

Биокосные системы Земли

В.О.Таргульян

Институт географии РАН

Апрель 2013г.

(к 150-летию В.И.Вернадского, МГУ)

Основные сюжеты доклада:

-- экзогенные системы и оболочки планет;

-- экзоны, ситоны, трансоны;

-- есть ли почвы на Марсе?

-- биокосные бескаркасные и каркасные системы;

**-- биокосные инситные каркасные системы Земли:
почвы и коры выветривания(ситоны);**

-- память почв;

-- есть ли цели в развитии почв во времени

Планеты и оболочки



Планеты земной группы (литосферные).
Слева направо: Меркурий, Венера, Земля и Марс
(размеры в масштабе, межпланетные расстояния — нет)

Полный набор оболочек – только на Земле

Основные «первичные» оболочки планет земной группы:

Литосфера	}	}	}	}	все планеты земной группы
Космо-гелио	}	}	}	}	Луна, Меркурий
Атмосфера -	}	}	}	}	Венера
Гидросфера -	}	}	}	}	Марс (палеогидро)
Биота -	}	}	}	}	Земля

**Взаимодействие этих оболочек
создает на поверхности планет
производные оболочки –
экзогенные и биокосные**

ЭКЗОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ОБОЛОЧКИ

**Взаимодействие планетных литосфер
с любой внешней средой
формирует экзогенные системы и
оболочки на поверхности планет земной
группы;**

**Это реголиты или ЭКЗОНЫ –
твёрдофазные, полидисперсные, рыхлые
образования разного генезиса**

Экзогенные системы взаимодействия на поверхности планет (экзоны)

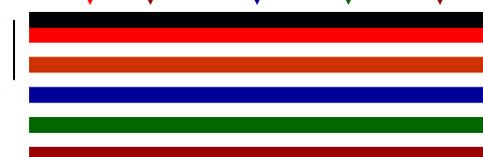
космические и солнечные потоки вещества и энергии, тектоника

атмосферные потоки и циклы

гидросферные потоки и циклы

биосферные потоки и циклы

антропоферные потоки и циклы



Луна

Венера

Марс

Земля

Земля с человеком

космо-гелио-
лито-взаимо-
действия

космо-гелио-
атмо-лито
взаимо-
действия

космо-гелио-
атмо-
палеогидро-
лито-взаимо-
действия

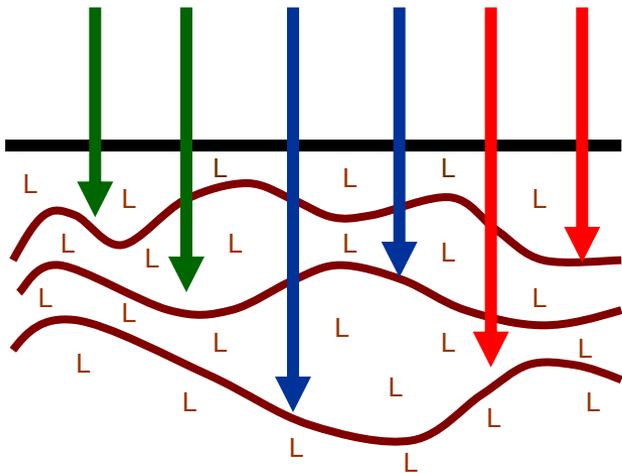
космо-гелио-
атмо-гидро-
био-лито-
взаимодейств.

космо-гелио-атмо-
гидро-био-лито-
антропо-
взаимодействия.

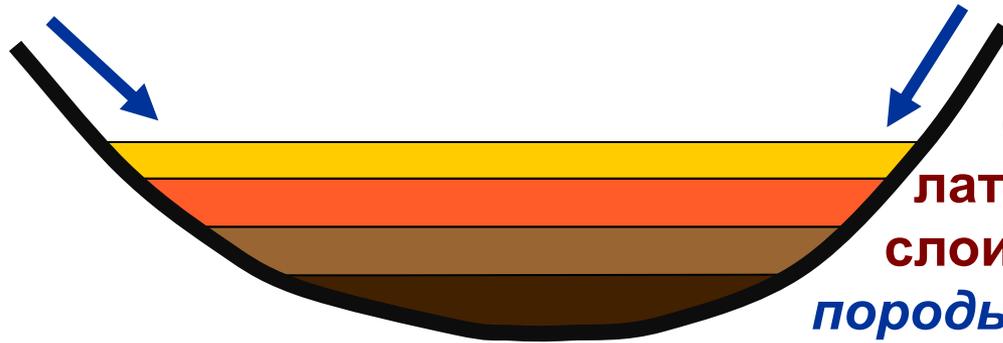
усложнение



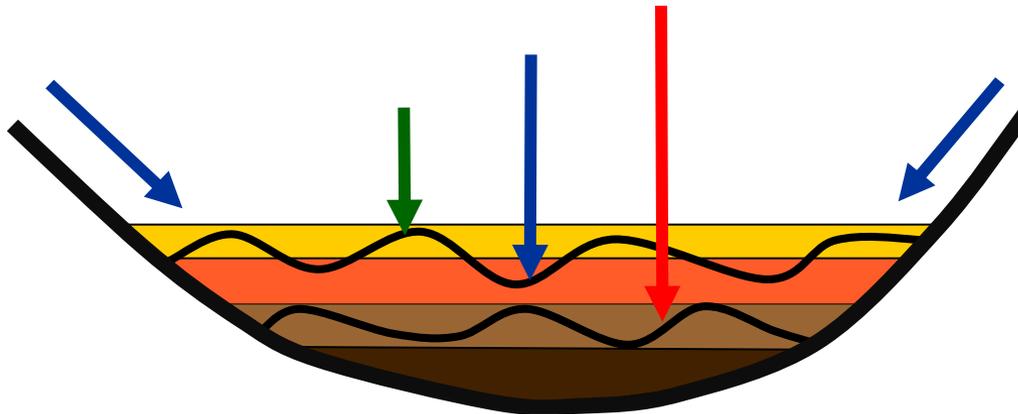
Основные типы экзонов



СИТОН: сформированная *in situ* последовательность горизонтов в верхних слоях литосферы: почвы, коры выветривания, сапролиты: породы «разъедаются» процессом



ТРАНСОН: сформированные латеральным переносом слоистые осадочные толщи: породы «покрываются» осадками



ТРАНССИТОН: сочетание латеральных и инситуных экзогенных процессов: и то и другое



ЭКЗОМ МАРСА



**Горные тропические дождевые леса
с почвами и корами выветривания
Какой контраст с Марсом!**



СИТОН ЗЕМЛИ

**тропическая
ферраллитная
почва**

Есть ли почвы на Марсе?

Хм!

В научной литературе опубликованы сотни статей и десятки книг о природе Луны и Марса – планетах земной группы.

Однако, до сих пор эти знания стоят особняком по отношению к знаниям о природе Земли.

Широко используются термины Lunar soils и Martian soils, но серьезной попытки рассмотреть планетные реголиты с позиций земного почвоведения до сих пор не сделано.

Понятие почвы применительно к Земле и Марсу



Понятие «почва», профессионально используемое в почвоведении на Земле, означает: природная многофазная, биокосная система, возникающая и функционирующая *in situ* в верхних слоях литосферы благодаря ее взаимодействию с солнечной радиацией, атмо-гидро-сферой и **биотой**;

Понятие «soil» широко используется в зарубежной литературе по Марсу для обозначения **«любого рыхлого материала, который отличается от твердой породы»**. Присутствие или отсутствие мертвого органического вещества или биоты не оговаривается» (цит. по Soderblom et al., 2004).



Таким образом, в понятие «soil» на Земле и на Марсе вкладываются существенно разные значения

Специфика генетической парадигмы почвоведения:

Среди всех поверхностных рыхлых образований на земной суше **только почвы и коры выветривания являются биокосными телами, сформированными in situ** за счет трансформации верхнего слоя литосферы экзогенными земными факторами и процессами.

Поэтому они обладают инситной, «точечной» памятью об этих факторах и процессах.

В этом их принципиальное отличие от обширной группы рыхлых отложений – осадков и осадочных пород, которые образованы не столько инситными, сколько латеральными процессами мобилизации, переноса и седиментации вещества на земной поверхности

**Может ли генетическая парадигма
почвоведения
быть приложена к изучению
реголитов Марса и других планет
земной группы?**

Формула Докучаева-Йенни

$$S_{\text{in situ}} = f(c, l, o, r, p) t$$

**где: c - climate, l - organisms, o - relief,
p - parent rock, t - time**

Ортодоксальный ответ:

Следуя ортодоксально Докучаевской парадигме, мы должны заключить, что на Марсе и Луне нет почв в истинном смысле слова:

- Луна – отсутствие атмосферы, гидросферы и биоты**
- Марс – отсутствие биоты, жидкой гидросферы в настоящее время
(палеогидросфера ~ 2 миллиарда лет т.н.)**

Почв как биокосных систем – не обнаружено

Неортодоксальный ответ:

попытка развить более общую концепцию экзогенных процессов и тел на поверхности планет земной группы:

ЭКЗОНЫ, СИТОНЫ, ТРАНСОНЫ.

