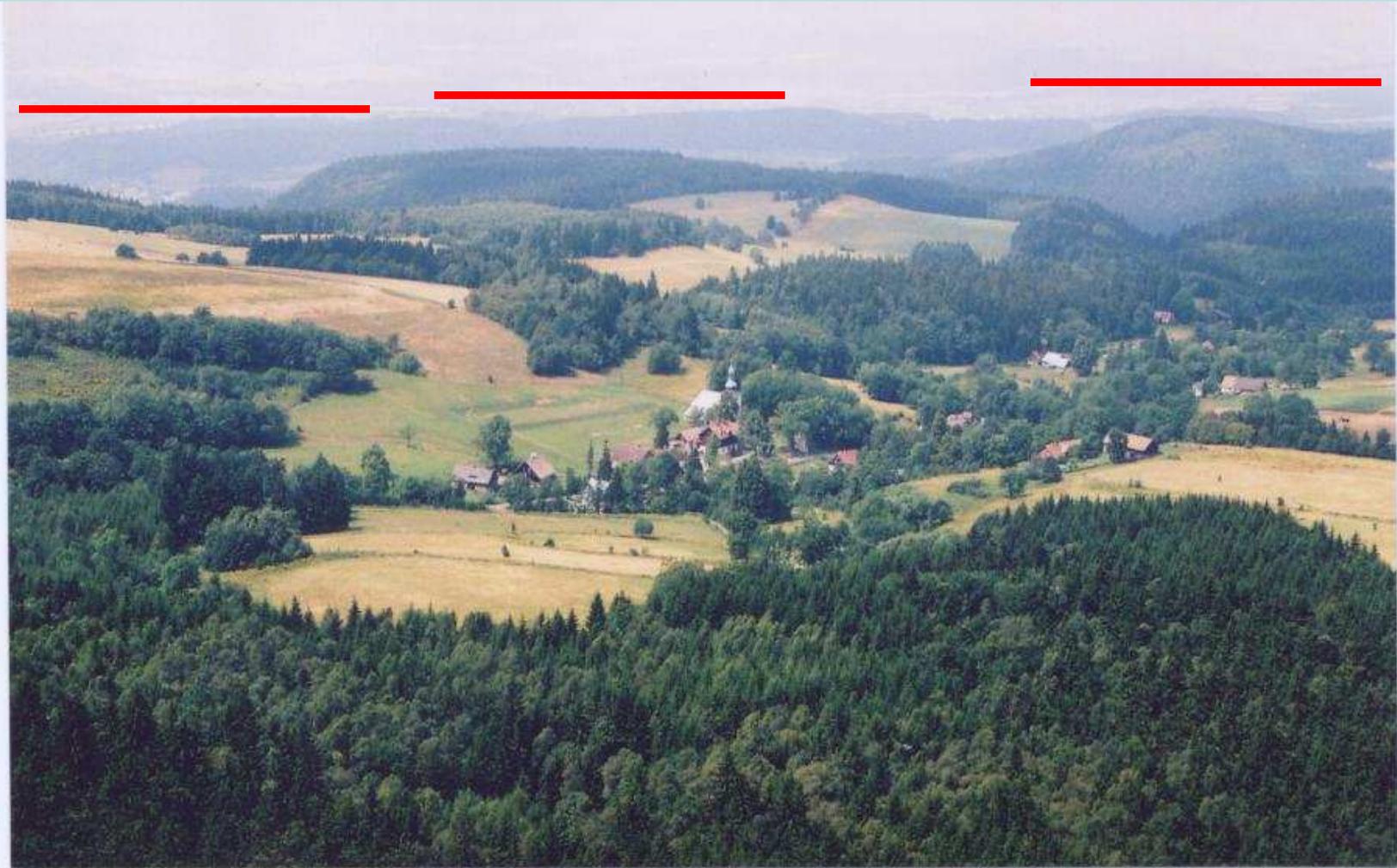


# ГОРИЗОНТЫ ГЕОГРАФО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

В.О.Таргульян, С.В.Горячкин,  
П.В.Красильников, А.О.Макеев

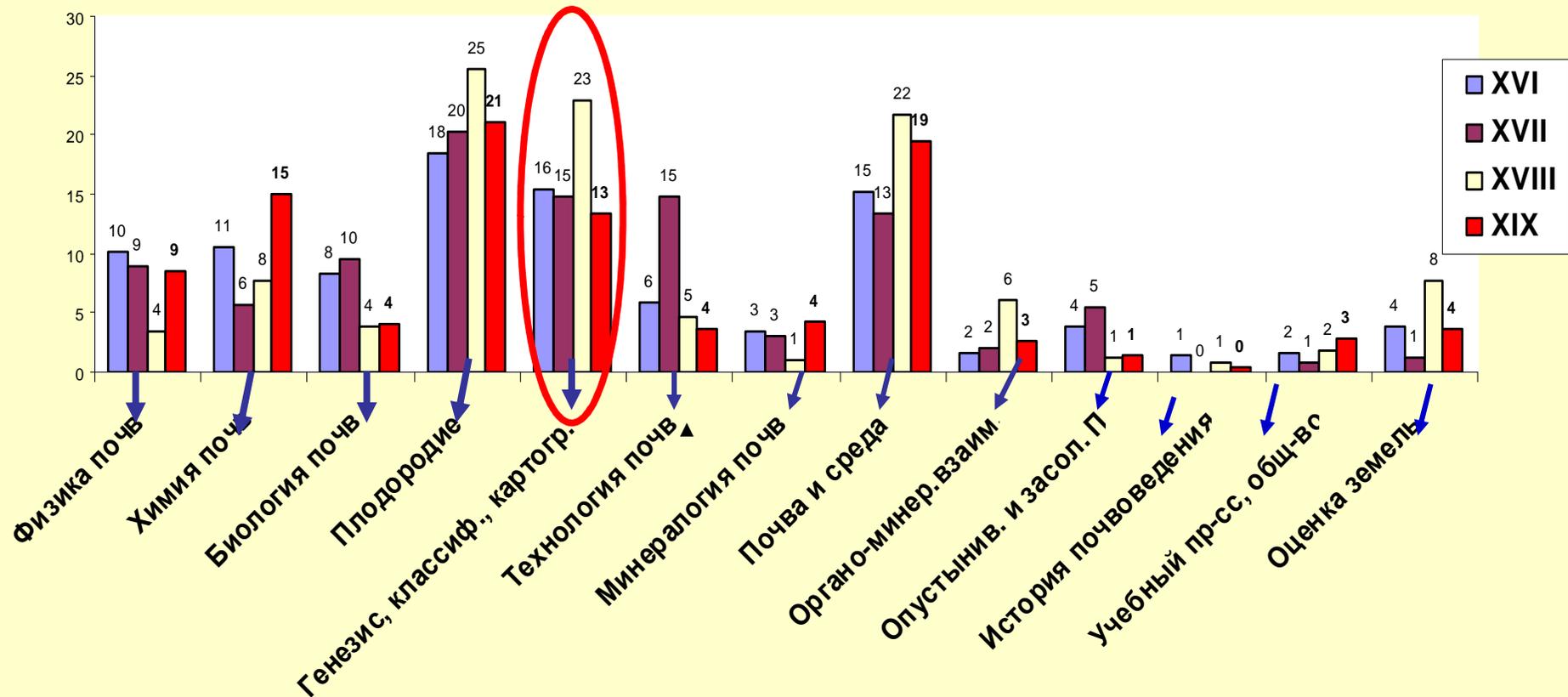


**Географо-генетическое почвоведение является единственным собранием теорий, концепций и гипотез, которые объясняют сам феномен возникновения и развития почв на биосферной планете.**

**Без этих знаний данные о функциях почв и их антропогенных изменениях – могут оказаться огромной кучей фактической информации не привязанной к фундаментальной науке.**

**Почему же тогда среди многих почвоведов, экологов, педометриков появляется мнение о том, что генетическое почвоведение - это устаревшее описательное и качественное знание, что в этих областях все уже известно, что это не наука, а искусство?**

# Тематика докладов по различным направлениям почвоведения в Монпелье (XVI Конгресс), Бангкоке (XVII), Филадельфии (XVIII) и Брисбене (XIX), %% от общего числа докладов



**ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЕ НАХОДИТСЯ В  
ПРИНЦИПИАЛЬНО ИНОЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
СРЕДЕ ПО СРАВНЕНИЮ СО ВРЕМЕНЕМ СВОЕГО  
ОСНОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЯДРА**

**ВНЕШНИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ**

**Научные**

**Технологические**

**Нелинейная динамика и синергетика  
("стрела времени")**

**Радиоизотопное датирование, AMS**

**Nanoscience, Geobiology, Surface science**

**Электр. микроскопия и микрозонды,  
томография и др.**

**Геоиконика и геоинформатика, фракталы**

**Дистанционные технологии  
(от космосъемки до георадара и др.)**

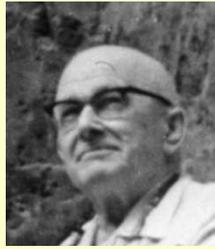
**Развитие смежных наук – геологии,  
биологии, географии, археологии и др.**

**Термол. и ОСЛ анализ, ДНК-анализ,  
логгерные технологии**

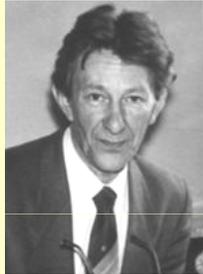
**Компьютерное моделирование**

# ВНУТРЕННИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ

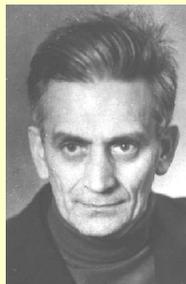
## отечественные



И.П.Герасимов А.А.Роде В.А.Ковда



М.А.Глазовская В.М.Фридланд Б.Г.Розанов



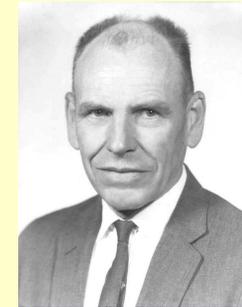
В.Д.Тонконогов Ф.И.Козловский И.А.Соколов

**и многие другие, ныне  
здравствующие и  
действующие**

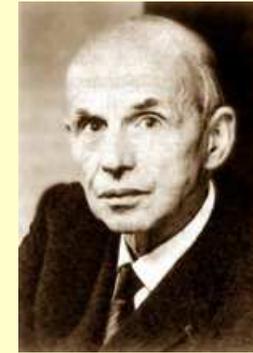
## зарубежные



Р.Саймонсон



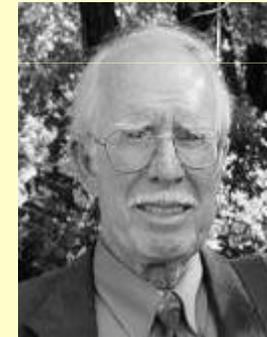
Г.Смит



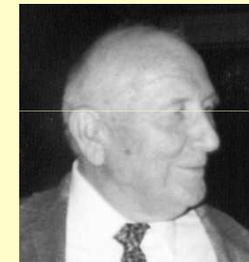
Х.Йенни



Р.Дюдаль



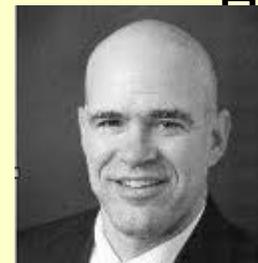
Д.Джонсон



Р.Арнольд



А.МакБратни



Д.Рихтер



Р.Шетцл



Дж.Филлипс

# ГЕОГРАФО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ГЕНЕЗИС

ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЕ  
И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ

