

Палеопочвы и эволюция природной среды

А.О. Макеев

Институт экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова



Карбонатная палеопочва на нижнедевонских сланцах (420 Ma), перекрытых морскими известняками

Палеопочвоведение

- Наука, изучающая почвы прошлых геологических эпох с целью получения информации об эволюции природной среды

Палеопочвы

- почвы, сформировавшиеся под воздействием былых природных обстановок в геологическом прошлом

палеопочвы

Погребенные
(buried)

Поверхностные
(surface)

Ре-экспонированные
(exhumed)

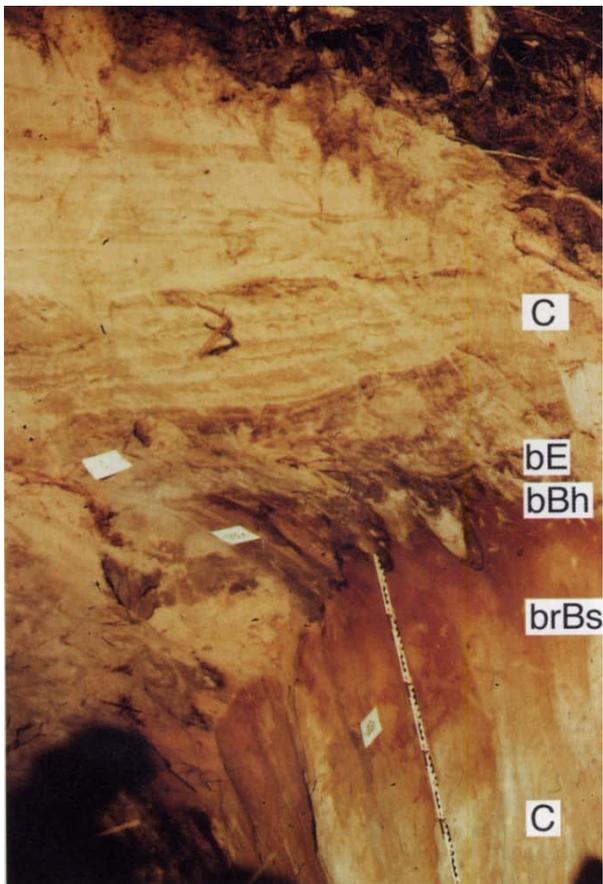
Объекты
археологического
почвоведения

Paleopedology glossary, 1998

approved by the International Paleopedology Commission of IUSS-INQUA

Погребенные почвы (Buried soils)

погребены более молодыми отложениями, достаточно мощными, чтобы современные процессы почвообразования не затрагивали ее по всей мощности профиля

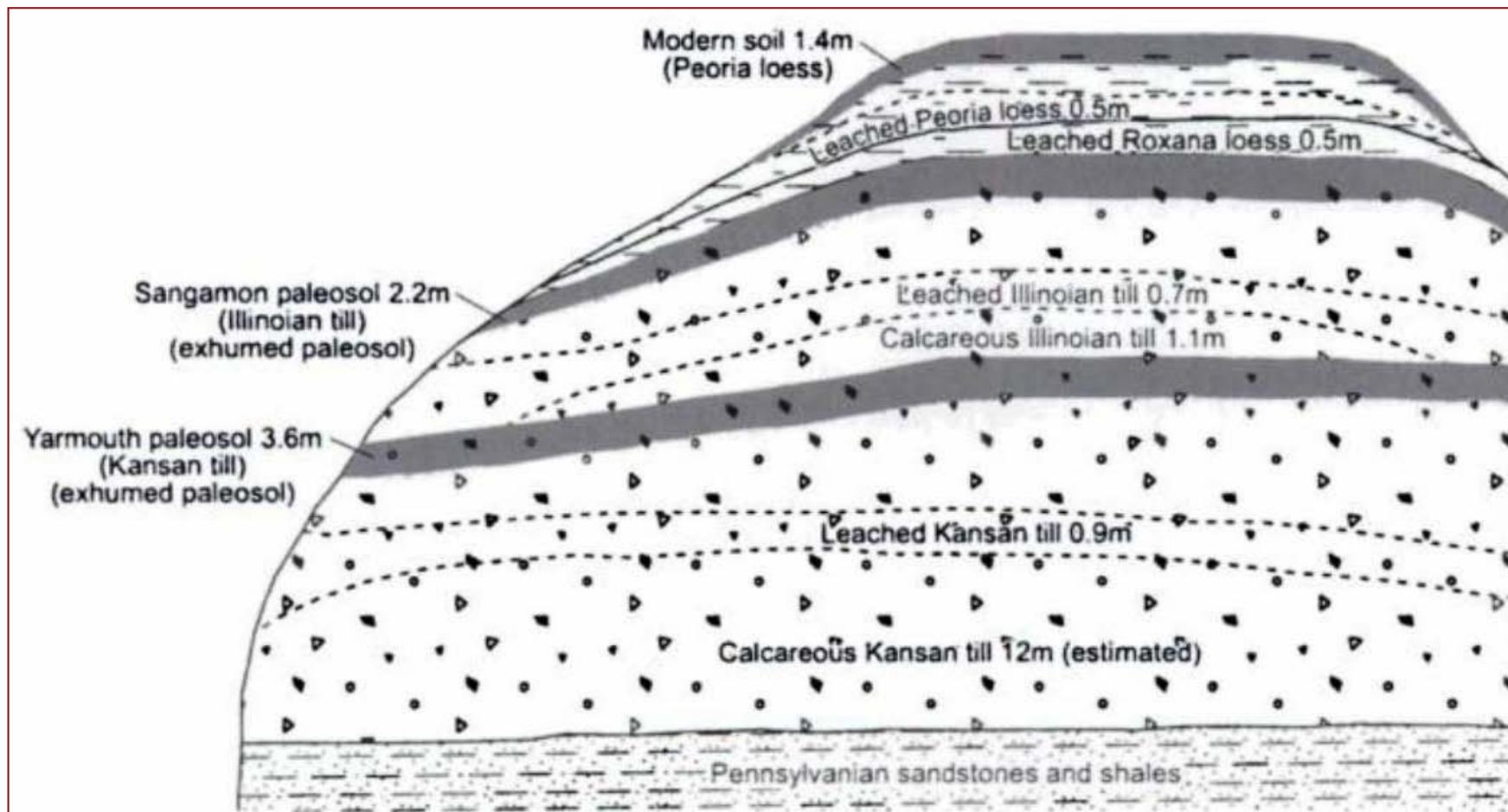


Погребенный подзол в толще аллювия,
Германия, Reuters, 2000



Погребенные почвы в лёссовых отложениях,
Волынь, Украина, A.J. van Loon, 2006, photo
Zdzislaw Jary

Погребенные и реэкспонированные палеопочвы

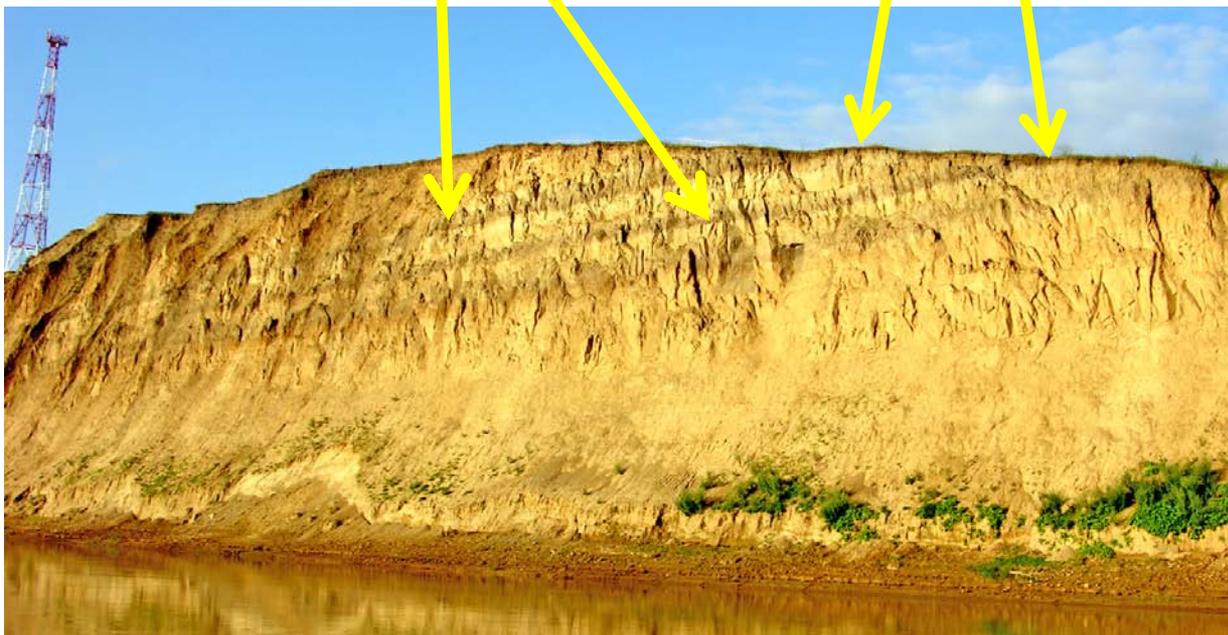


Строение толщ четвертичных отложений, Иллинойс, США

(*Bushue et al., 1974*)

Погребенные и реэкспонированные палеопочвы

Погребенные почвы Реэкспонированные почвы

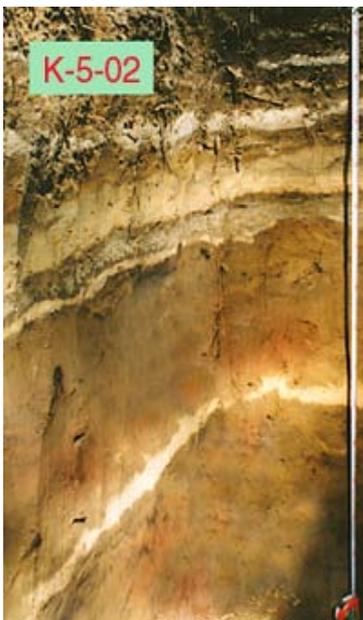
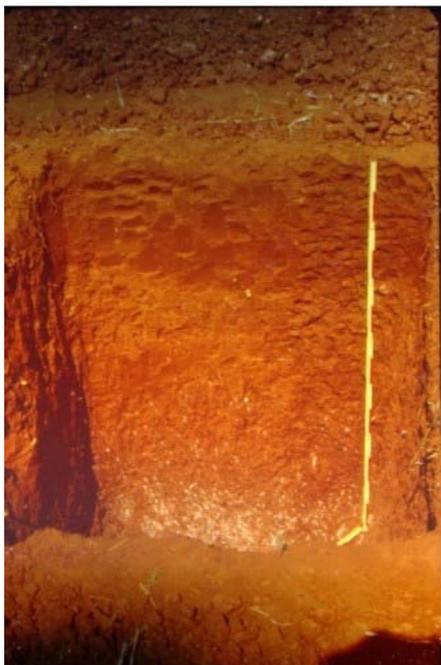


Лессово-палеопочвенная толща, Приобское плато, Алтайский край, фото А.О. Макеева

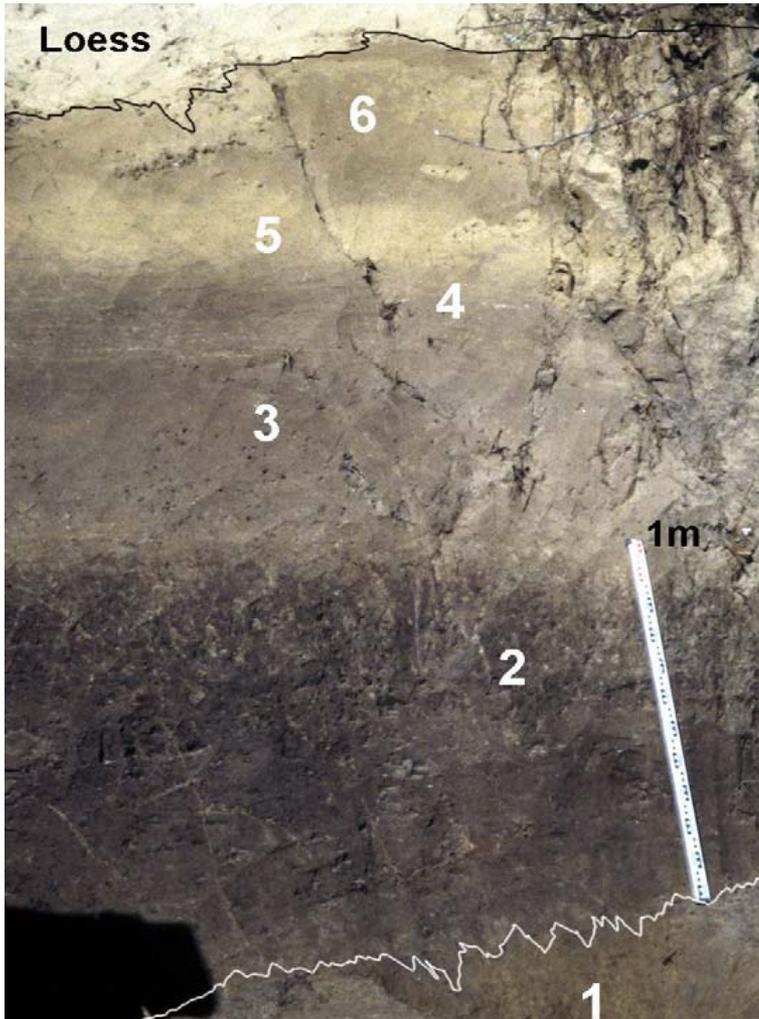


Ультисоль (Иллинойс) – глинистая тропическая почва в степной зоне (реэкспонированная)

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПАЛЕОПОЧВЫ



Взаимоотношение палеопочв с литогенезом



**многообразнее, чем у
современных почв:**

Моногенетичный профиль

Полигенетичный профиль

Срезанный профиль (truncated
paleosol)

