

### Введение

Объекты исследования: 1. Снежный покров.

2. Лавина

Вопрос: лавина это объект или процесс?

#### Лавинная геосистема

Массив горных пород

Лавиносбор

Метеорологические условия территории

Снежный покров

Лавина

Лавинные отложения



# Иерархия подсистемных уровней в лавинной геосистеме

Компонента геосистемы			Фаза эволюции	
Система	Подсистема	Отображение	геосистемы	
Лавинная	Геолого-	Лавиносбор		
геосистема	геоморфологическая			
	Литологическая	Снежный слой	Формирования	
		Снежная толща	Неравновесная	
		Лавина	Динамическая	
		Лавинные	Pulpowgould	
		отложения	Вырождения	

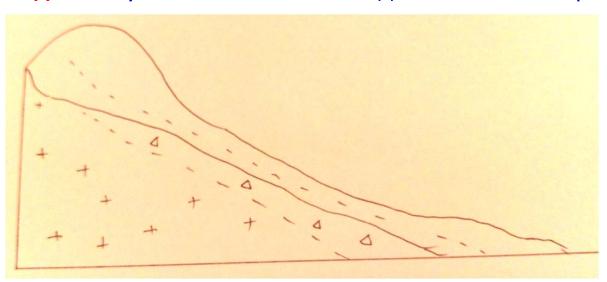
## 1. Эволюция лавиносбора

Увеличение площади

Увеличение длины

Увеличение глубины вреза.

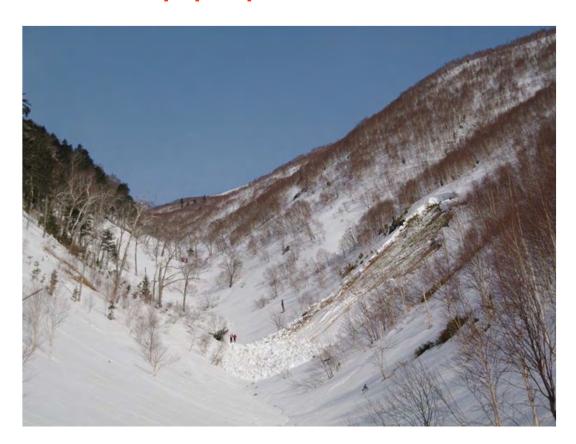
Следствие: увеличение объёма и динамических параметров лавин



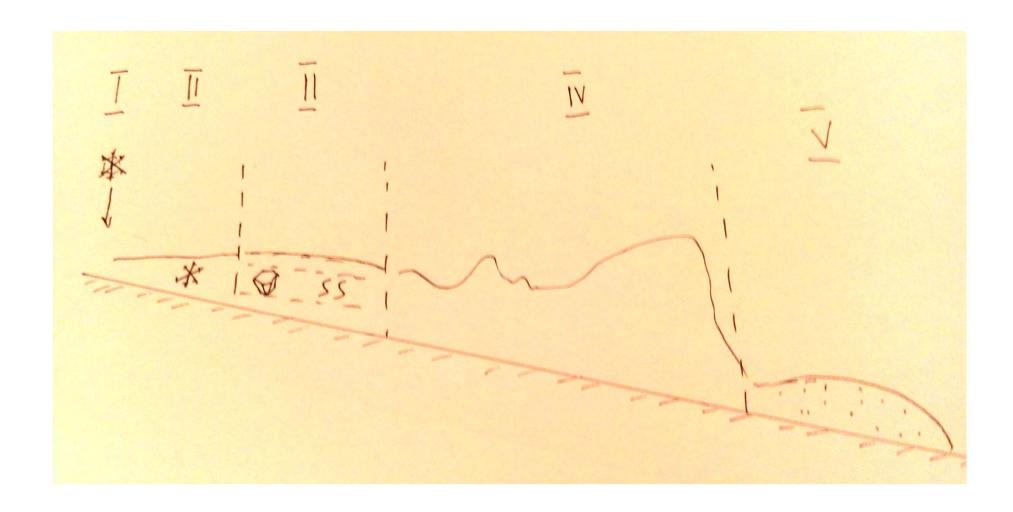
# Фазы единого непрерывного процесса развития литологической компоненты лавинной геосистемы