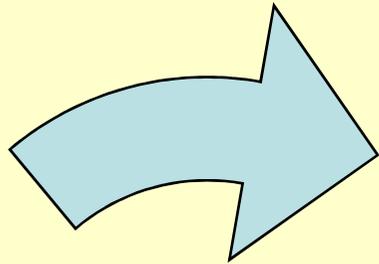
КЛАССИФИКАЦИЯ

ГЕОГРАФИЯ

# ГОРИЗОНТЫ

# ГОРИЗОНТ – ПОНИМАНИЕ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ РАЗВИТИЯ БАЗОВЫХ НАУК

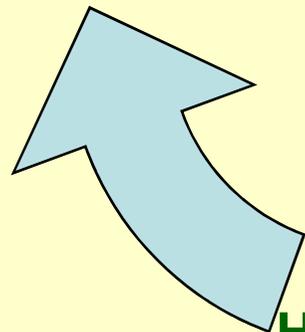
Концепция элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) – основа теории педогенеза – набор частных теорий и гипотез, объясняющий формирование и эволюцию почв во времени и разнообразие почв в пространстве



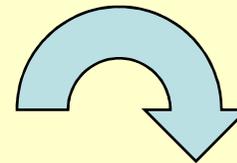
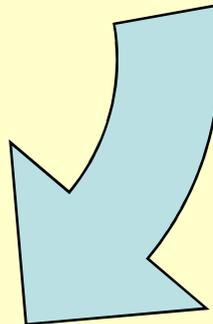
Начало ЭПП - механизм микропроцесса с образованием остаточного продукта

Промежуточные  
стадии цикла

Завершение  
цикла



Начало цикла



Незамкнутость цикла-  
образование остаточного  
твёрдофазного  
микропризнака

**ЭПП – это комбинация микропроцессов, определяющая механизм ЭПП (образование микропризнака) плюс траектория накопления и/или изменения признака во времени**

хар-стика признака

траектория признака во времени:  
накопление и изменение

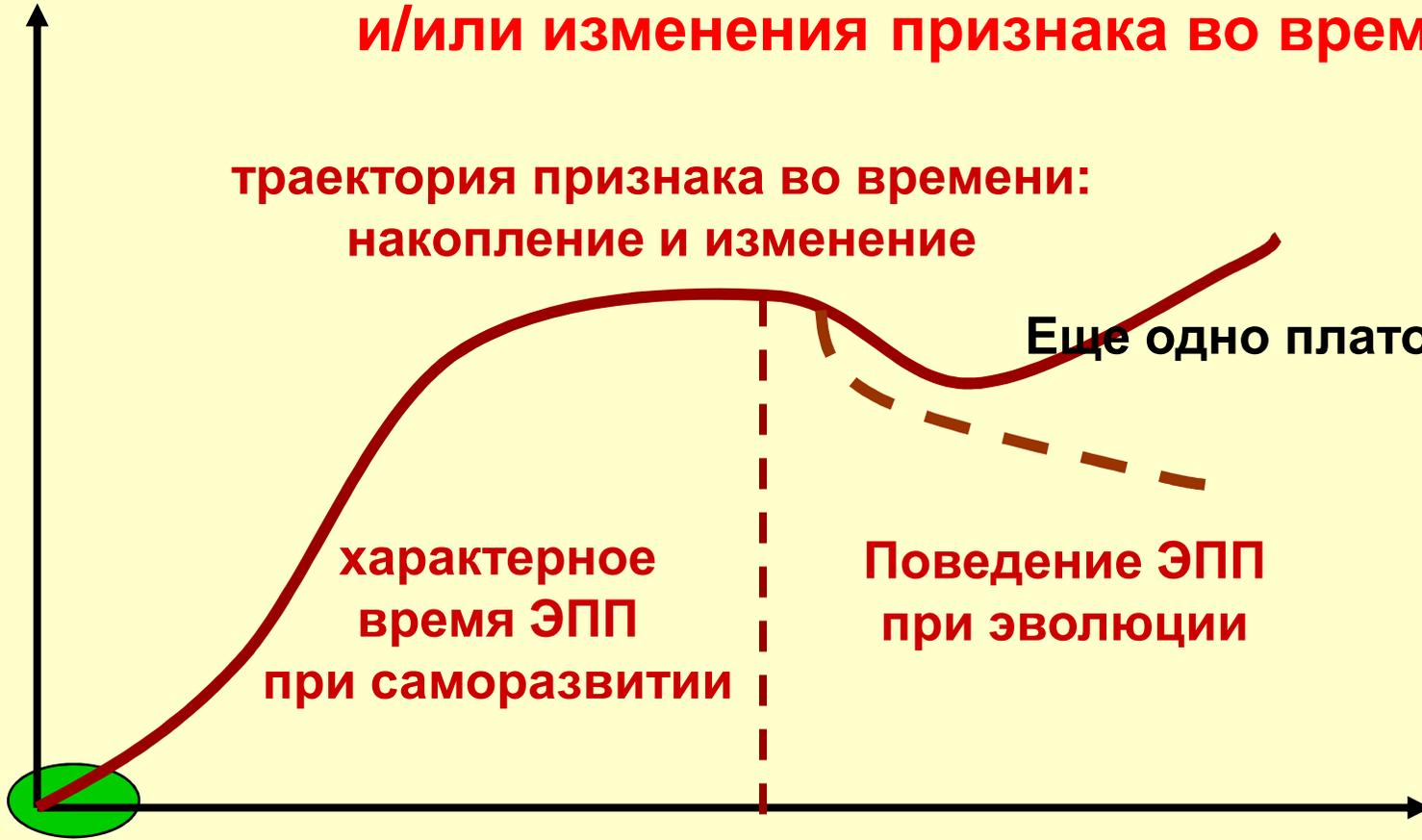
Еще одно плато

характерное время ЭПП при саморазвитии

Поведение ЭПП при эволюции

Микропроцессы->  
>механизм->  
микропризнак ЭПП

время



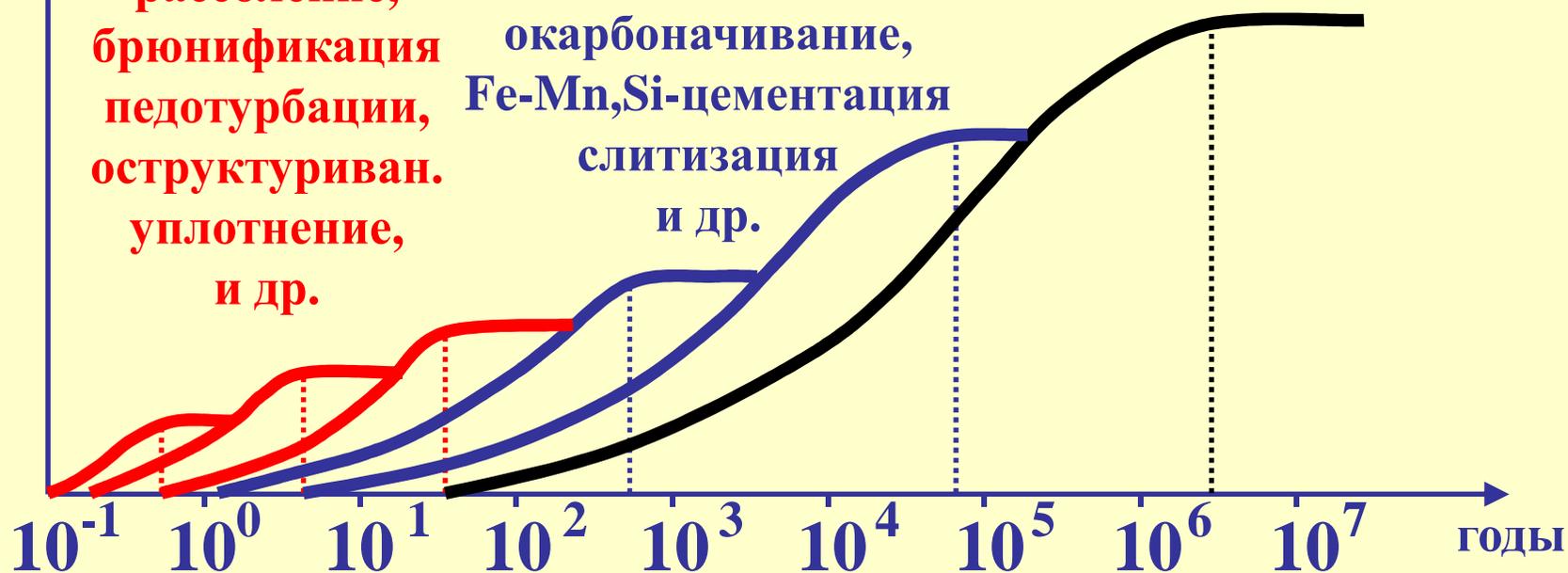
# Характерные времена элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП)

диагностич.  
признаки  
ЭПП

**Быстрые ЭПП**  
 $n \cdot 10^{-1} - 10^2$  лет:  
подстилкообр.,  
гумификация,  
замерз.-таяние,  
оглеение,  
засоление,  
рассоление,  
брюнификация  
педотурбации,  
оструктуриван.  
уплотнение,  
и др.

**Средне-скоростные  
ЭПП**  
 $n \cdot 10^3$  лет:  
гумусообразование,  
оподзоливание,  
лессиваж,  
андосолизация,  
ферсиаллитизация,  
окарбоначивание,  
Fe-Mn, Si-цементация  
слиитизация  
и др.

**Медленные  
ЭПП**  
 $n \cdot 10^4 - 10^6$  лет:  
фераллитизация,  
аллитизация,  
петро-  
цементация,  
сапролитизация



# Основные шаги в построении гипотезы об элементарном почвообразовательном процессе

Педогенный  
морфопризнак

морфоаналитическое  
исследование

Поиск объясняющих  
микрпроцессов

Понимание механизмов,  
формирующих морфопризнак

Определение временной

гипотезы,  
эксперименты,  
моделирование

**АППАРАТ ЭПП – ПУТЬ К АЛГОРИТМИЗИРОВАННОМУ И  
КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ЗНАНИЮ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ**