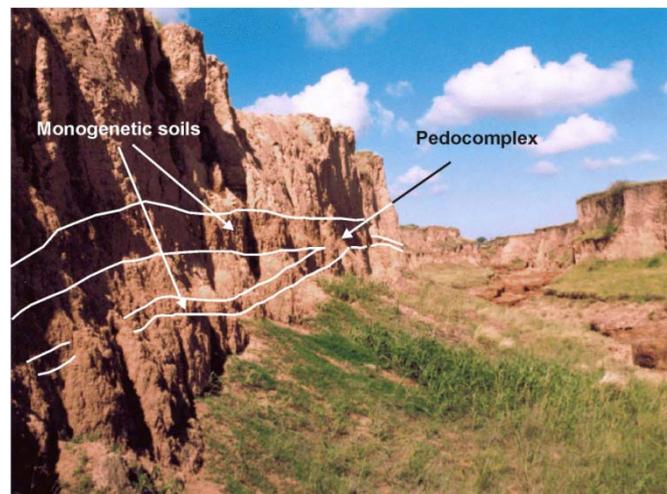
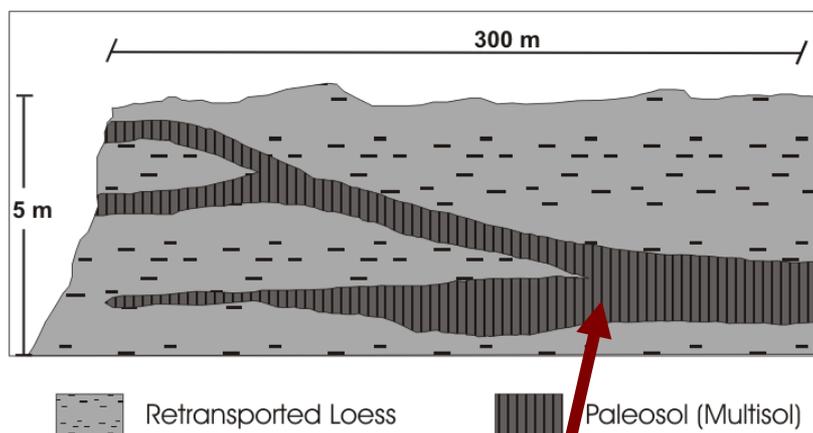
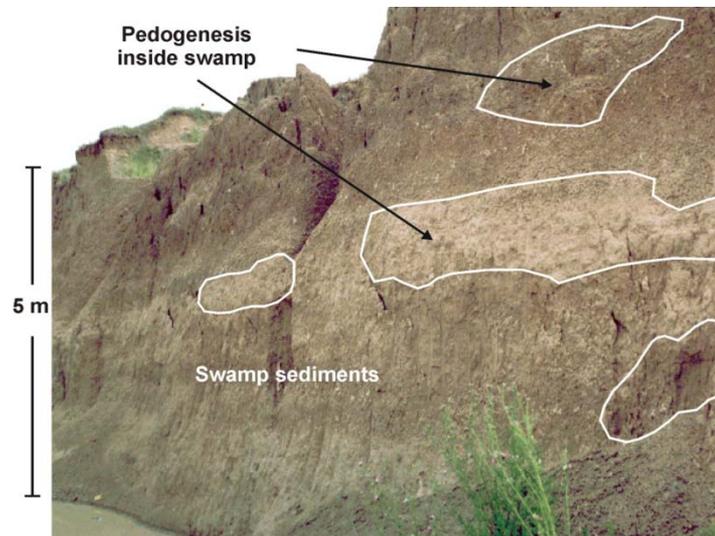
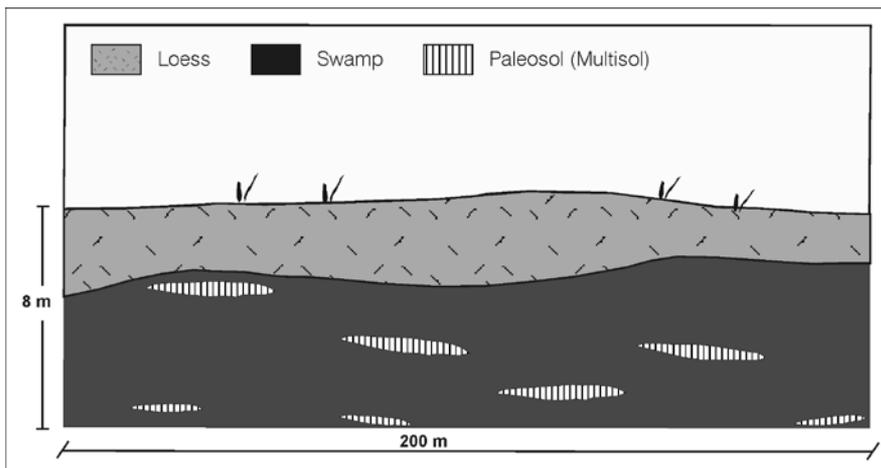
Растянутый профиль
(accretionary soil)

Составной профиль

Сдвоенный профиль

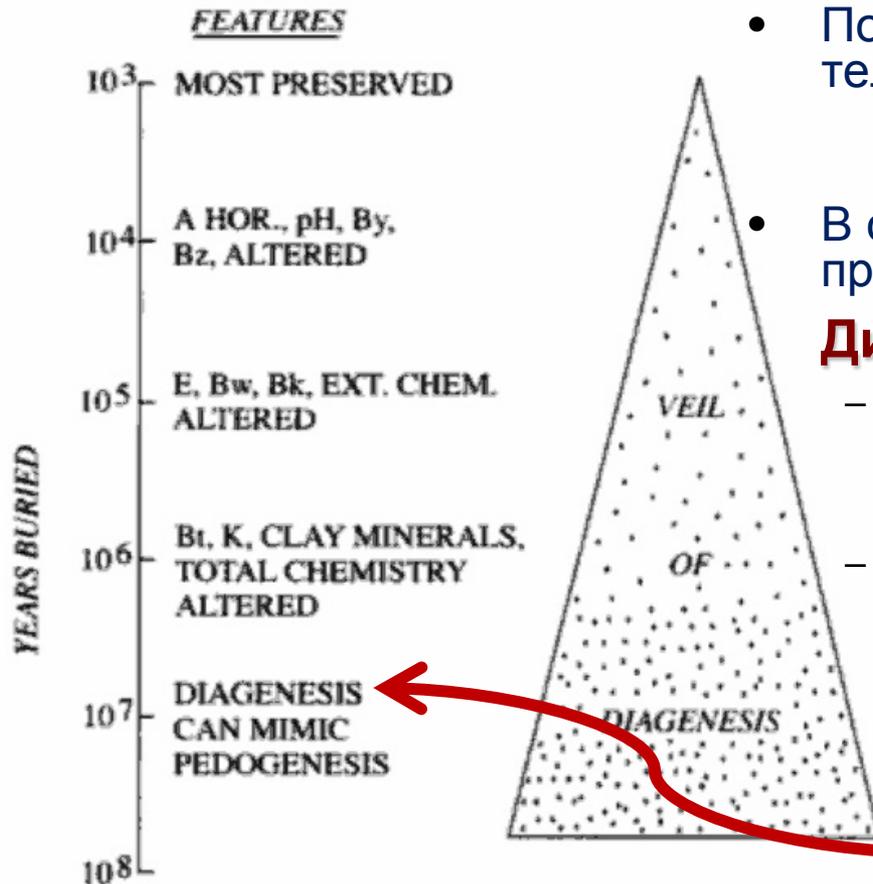
Педокомплекс (pedocomplex,
welded paleosol)

Палеопочвы и осадконакопление (Мультисоли, по М. Iriondo, 2009)



педокомплекс

Диагенез палеопочв



- Погребенные палеопочвы – ископаемые тела
 - как уголь, скелеты животных и остатки растений
- В отличие от других ископаемых – преобразуются диагенезом

Диагенез:

- Совокупность химических, физических и биологических процессов, определяющих изменение почвы после погребения более молодыми отложениями.
- Включает всю совокупность изменений, происходящих при температурах до 200°C и давлении до 100 МПа.

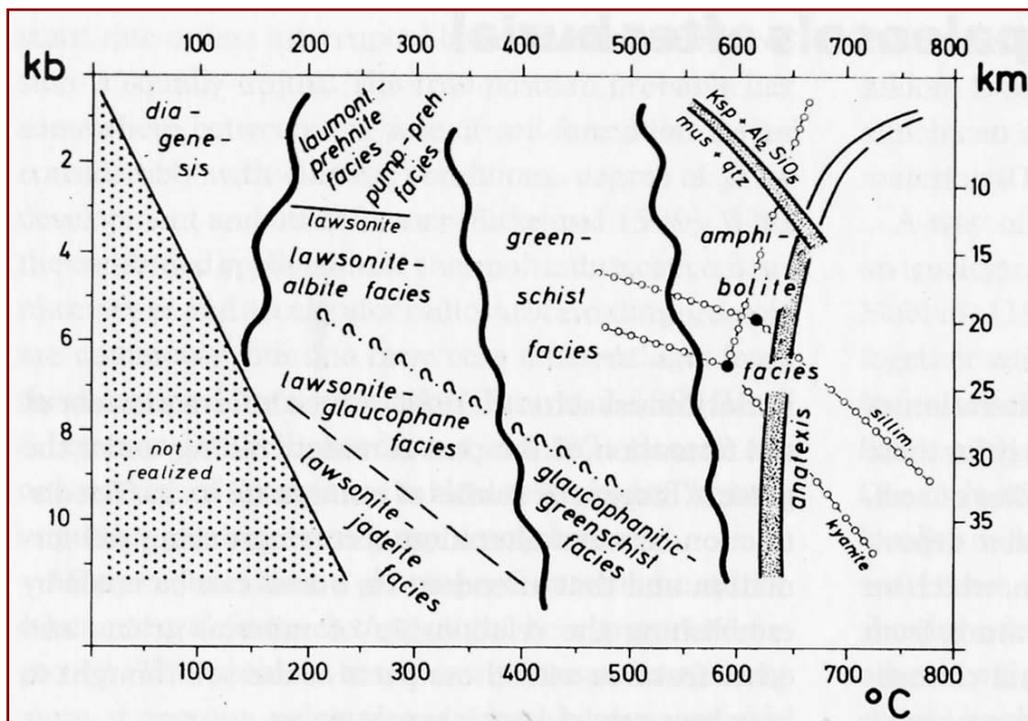
При возрасте погребения $n \times 10^7$ лет исходные свойства почв могут полностью затухиваться диагенезом

Вуаль диагенеза

(по D. Yaalon, 1971)

Метаморфизм палеопочв

Условия метаморфического преобразования осадочных пород



При $T > 200$ °C
градусов и высоких
давлениях – новые
ассоциации
минералов

Тем не менее, многие
свойства
палеопочв
сохраняются

Структура
Набор горизонтов
Ходы корней

При глубоком метаморфизме единственными признаками почвообразования могут быть:

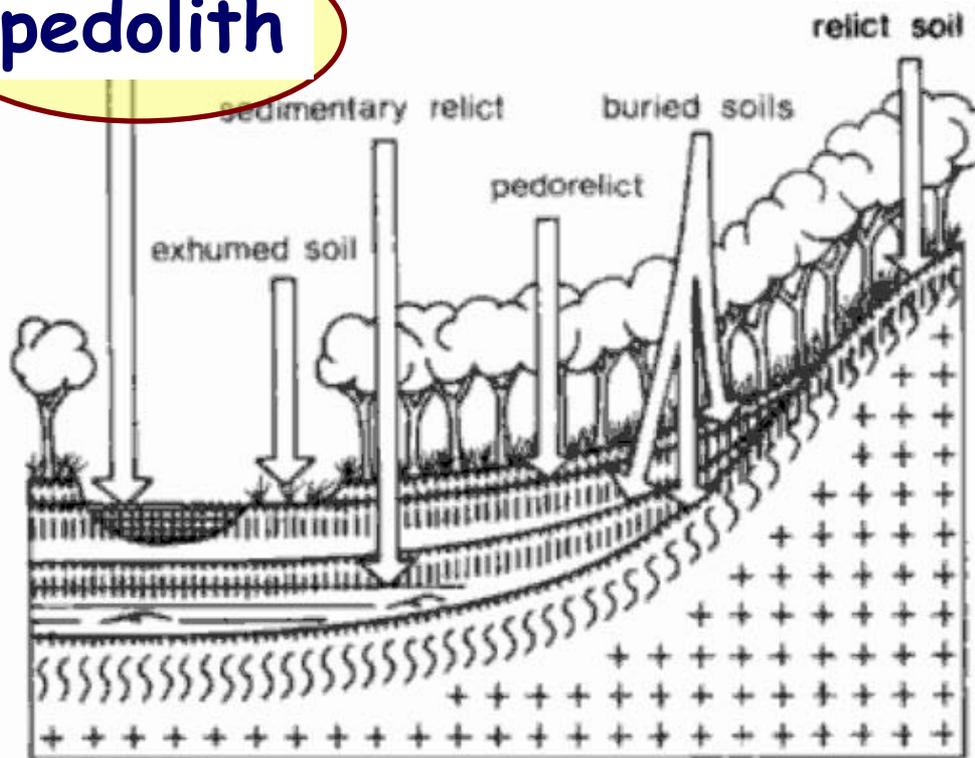
- высокое валовое содержание Al
- минералы кианит, силлиманит, гарнет или корунд

Трудно различить палеопочвы и зоны гидротермального изменения

Педолит (Pedolith) -

седиментационный горизонт, состоящий из почвенного материала (переотложенные почвы, педоседименты) педолиты – почвенные породы, горные породы, несущие яркие признаки почвообразования

pedolith



Взаимоотношение почвообразования и осадконакопления
(по G. Retallack 1983)

Педолиты сформированы отдельными тонкими слоями, образованными при сносе почвенных горизонтов

Горизонтное строение профиля нарушено

Почвенный материал часто смешан с породой

Чаще всего видна слоистость

Однако, при ближнем переотложении часто сложно отличить педолит от горизонтов *in situ*, хотя это имеет принципиальное значение, так как меняет стратиграфическую позицию педолита

Большой геологический круговорот:



Малый биологический круговорот:

миграция биогенных элементов в ландшафте – невозможна без почв

Формирование и разрушение почвенного покрова,
переотложение палеопочв – непрерывное звено
геологического круговорота

*Палеопочвы играют ключевую роль в расширении
биологической составляющей геологического круговорота*

Учение о геологической роли живого вещества



Эоценовые латеритные почвы в толще
алевролитов, Painted Hills, Oregon, USA

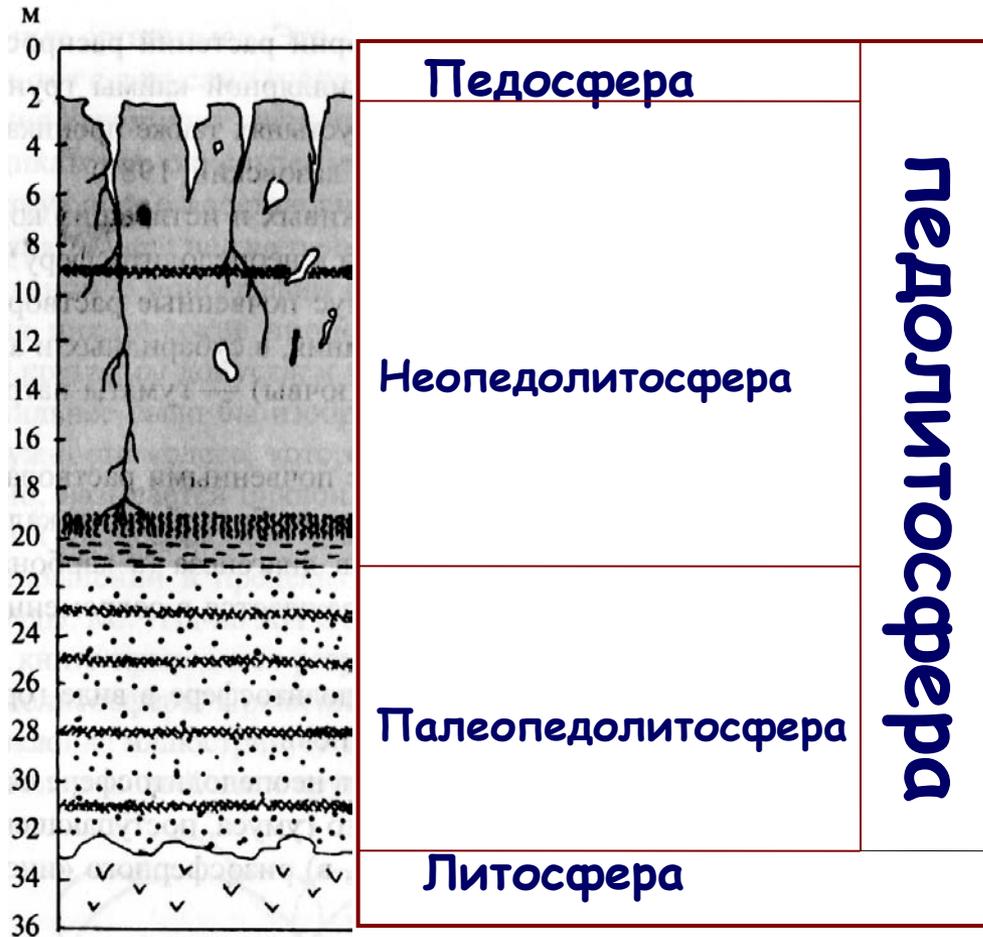
О характере почвообразования и о ландшафтной обстановке в целом можно судить не только по сравнительно редким находкам палеопочв, но и по характеру геологических отложений, испытавших на себе воздействие почвообразования *(Глинка, 1904)*.