Седиментация снежной толщи диагенез снежной толщи отрыв лавины движение лавины

остановка лавины и формирование лавинных отложений



# Фазы лавинного процесса



## Фазы лавинного процесса

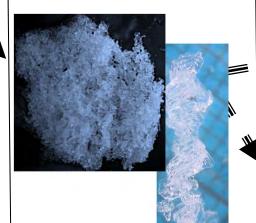
Фаза формирования



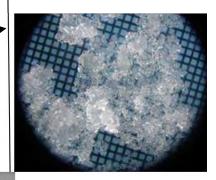
Неравновесная фаза

Динамическая фаза

Статическая фаза



Динамический xaoc



структуры

Тип диссипативной Пространственнонеоднородная структура

Временная периодическая структура селя Вырождение системы



# Проблема

Физические модели лавинного процесса, позволяющие адекватно описать лавину - удовлетворительных не существует

Математические модели - основаны на идеальных математических либо эмпирических представлениях, сильно упрощающих реальную картину

Описание лавины - большая степень приближённости.

По этим причинам значения динамических характеристик лавин (особенно, дальности выброса лавин), рассчитанные по существующим моделям, оказываются сильно заниженными по сравнению с реально наблюдаемыми характеристиками.

# От типа применяемой модели зависит расчёт характеристик лавин:

- дальность выброса лавины;
- скорость лавины;
- давление лавины.



# Основные группы моделей лавины

- Гидродинамические
- Гравитационные
- Материальной точки
- Нелинейные волновые



### Сомнения

#### 1) Гидродинамические модели

Динамика лавины - сильно отличается от динамики потока жидкости. Коэффициенты *кинетического* и *турбулентного* трения: приняты из гидрологии и гидродинамики, не соответствуют трению лавины и определяются субъективно.

Проблема: эмпирические коэффициенты

Коэффициент турбулентного трения, С

Подстилающая поверхность в зоне транзита	ζ, <b>м/с</b> ³
Ровный снежный покров на открытом склоне с постоянным уклоном	1200-1600
Открытый безлесный склон	750
Открытый склон со скалами и кустарником	500
Ложбина	400-600
Поверхность с валунами и ложбинами	300
Лес	150

#### Коэффициент кинетического трения, µ

Скорость лавины, м/с	μ
> 50	Не учитывается
30 - 50	0,1 - 0,15
≤ 30	0,2-0,3

# Сомнения

# 2) Гравитационные модели Приемлемы для:

- описания небольших лавин, движущихся по коротким крутым склонам;
- описания первой фазы движения лавин твёрдого метелевого снега.

# Сомнения

# 3) Модели материальной точки

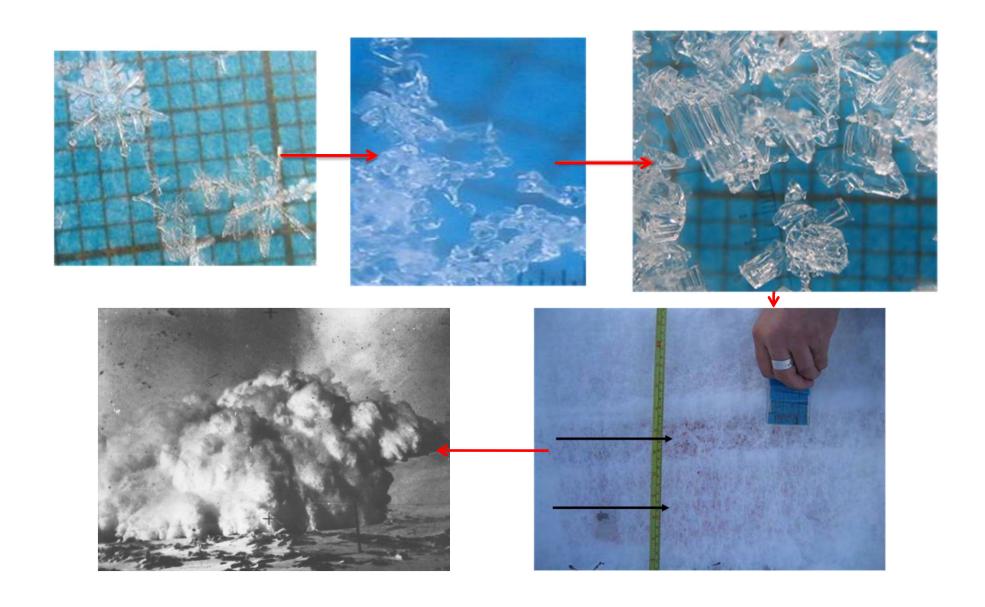
Крайне упрощённое представление.







