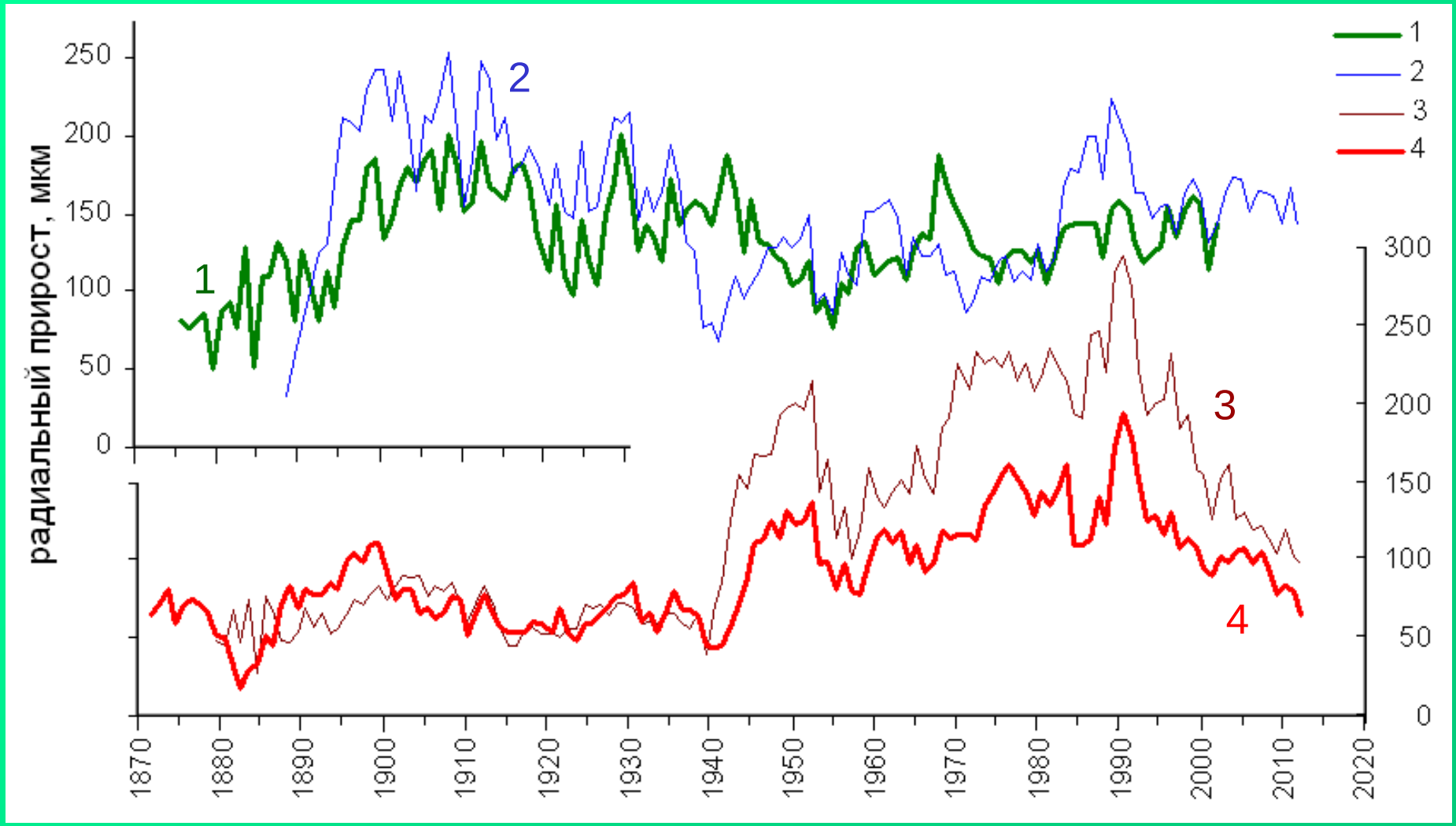
лавины



камнепады - / землетрясения (2003 г.)

Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. Геоэкология. …2017, № 4. С. 35-47.

ДЕНДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ: Изменения радиального прироста в селевом бассейне



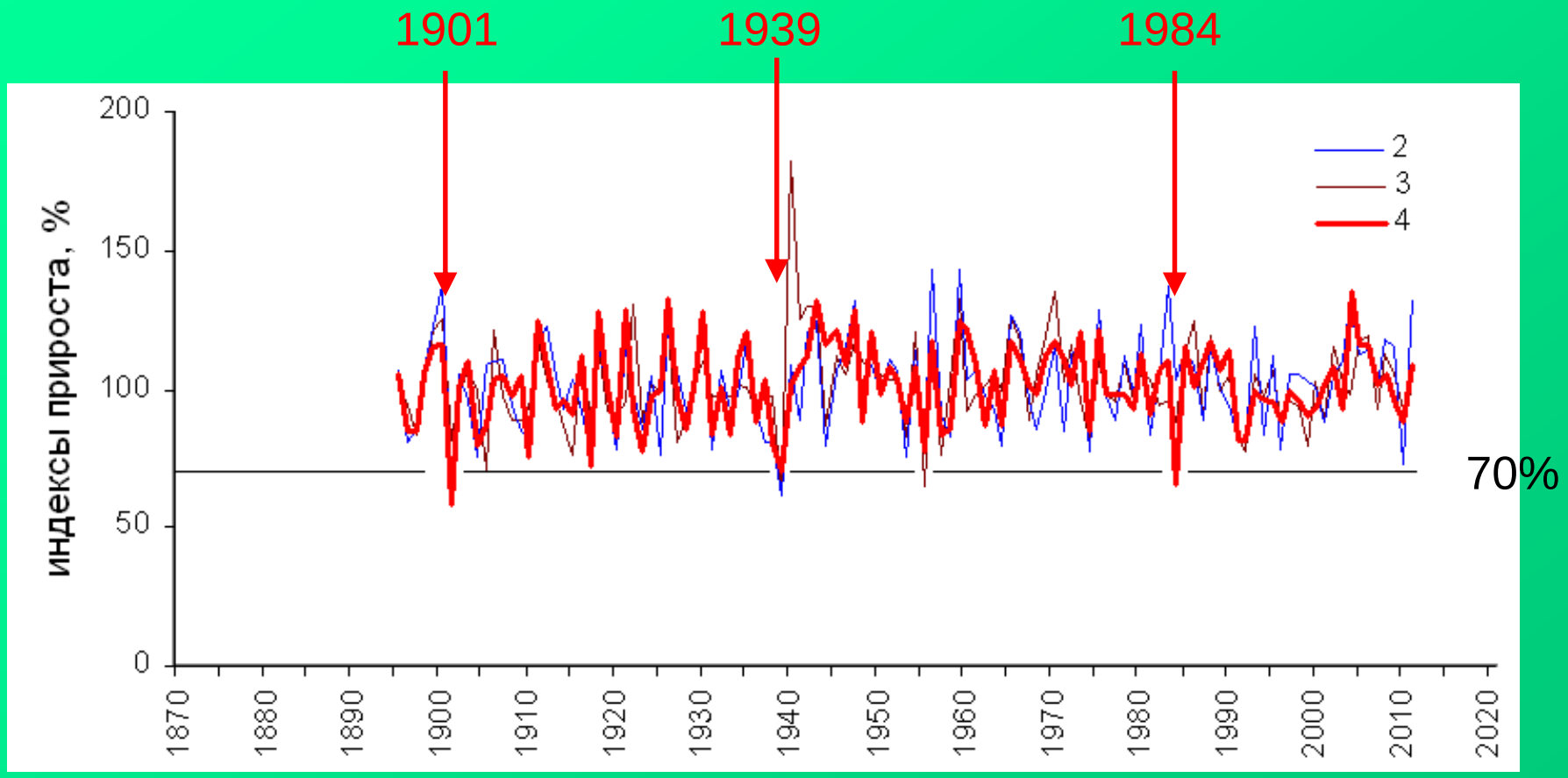
1 – контроль, 2 – грязевый поток: свободнорастущие деревья,

3 – грязевый поток: биогруппы деревьев, 4 – грязекаменный поток

ДЕНДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ: датирование по относительным изменениям радиального прироста