Взаимодействие жизни и почвы ... на протяжении геологической истории не только формирует собственно палеопочвы, но и преобразует всю земную кору *(Вернадский, 1919)*

История субэральных отложений это история палеопочв *(И.П. Герасимов, 1971)*

Педолитосфера

(по М.А. Глазовской, 2009)



Вся совокупность
почв и продуктов
их вовлечения в
геологический
круговорот

ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЕ

- наука о педолитосфере



Палеопочвы не экзотика - распространены очень широко
Еще шире распространены продукты педолитосферы



Плиоценовая палеопочва между слоями озерных отложений, Тоскана, Италия

- Их изучение дает непрерывную биогеохимическую запись эволюции природной среды даже при отсутствии собственно палеопочв
- В тоже время растет и число находок профилей древнейших палеопочв
- Материалы по отдельным профилям палеопочв вкладываются в биогеохимическую запись как ячейки в периодическую систему

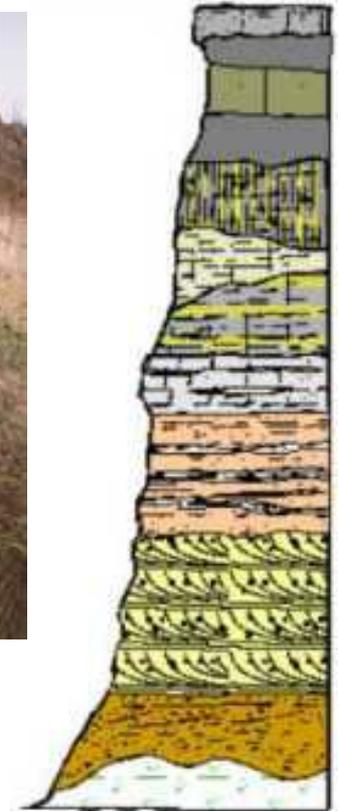
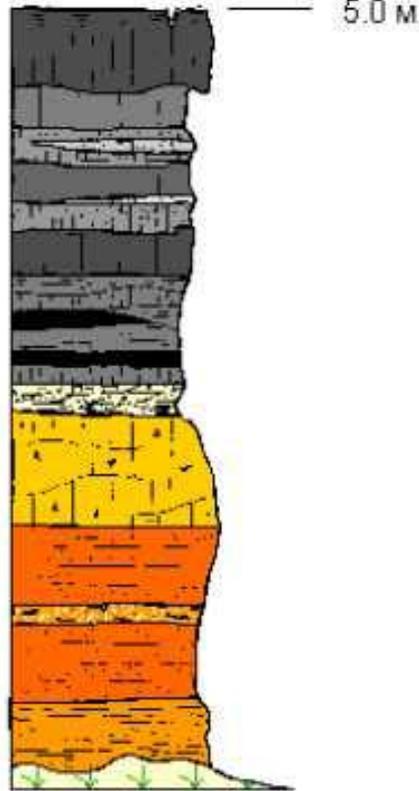
Мы можем даже предсказывать свойства неоткрытых палеопочв по седиментационной обстановке геологического периода

Главные архивы палеопочв

Почвенно-аллювиальные серии речные террасы и дельты



р. Куросан
Сухтелинская депрессия



- Древние аллювиальные толщи- до 1200 палеопочв (Вайоминг, США)
- Пакистан – 80 профилей в толще 58 м.

Широко распространены в семиаридных областях
Не всегда связаны с изменением климата

- ритмические колебания
- тектоническая активность и пр.

Главные архивы палеопочв

Базальтовые покровы и тефра-палеопочвенные серии

Горизонт А



Горизонт
С

Обломки базальта
в красной
глинистой массе

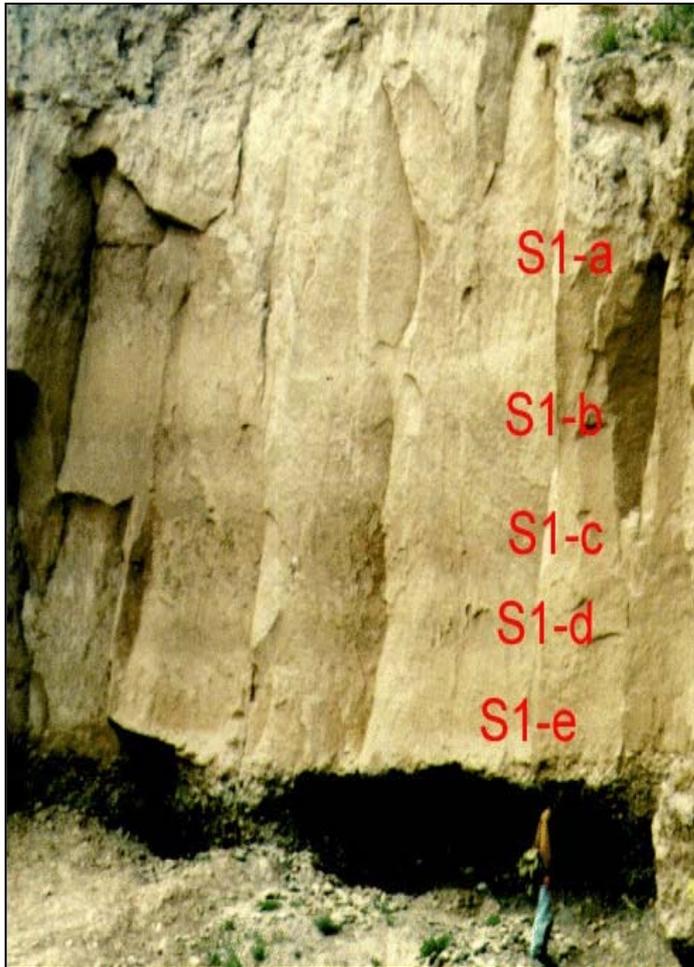
Палеоинсептиоль между слоями
базальтовой лавы, Техас, США
<http://www.raymondwiggers.com>



Верхнеплейстоценовая тефра-
палеопочвенная серия, Мексика, фото
С.Н. Седова

Главные архивы палеопочв

Лессово-палеопочвенные серии



Лёссово-палеопочвенная серия на
лёссовом плато Китая

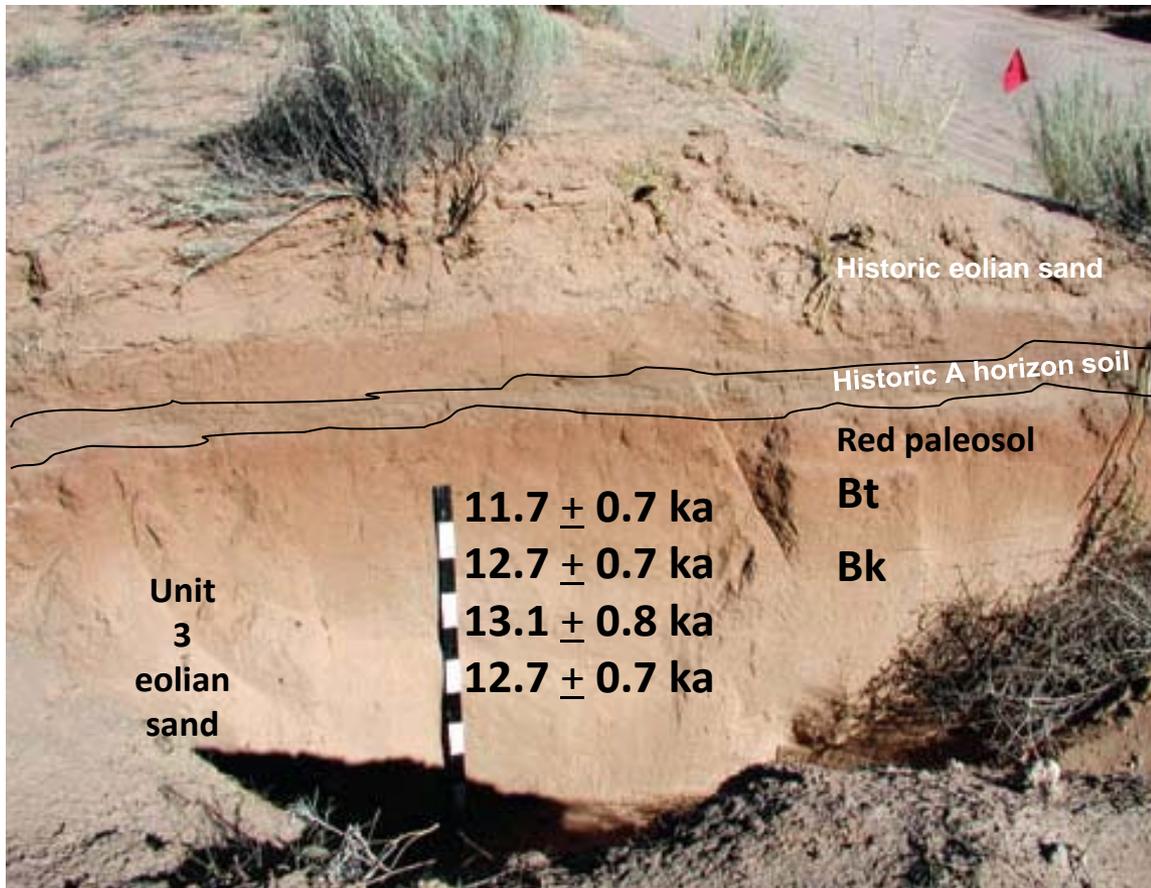
**Наиболее ценны для
палеогеографических
интерпретаций**

**дают больше палеопочвенной
информации, чем все другие
породы вместе взятые.**

**Позволяют проводить
глобальные корреляции**

Главные архивы палеопочв

Песчаные дюны, озерные отложения, морские террасы



Не привязаны к изменению климата, хотя часто связаны с ЭТИМ

Красная карбонатная почва на дюне

Главные архивы палеопочв

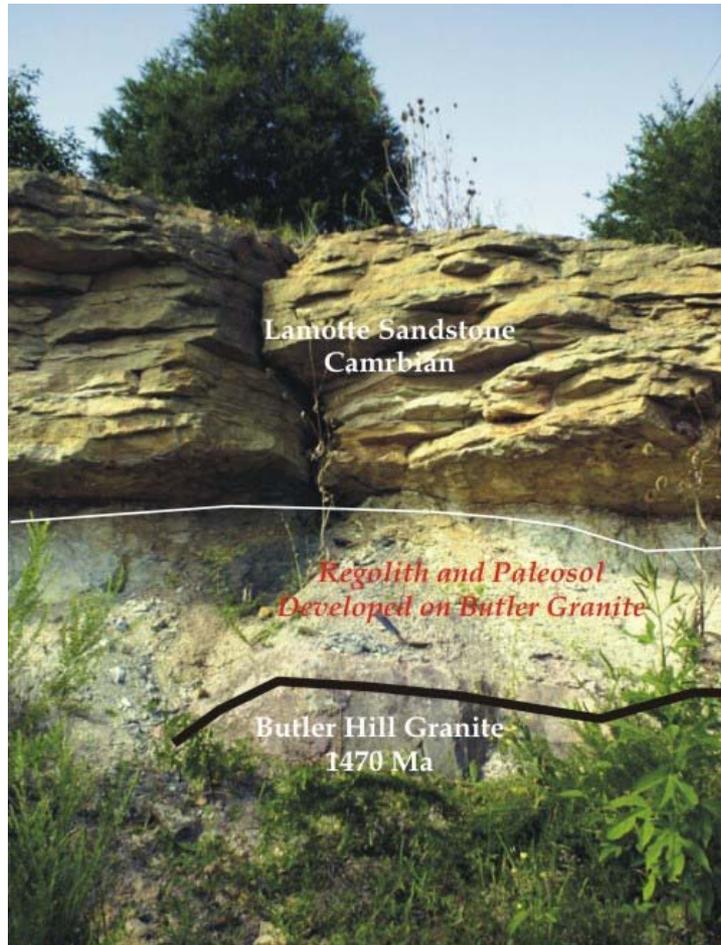
Палеопочвы в ледниковых осадках



Палеопочвы в толще моренных и флювиогляциальных отложений, Иллинойс, США

Почвы межледниковий
и интерстадиалов
более теплые периоды

Главные архивы палеопочв Коры выветривания



Палеопочва, сформированная в коре выветривания гранита возрастом 1470 Ма. Перекрыта толщей кембрийских песчаников

- **Остатки древних тропических почв и кор выветривания**
 - Все каолиновые, бокситовые, гидрослюдистые месторождения на Земном шаре начиная с докембрия (*Петров, 1967*)
 - каолиновые породы Русской платформы (*Л.С. Берг, 1958*)
 - Додевонские (более 400 млн. лет)
 - Бокситовые месторождения Урала
 - Палеозой и мезозой

**Палеопочвы -
параэлювиальные и верхняя
часть ортоэлювиальных кор -
палеопедолитосфера**

Главные архивы палеопочв

Органогенные почвенные образования

Залежи углей - погребенные торфяные почвы



Девон - плейстоцен

В основном в карбоне

Каменный, бурый уголь,
ископаемый торф
углистые сланцы

лагуны – субаквальные
педоседименты

В основном приурочены
(Веклич, 1979):