В формуле - $S = f (cl, o, r, p,) t$ –

вместо символов земных факторов почвообразования
МОЖНО ПОСТАВИТЬ СИМВОЛЫ ЛЮБЫХ ВНЕЗЕМНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ
агентов воздействия на литосферу - a_1, a_2, a_3, \dots ,
(как, например, метеоритная бомбардировка, солнечный
ветер, углекислотная атмосфера и др....)

Тогда общая формула любых планетарных экзогенных
взаимодействий:

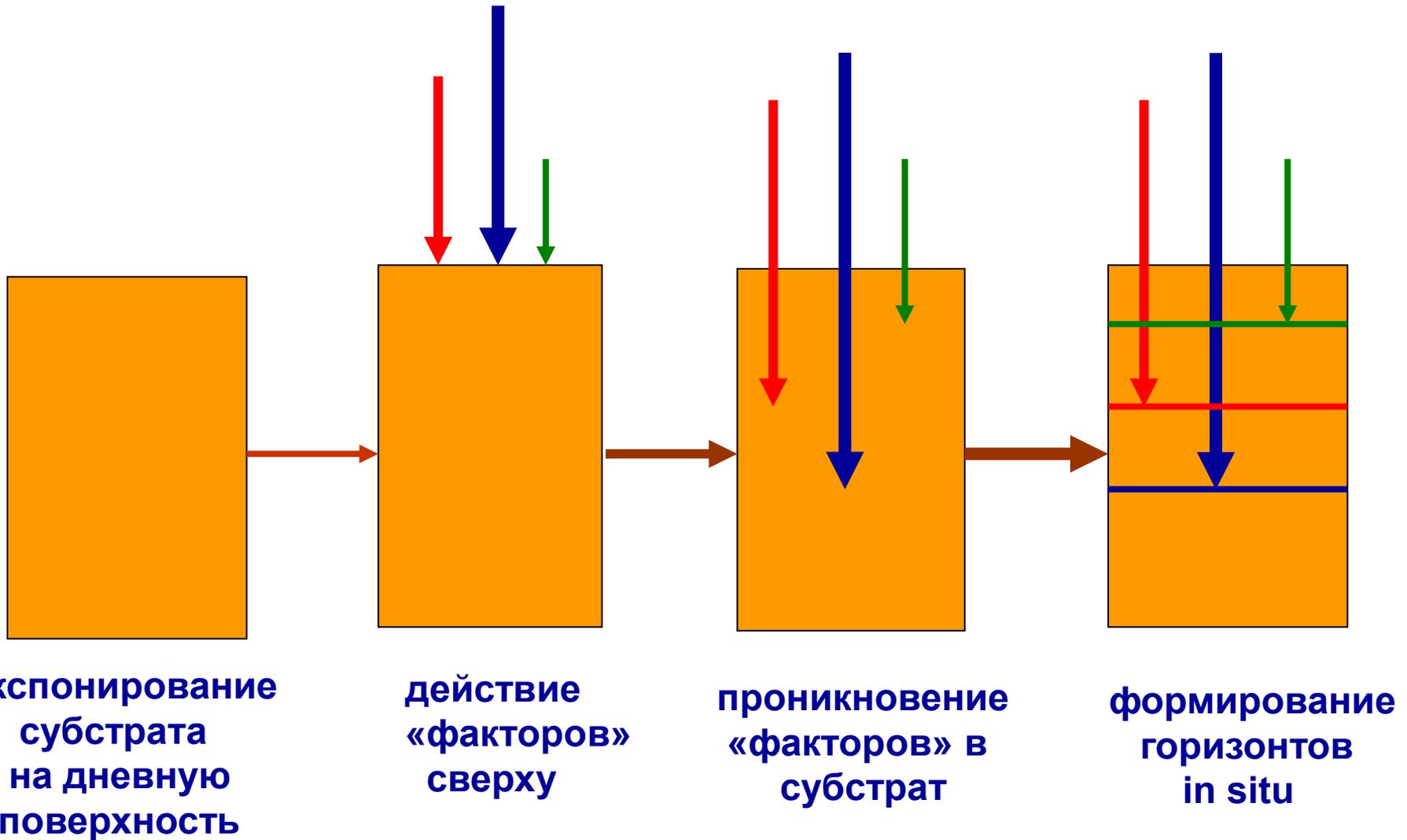
$$Exon = f (a_1, a_2, a_3, \dots) t$$

Ситоны и трансситоны на планетах земной группы можно считать абиотичными почвоподобными телами (astrosoils, Amundson et al, где фактор биоты = 0

они формируются по тем же общим правилам, что и земные почвы и коры выветривания, но без участия биоты:

(трансформация и дифференциация материнской породы на горизонты, вглубь от дневной поверхности)

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



Его можно прилагать и к абиогенным инситным реголитам Земли и других планет

Мелкоземно-каменистые реголиты на Марсе, так называемые “Martian soils”:

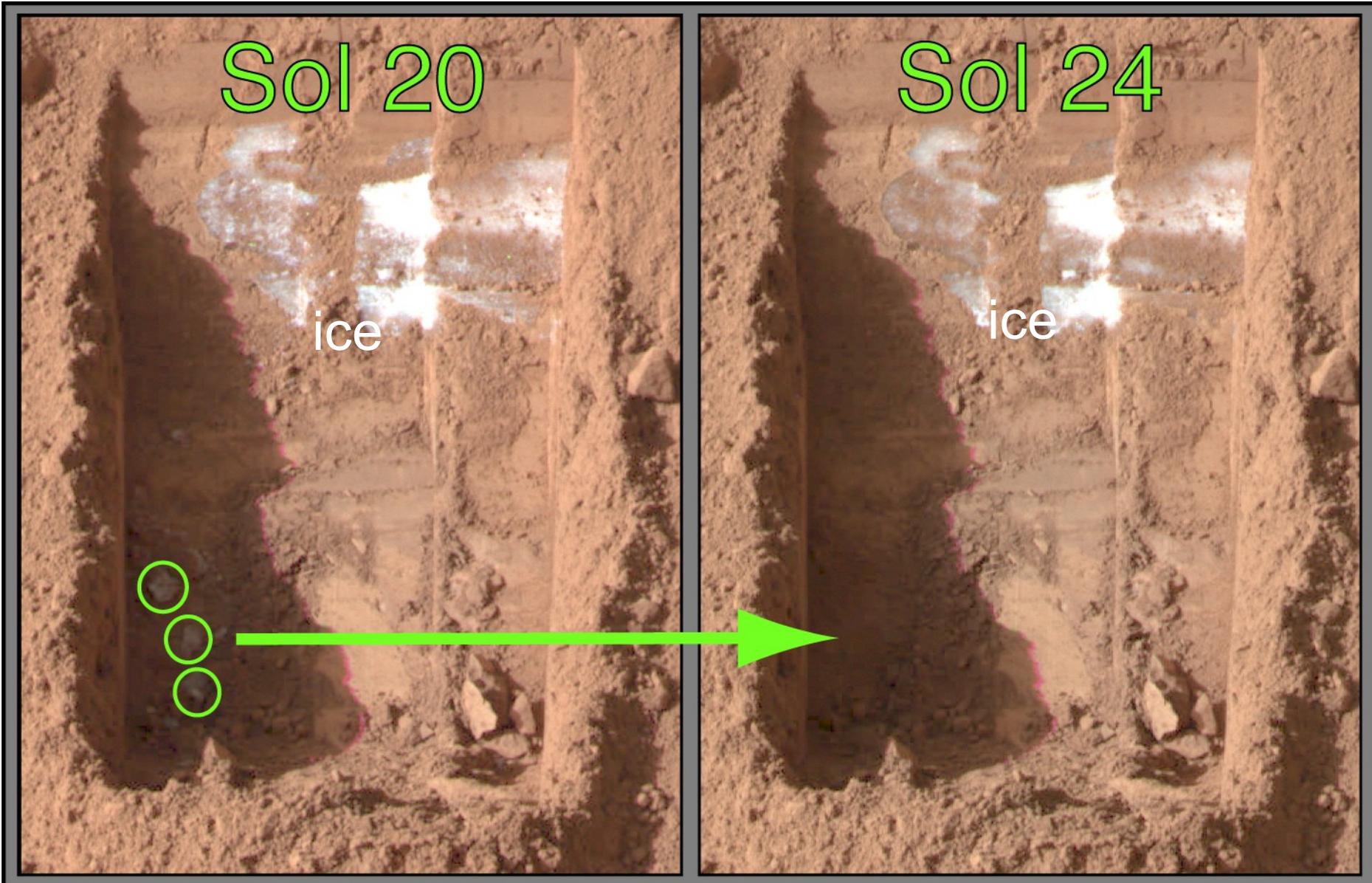
**Это почвы? или абиотичные экзогенные седименты?
Дифференцирована ли их верхняя часть на инситные горизонты подобно горизонтам почв и кор выветривания Земли?**