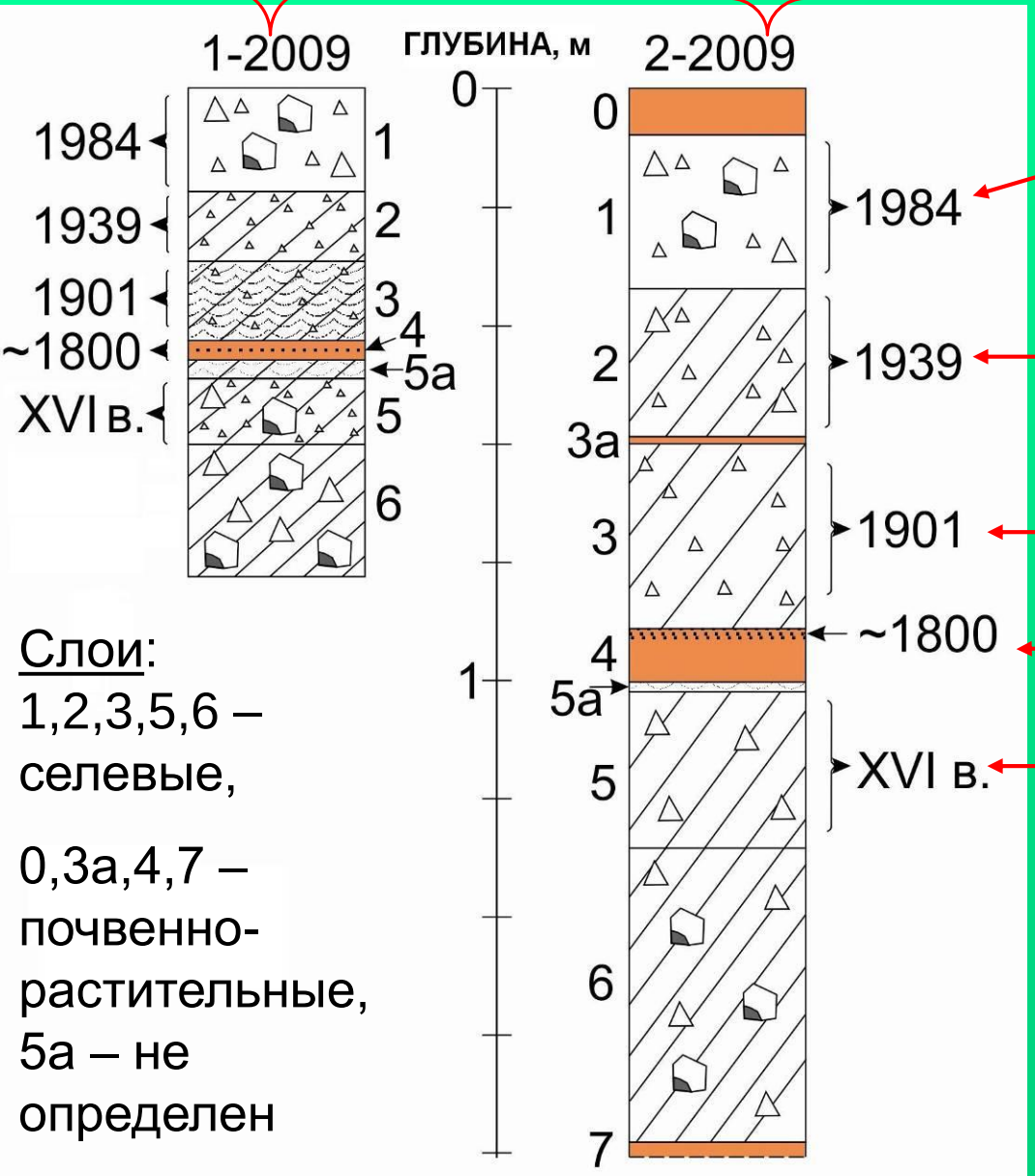
$$I = \frac{A_n/A_{n-1}}{B_n/B_{n-1}}$$

где A, B – радиальный прирост n и n-1 года у травмированных (A) и нетравмированных (B) деревьев



1 – грязекаменный поток, 2, 3 – грязевый поток: 2 (биогруппы деревьев), 3 (свободнорастущие деревья)