Построение гипотезы и моделей ЭПП  
на основе знания механизма и траектории

Экспериментальная, эмпирическая, математическая  
верификация гипотезы и моделей

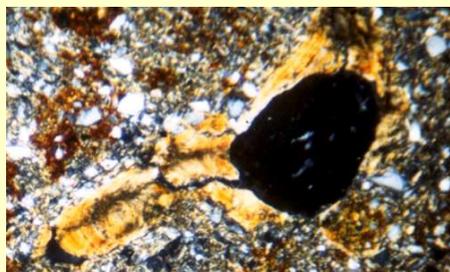
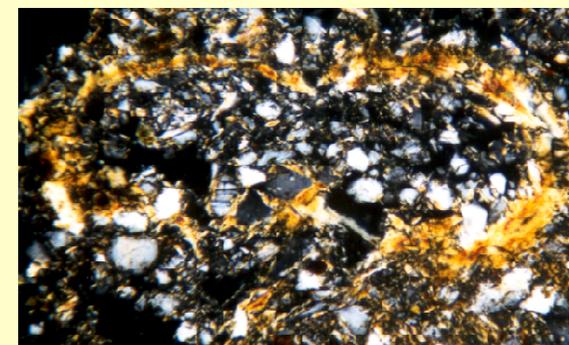
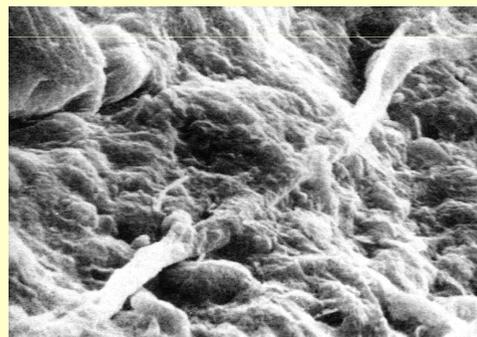
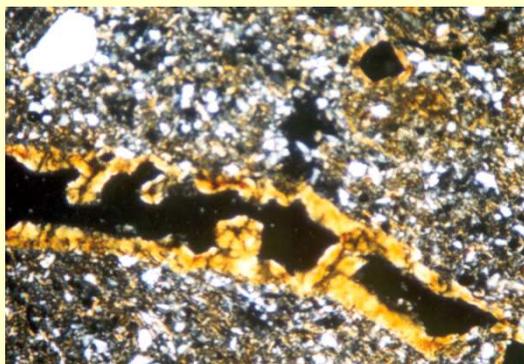
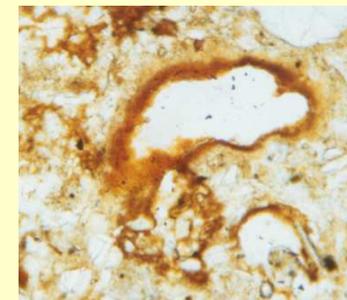
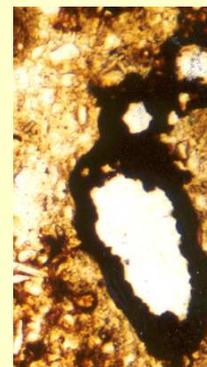
**Мы используем знания физики, химии,  
минералогии и биологии почв для построения  
генетических концепций**

**ОДНАКО**

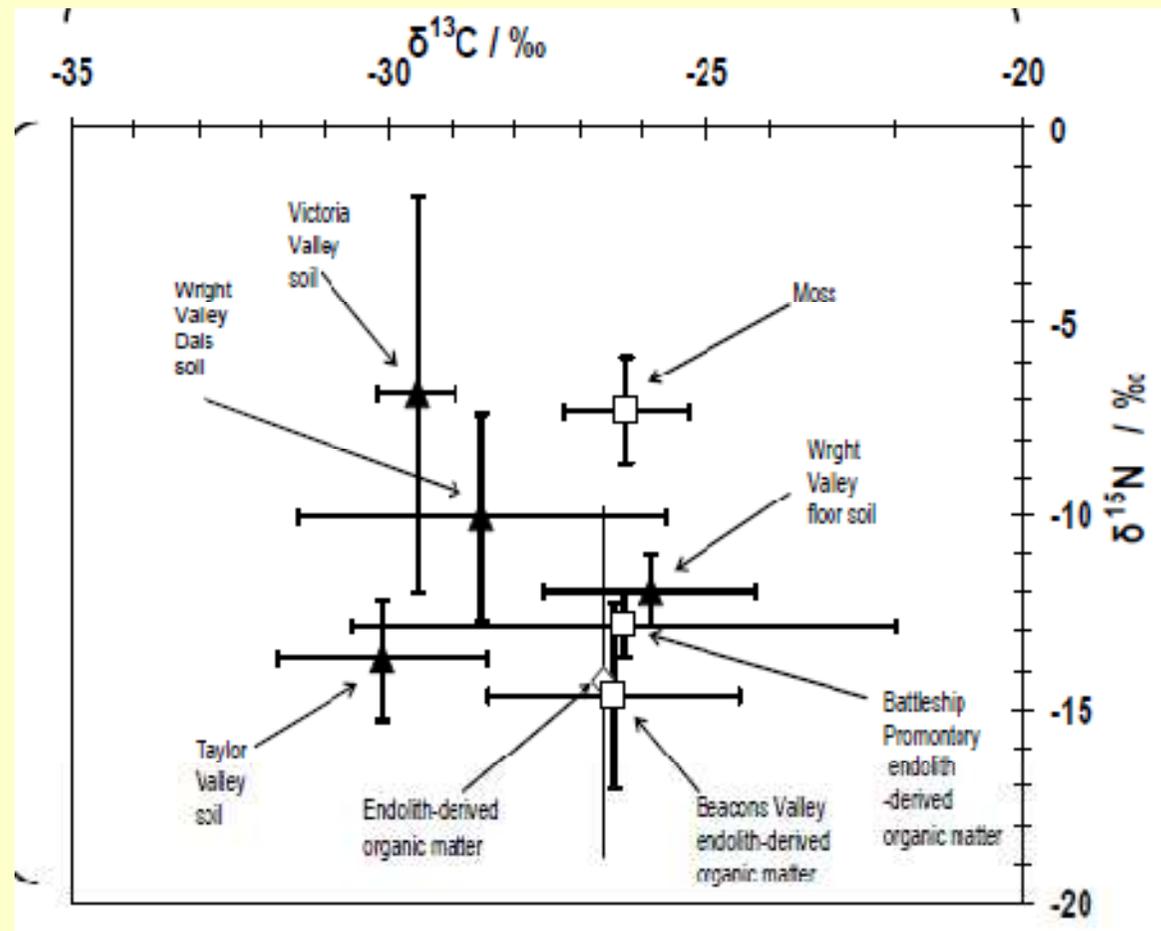
**используем их с 20-50-летним отставанием,  
несмотря на их иногда очень быстрое  
развитие в связи с изменением приборно-  
аналитической базы**

**Мы должны научиться объяснять ЭПП в  
терминах базовых наук на современном уровне  
их развития**

## Мезо- микро-, субмикро-, нано- уровни исследования



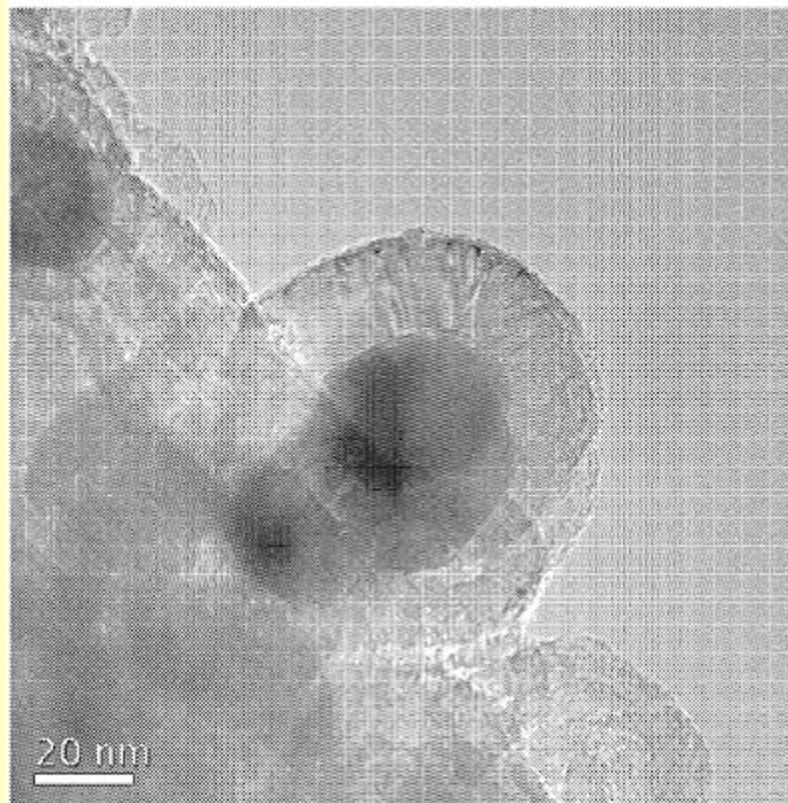
**Реконструкция процесса по составу и архитектуре твердой фазы**



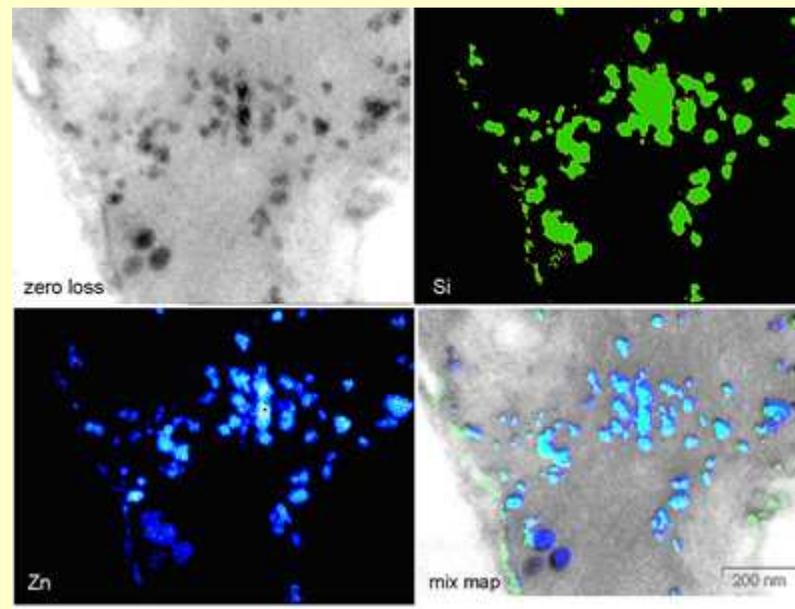
**Реконструкция источников вещества по составу стабильных изотопов и их соотношению – провенанс (provenance) почвенных компонентов**

**НАНОРЕВОЛЮЦИЯ В ФИЗИКО-ХИМИИ, ХИМИИ И МИНЕРАЛОГИИ –  
ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АТОМАРНОМ УРОВНЕ  
(Разрешение в ТЕМ до 0,047Нм).**

**КАК В НЕЕ ВПИСЫВАЮТСЯ «МИКРОПРОЦЕССЫ»  
ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ?**



**РАЗВИТИЕ ГЕОХИМИИ –  
ПЕРЕХОД ОТ ХИМИИ ОБРАЗЦА К МИКРОКАРТАМ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ (РАМАНОВСКАЯ  
МИКРОСКОПИЯ):  
ГОТОВЫ ЛИ ПОЧВОВЕДЫ АКЦЕПТИРОВАТЬ  
ЭТИ ЗНАНИЯ В ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ?**