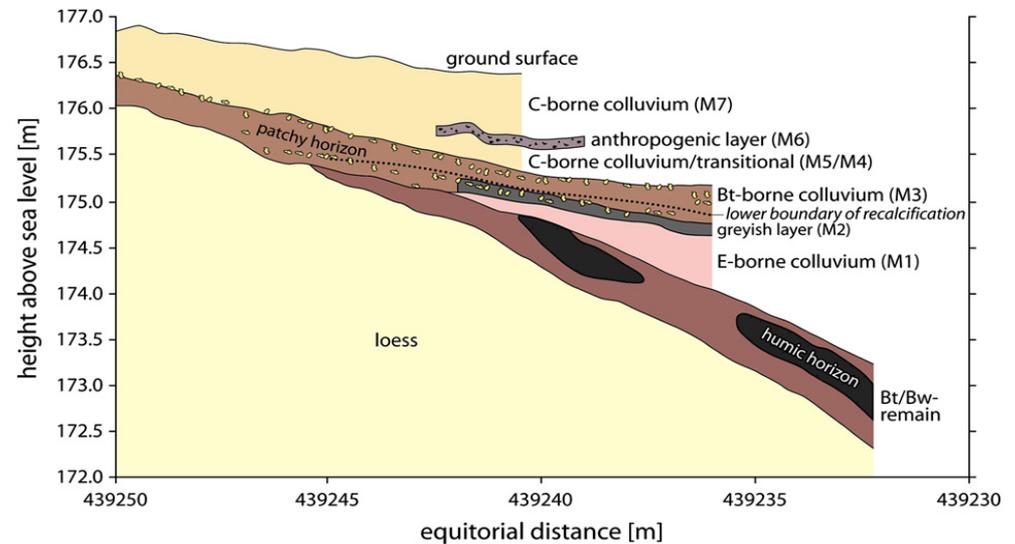
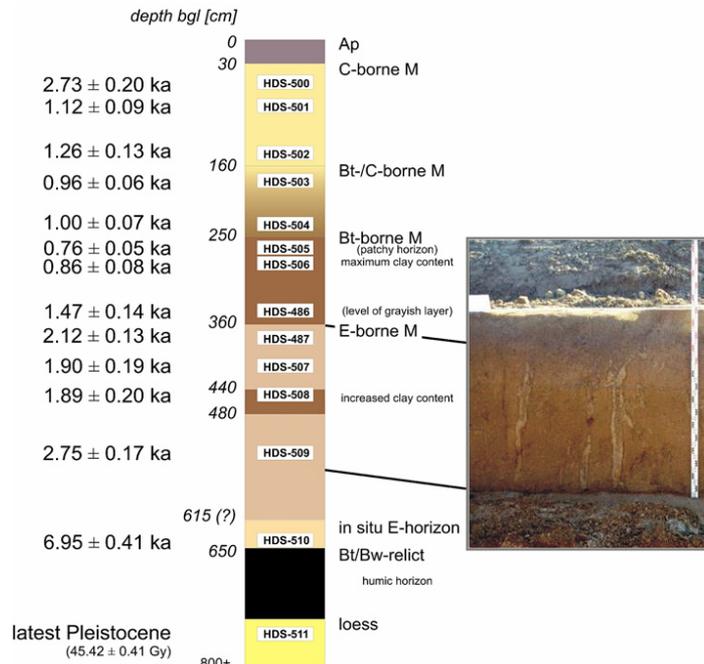
- геосинклинальные прогибы
- платформенные впадины
- речные долины
- междуречья гумидных зон

Прослойки каменного угля – один из основных источников палеогеографической информации древних эпох

Главные архивы палеопочв

Делювиальные отложения

- Характеризуют резкие и катастрофические события на локальном уровне
 - Засуха, пожар и т.п.
- Широко представлены в регионах с переменным влажным климатом (субтропики, Средиземноморье)



Строение толщ голоценовых делювиальных отложений, Германия, Kadereit et al., 2010
 Последовательность сноса: раннеголоценовый A1, потом Bt/Bw, потом E, опять Bt, и, наконец, лёсс. Выделяются уровни стабильности и активизации склоновых процессов в связи с деятельностью древних людей.

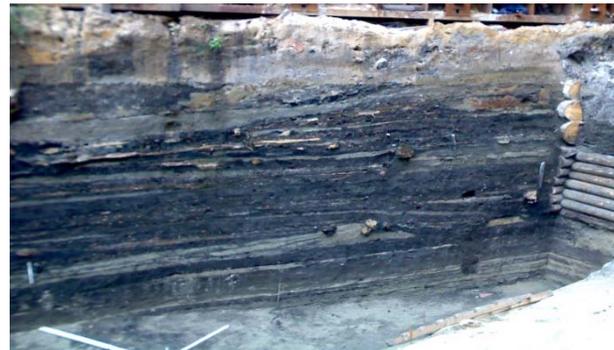
Главные архивы палеопочв

Объекты археологического почвоведения



Строение славянского кургана,
1 Ка, р. Западная Двина

- Курганы, грунтовые могильники
- Культурные слои древних поселений
- Следы земледелия



Характеристика изменений среды в короткие периоды времени

Архивы палеогеографических записей в четвертичный период

- **Водные** - наиболее полная запись, наиболее полное разрешение
 - **Глубоководные океанические осадки** –2,5 млн
 - *легко коррелировать данные по осадкам.*
 - **Слоистые озерные осадки** (ленточные глины и т.п.)
- **Ледниковые толщи**
 - *Антарктида, Гренландия и др.*
- **Наземные** (terrestrial)
 - **Лессово-палеопочвенные серии**
 - *Китай - 2.4 миллиона лет*
 - **Толщи ледниковых отложений**
 - *морены и межморенные осадки и почвы*
 - **Почвенно-тефрохронологические серии**
 - **Аллювиальные серии**
 - **Динамика береговых линий - морские террасы**
 - **Геоархеологические объекты**

Различные архивные записи:

- *обладают своей спецификой*
- *дополняют друг друга*

Палеопочвы – основной носитель записей
в наземных архивах

Ландшафтная интерпретация палеопочв

Палеопочвенная запись, почвенная память
(pedosignatures, paleopedology record)

**П о ч в а - п а м я т ь
л а н д ш а ф т а !**

Почвенная память -

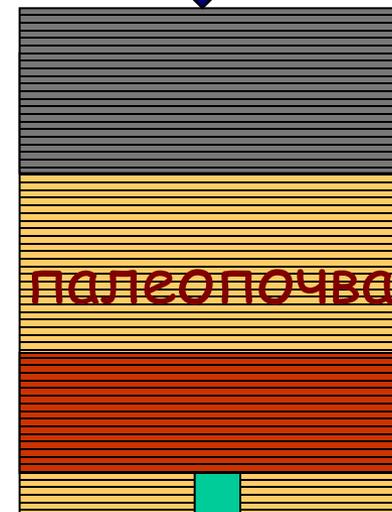
**- способность записывать и
сохранять записи о природной
обстановке**

Ландшафтная интерпретация палеопочв (pedosignatures)

СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ

ПЕДОГЕНЕЗ

ДИАГЕНЕЗ



Самый «простой»
случай – профиль
полностью сохранился

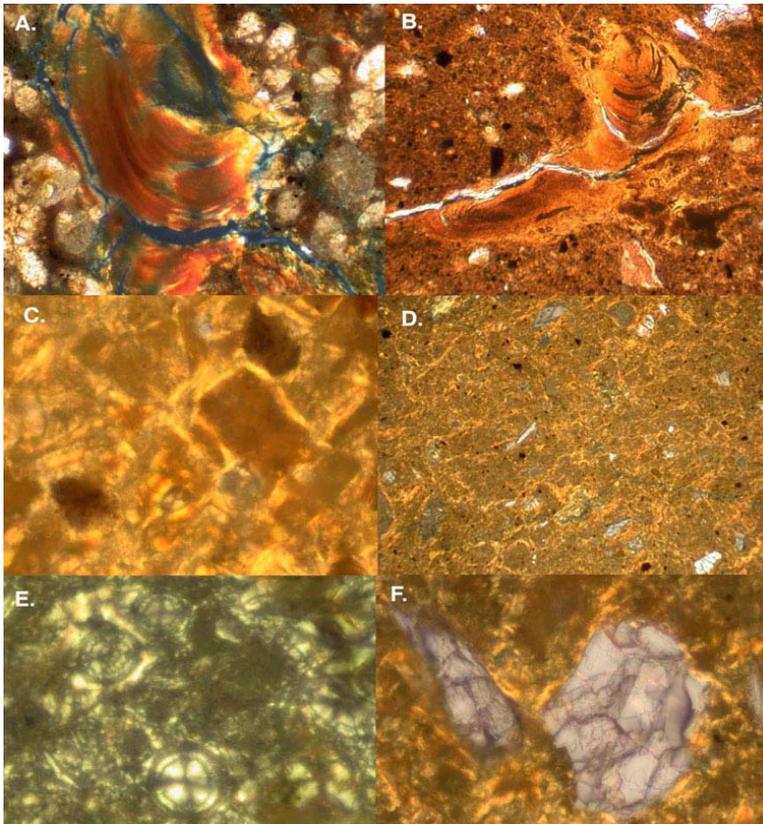
ФАКТОРНАЯ
МОДЕЛЬ

МОДЕЛЬ
ДИАГЕНЕЗА

АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦИИ

Ландшафтная интерпретация палеопочв (pedosignatures)

Генетический анализ почв:



Строение профиля

наличие и мощность диагностических горизонтов

Почвенная структура

Зернистая
Ореховатая

Кротовины

степные условия

Новообразования

Тип (карбонатные, железистые...)
количество

состав конкреций, изотопный состав

Кутаны, особенно сложные

глинистые, гумусово-глинистые,
карбонатные

Набор глинистых минералов

Состав гумуса

Ландшафтная интерпретация палеопочв (pedosignatures)

Следы корней



Корневые ходы в девонских палеопочвах
(Алексеева с соавт., 2013)

До 6 ходов на 1 м: гематитовая оболочка,
заполнение - гетит+сидерит



Индикаторы температурных условий Мерзлотные структуры

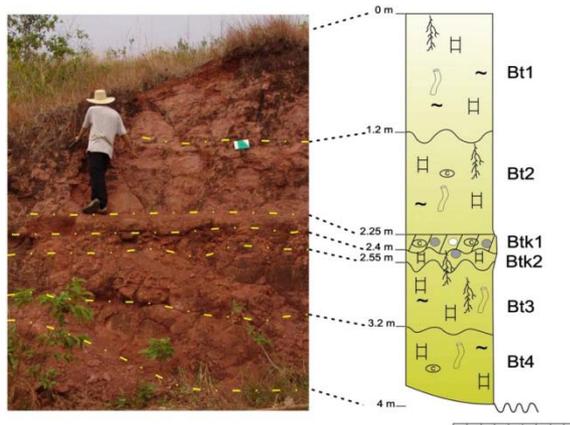


Строение верхнеплейстоценовой
лессово-почвенной толщи, Волыно-
Подолія, Україна

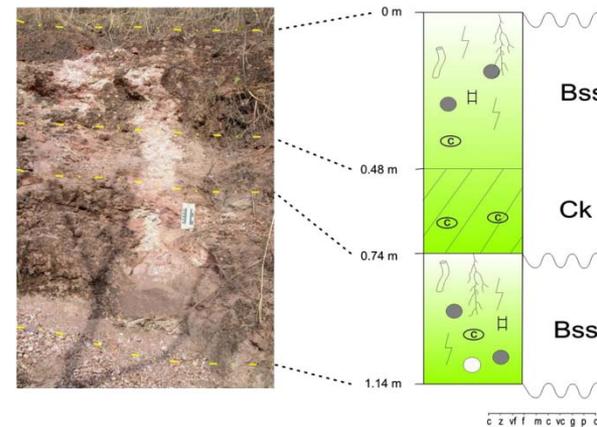


Плейстоценовый мерзлотный
клин в песчаной почве, Новая
Англия, Канада

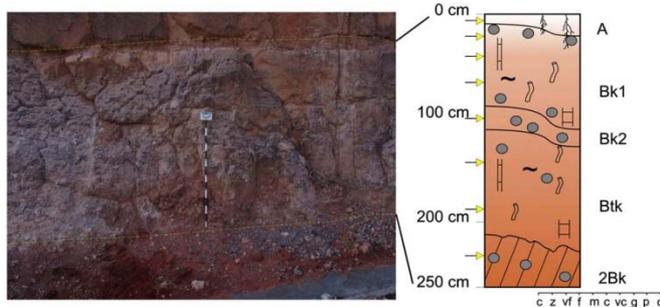
Отражение климатических трендов в строении позднемеловых почв северо-востока Бразилии, *Giorgio Basilici et al., 2010*



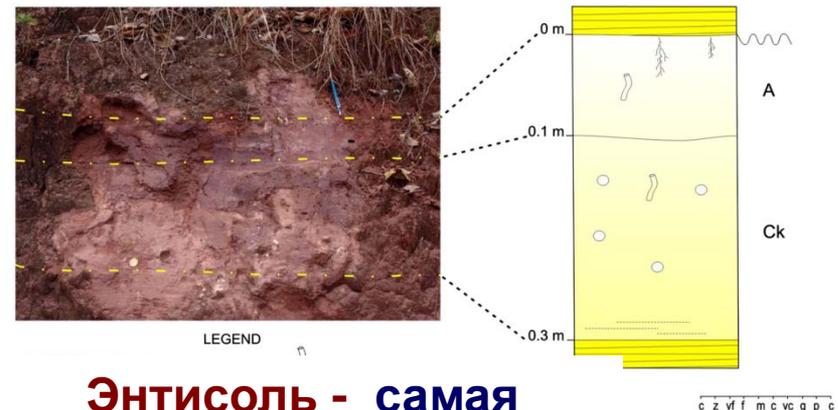
Альфисоль - самый
гумидный вариант



Вертисоль - сезонная
контрастность



Аридисоль - присутствуют
одновременно горизонты Bk и Btk



Энтисоль - самая
аридная фаза

Аридные и гумидные циклы по seat-earth paleosols карбона

Appalachian, USA, Kahmann, Driese, 2008



Calcic Vertisol (Bss-Bk)



Oxisol (Bo)



Alfisol (Bt)



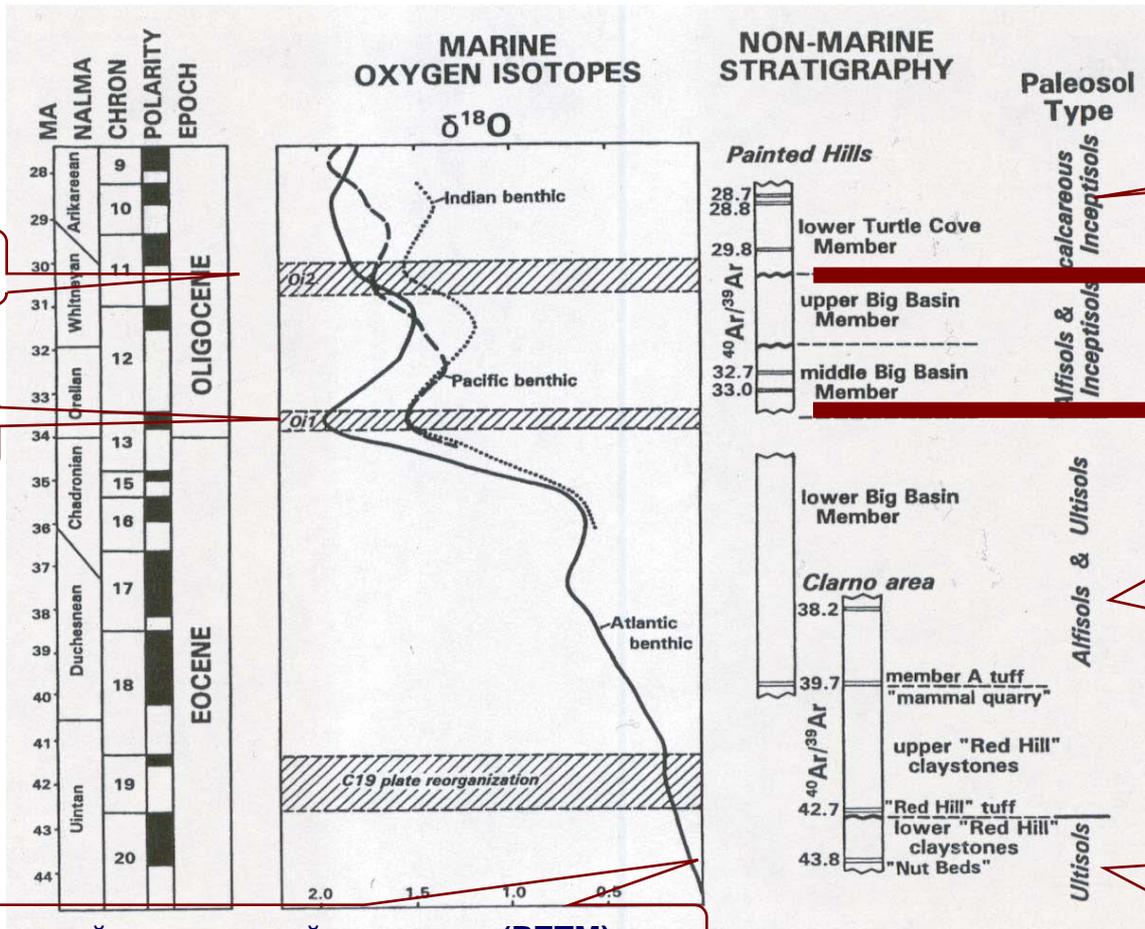
Vertisol (Bss-Bg)