**Есть ли ситоны на поверхности Марса?
Есть, но их немного.**





**Возможно, это инситные образования - микроситоны
(корки выветривания) на поверхности обломков
базальтов**



Марсианский реголит – ситон, трансон или трансситон? Скорее последнее

БИОКОСНЫЕ СИСТЕМЫ (БКС) И ОБОЛОЧКИ

**Взаимодействие биоты с любой
планетарной оболочкой
формирует биокосные системы
(БКС) и покровы
на поверхности Земли и,
возможно, где то еще???**

По характеру абиотичной среды, вмещающей биоту, можно выделять:

Бескаркасные - подвижные БКС:

газообразные атмосферные;

водные гидросферные:

(фотический слой, пелагиаль и др.);

рассеянная и/или уходящая память систем

?

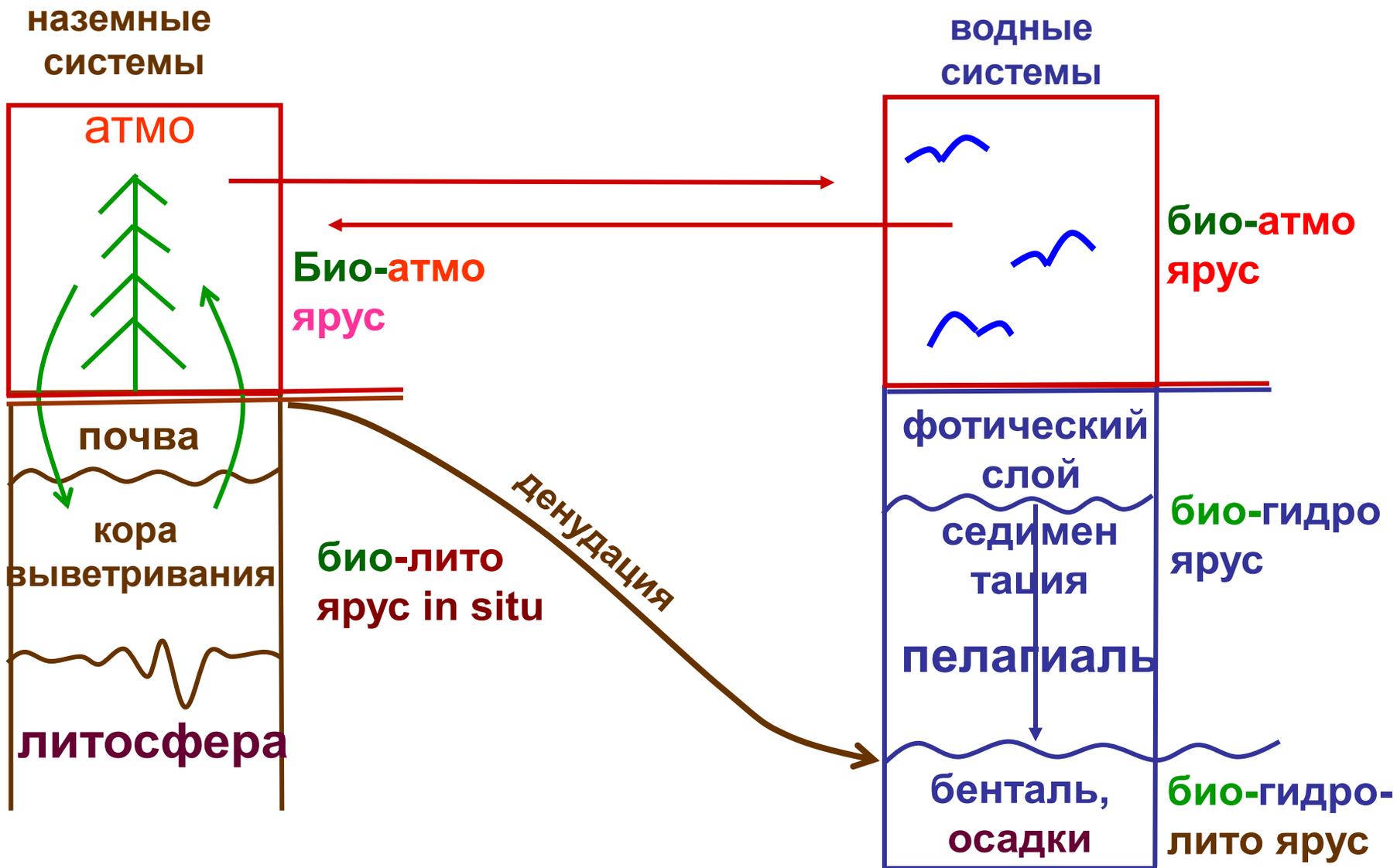
Каркасные – не или мало подвижные (БКС):

твёрдофазные литосферные:

(почва, кора выветривания);

неподвижная, инертная память систем

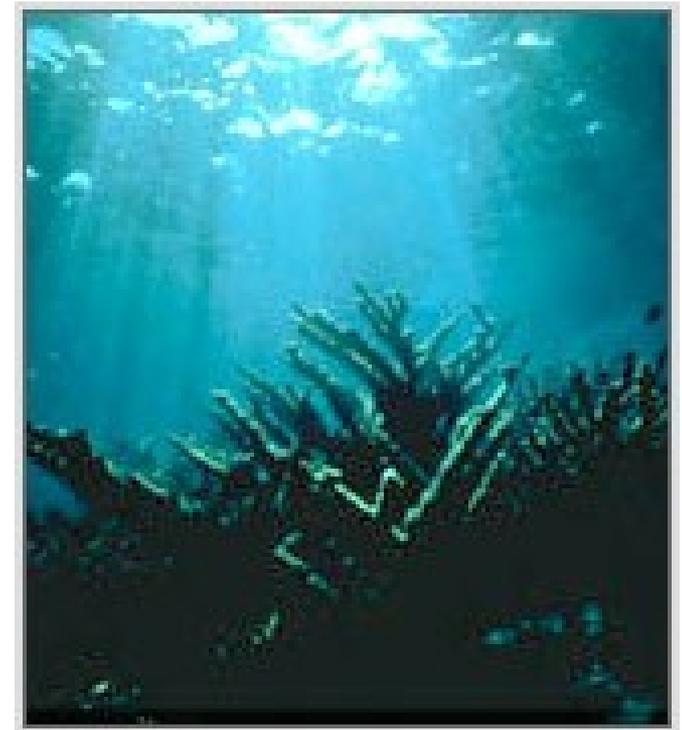
Биокосные системы в основных вмещающих средах





**ВОДНЫЕ БКС:
МОРСКИЕ И ПРЕСНЫЕ
ВОДЫ - ПЛОДОРодНАЯ
СРЕДА ДЛЯ АВТОТРОФНОЙ
БИОТЫ**

**ПОДВОДНЫЕ ДОННЫЕ БКС
(БЕНТАЛЬ) - ДОННЫЕ ОСАДКИ
С АВТОТРОФНОЙ И/ИЛИ
ГЕТЕРОТРОФНОЙ БИОТОЙ**



Оболочки и системы взаимодействия:

Экзогенные системы (ЭКС) экзоны

Ситоны – формируются в литосфере *in situ* из породы: почвы, коры выветривания

Трансоны – формируются латеральным переносом вещества вдоль поверхности: осадочные породы разного генезиса

Трансситоны – ситоны на трансонах: почвы и коры выветривания на осадочных породах

Биокосные системы (БКС) нет общего термина

бескаркасные
лабильные:

атмо БКС:
приземный
слой,

гидро БКС:
фотический
слой,
пелагиаль,
и др.