## ГОРИЗОНТ - РАСШИРЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

**Редкие и недоисследованные естественные почвы**

**Антропо-техногенные почвы и почвоподобные тела (ППТ)  
– агроземы, городские почвы, отвалы, карьеры, свалки**

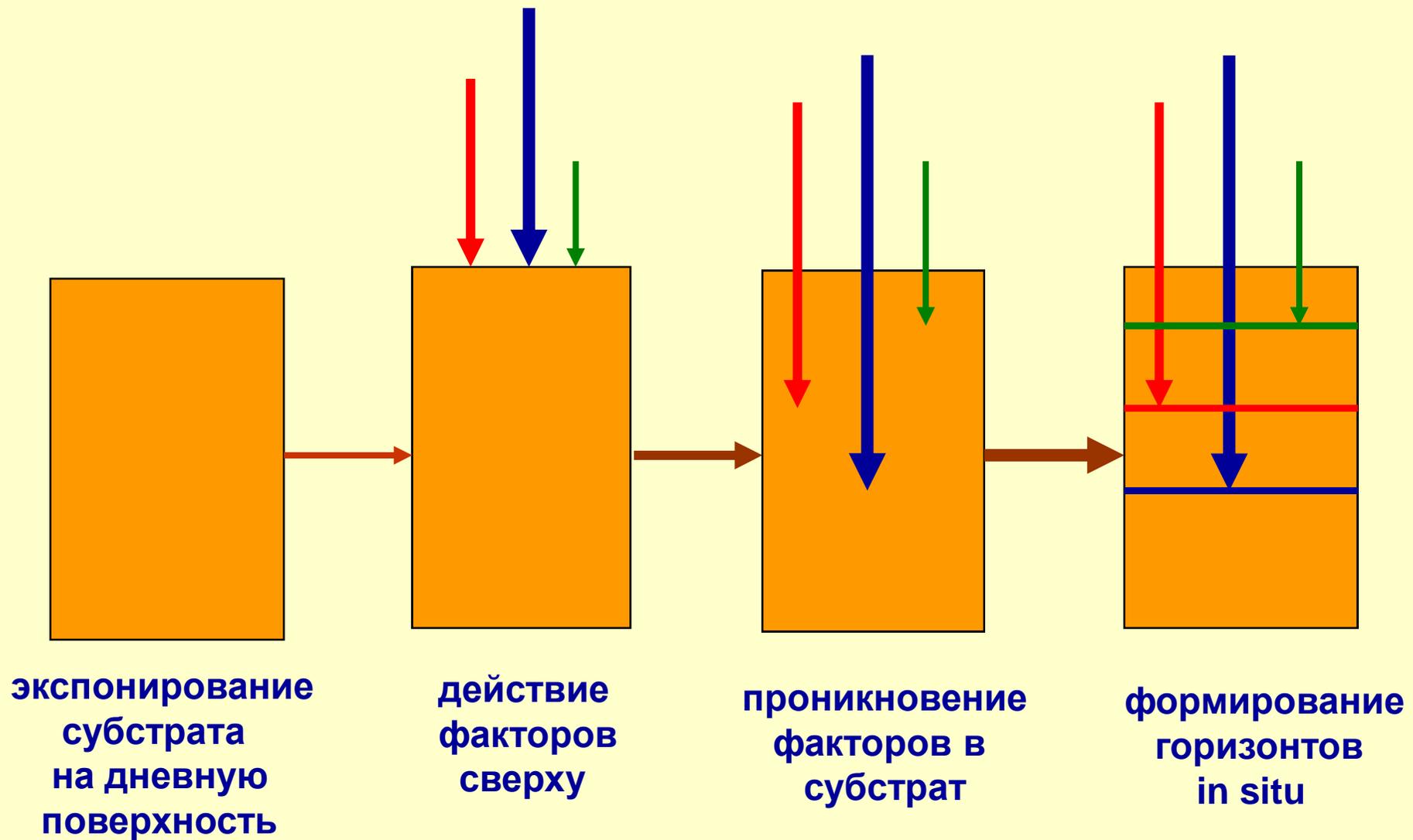
**ТРЕБУЮТ НОВЫХ МЕТОДОВ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**и мховыми лишайниками на скальных породах, ППТ в  
пещерах, криптоэндолитные ППТ Антарктиды**

**Подводные почвы морских и озерно-прудовых  
мелководий (в том числе плантации марекультур)**

**Внеземные реголиты планет земной группы: разделение  
на трансоны и ситоны, поиск ситонов – внеземных ППТ**

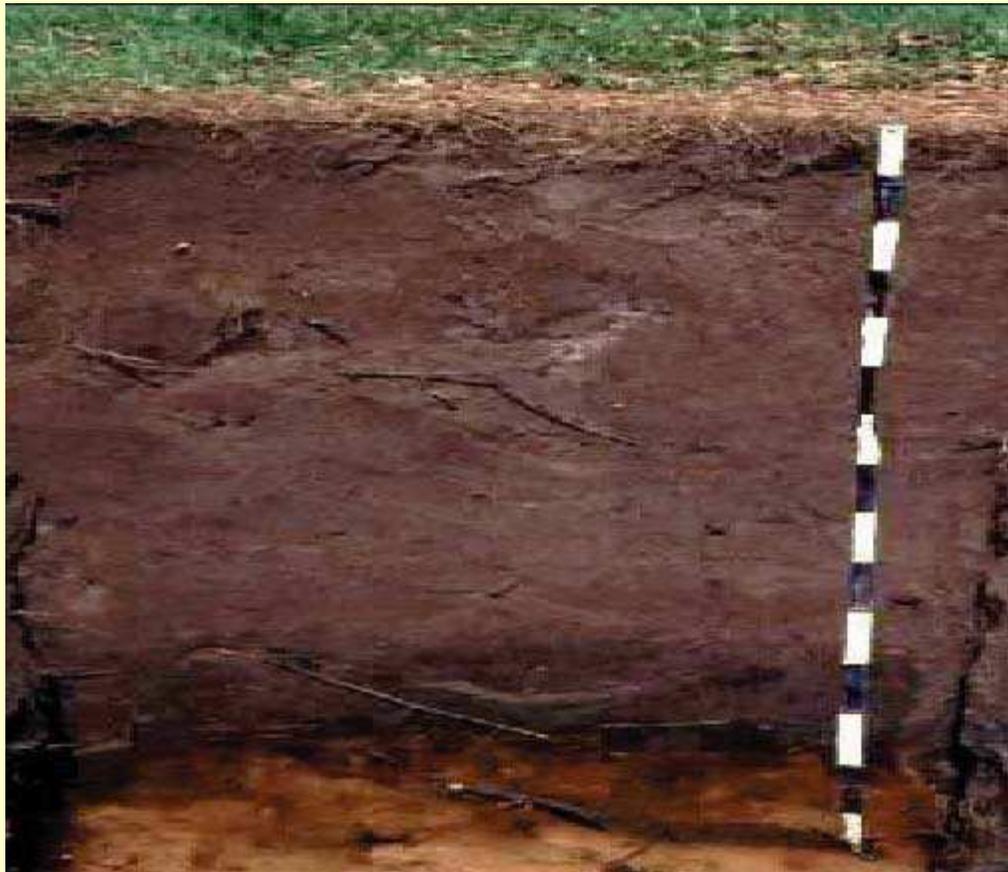
**Генерализованный докучаевский факторно-профильный инситный подход может прилагаться не только к почвам**