Gilgai topography

Направленное изменение климата при переходе от теплой к холодной биосфере в эоцене-олигоцене,

Цветные горы (the Painted Hills), Орегон, США. Kautz, 2002



Calcic Inceptisols – аридные почвы, MAP <300

Oi2

~30 Ma

Oi1

~34 Ma

Alfisols – кислые почвы умеренного климата, обогащенные смектитами, MAT 16-18C, MAP 600-1200

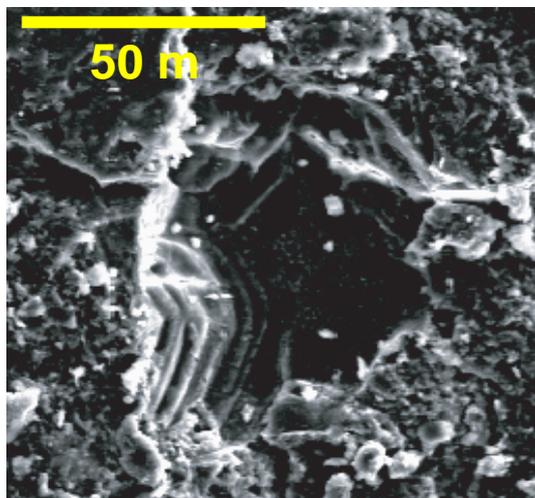
Ultisols – кислые тропические почвы, богатые каолинитом, MAT 23-25C, MAP 900-2000

Глобальный термический максимум (PETM)

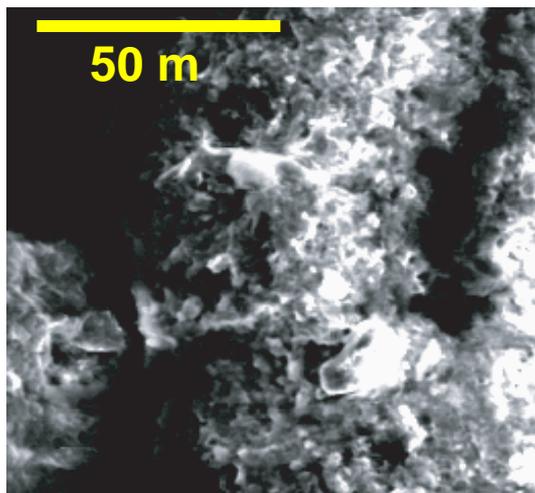
Переход от теплого климата мезозоя к эпохе позднекайнозойских оледенений – в несколько этапов. Один из наиболее значимых рубежей – граница эоцена-олигоцена (N. Sheldon, 2009). Oi1, Oi2- ice-house

Климатические тренды в эоцен-олигоценых палеопочвах

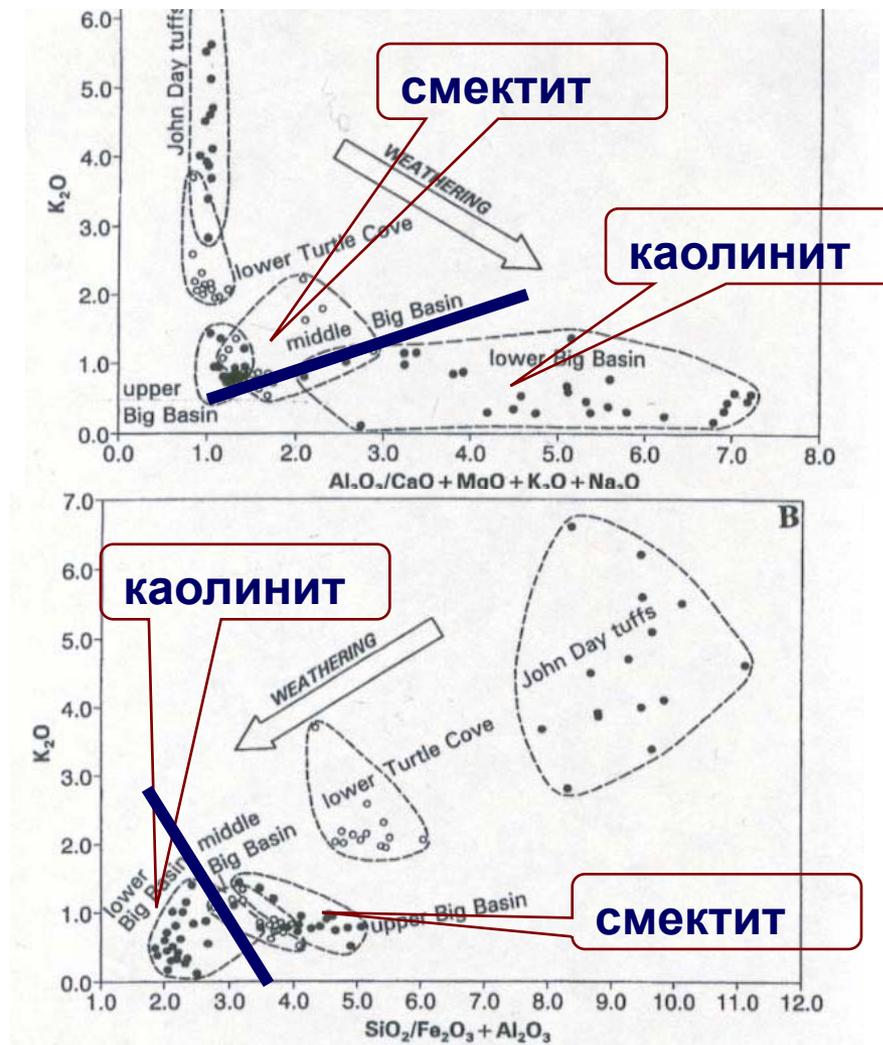
Цветные горы (the Painted Hills), Орегон, США, С. Kautz, 2002



Кристалл каолинита



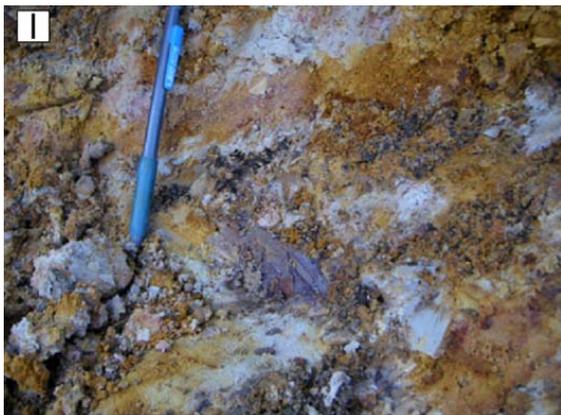
Текстура иллитов



Молекулярные соотношения

Полигенетичные признаки в почвах карбона (coal seats paleosols)

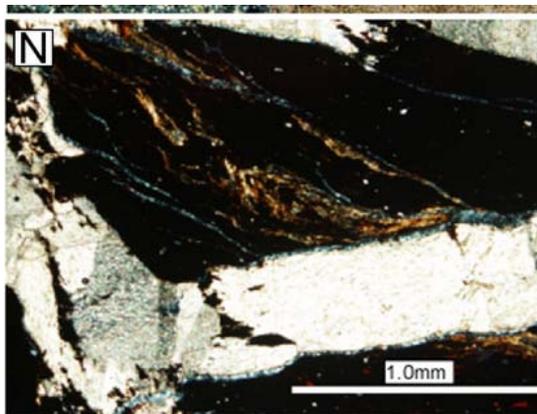
Аппалачи, США, Kahmann, Driese, 2008



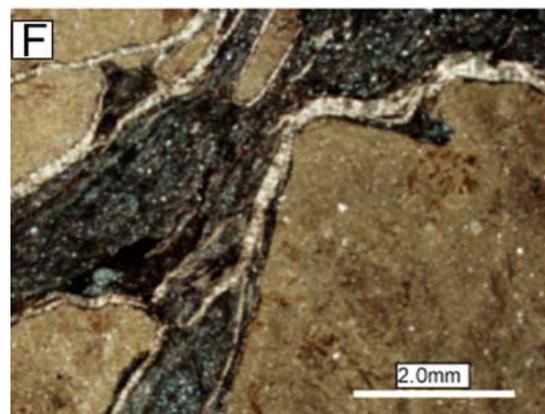
Оглеение в Oxisol



Vertisol - оглеение вдоль
ходов корней



Уголь с прослойками кальцита

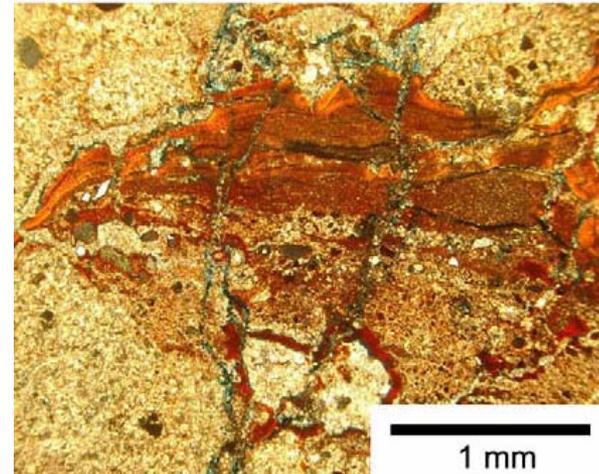
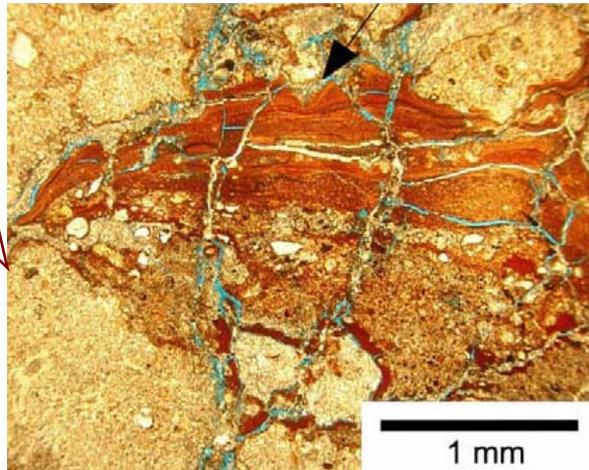


Чередование железистых и карбонатных кутан в профиле
вертисолей

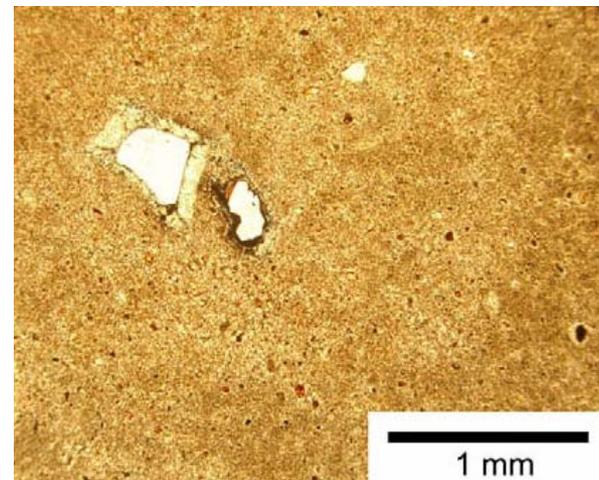
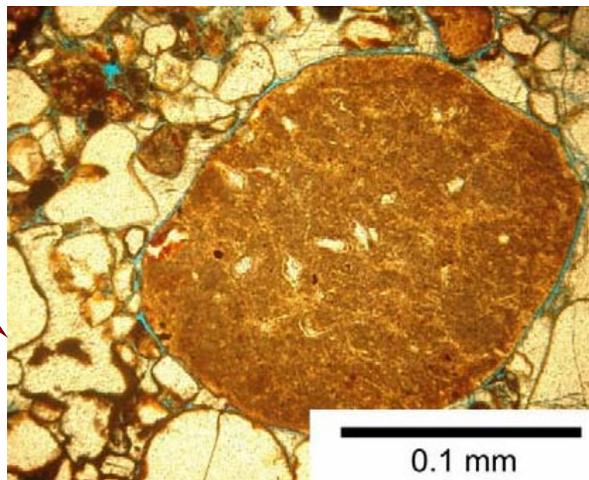
Отражение климатических трендов в микростроении позднемеловой аридосоли северо-востока Бразилии,

Führ Dal' Bó et al., 2009

Гумидная
фаза
сменяется
аридной



Аридная
фаза



- А, В. Глинистые кутаны по порам. Трещины заполнены микрокристаллическим кальцитом (стрелка)
А. николи II, В. Николи X.
С. Карбонатные конкреции в горизонте Вк. Николи II; D. Карбонатная плазма горизонта Вк. Николи II

Кислородная катастрофа 2. 45 - 2,4 Ga

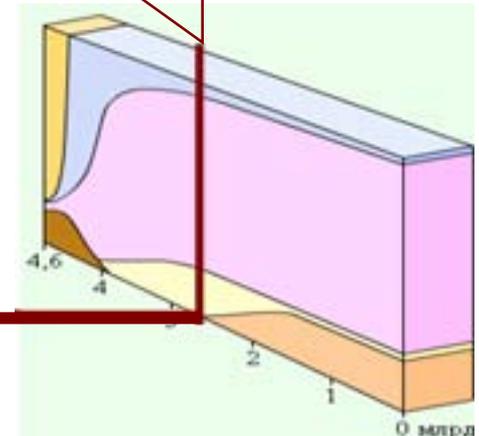


Древнейшая окисоль, 2.2 Ga

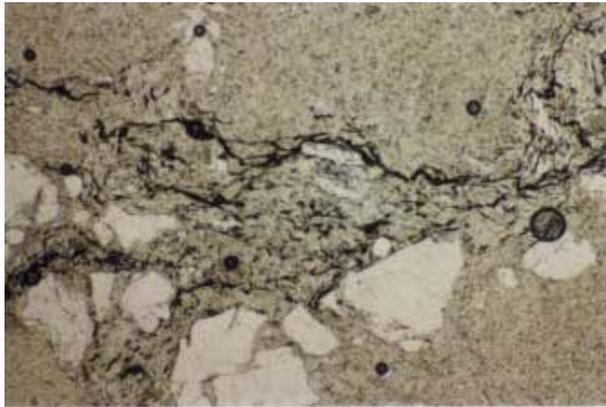
Waterfall Onder, South Africa

Высокий уровень O_2

Низкий уровень O_2



Палеопочвенные индикаторы
бескислородной атмосферы:
 U , S , Fe , Ce (rabdophane)