# Проблема: перекристаллизация снежной толщи

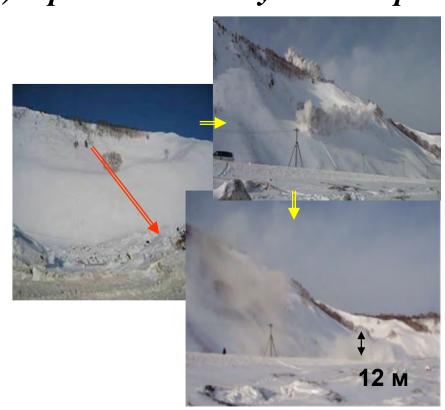






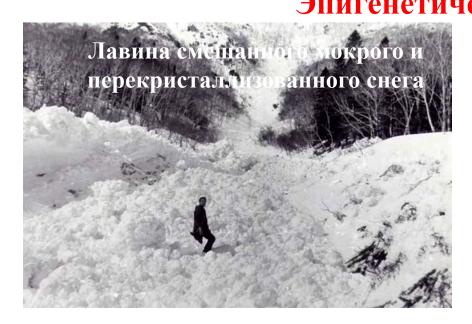
# Генетические классы лавин: разная динамика

- лавины нового снега;
- лавины мокрого снега;
- лавины перекристаллизации снежной толщи:
- 1)сухого старого и нового снега;
- 2)сухого старого снега;
- 3)влажного (мокрого) верхнего слоя и сухого старого снега.



## Сингенетические лавины







# Главные проблемы:

- лавины разных генетических типов описываются одними и теми же моделями;
- использование эмпирических коэффициентов;

## По этим причинам:

динамические характеристики лавин (особенно, дальности выброса лавин), рассчитанные по существующим моделям, оказываются сильно заниженными по сравнению с реально наблюдаемыми.



# Пути решения?

Структурно-реологические типы лавин.

Лавины мокрого снега, свежевыпавшего снега, метелевого снега,

перекристаллизованного и смешанного снега

обладают разными структурно-реологическими свойствами и, соответственно, разной динамикой и должны описываться как разные объекты (процессы) — разными моделями.



### Генетические типы лавин по Н.А. Казакову

Генетический тип лавины	Плотность лавино- образующего снега, г/см <sup>3</sup>	Характер движения лавины	Макс. объём лавины, тыс. м <sup>3</sup>	Макс. дальность выброса лавины, м	Макс. скорость лавины, м/с	Преоблада- ющие про- цессы, определяю- щие генезис лавин
	I Генетическ	ий класс лавин: син	генетически	е лавины		
Метелевого снега (снежная доска)	0,20 - 0,50	Ламинарный Скольжение	5,0	400	30	Синоптичес- кие и
Снеготаяния (мокрого снега)	0,15 - 0,50	Ламинарный Вязкое течение	5,0	300	15	метеороло- гические
Свежевыпавшего снега	0,05 - 0,15	Турбулентный	10,0	500	40	процессы
	II Генетическ	кий класс лавин: эпи	<b>1</b> генетическі	ие лавины	•	•
Перекристаллизован-ного снега	0,22 - 0,38	Турбулентный Волновой процесс	>50,0	>1000	>80	Геофизи- ческие про- цессы в сне- жной толще
III Генетический класс лавин: полигенетические лавины						
Перекристаллизован-ного и сухого свежевыпавшего снега	0,25 - 0,35	Турбулентный Волновой процесс	>1400,0	3800	>80	Геофизиче- ские про-
Перекристаллизован- ногои сухого метелевого снега	0,25 - 0,45	Турбулентный Волновой процесс	>1000,0	>2000	>80	цессы в сне- жной толще; гидрометео-
Перекристаллизован-ного и мокрого снега	0,35 - 0,50	Турбулентный Волновой процесс	100,0	1200	50	рологичес- кие процессы