**Этот подход приложим и ко всем нетривиальным объектам Земли и других планет (ситонам)**

# АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ И ПОЧВОПОДОБНЫЕ ТЕЛА

Агрогенные и постагрогенные



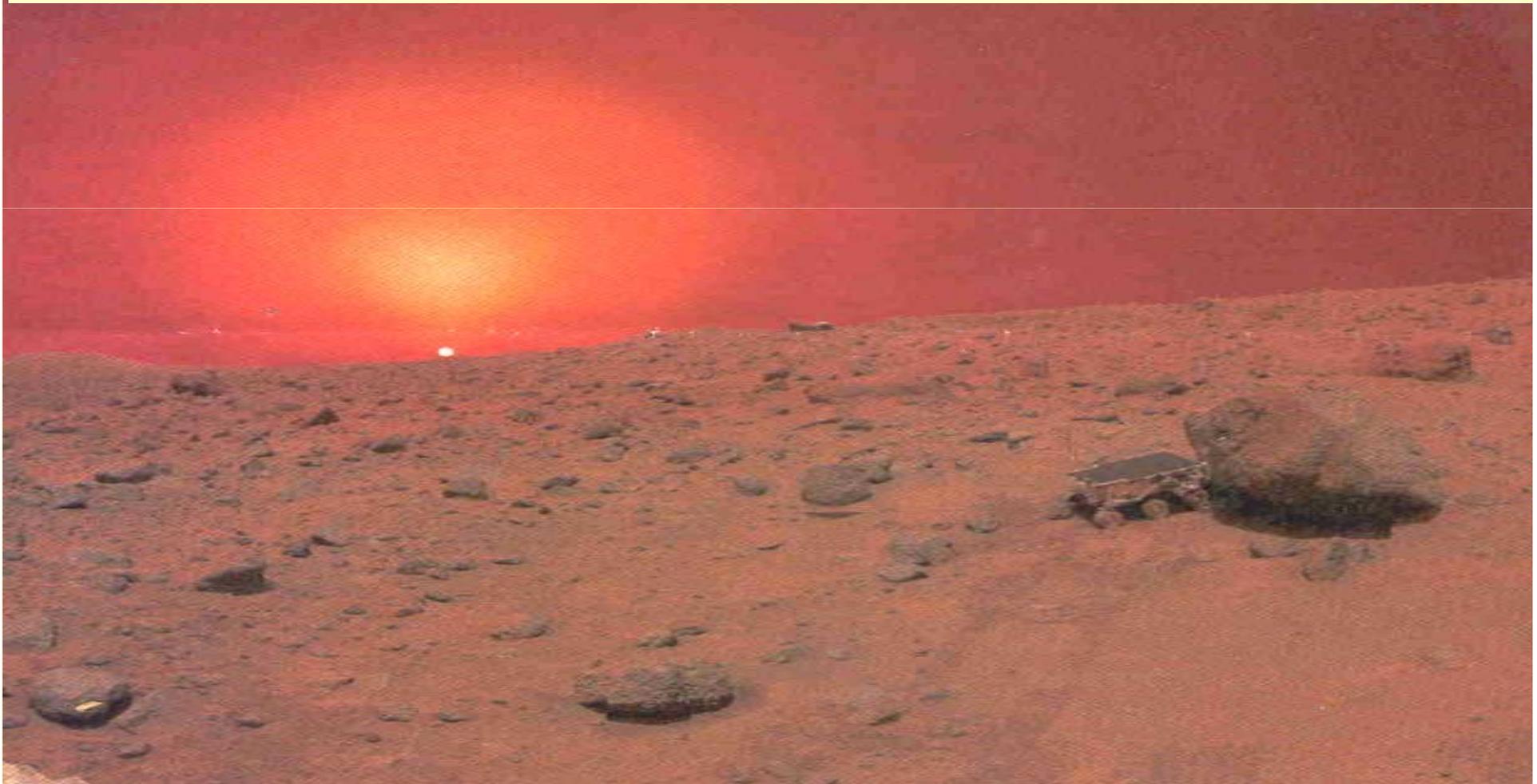
Урбо-техногенные



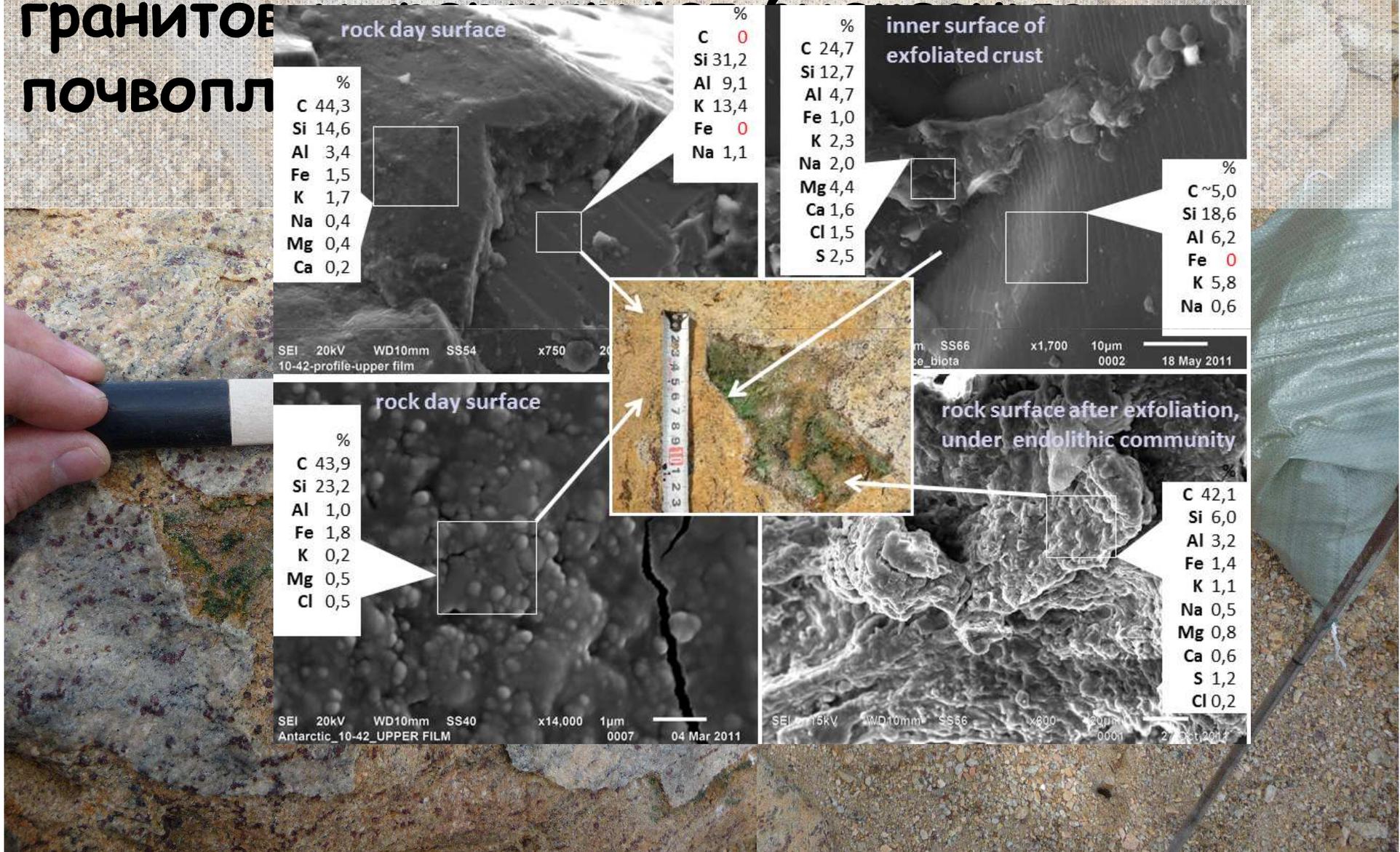
Несмотря на лавинообразное увеличение данных, в базовом аспекте антропогенное почвообразование почти не познано – нет систематизации ЭПП, нет обобщений

## Рыхлые и каменистые реголиты Марса- так называемые «martian soils»;

они действительно почвы? или экзогенные седименты Марса? Имеет ли их верхняя часть дифференциацию на горизонты *in situ* подобно земным почвам и корам выветривания?



# Антарктида: криптоэндолитные организмы проникают под скорлупы десквамации гранитов почвопл



## **ГОРИЗОНТ - РАСШИРЕНИЕ ОБЪЕКТОВ (прод.)**

**Глубокопрофильное почвоведение (Глинка),  
коры выветривания, сапролиты и реголиты, critical zone**

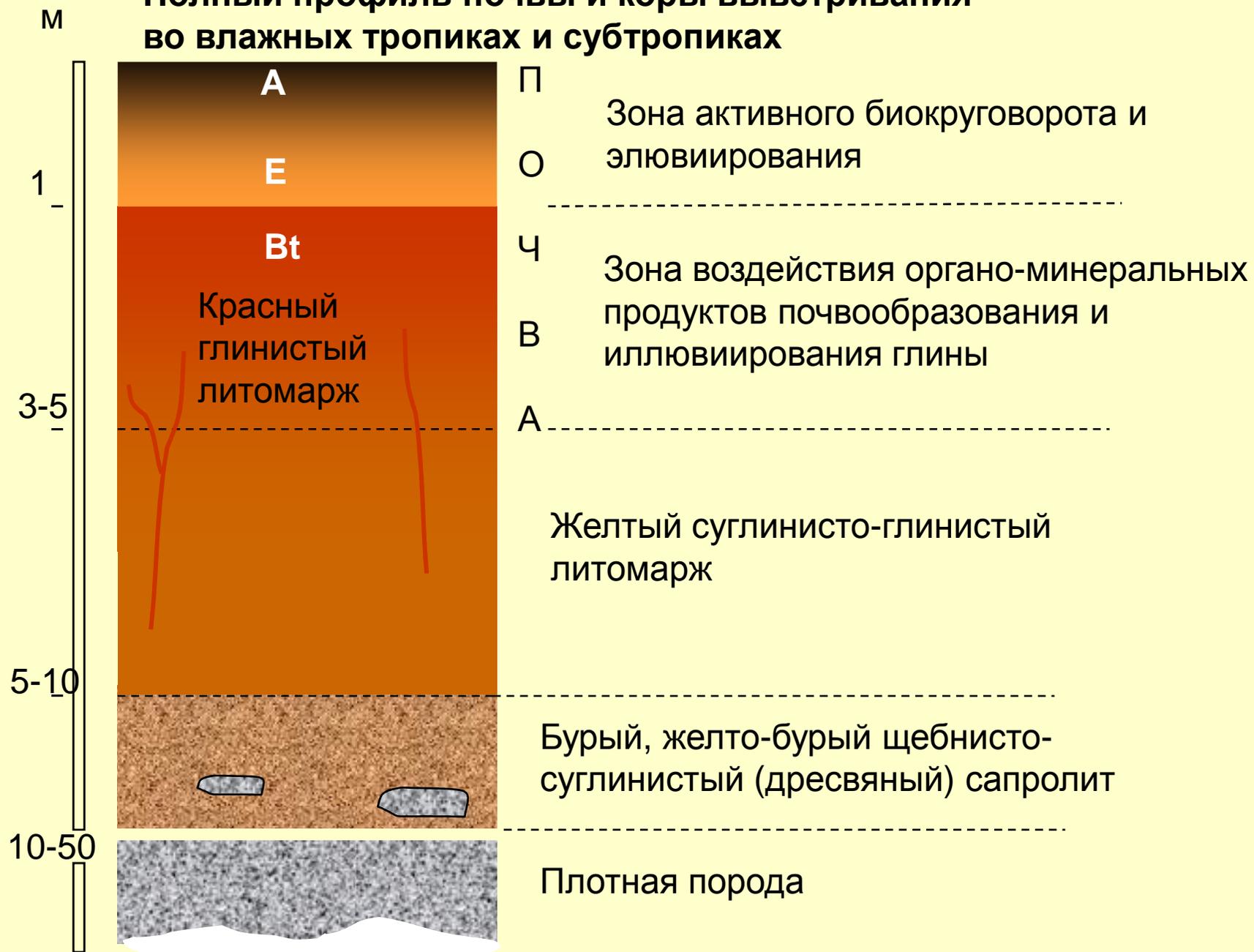
**Глубокие горизонты почв, кор выветривания,  
каменистых и мелкоземистых реголитов:**

- «живут» интенсивной жизнью, которая слабо изучена,**
- в них часто находится большая часть реликтовых признаков**

**Гидрология, геохимия, минералогия и микробиология  
глубоких горизонтов**

**Концепция «критической зоны» (critical zone)**

# Полный профиль почвы и коры выветривания во влажных тропиках и субтропиках

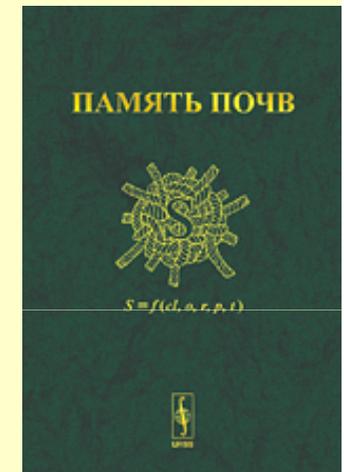
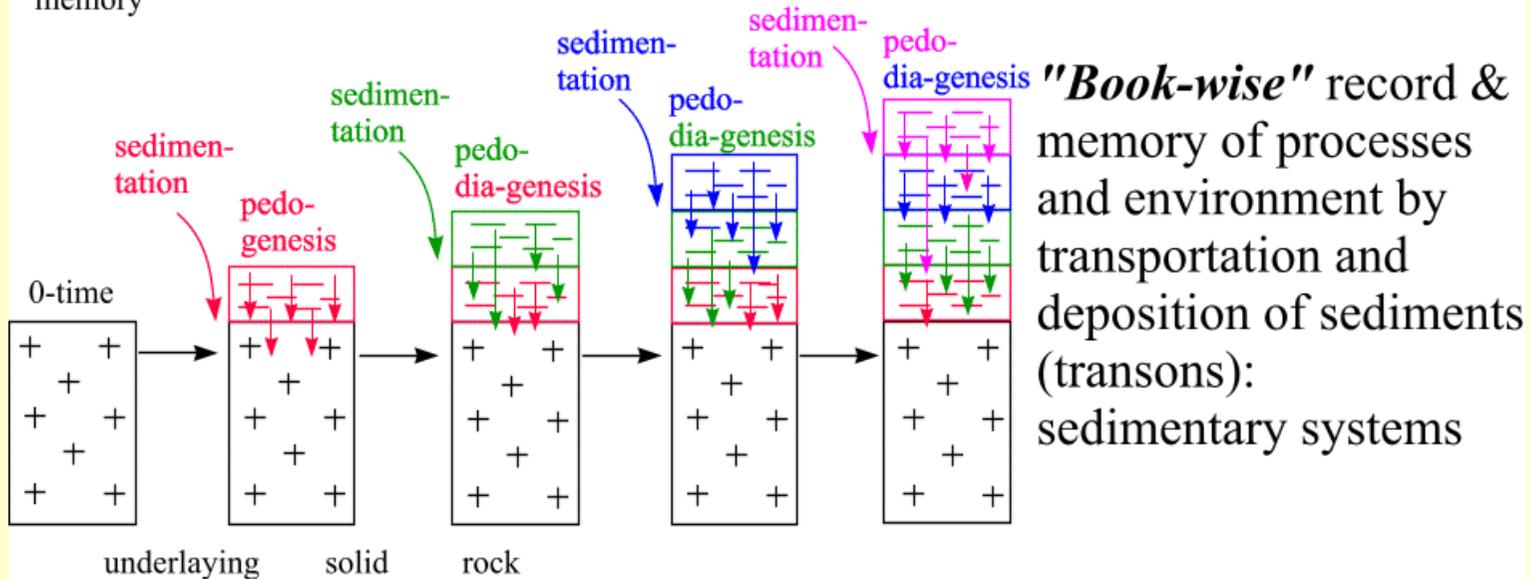
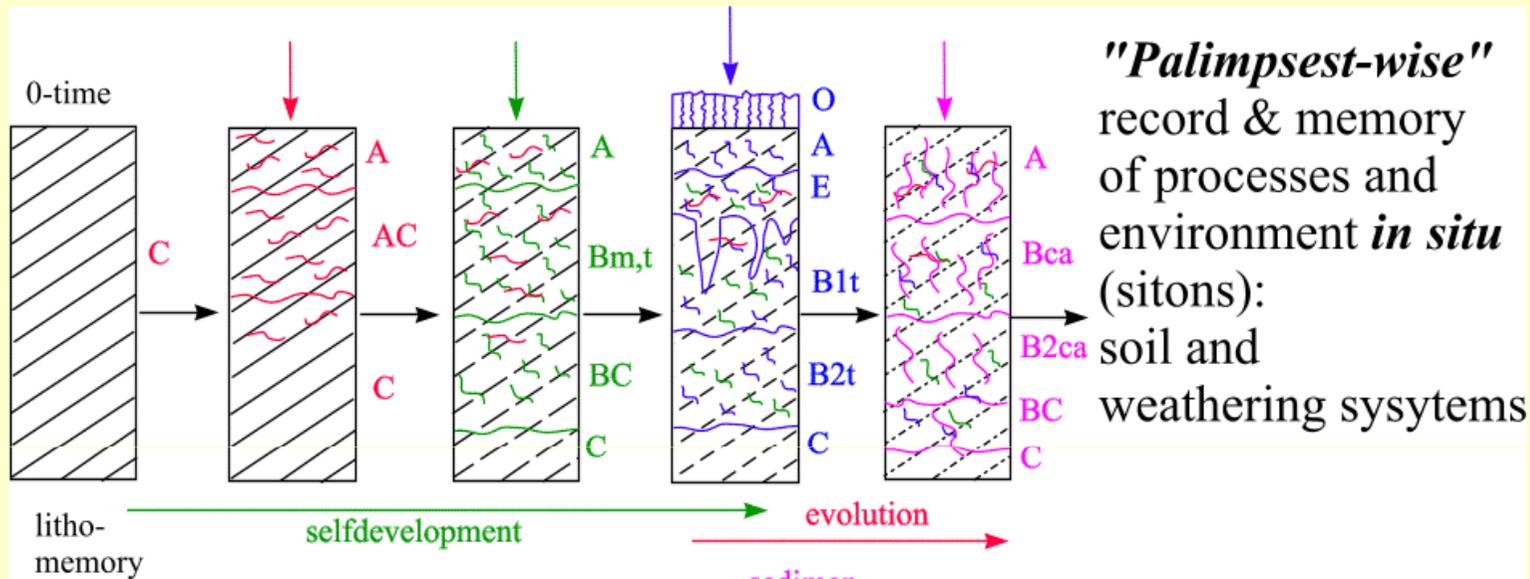