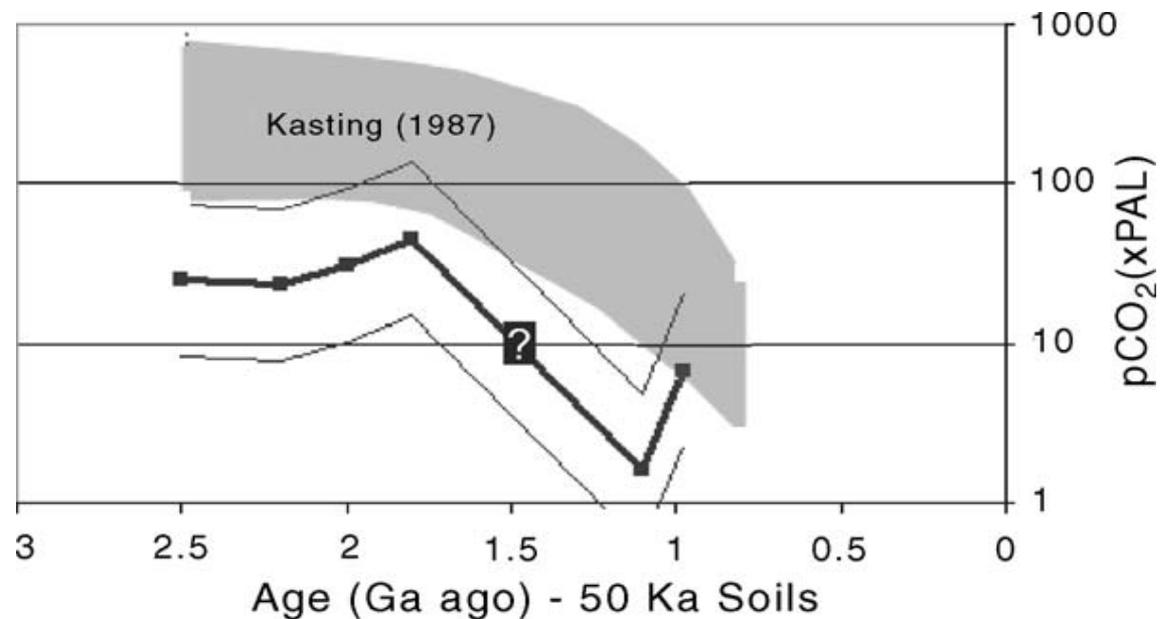


«зеленые глины» - вымершие палеопочвы, формировавшиеся при
низком уровне кислорода (1-2%)

Steep Rock Lake Quarry, Canada, photo: S. Stafford

Динамика содержания CO_2 в атмосфере докембрия в интервале 2200-1000 млн. лет назад на основе палеопочвенных данных (по Sheldon, 2006)

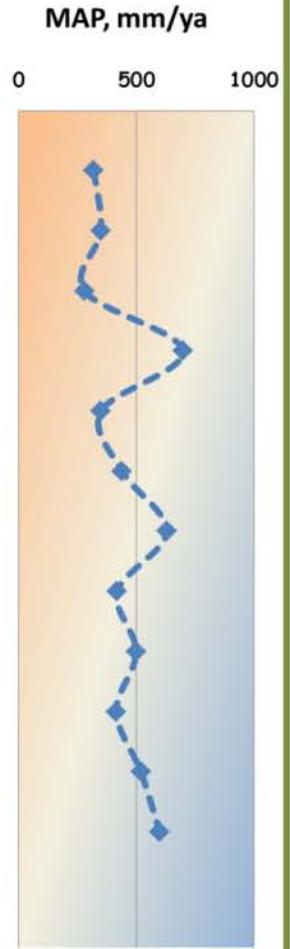
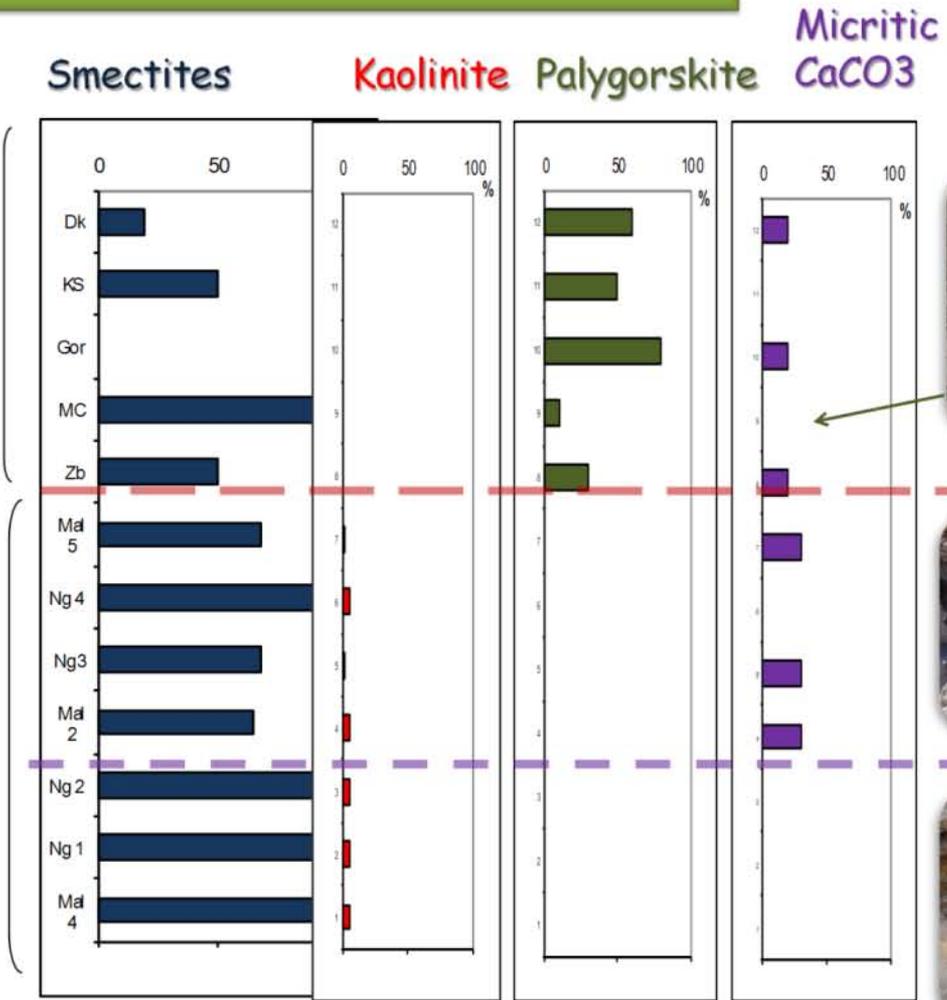
Интенсивность выветривания магматических пород и формирование континентальных карбонатных отложений в докембрии регулировались содержанием CO_2 в атмосфере.



$p\text{CO}_2$ (парциальное давление атмосферного CO_2 - partial pressure of atmospheric CO_2) по отношению к уровню $p\text{CO}_2$ в современную (до-индустриальную) эпоху (PAL - pre-industrial atmospheric level). Определяется на основе балансовых расчетов по интенсивности выветривания первичных минералов в почвах на магматических породах

Clay mineralogy of carboniferous paleosols

LATE MISSISSIPPIAN PENNSYLVANIAN

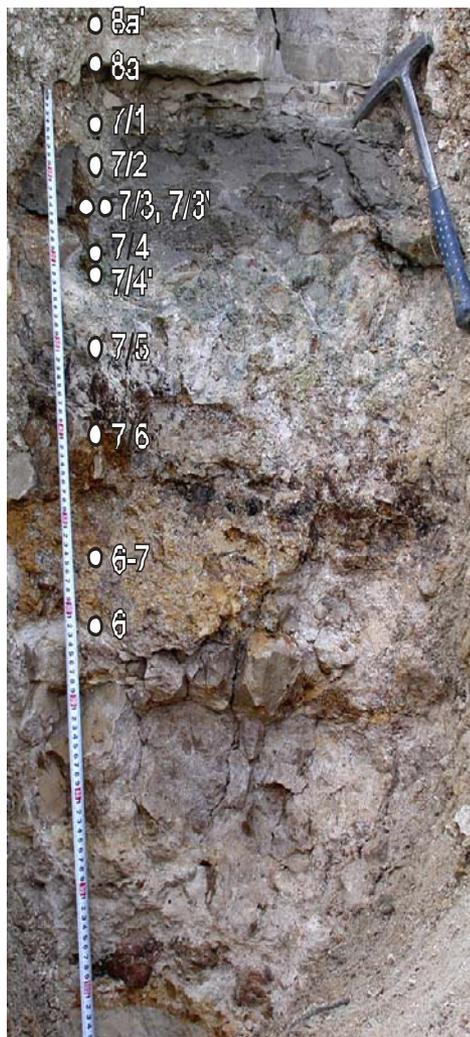


«MAP» = 14.265 (CIA-K)-37.632 ±182 mm , (Sheldon et al. 2002)

$$CIA - K = 100 \times \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O}$$

Пенсильванские палеопочвы Московской синеклизы

Алексеева с соавт., 2010

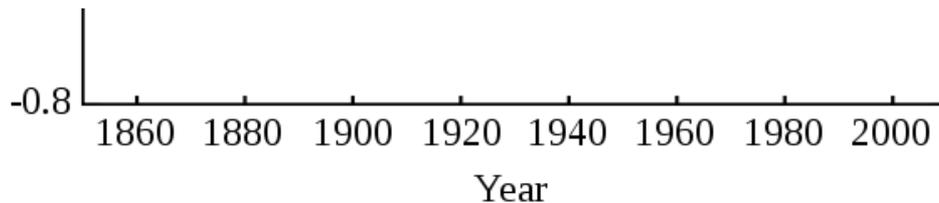
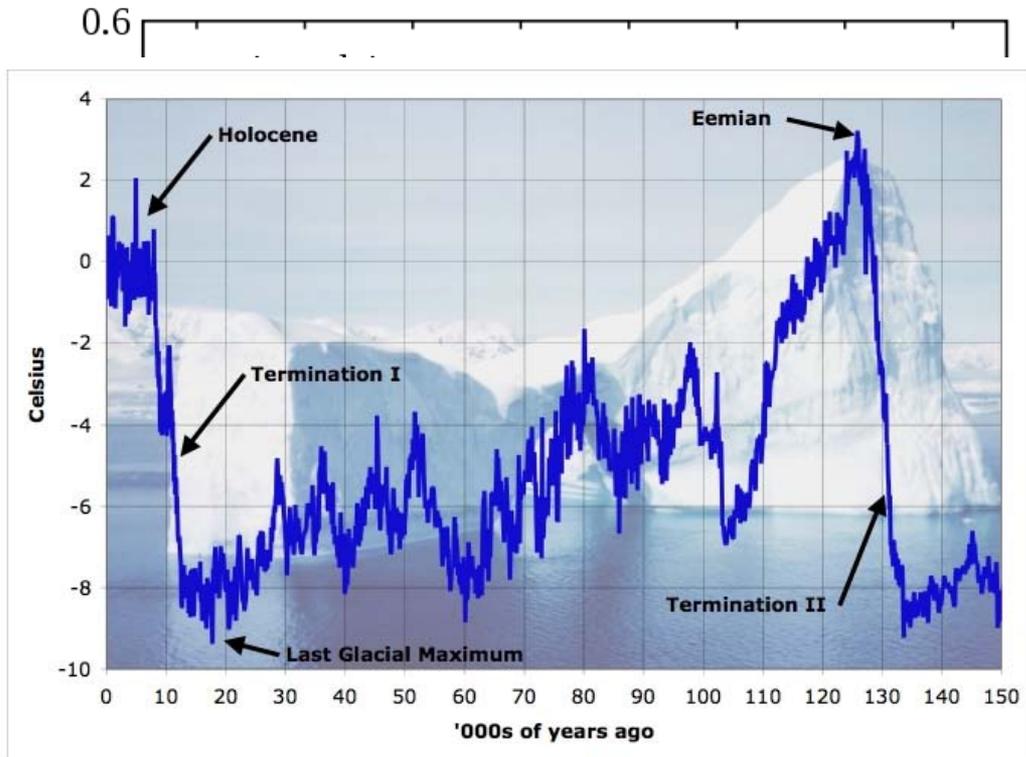


Палеогеографическая реконструкция:

- Палыгорскит (иногда сепиолит)
- Педогенные карбонаты
- рН в интервале 6-9
- Гуматно-фульватный гумус
- Высокое содержание обменного Mg
- Вертисоли – показатель сезонной контрастности – периоды высокого сезонного увлажнения

Теплый полуаридный климат с выраженной сезонной контрастностью. MAP < 300 мм

Новые междисциплинарные вызовы (глобальные изменения климата)



- **Последнее межледниковье – наиболее близкий аналог современного состояния**
 - MIS 5e, 126,000 - 115,000 лет назад (MIS 11 – хуже сохранилась, менее полная запись)
 - Среднегодовые температуры в центральной Европе на 1-2 °C выше
 - Уровень моря – на 4-6 м выше
 - SRES (Special Report on Emission Scenarios) прогнозирует подобные параметры на 2100 год.

С другой стороны: Голоцен (теперешнее межледниковье) длится уже 11500 лет – дольше, чем другие.

По-видимому, намечается переход к новому ледниковому периоду

- Аналог стадии MIS 5d – MIS 5a?