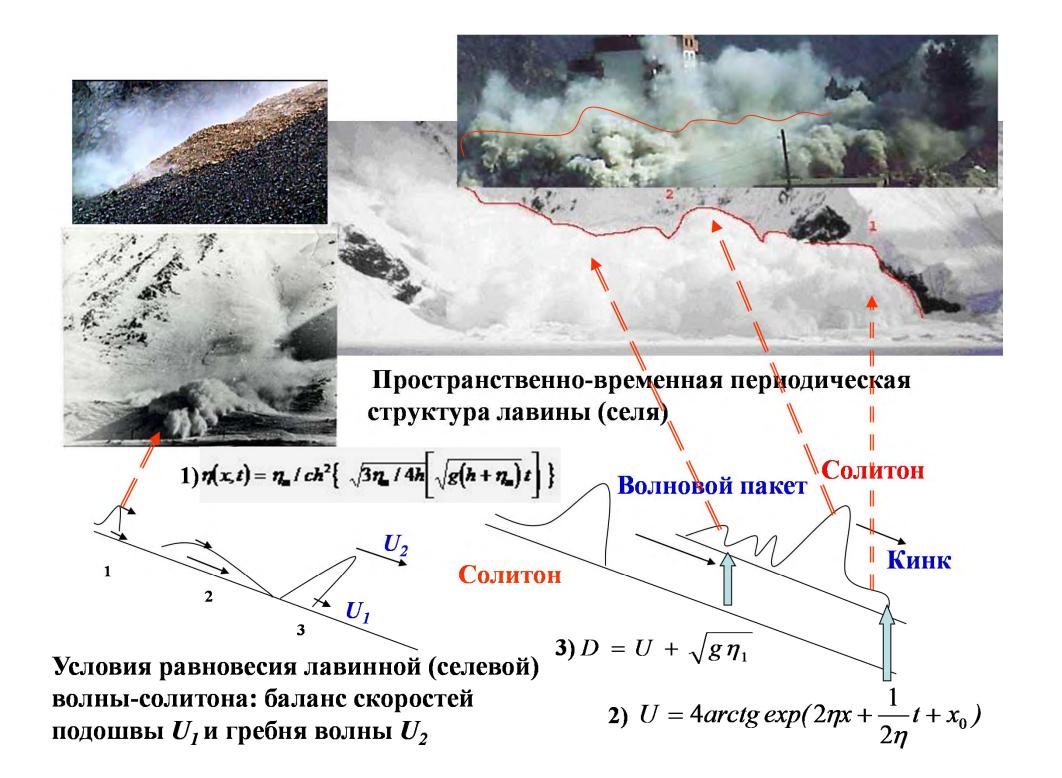
# Пути решения?