каркасные
инерционные:

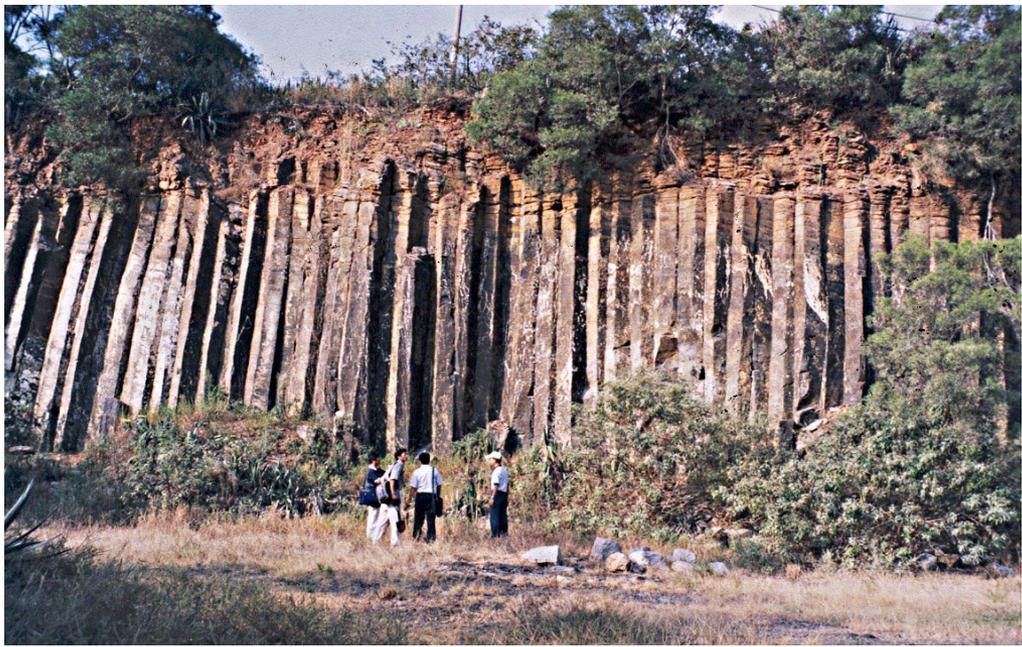
лито БКС:
биогенные
осадочные
породы,

почвы,
коры
выветривания,
бенталь

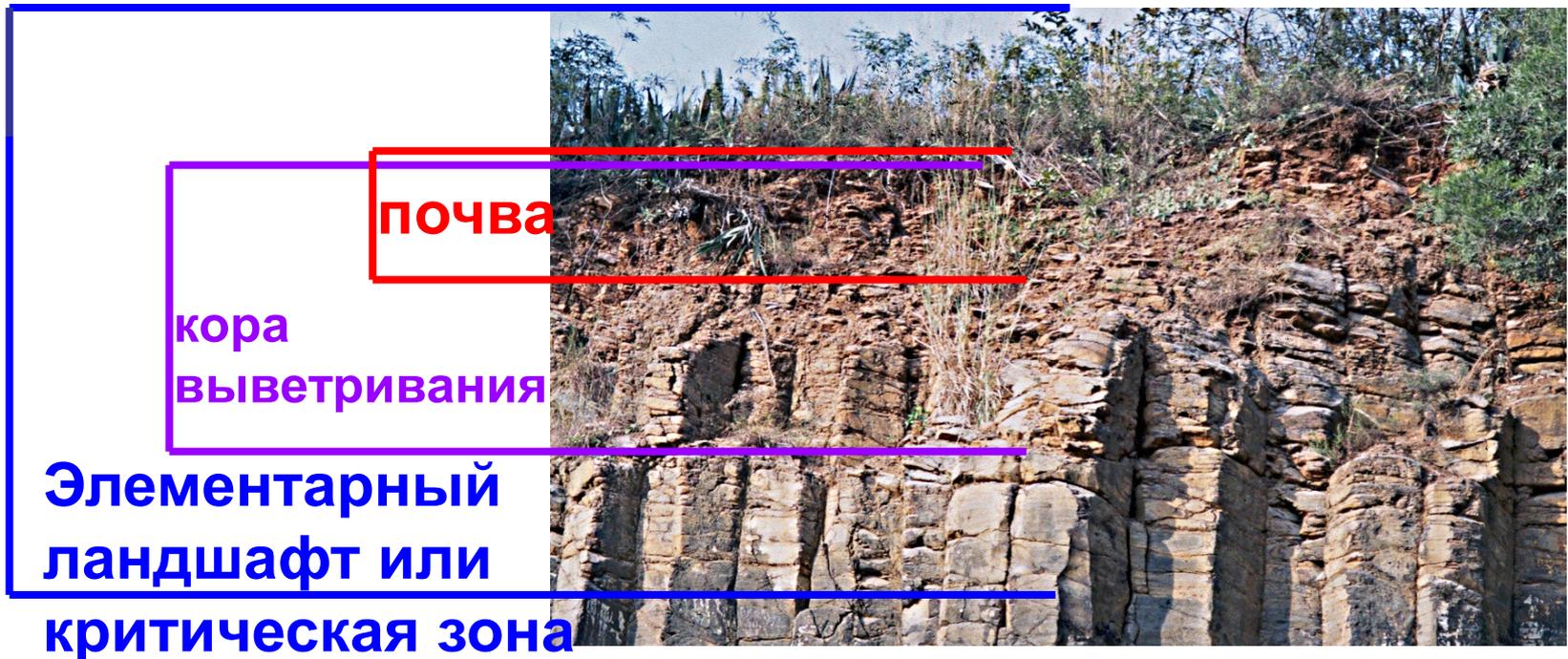


Соотношение понятий

**почва
и кора выветривания –
биокошные инситные
каркасные системы
(ситоны) Земли**



**Почва и кора выветривания
на базальтах, Ю-В Китай;
экзогенная биокосная
система, сформированная
in situ (ситон)**



почва

**кора
выветривания**

**Элементарный
ландшафт или
критическая зона**

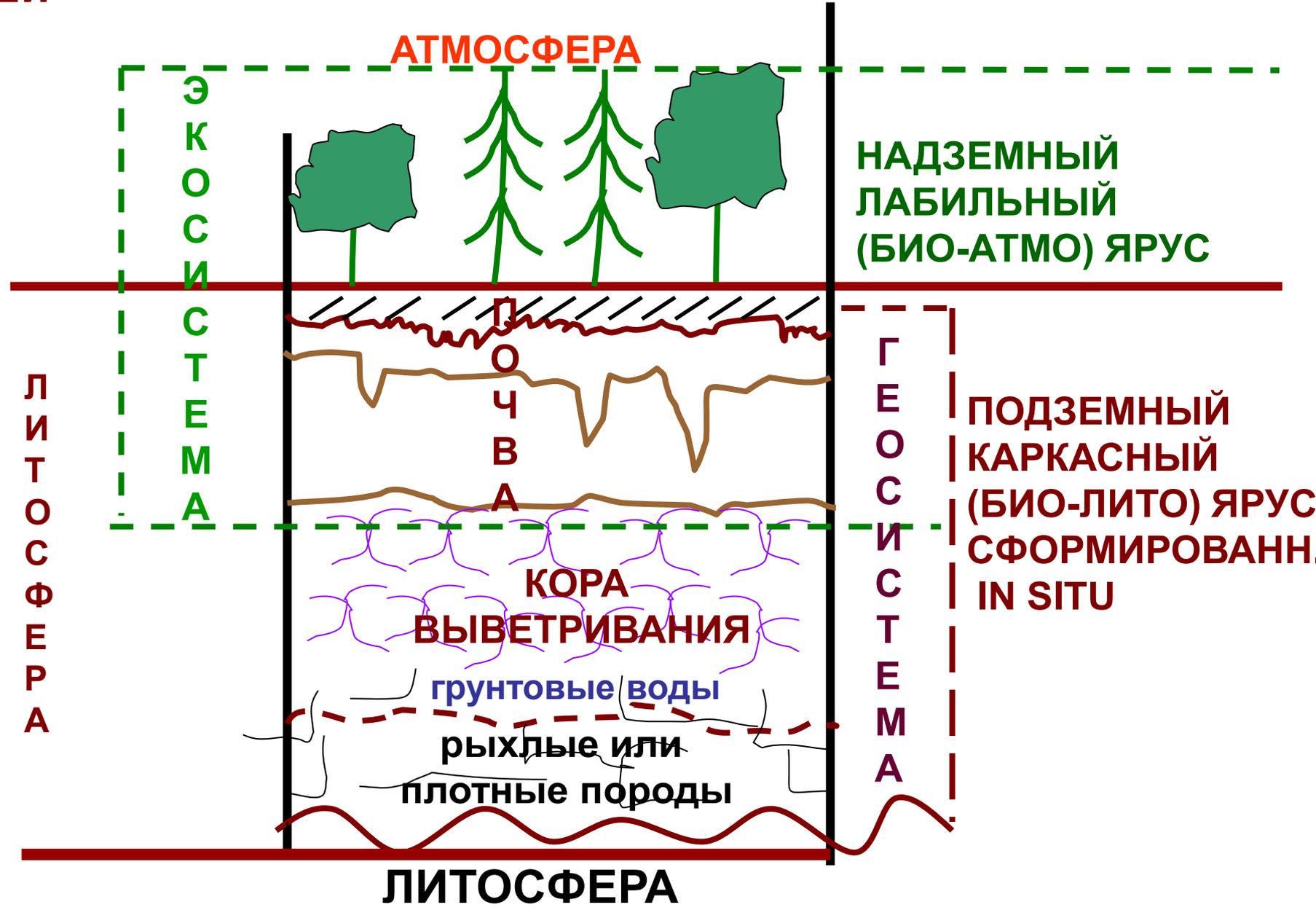


почва

**кора
выветри
вания
базальта**



Биокосные (биосферные) инситные системы суши



ДОКУЧАЕВСКАЯ ПАРАДИГМА:

**ПОЧВА – САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ПРИРОДНОЕ ТЕЛО –
РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ IN SITU:
КЛИМАТА,
ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ,
МАТЕРИНСКИХ ПОРОД И РЕЛЬЕФА
ВО ВРЕМЕНИ:**

$$S_{in\ situ} = f(c, l, o, r, p)t$$

**Главное – почва и результат и среда
взаимодействия факторов in situ**

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА:

БУРОЗЕМ, ПОДЗОЛ И ЧЕРНОЗЕМ: РАЗЛИЧНЫЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ
И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ «ЗАПИСАНЫ» IN SITU
В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТЕЛАХ СОГЛАСНО ФОРМУЛЕ:
ФАКТОРЫ→ПРОЦЕССЫ→СВОЙСТВА

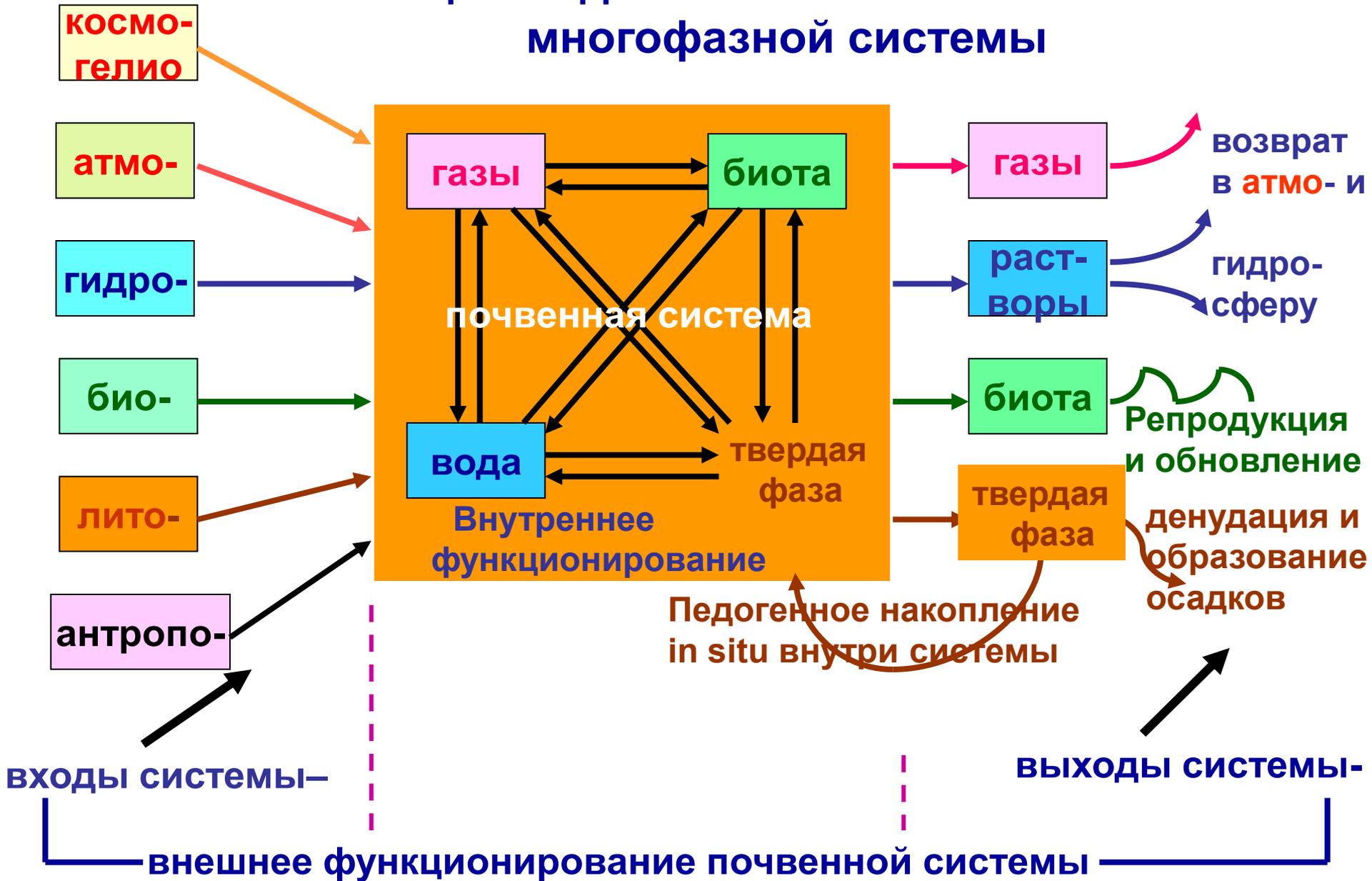


**ПАРАДИГМА В.И. ВЕРНАДСКОГО:
«вышедшая» по словам В.И. из определения почвы
В.В.Докучаева**

**Биокосные системы и тела –
природные образования, в которых
присутствует и репродуцируется живое вещество
в тесном взаимодействии с неживой абиотичной
средой;**

**Главное – процессы взаимодействия между
любой биотой и любым абиотичным (косным)
веществом, безотносительно к судьбе продуктов
взаимодействия**