Смена гумидных почв семиаридными при переходе к ледниковому периоду

Бельгия: Romont, лёссовый массив



**5a-5d: Haplic Chernozem;
polygenetic**

5e: Haplic Luvisol, лёсс

Мощность MIS 5 – 4,5 m

Северо-восток Австрии: Штилфрид А



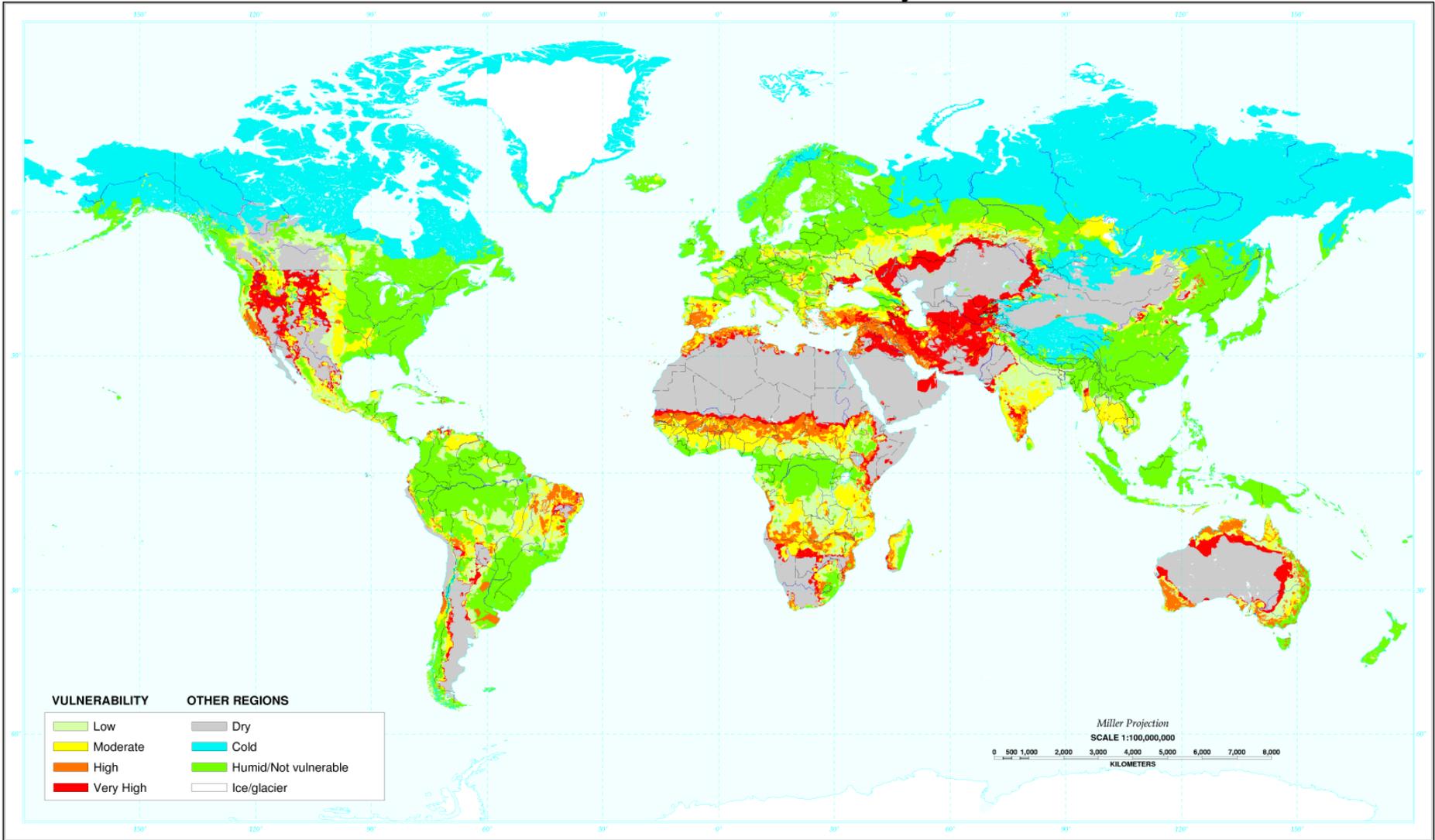
Две интерстадиальные
Почвы
Luvic Chernozems

MIS 5 – 2,5 м

Последнее
межледниковье
(Eemian)
Chromic Luvisol

Предпоследнее
оледенение

Desertification Vulnerability



Палеопочвоведение и палеонтология

Палеопочвы

ископаемое прошлых
природных обстановок
Законсервированная среда
обитания для
большинства наземных
ископаемых организмов

Палеопочвы

позволяют реконструировать
экосистемы в целом
Независимо от
палеонтологической записи
и в случаях, когда
ископаемые останки
отсутствуют



Основные этапы эволюции биосферно-геосферной системы

по Г.А. Заварзину, 2010

Разрыв между появлением жизни и почв в 3,5 млрд лет !?

Возникновение географической оболочки

Сосудистые растения

Ткани и скелет

Протисты и водоросли

Прокариоты – бактериальная биосфера

кора выветривания

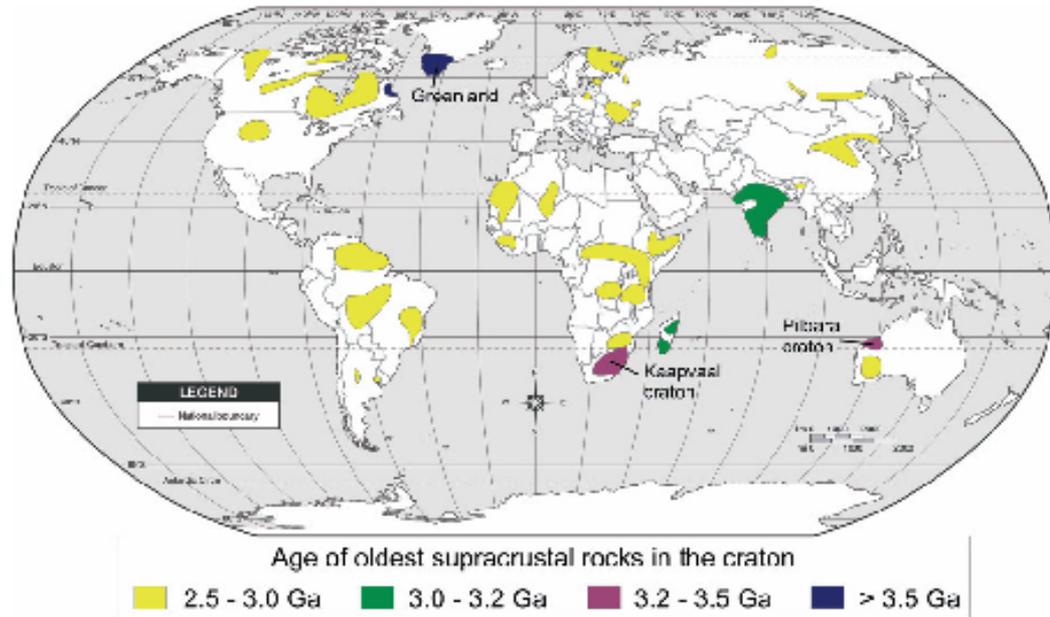
почва

океан



Практическое руководство по обнаружению древнейших признаков жизни

(D. Wacey, 2009)



Свидетельства жизни:

Индикаторы -
палеопочвы и
продукты
педолитосферы

Geochemical fossils

Trace fossils

MISS - microbially influenced
sedimentary structures

Body Fossils -
отсутствуют

Что было раньше – обитание (наземная биота), или обитаемость (почвы)?



Волнообразные MISS в кварцитах

Признаки обитания суши

Изотопные– 3800 Ma

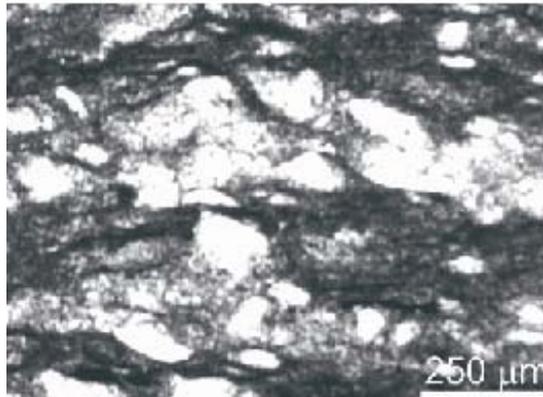
$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{34}\text{S}$

Trace fossils и MISS– 3500 Ma

- **Признаки обитаемости в древнейших континентальных осадочных породах**

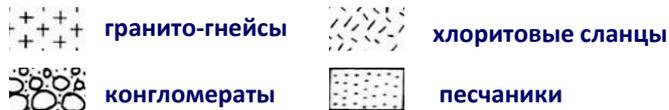
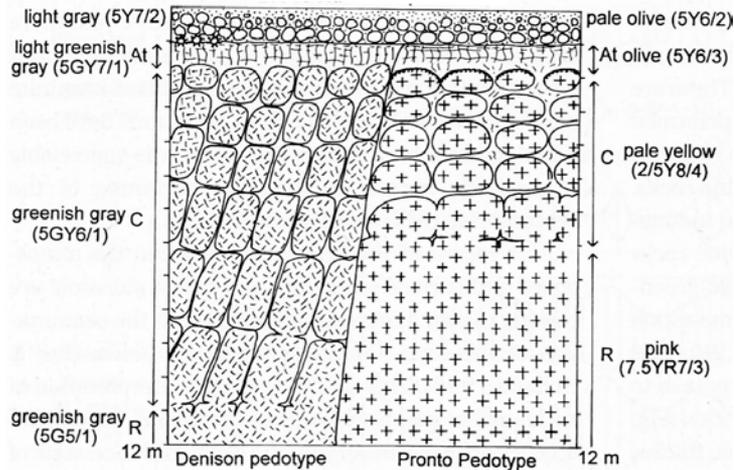
- 3800 Ma

- Емкость поглощения
- Благоприятные физические свойства
- Элементы минерального питания
- Биогенный синтез вторичных минералов
- Накопление органики (аккумулятивный тренд $\delta^{13}\text{C}$)



Углеродистые прослои в кварцитах

Колонизированность суши во всей геологически документированной истории Земли



Палеопочвы канадского щита, 2450 МА, по G.
Retallack, 2001

Почвообразование

- Глубокое гумидное выветривание (оглинивание) с участием микроорганизмов
- горизонтное строение профиля
- – аккумулятивное распределение микроэлементов (Ba, Cr, Cu, Ni, Zn и P) в почвах возрастом 3000-1647 Ма
- структура и кутаны
- литосенсорность и климатсенсорность

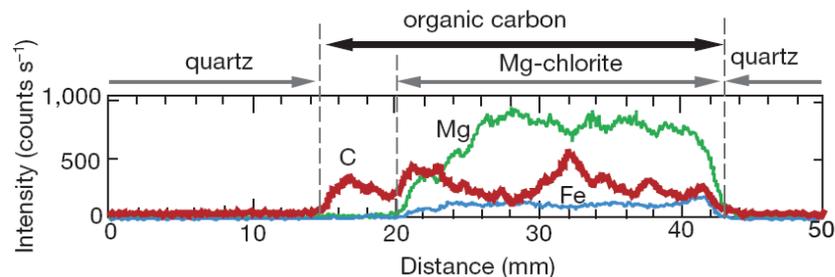
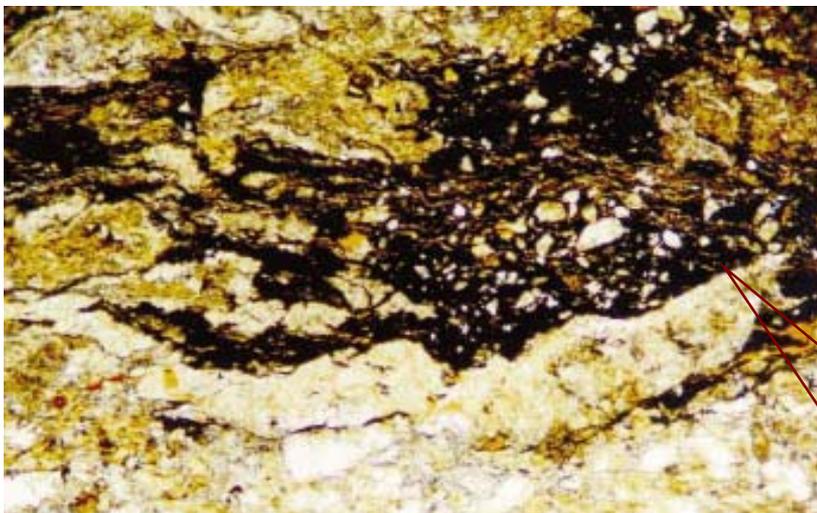
Почвообразование – постоянное звено геологического круговорота с самого начала записи

Развитые профили почв под бактериальными пленками – **загадка**.

Глубокие профили – большая продолжительность почвообразования?

Сложная структура микробного сообщества в архейской палеопочве 2,7-2,6 Ga

провинция Мпумаланга, Восточный Трансвааль, Южная Африка, Watanabe et al., 2000



Концентрации C, Mg и Fe по данным электронного анализатора.

Ассоциация органического вещества с глинистыми минералами

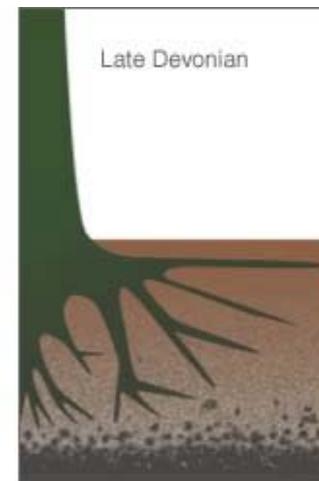
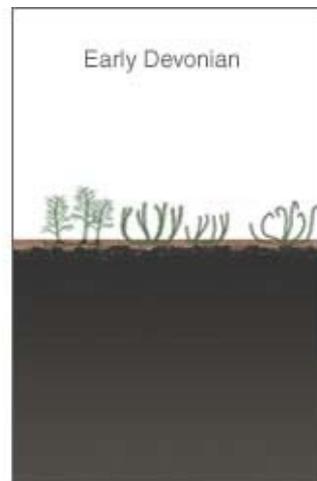
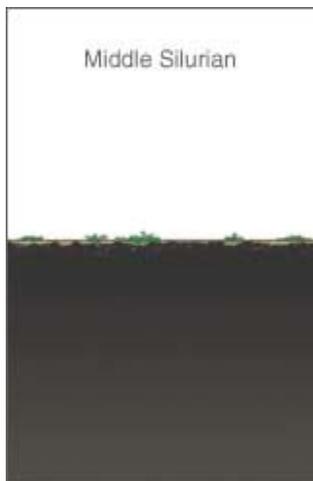
Прослойки органического вещества (20 мк-1 мм), приурочены к местам скопления зерен Fe-стилпномелана (светло-коричневые участки).

Содержание Сорг до 1,4%
 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (-17.4 -14.4‰ PDB)

Инситуные остатки микробных матов
цианобактерии и гетеротрофы

Козволюция почв и биоты

Завоевание суши высшими растениями – яркий пример коэволюции (эволюции экосистем)



Силур –
появление растений

Средний девон –
распространение древесной
растительности
(Archaeopteris)

Глубокое проникновение корневой
системы

Формирование гумусовых соединений и
мощных гумусовых горизонтов
(Заварзина, 2010)

Революция в почвообразовании и выветривании

Козволюция почв и биоты

Козволюция трав и травоядных – Ковалевский, 1873

Стадии развития травянистых биомов – экосистем нового типа



Остатки травянистой растительности (*Stereochlaena miocenica*) в среднемиоценовых палеопочвах Кении (Douglas & Retallack 1993)

олигоцен (33 Ma)

кочкарниковые
луговые
сообщества

Беговые млекопитающие

ранний миоцен (19 Ma)

короткотравные
луговые
сообщества

жвачные млекопитающие

поздний миоцен (7 Ma)

высокотравные
сообщества

крупные беговые
млекопитающие

Позднемиоценовые черноземы, 7,2 Ма



Позднемиоценовый Чернозем
Орегон, США, Retallack et al., 2002)

Черноземный профиль

- типичен для современных высокотравных прерий.
- дерновый горизонт с плотным наземным покровом трав
 - зернистая структура,
 - обильные следы тонких корней
- карбонатный горизонт до 50 см
 - карбонатные нодулы, ризоконкреции

Палеонтологические останки

- лошади, антилопы

ландшафты прерий с травоядной фауной

МАР 500-850 мм

- по глубине залегания карбонатов

Козволюция трав и травоядных включала и эволюцию почв.