2) Описание лавины как процесса самоорганизации упорядоченных структур



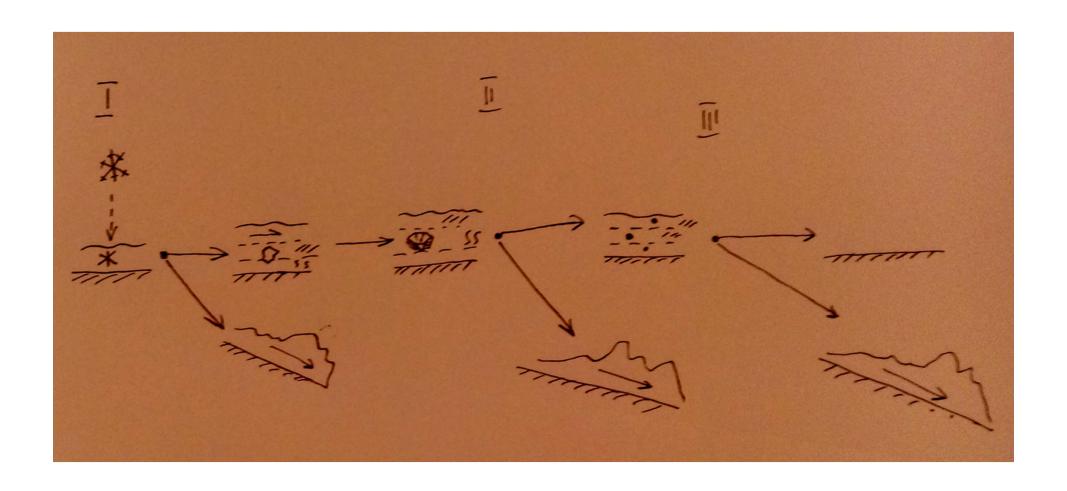
# Лавина как процесс самоорганизации упорядоченных структур

Генетический класс лавины	Тип движения	Тип волны	Начальные условия (тип структуры)	Тип структуры лавины
Лавина нового снега	Течение	Поперечная	Бесструктурный	Нет
Лавина перекристал- лизованного и смешанного снега	Волновой	Поперечная, продольная	Пространственн о-неоднородная и временная периодическая	Периодическая Пространст- венно- временная
Лавина мокрого снега	Вязкое течение	Поперечная	Бесструктурный	Нет





# Точки бифуркации системы

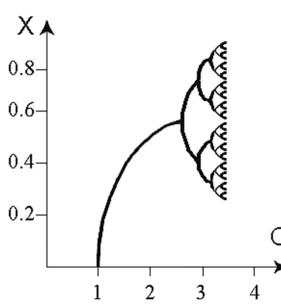


# Пути решения?

# 3) Описание лавинного и селевого процессов в рамках теории динамического хаоса

Логистическое уравнение М. Фейгенбаума, позволяющая описывать динамику развития системы

Xn+1=CXn(I-Xn)



#### Эволюция литологической компоненты лавинной (селевой) геосистемы



## Выводы

1. Эволюция лавинной геосистем - непрерывный процесс самоорганизации упорядоченных структур.

Каждую стадию эволюции геосистемы можно описать как подсистемный уровень в триггерной геосистеме, а смену состояний системы, обусловленную физическими процессами, происходящими внутри системы - как фазовые переходы с одного подсистемного уровня на другой.

Лавинный процесс как процесс самоорганизации упорядоченных структур представляет собой последовательность автономных стадий самоорганизации системы, при которых система переходит в одно из многих допустимых равновероятных состояний.

Финальное состояние эволюционирующей физической системы (литологостратиграфический комплекс снежного покрова и ПСМ): прекращение её эволюции при переходе в статическую фазу (формирование лавинных и селевых отложений), достигаемое через прохождение системы через состояние динамического хаоса (лавина).

Эволюцию лавинной и селевой геосисте как триггерных геосистемы можно представить как непрерывную смену равновесных и неустойчивых состояний.

2. Можно выделить 3 основных генетических класса лавин : эпигенетические, сингенетические, полигенетические.

Динамика лавин определяется, в первую очередь, их генетическим типом.

Каждый генетический тип лавин обусловлен сочетанием преобладающих в геосистеме совокупности физических, геологических и гидрометеорологических процессов, определяющих ведущие факторы образования данных типов лавин.

В образовании сингенетических лавин преобладающую роль играют синоптические и метеорологические факторы, а в образовании эпигенетических лавин – геофизические факторы или геофизические факторы в сочетании с синоптическими и метеорологическими.