# Идеальная модель ступенчатой денудации полного профиля коры выветривания с последующим молодым педогенезом на каждой ступени



# ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ

## Горизонт - память почв (информационная функция почв)



## **ПАМЯТЬ ПОЧВ:**

**«Современная» память почв – сложный комплекс носителей памяти: доголоценового, голоценового и антропоценового этапов эволюции;**

**«Быстрая» и «медленная» память - поверхности раздела и внутренняя масса (по Козловскому)**

**«Слои» памяти в дневных почвах – литопамять, палео и современная память;**

**Палеопамять в погребенных палеопочвах**

**Унаследованные (невоспроизводимые) и современные (воспроизводимые) носители памяти**

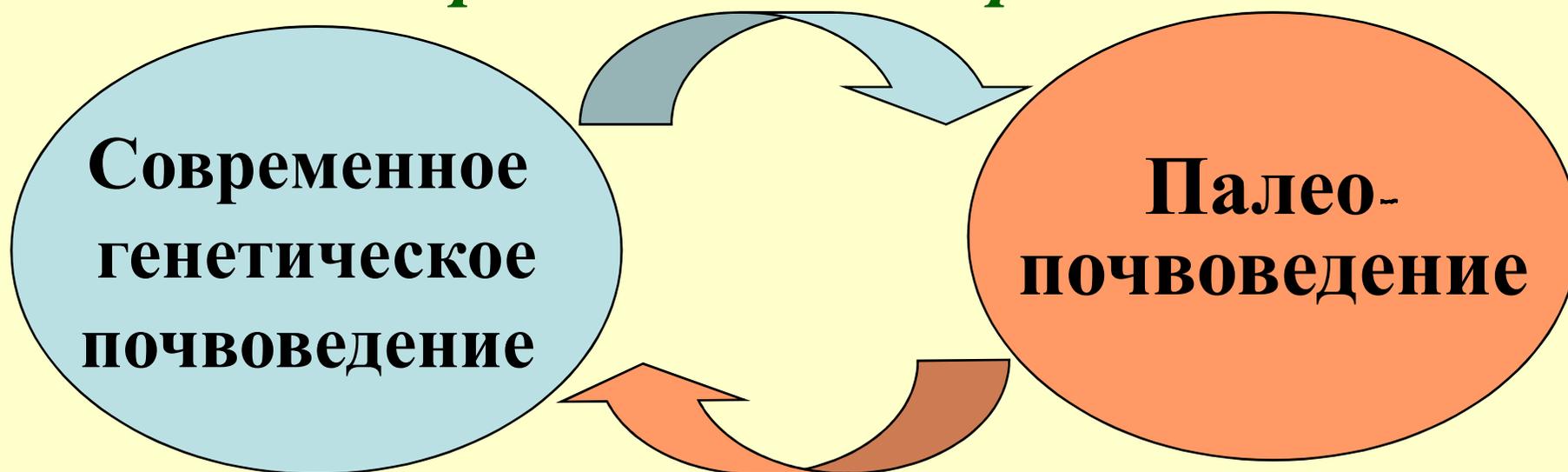
**Чтение памяти – иерархический подход к морфологии**

**Память почв - рельсы в будущее**

# ПРОРЫВ В ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИИ

Актуалистическое знание по формуле:  
факторы-функционирование-ЭПП-свойства почв

*Перенос знания в прошлое*



*Перенос знания в настоящее*

*Реконструированное знание по формуле:  
свойства-ЭПП-функционирование-факторы*

ЭОН	ЭРА	длительность в млн. лет	ПЕРИОД СИСТЕМА	
				Р
Ф А Н Е Р О З О Й	КАЙНОЗОЙСКАЯ	1.8	ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ	Q
		22	НЕОГЕНОВЫЙ	N
		65±3 23±1	ПАЛЕОГЕНОВЫЙ	P
	МЕЗОЗОЙСКАЯ	65±3	МЕЛОВОЙ	K
		170±5	ЮРСКИЙ	J
		135	ТРИАСОВЫЙ	T
		55-60	ПЕРМСКИЙ	P
		190	КАМЕННОУГОЛЬНЫЙ	C
		40-45	ДЕВОНСКИЙ	D
		230	СИЛУРИЙСКИЙ	S
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	170±10	ОРДОВИКСКИЙ	O	
	60	КЕМБРИЙСКИЙ	Є	
	405	ВЕНД	V	
	25-30			
ПРОТЕРОЗОЙ	170-180			
	90-100			
АРХЕЙ	570±20			
	~ 680			
		2600±100		
		4600±200		

ГОЛОЦЕНОВЫЕ  
(ПАЛЕО)ПОЧВЫ

10 тыс. лет

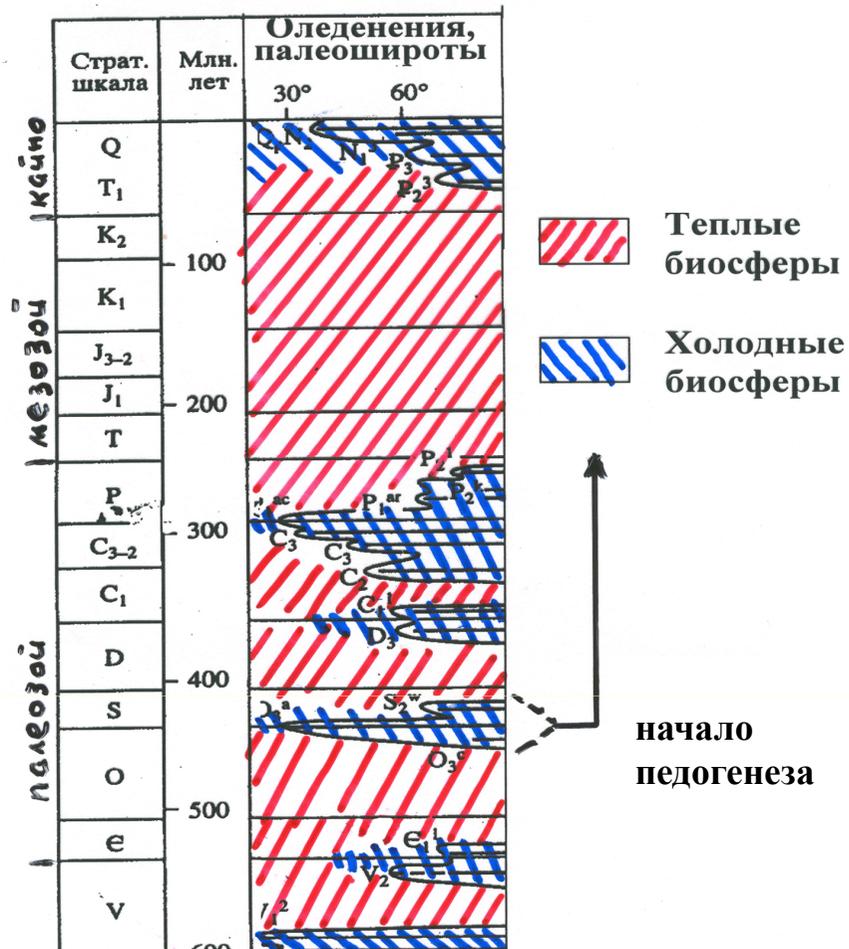
ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ  
ПАЛЕОПОЧВЫ

~ 2 млн. лет

ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЕ  
ПАЛЕОПОЧВЫ

~ 3 (3,8)  
млрд.  
лет

Древнейшие  
палеопедологические  
объекты



Современная педосфера сформирована в условиях холодной биосферы, но преимущественно в рыхлом материале предшествующих геологических эпох, где преобладали обстановки теплой биосферы (100%)

разделение современных, воспроизводимых, и унаследованных, невозпроизводимых свойств почв имеет огромное теоретическое и практическое значение при использовании и охране почв

## Новый статус палеопочвоведения в биосферных науках определяется следующим:

- Палеопочвы – не экзотика в геологической летописи
- Педолитосфера содержит непрерывную запись о геобиосферных циклах с момента их зарождения
- Эволюция педосферы – неотъемлемая часть эволюции экосистем (коэволюция Жизни и Почв)
- Современная педосфера – один из бесчисленных временных срезов в эволюции педосферы
- Именно **палеопочвоведение** делает почвоведение зрелой естественно-исторической наукой