Общая модель биокосной почвенной многофазной системы

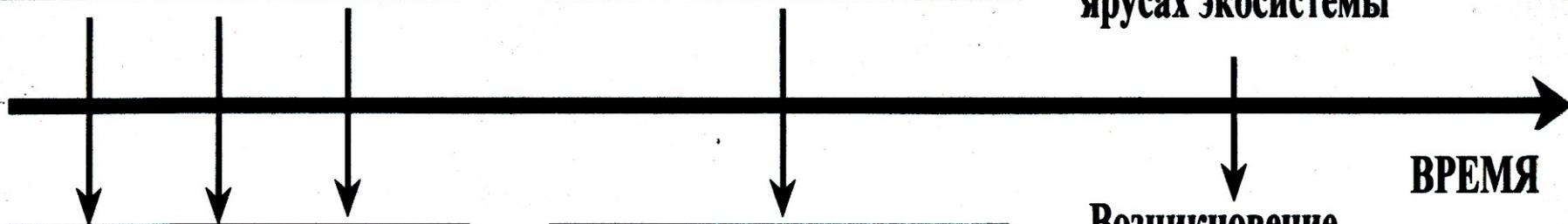


**Лабильные потоковые
и циклические факторы-
"агрессоры":
гелио-атмо-гидро-био**

=

**Экзогенный почво- и
корообразующий
потенциал климата и
биоты: ПКБ**

**Встреча и
взаимодействие факторов
и их потенциалов в
надземном и подземном
ярусах экосистемы**

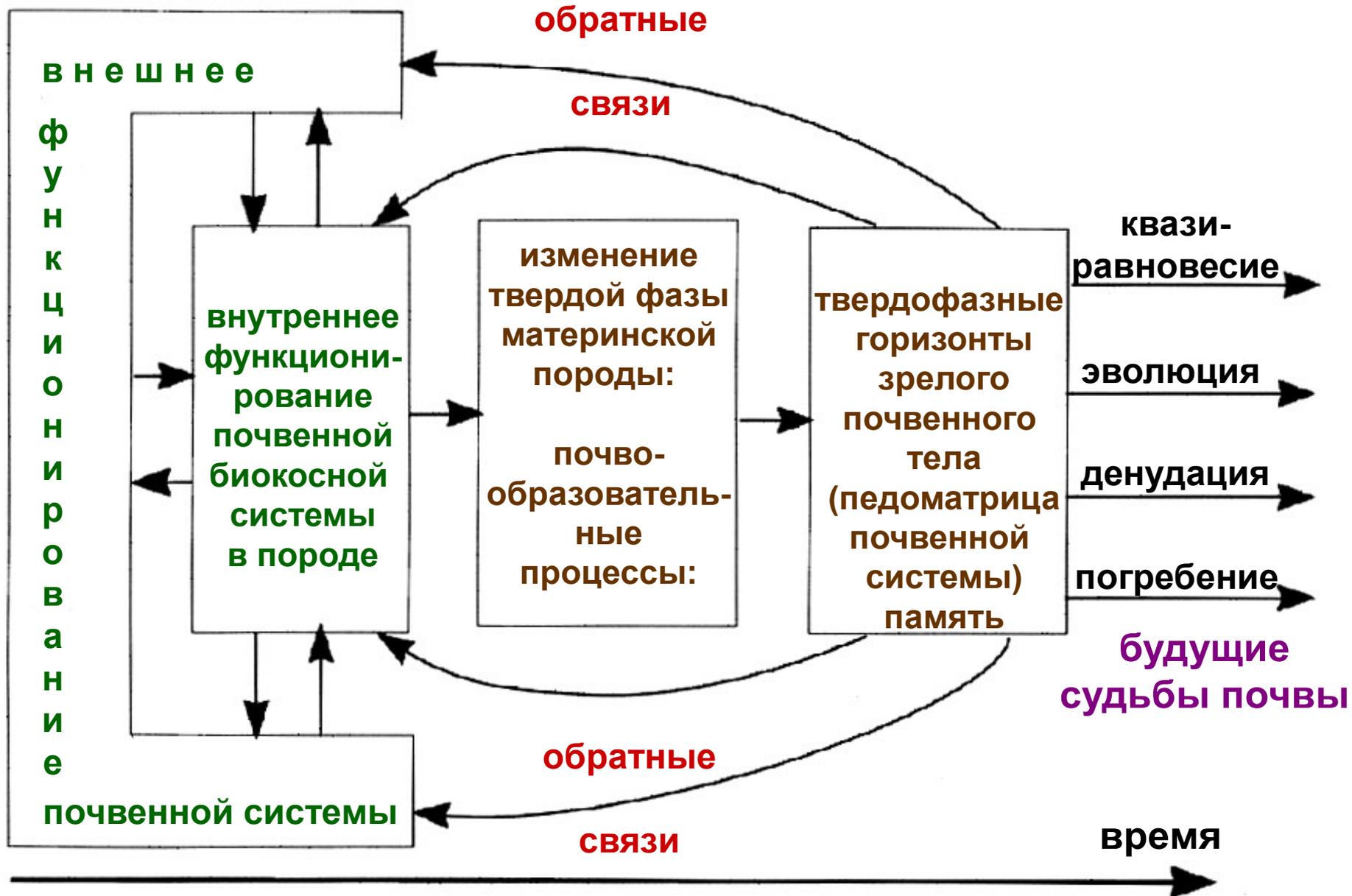


**Стабильные инерционные
неподвижные
факторы-"акцепторы":
материнские породы,
рельеф;
лито-топоматрица
системы**

=

**Трансформационный
потенциал материнской
породы
ТПМ;
перераспределительный
потенциал рельефа
ППР**

**Возникновение
почвенной биокосной
функционирующей
системы в подземном
ярусе:
0-момент**



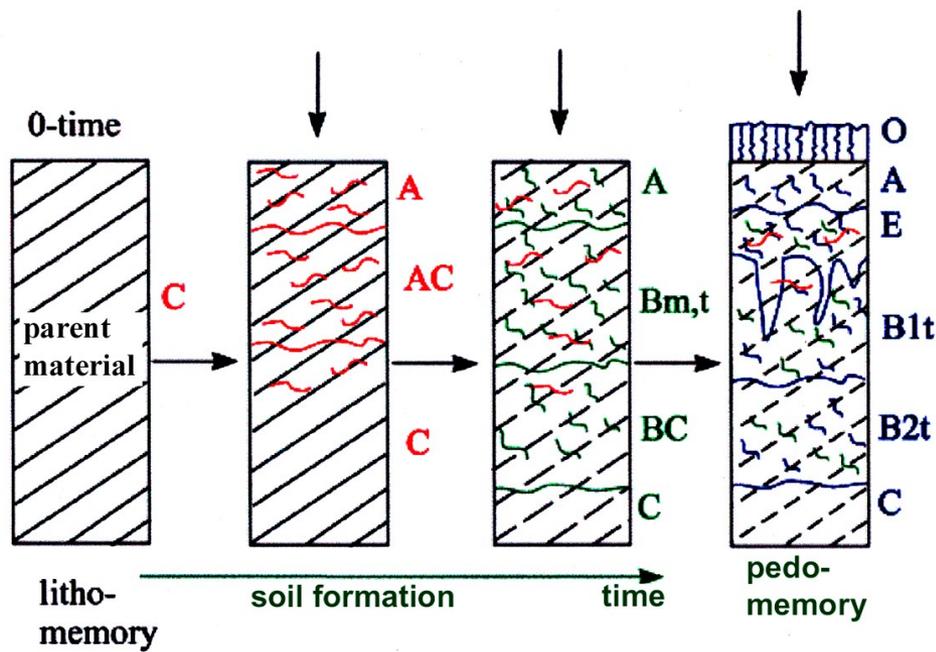
Поведение почвенной системы во времени

Память почв – что это такое?

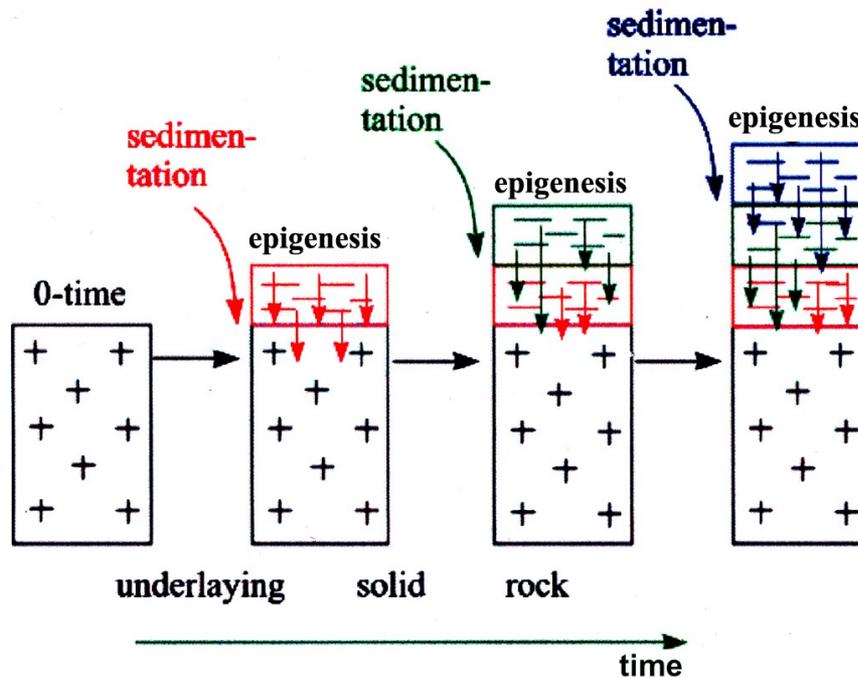
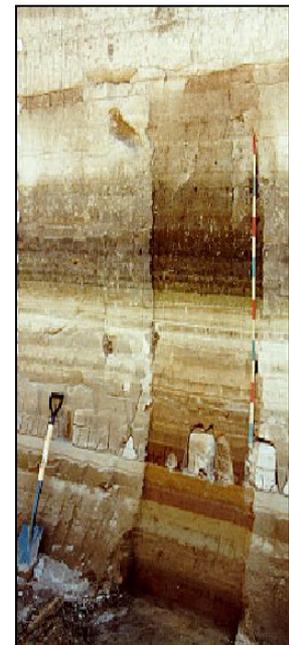
память почв – это способность почвенных систем формировать и удерживать *in situ* устойчивые твердофазные признаки, в которых «записана» информация о почвообразовательных процессах и почвообразующих факторах

**В литературе употребляются термины:
память почв, почвенная память, почвенная запись.
почвенный архив, почвенная книга**

Память почвы – это вещественный состав и строение (архитектура) почвенного тела и почвенного покрова на всех уровнях организации: от наночастиц до горизонтов почвы, почвенного профиля, почвенного покрова.