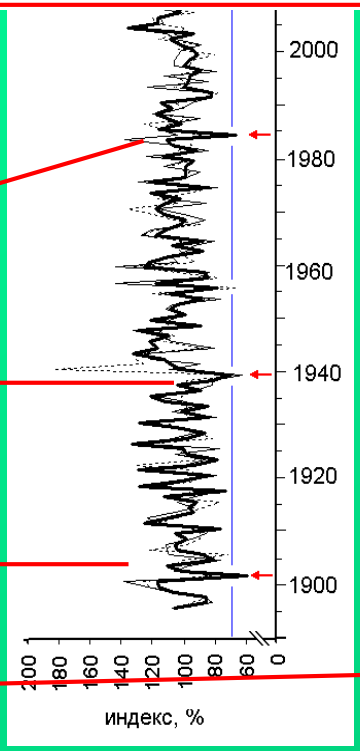
Н.ч.зоны транзита - зона аккумуляции



Слои:
1,2,3,5,6 – селевые,

0,3а,4,7 – почвенно-растительные,
5а – не определен

дендрометрическая индикация



возрастная индикация

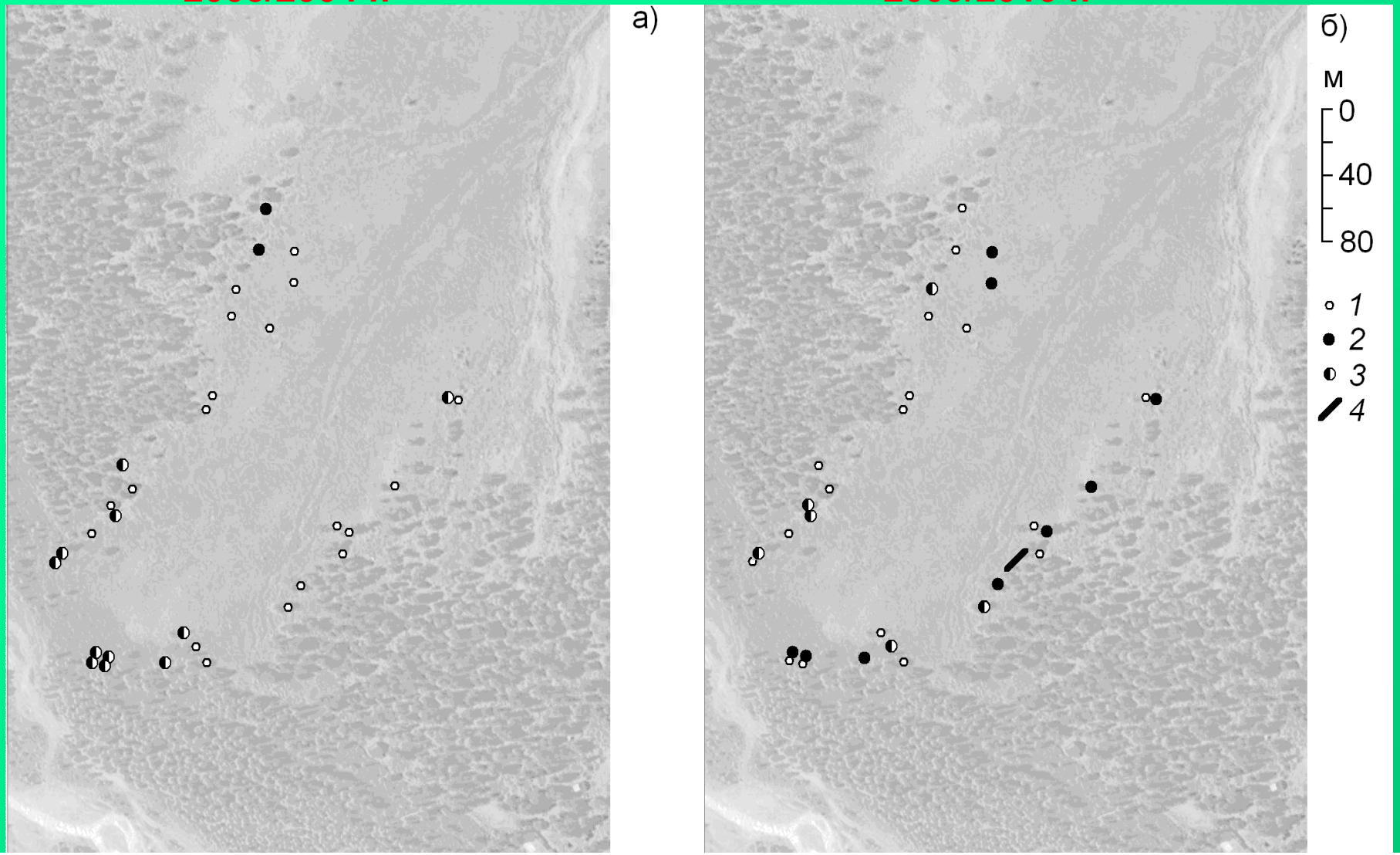
радиоуглеродное датирование

ДАТИРОВАНИЕ СЕЛЕЙ И ЛАВИН В СЕЛЕВОМ БАССЕЙНЕ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Годы	Метод оценки						Местоположение		Событие	
	1	2	3	4	5	6	А	Б	вид	размер
2017	+	+а	+а	~а	–	–	∨	–	лавина (конец мая)	1
2016	+	–	–	–	–	–	∨	–	лавина (конец мая)	0
2013	+	–	–	–	–	–	∨	–	лавина (начало июня)	0
2005	–	+б	–	–	–	–	∨	–	сель	1
1994	–	+б	–	–	–	–	∨	–	сель	1
2017-1985	–	–	–	–	–	∨г	–	∨	селевое затишье	–
1984	+	+б	+б	~а	–	∨в	∨	∨	сель (24 июня)	3
1939	–	–	+б	–	–	∨в	∨	∨	сель	3
1938~1902	–	–	–	–	–	∨г	–	∨	селевое затишье	–
~1901	–	–	~б	–	–	∨в	∨	∨	сель	3
1900~1601	–	–	–	–	–	∨г	∨	∨	селевое затишье	–
~1800	–	–	–	~б	–	∨д	∨	∨	пожар	–
?	–	–	–	–	–	∨е	∨	∨	не идентифицировано	3
~1600	–	–	–	–	~б	∨в	∨	∨	сель	3
?	–	–	–	–	–	∨в	∨	∨	сель	3
ранее 1600	–	–	–	–	–	∨гд	–	∨	пожар, селевое затишье	–

Методы: 1 – непосредственные наблюдения, 2 – травматическая, 3 – дендрометрическая и 4 – возрастная дендроиндикации, 5 – радиоуглеродное датирование, 6 – анализ слоев селевых отложений. **Деревья**: а – молодые (подрост), б – взрослые (древостой). **Слои отложений**: в – селевые, г – почвенно-растительные, д – с углями, е – не идентифицированные. **Наличие события и точность его датирования**: ? – дата не установлена, + с точностью до года, ~ приблизительное, – событие не зафиксировано, ∨ – зафиксированное событие. **Местоположение**: А – нижняя часть зоны транзита, Б – зона аккумуляции