**Paleo-Oxisol**  
*Liza Carney,*  
*canvas, acril*

# Горизонты палеопочвоведения

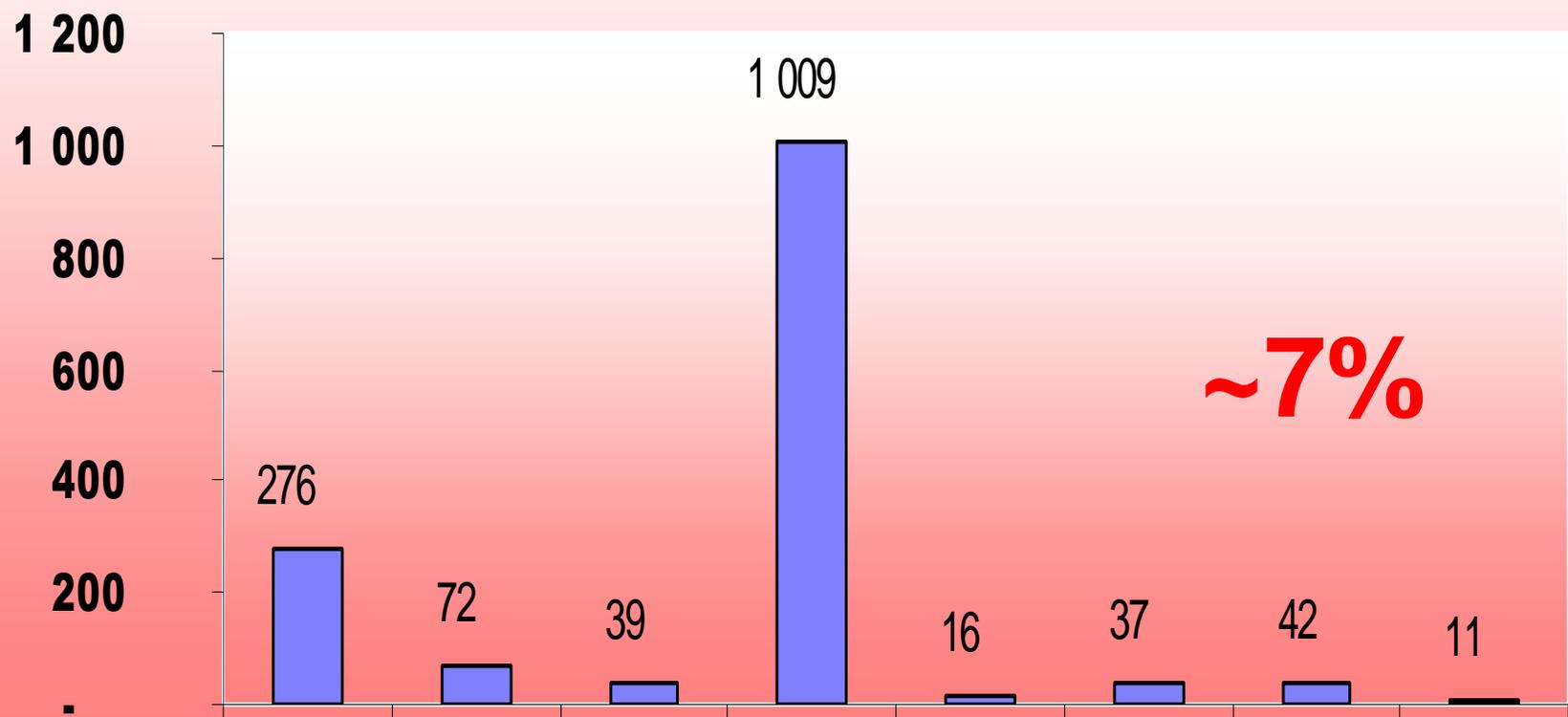
- палеопочвы и наземная биота (обитание и обитаемость)
- коэволюция почв и биоты. Экология палеопочв (на фоне биологической эволюции)
- палеопочвы как палеогеографический архив
- экстремальное почвообразование (почвы бактериальной биосферы и др.)
- экзогенез (гипергенез) — когерентная эволюция почвообразования и осадконакопления
- полигенетичные почвы - поверхностные палеопочвы

**См. доклад А.О.Макеева на Симпозиуме I**

# ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ - ГОРИЗОНТЫ

## УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

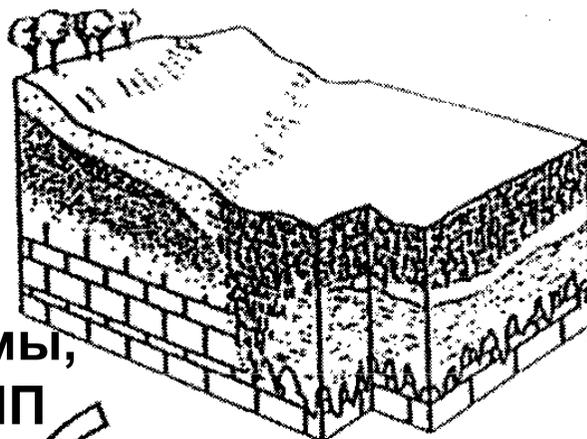
ЧИСЛО ПУБЛИКАЦИЙ В Журнале «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»  
ЗА 10 лет



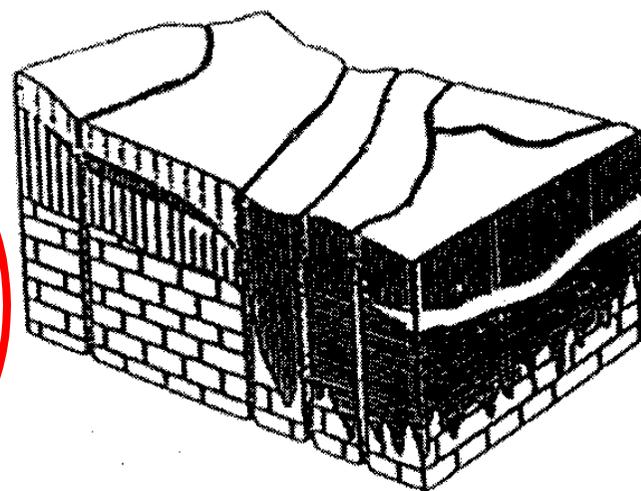
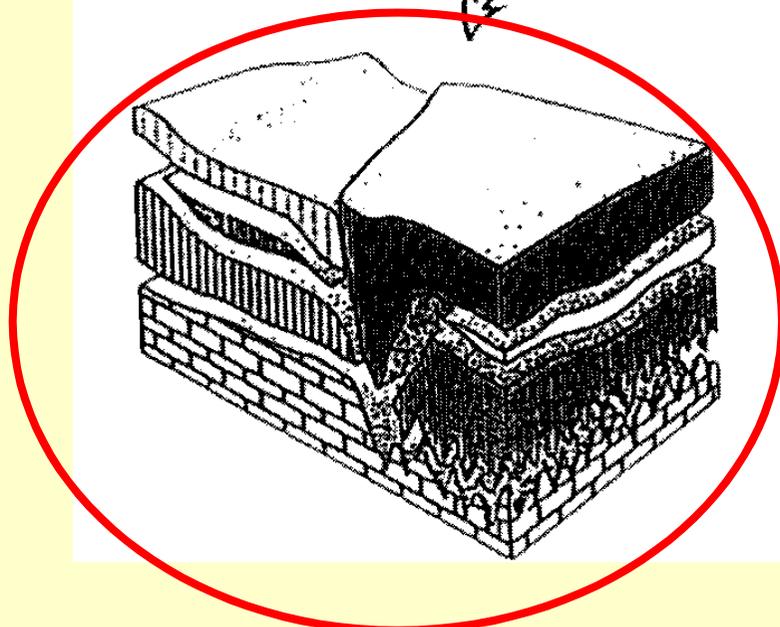
вещ-во пед гор-т проф микро мезо макро мега  
почвенный покров

# РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПОКРОВА ПРИ РАЗНЫХ ПОДХОДАХ К ЕГО ИЗУЧЕНИЮ

Педологические системы,  
Парциальный анализ-ПП



Структура почвенного  
покрова, почвенные  
ландшафты, почвенная  
съемка и т.д.  
(b)



# СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ И ФУНКЦИЙ

Дистанционные и наземные проникающие измерения

Электро-Магнитная индукция

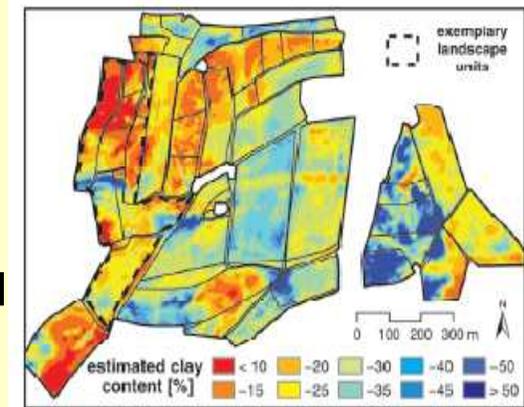
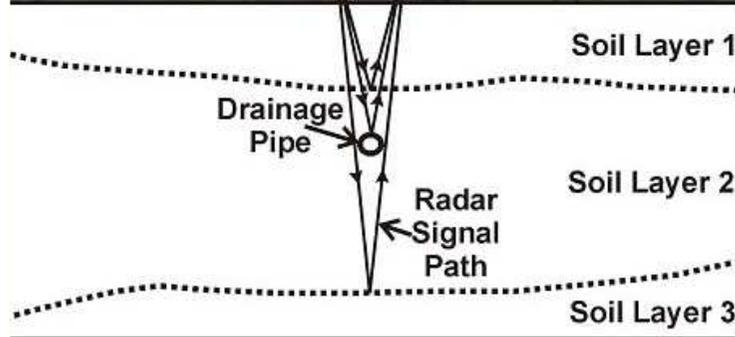


Fig. 10. Map of estimated clay content of the Klostergut Scheyern using the nearest neighbors electromagnetic induction measurement (EM<sub>1</sub>) correction method.



Грунто-проникающий радар

Гамма-спектры

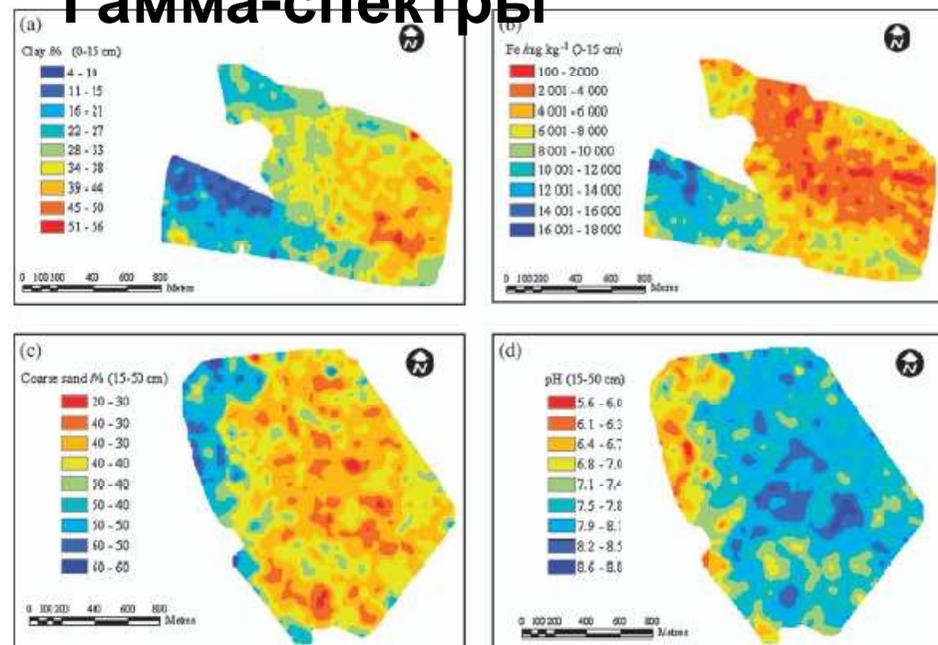
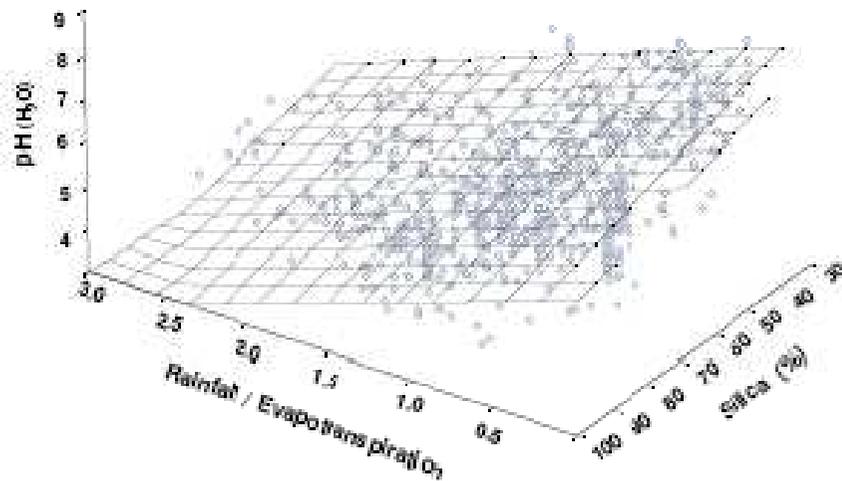


Figure 6 Bagging-PLSR maps of (a) clay and (b) Fe content for the 0-15 cm soil layer at Nowley and (c) coarse sand content; and (d) pH<sub>Ca</sub> for the 15-50 soil layer at Stanleyville.