Soil systems:
 palimpsest-wise memory
 and record due to gradual
 transformation of the
 parent material at depth



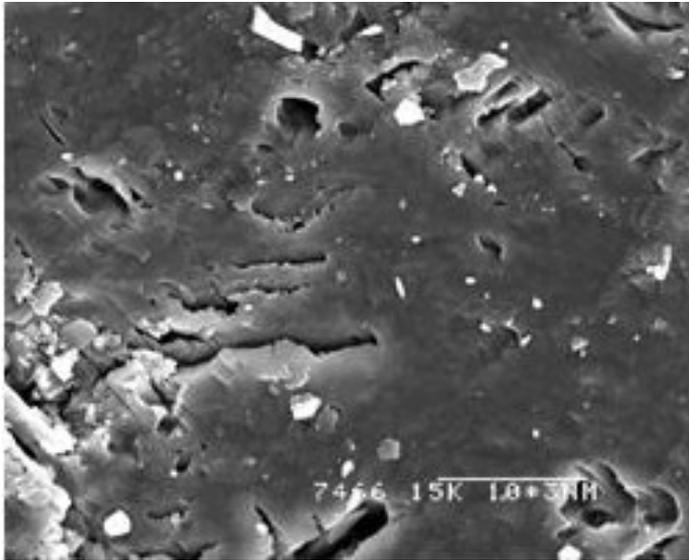
Sedimentary systems:
 book-wise memory
 and record due to layer
 by layer deposition
 of the sediments

Fig. 1

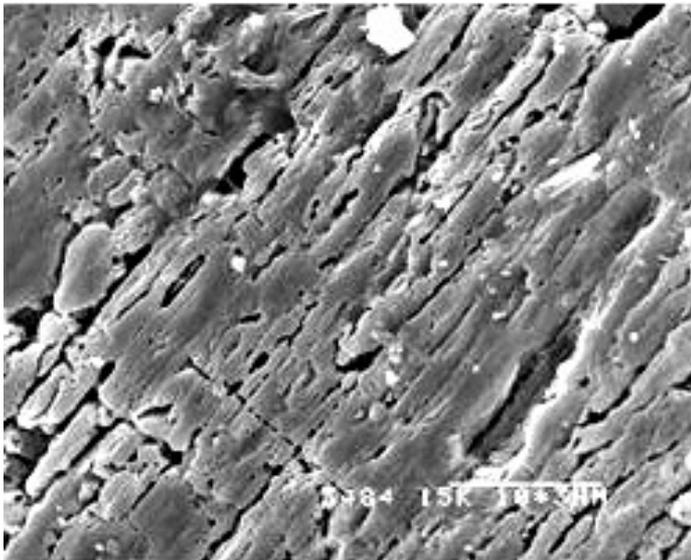
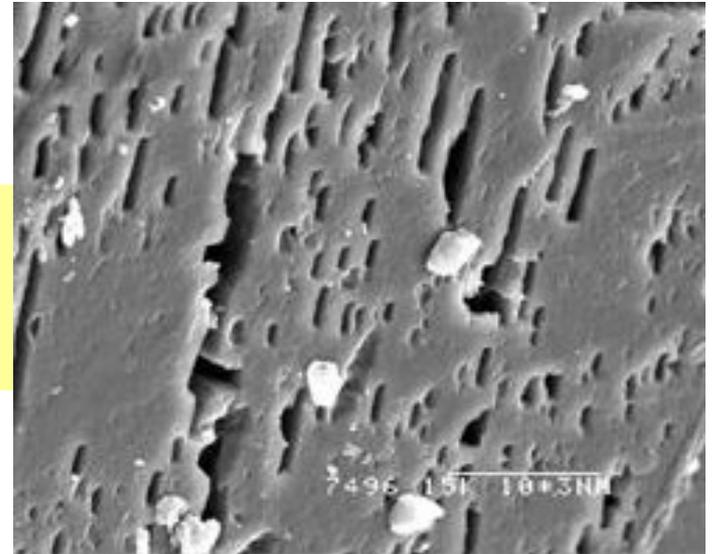


**Turbic Chernozem
Molliglossic
Buryatia,
Чернозем
криотурбированный**

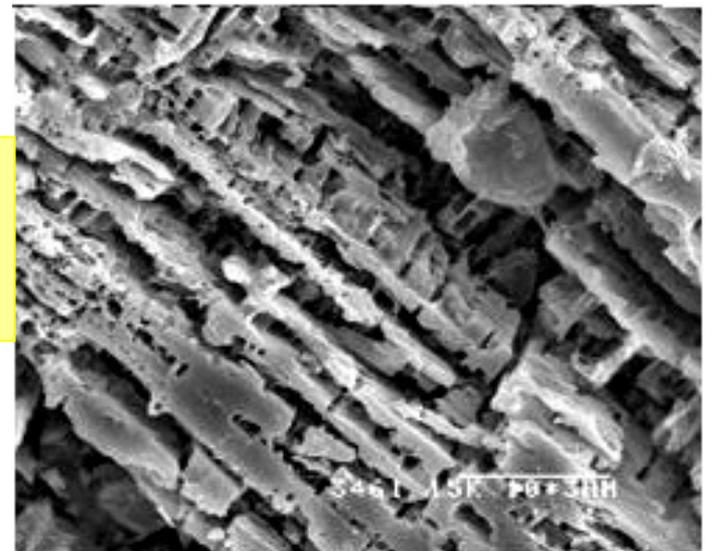
Feldspar weathering (scanning microscope)

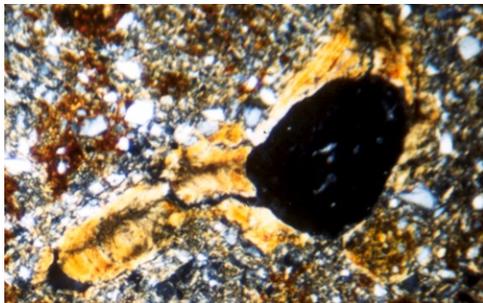
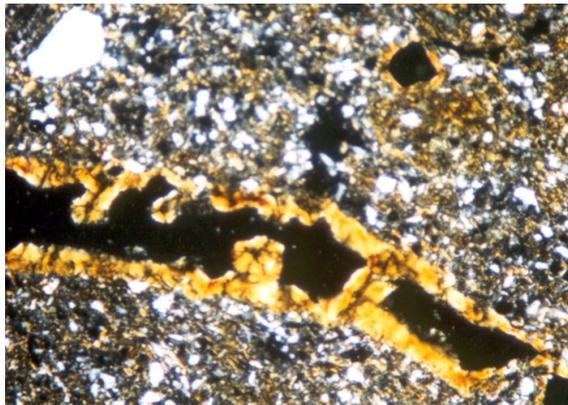
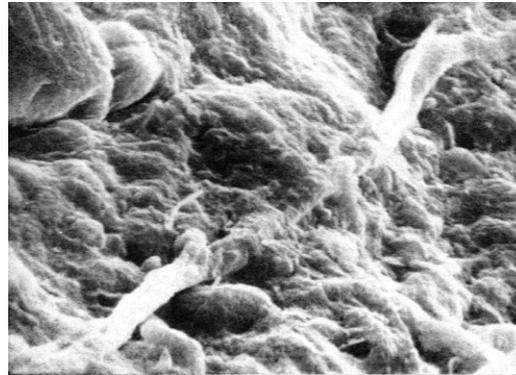
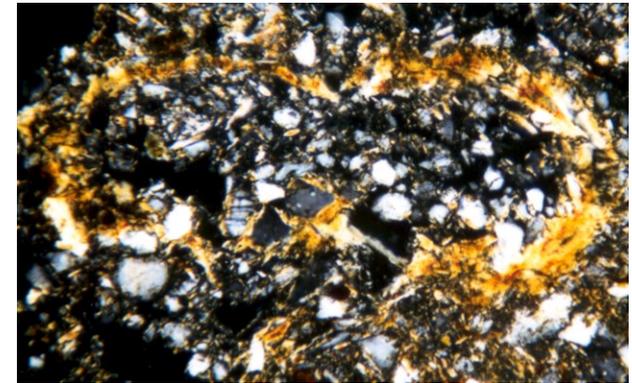
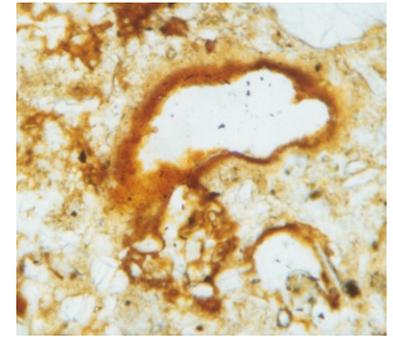
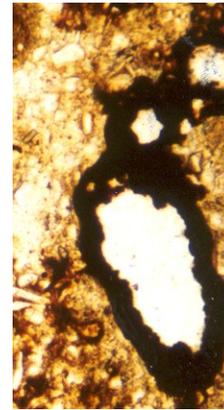
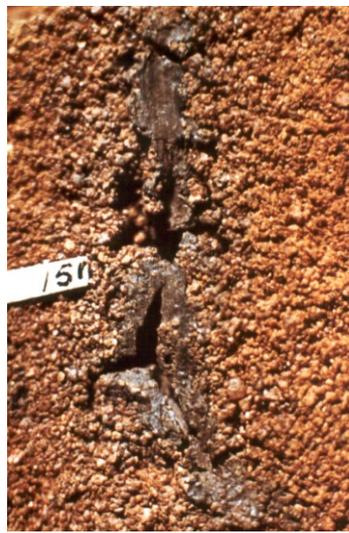