Сформированы экосистемы нового типа, с уникальным углеродным пулом, водным балансом и альбедо

Критические точки эволюции педосферы



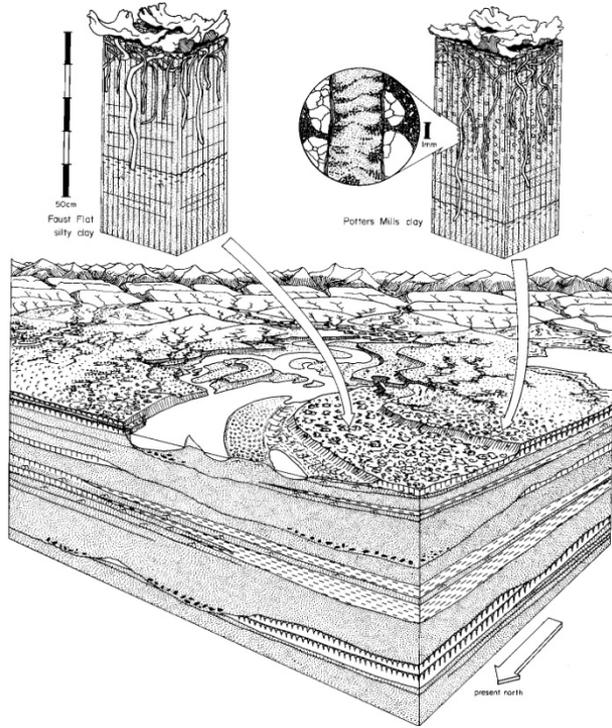
Эоценовые палеопочвы,
Painted Hills, Oregon, USA

- **Почвы бактериальной биосферы** формировались в условиях лишь отчасти воспроизводимых в экстремальных местообитаниях
- **Революция почвообразования в девоне:** – появление растений с развитой корневой системой
 - формирование мощных профилей с гумусовыми горизонтами на основе органо-минеральных взаимодействий
- **Революция почвообразования в кайнозое**
 - появление травянистых биомов (травы + травоядные + черноземные почвы)

Козволюция Жизни и Почв – новая парадигма естествознания

Палеопочвы – показатели эволюции природы Земли в фанерозое

Палеопочвы среднего ордовика (465 млн лет)

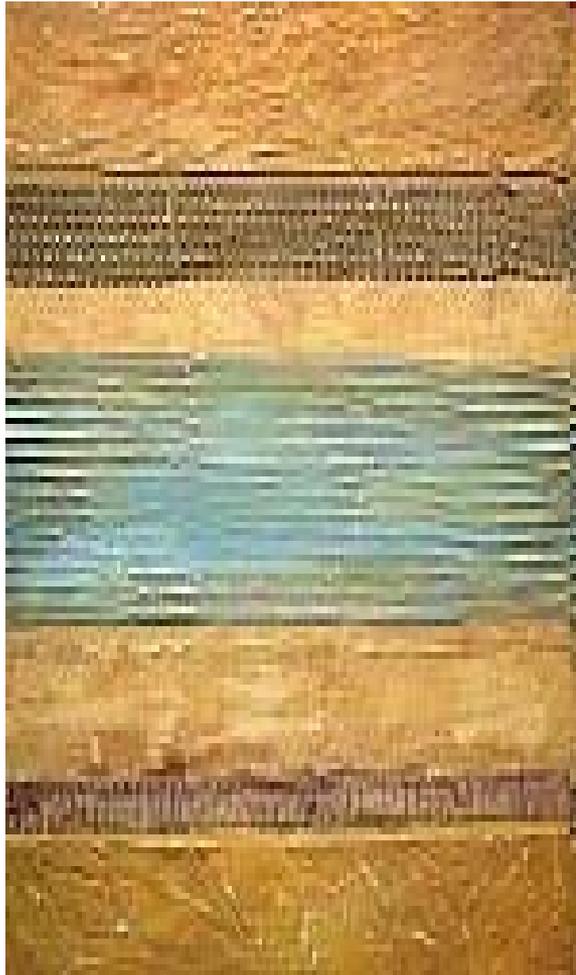


**Ходы
почвенной
мезофауны**



**Наиболее древнее из известных
свидетельство выхода животных на сушу
(ордовик, по Retallack and Feakes, 1987)**

Экология палеопочв



Профиль палеопочвы
Michelle Calkins, leather

Экосистемная теория эволюции: (*Красилов, Разумовский, Жерихин*)

- Биоценоз определяет граничные рамки эволюции отдельных компонентов
- **Эволюция биоценозов** (коэволюция) - новая парадигма естествознания (*Заварзин, 2010*)
 - Эволюция экосистем записана в педолитосфере (палеопочвах)
- **Коэволюция включает эволюция почв**
- Экологические функции палеопочв реализуются на фоне биологической эволюции
 - Палеопочвы - внешний фенотип (*Phillips, 2009*)
 - явная переключка с представлением о биокосных телах В.И. Вернадского

Экзогенез (Соколов, 2004)

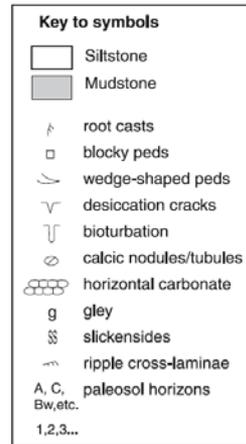
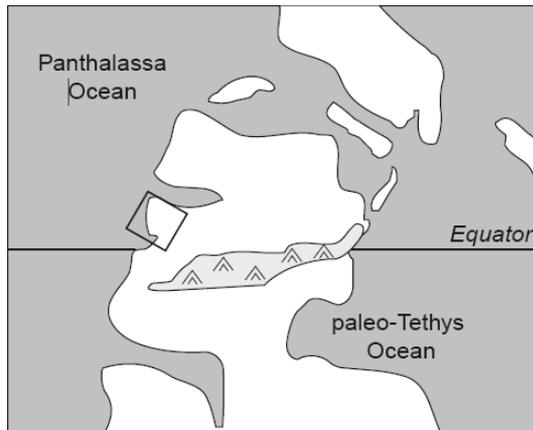
Гипергенез (Полынов, 1948)

Геохимическая обстановка

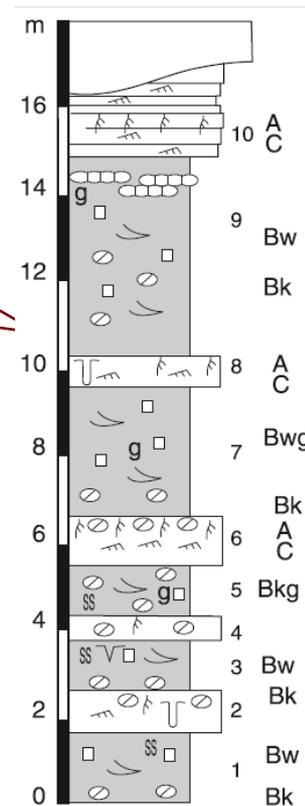
(Перельман, 1960)

Седиментация переменного-влажного климата – пылеватые фации аллювия

Почвообразование переменного-влажного климата -- Vertic Calcisols/Vertisols



Когерентная эволюция педогенеза и седиментации



Можно предсказывать свойства палеопочв по седиментационной обстановке геологического периода

**Нижнепермский экваториальный седиментационный бассейн
New Mexico, США, Mack et al., 2003**

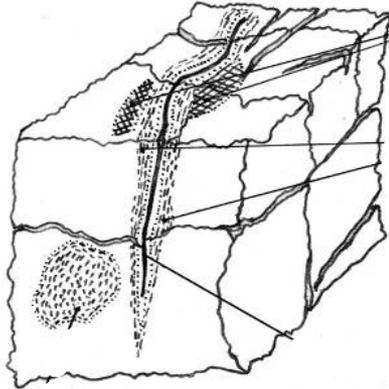
Ресайклинг тонкодисперсного материала в педогенно-седиментационных и геохимических циклах



**Верхнепермские красноцветы Русской равнины,
*Иноземцев, Таргульян, 2010***

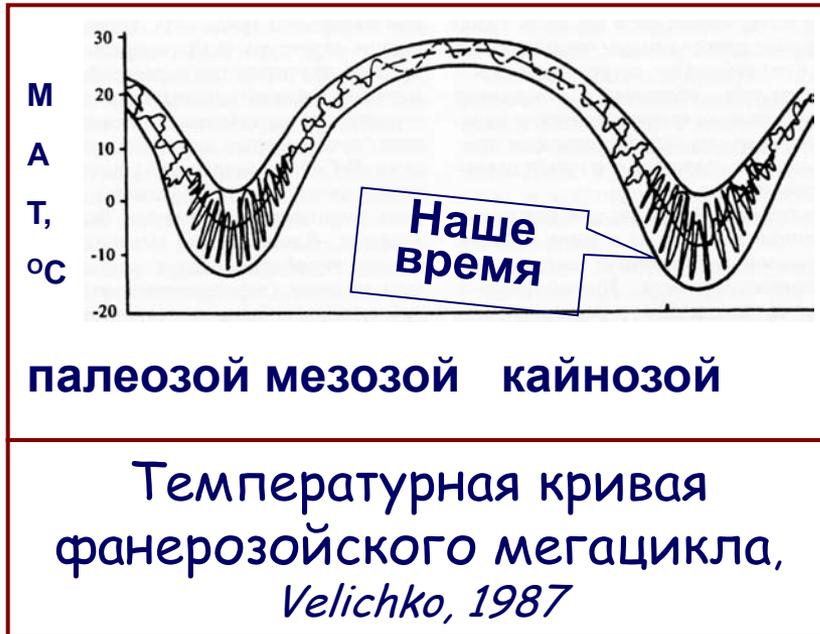
Оглеение по следам древесных корней в верхнепермских почвах

Русская равнина, Иноземцев, Таргульян, 2010



Gleyic mottling allows to reconstruct root pattern of forest ecosystem

Ресайклинг мелкозема в био-геосферных циклах



- Педогенез утилизирует продукты предшествующих биосферно-геосферных циклов
 - Глинисто-пылеватые фракции в значительной степени унаследованы от биосфер прошлого
- Холодные биосферы
 - Утилизируют мелкозем теплых биосфер
 - Четвертичное почвообразование на продуктах теплых биосфер прошедших многократное перепотложение
 - Лессы, морены, красноцветы

Важный вклад палеопочвоведения в генетическое почвоведение

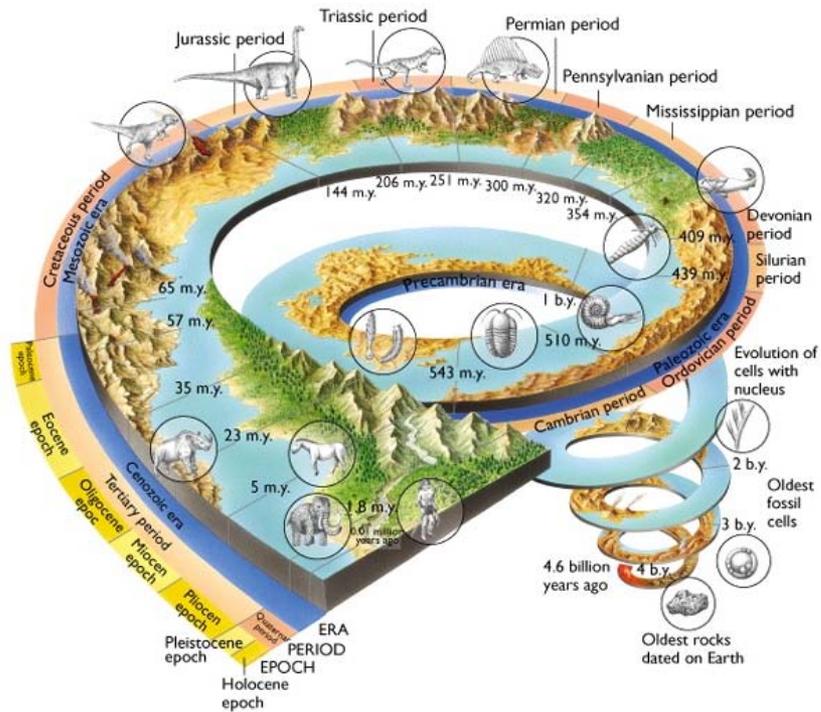
Интеграция палеопочвоведения в системе геосферных и биосферных наук



Профиль палеопочвы
Liza Carney, холст,
акриловые краски

- **Планетарные науки**
 - стабильные поверхности континентов
 - формирование атмосферы
- **Палеогеохимия** – часть палеопочвоведения
- **Палеонтология**
 - Функциональные проявления сообществ наземных микроорганизмов
 - Геомикробиология, особенно докембрия - часть палеопочвоведения (trace fossils, MISS, biosignatures)
- **Палеоклиматология.**
 - Реконструкция содержания O_2 , CO_2 , MAT, MAP
 - Аридные и гумидные циклы (циклотемы, лессово-почвенные серии и пр.)
- **Эволюционная геоморфология** (Corenblit et al., 2007; Steiger, 2009) - коэволюция живых организмов и условий среды.
 - Изменение аллювиальных процессов в связи с появлением высших растений
- **Геоархеология и археологическое почвоведение**
- **Геология, палеогеография, озероведение и пр.**

Возрастные группы палеопочв



Палеопочвы и спираль геологического времени

Дочетвертичные палеопочвы

главные тренды в развитии наземных экосистем

Четвертичные палеопочвы

содержат детальную запись о динамике ледниковых и межстадиальных циклов

Позволяют моделировать глобальные изменения климата

Голоценовые палеопочвы

Динамика ландшафтных зон, воздействие деятельности человека.

Сопряженный анализ естественной и культурной эволюции

Поверхностные палеопочвы

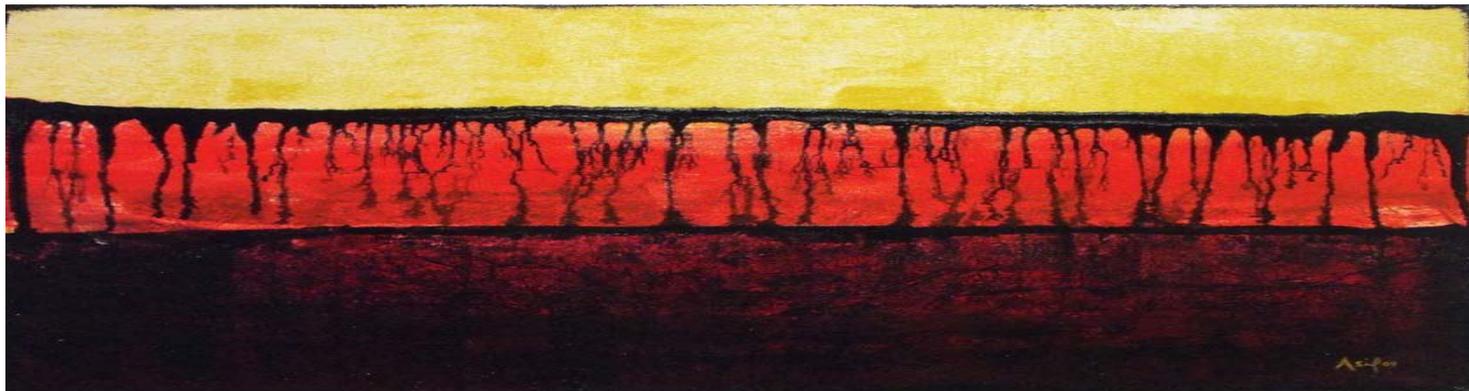
Устойчивость реликтовых признаков, влияние реликтовых свойств на характер их использования

Реликтовая основа современного почвенного покрова

Новый статус почвоведения в биogeосферных 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

<http://paleopedology.msu.ru>



Paleo-Oxisol
Liza Carney,
canvas, acril

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!



*Эоценовые палеопочвы,
Painted hills, Oregon,
June Underwood, холст,
масло*

Палеопочвы настолько красивы и необычны, что привлекли внимание художников

В последнее время художественное изображение палеопочв стало популярным направлением в абстрактной живописи и декоративном искусстве во многих странах мира