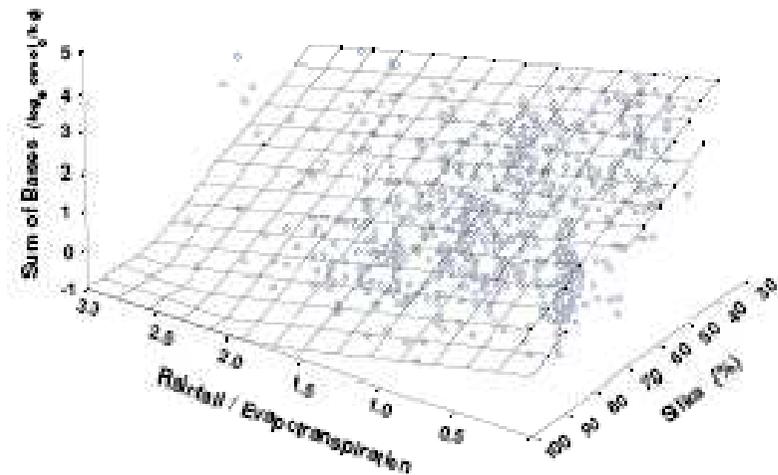
# КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

## Зависимость свойств почв мира от увлажненности и состава субстратов



$$pH = 8.69 - 1.22(R/EV) - 0.025(silica\%) - 0.0072(slope\%)$$

$N = 490, R^2 = 0.40, F \text{ model} = 106.0, p = <0.0000$



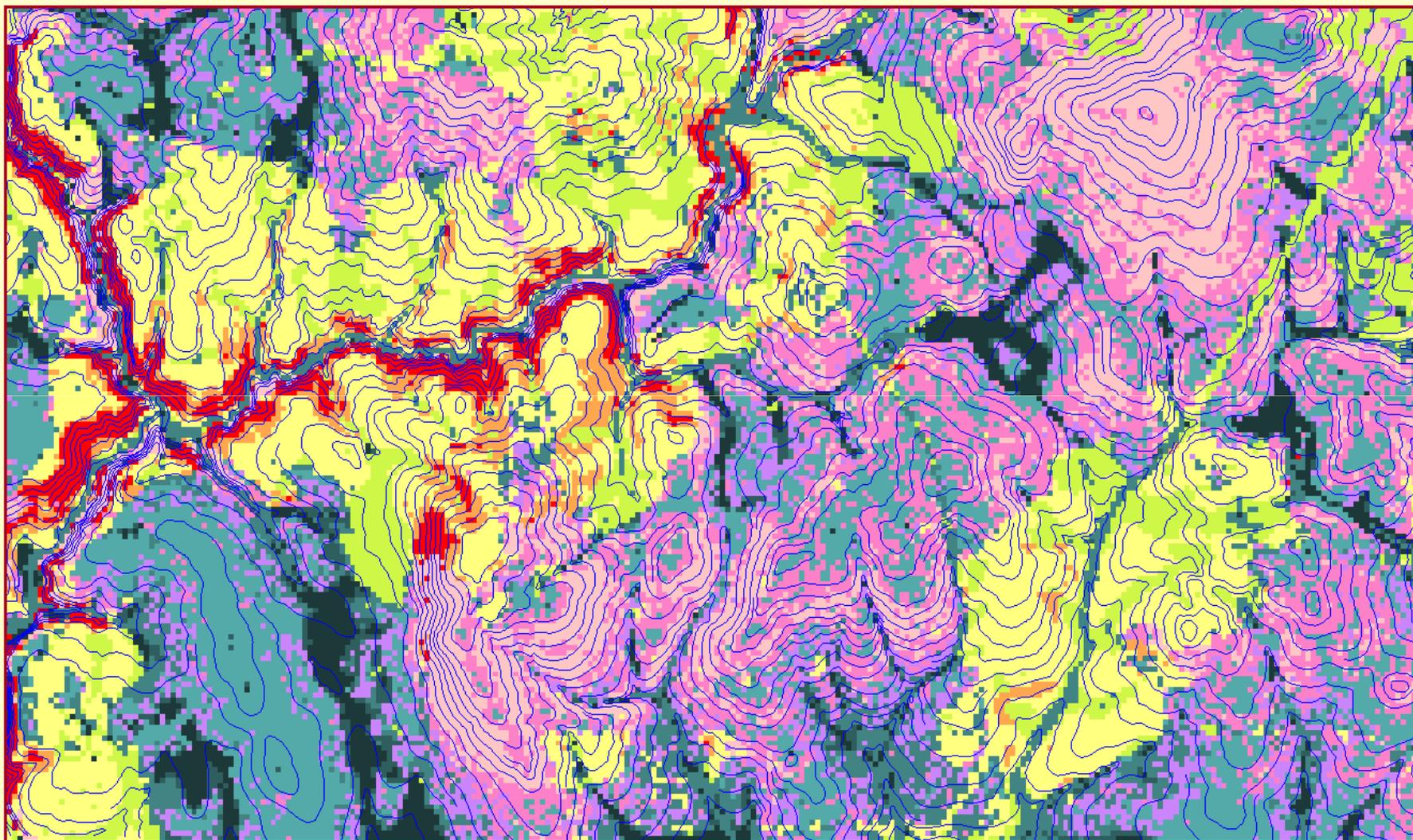
$$\ln(\text{SumBase}) = 5.57 - 0.81(R/EV) - 0.051(silica\%)$$

$N = 781, R^2 = 0.30, F \text{ model} = 88.3, p = <0.0000$

Figure 1. Regression planes of key topsoil properties v R/EV and silica%.

**(Gray, 2010)**

# ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ ПОЧВЕННАЯ КАРТОГРАФИЯ



**СИНТЕЗ ФАКТОРНО-КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ПОЧВ. СЪЕМКИ И ТЕОРИИ  
СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (по Сорокиной, Козлову, 2007)**



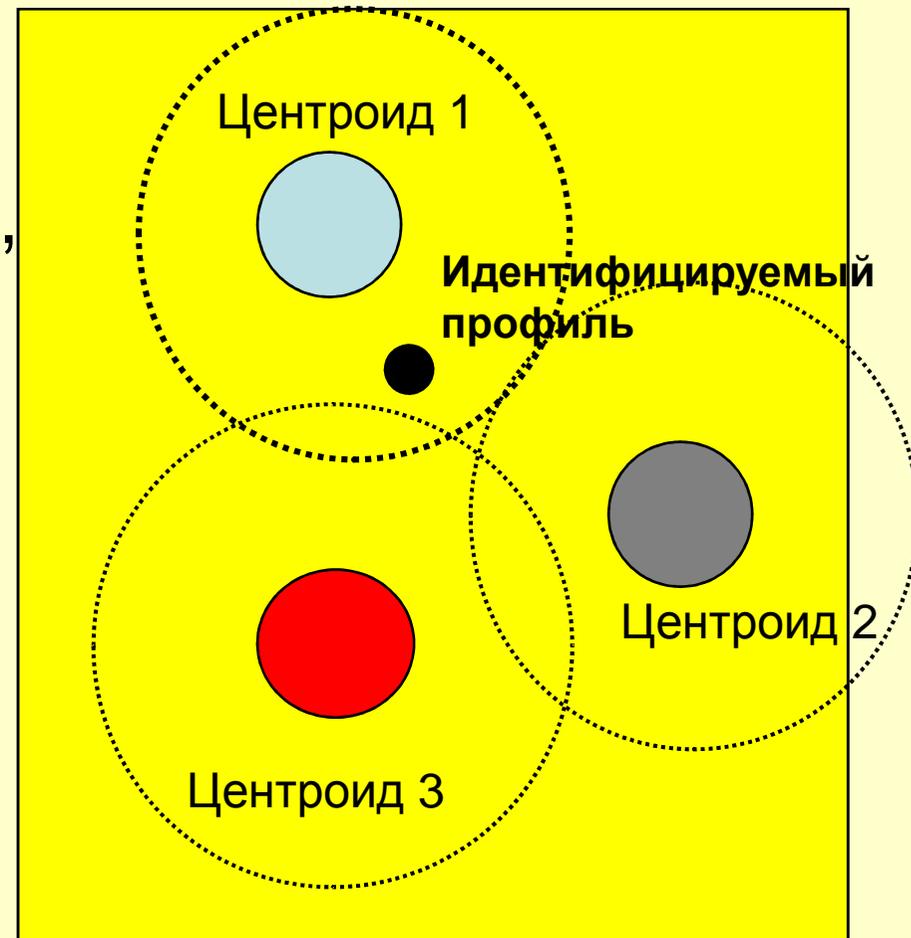
## **ГОРИЗОНТЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ**

- **СОЗДАНИЕ ВСЕОБЩЕЙ (UNIVERSAL) ПОЧВЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**
- **РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ПОЧВ**
- **КЛАССИФИКАЦИЯ НОВЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОГРАФО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ НА СУБСТАНТИВНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ (АГРОГЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ, ПОДВОДНЫЕ ПОЧВЫ И Т.Д.)**

# Всеобщая почвенная классификация

## Теоретические основы

- Нечёткие классы почв, объединяемые вокруг «центроидов», «архетипов», «центральных образов»
- Выявление центроидов и областей их притяжения на основании анализа больших баз данных



# ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОГРАФО- ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

1. Знание сути процессов, происходящих в почвах, будет нужно всегда, и ГГП в его стержневой составляющей будет развиваться в генетическом, функциональном и эволюционно-информационном направлениях
2. В дальнейшем ГГП будет более активно использовать количественные методы и данные физики, химии, минералогии и биологии почв, хотя качественные алгоритмизированные подходы сохранятся. Необходимо сотрудничество разных специалистов, так как невозможно ментально охватить все современные научные уровни, нужные для объяснения генезиса почв.
3. Необходимо, чтобы наблюдающийся сдвиг от качественно-генетических к формализованным подходам был без потери смыслового наполнения исследований

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**





# **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**