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ: лавины



Деревья: 1- без реакции, 2 – травмированные, 3 – с ростовой реакцией, 4 – травмированный подрост

ДАТИРОВАНИЕ ЛАВИН В ЛАВИННОМ КОМПЛЕКСЕ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

Зимний период, год	Метод оценки			Местоположение травмированных деревьев на конусе				Размер события
	1	2	3	верх	середина	низ	положение от оси	
2016/17 (конец мая)	+	–	–	∨	–	–	–	1
2014/15	–	+	–	∨	–	–	–	1
2013/14	–	+	–	–	∨	–	справа	2
2010/11	–	+	–	∨	–	–	–	1
2009/10 (31 декабря)	+	+	–	–	–	∨	слева	3
2007/08	–	+	–	–	∨	–	справа	2
2003/04	–	+	–	∨	–	–	–	1
2001/02	–	+	–		∨	–	слева	2
1997/98	–	+	–	∨	–	–	–	1
1996/97	–	+	–	–	∨	–	слева	2
1989/90	–	+	–	–	–	∨	–	3?
1983/84	–	+	–	–	–	∨	–	3?
1965/66 (весна)	+	–	~	–	–	∨	справа	3

Методы: 1 – непосредственные наблюдения, 2 – травматическая и 3 – возрастная дендроиндикации.

Точность датировки геоморфологических событий травматической индикацией составляет 1-2 года, дендрометрической – 1 год, анатомической – сезон, возрастной – приблизительная (десятилетие и больше), деформационной – от 1 до нескольких лет.

Для оценки быстроразвивающихся процессов (сели, лавины) в качестве основных подходят травматическая и дендрометрическая индикации, дополнительных – возрастная и деформационная. Анатомическая индикация требует дополнительной проверки для условий континентального, как в верховьях р. Актру, климата.

Датировка события считалась надежной, если она подтверждалась по нескольким деревьям и при совпадении результатов, полученных разными дендроиндикационными методами, например.

Использование комплекса методов позволяет минимизировать эти ограничения.

Николаева Светлана sanikol1@rambler.ru

Савчук Дмитрий savchuk@imces.ru