**initial
stage**



**advanced
stage**





**Could we decode illuvial cutans
as a block of soil memory,
membrane and interface in soil system?**

Horizon EIBg



Stagnic bleached tubes along the roots – records of poor drainage and humid env.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА:

БУРОЗЕМ, ПОДЗОЛ И ЧЕРНОЗЕМ: РАЗЛИЧНЫЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ «ЗАПИСАНЫ» В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТЕЛАХ СОГЛАСНО ФОРМУЛЕ:
ФАКТОРЫ→ПРОЦЕССЫ→СВОЙСТВА



Антропогенно-сконструированные педоседименты

**«садовая земля»,
насыпанная на осадочную
породу**



**«парковая земля»
на строительном материале**



**Память почв –
запоминание геобиосферной
среды и процессов «в точке», на
месте, что позволяет «читать»
любую территорию как мозаику
различных инситуальных
взаимодействий в природе и
обществе**

Есть ли цели в развитии БКС во времени?

**На примере почвы – нет;
Есть самоорганизация и саморазвитие БКС, стремящихся к аттрактору**

Почвообразование – мифы и реальность

Гипотеза Гейа (Lovelock, 1989, 1991): биота не столько приспосабливается к среде, сколько трансформирует и регулирует ее; «цель» биоты – улучшение среды «в свою пользу» в рамках всей биосферы;

Почвообразование – преобразование биотой материнских пород в почву, сопровождающееся повышением плодородия и экологической «комфортности» среды обитания

(Вильямс, 1930, 1945; Пономарева, 1975; Van Breeman, 1990).

Плодородие – главное специфическое свойство почв (широко распространенное мнение).

Так ли это? НЕТ

**Диагностические горизонты и свойства
почвенных тел осознаются как экологически
значимые аттракторы саморазвития
почвенных систем:**

**«хорошие» аттракторы – такие состояния
почвенных тел (горизонты, свойства), при достижении
которых среда обитания становится более
благоприятной для биоты, чем в предыдущих
состояниях
(биопродуктивность, биоразнообразии, репродукция)**

**«плохие» аттракторы – такие состояния почвенных
тел (горизонты, свойства), при достижении которых
среда обитания становится менее благоприятной для
биоты, чем в предыдущих состояниях
(биопродуктивность, биоразнообразии, репродукция).**

«Хорошие» аттракторы – диагностические почвенные горизонты, экологически благоприятные для биоты (12 из 39, 31%):

Гумус-аккумулятивные горизонты:

- 1. Mollic**
- 2. Umbric**
- 3. Chernic**
- 4. Melanic**
- 5. Fulvic**

Минеральные горизонты, в т. ч. метаморфические

- 6. Andic**
 - 7. Cambic**
 - 8. Nitic**
- иллювиальные**
- 9. Calcic**
 - 10. Argic**
- педоседиментационные.**
- 11. Vitric,**
 - 12. fluvic**

**«Плохие» аттракторы – диагностические горизонты
и свойства, экологически неблагоприятные для
биоты (27 из 39, 69 %):**

**Климатически
экстремальные**

1. Cryic
2. Premafrost
3. Aridic
4. Yermic
5. Takyric

Засоленные

6. Salic
7. Gypsic
8. Natric
9. Sulfuric

Оглееные

10. Stagnic prop.
11. Gleyic prop.

Цементированные

12. Petroduric
13. Petrocalcic
14. Petrogypsic
15. Petroplintic
16. Duric
17. Plintic
18. Fragic

Слитые

19. Vertic

Сильно выветрелые

20. Ferralic
21. Geric prop.

**Элювиально-
иллювиальные**

22. Albic
23. Alic
24. Spodic

Торфяные

25. Histic
26. Folic

« Бедные»

27. Ochric

Из 39 диагностических горизонтов и свойств мировой классификации почв (WRB):

**лишь 12 (31%) оцениваются как благоприятные для биоты,
«хорошие» аттракторы;**

**они формируются, когда биотические и биокосные потоки и циклы
сравнимы или превосходят по мощности и емкости абиотические
потоки и циклы;**

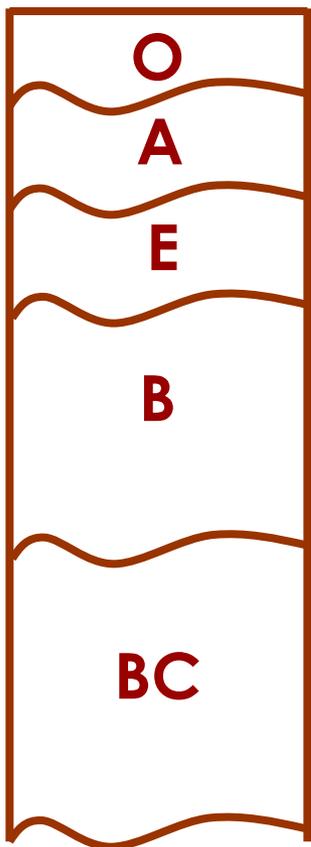
**в этих случаях биота не адаптируется к среде обитания,
а трансформирует и улучшает ее.**

**27 - (69%) оцениваются как, неблагоприятные для биоты
«плохие» аттракторы;**

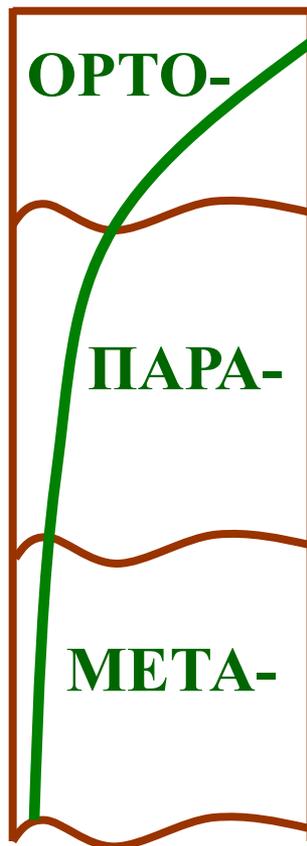
**они формируются, когда абиотические потоки и циклы
превосходят по мощности и емкости биотические и биокосные
потоки и циклы;**

**в этих случаях биота не столько трансформирует и улучшает среду
обитания, сколько адаптируется к ней.**

МОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОТЫ И ГОРИЗОНТОВ – АТТРАКТОРОВ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ



**ТВЕРДОФАЗНЫЙ
ПРОФИЛЬ**



**БИОТИЧЕСКИЕ
ЗОНЫ**

**«ХОРОШИЕ»
АТТРАКТОРЫ**

**«ПЛОХИЕ»
АТТРАКТОРЫ**

Формирование биокосных систем, в т.ч. почвообразование, это сложные глобальные процессы взаимодействия циклов и потоков вещества и энергии в биосфере.

Эти процессы имеют разные, часто противоположные направления, разные скорости и мощности; между ними идет «борьба за результат».

Почва – и равнодействующий и синергетический результат от взаимодействия многих разнонаправленных процессов.

Почвообразование - не целенаправленный процесс, поэтому он может приводить как к позитивным, так и к негативным результатам для биоты.

Такое понимание почвообразования позволяет трезво оценивать роль почвы в биосфере и избежать преувеличенной «биосферной эйфории»

(целеполагание биосферы, «цель» в развитии почвы и т.д.).

Плодородием обладает не только почва, но также и все биокосные системы, включая водные и воздушные, и биосфера в целом; в этом смысле плодородие не может считаться отличительным свойством почвы.

Однако среди биокосных систем почва обладает **специфическим плодородием – это длительно накапливающееся в твердой фазе, «инертное», долго живущее и инерционное плодородие, резко отличающееся от лабильного, коротко живущего плодородия воздушной и водной среды обитания биоты**



Спасибо за внимание!