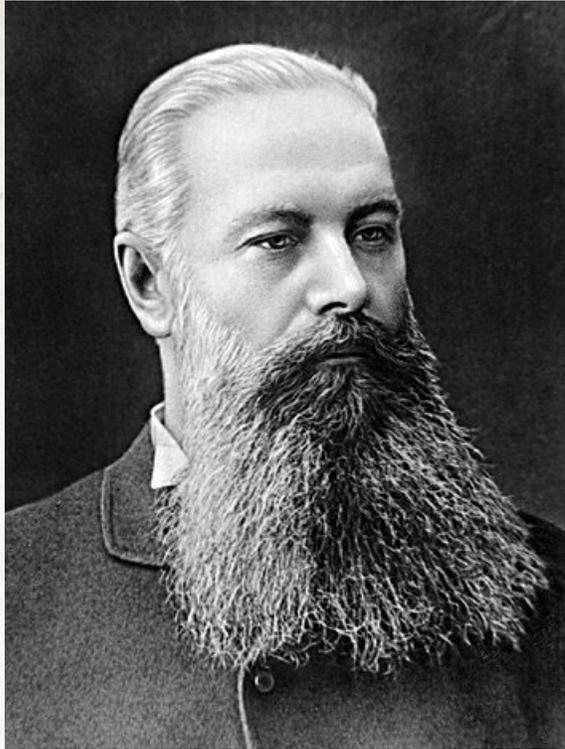




# КАК ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА МЕНЯЮТ ПОЧВЫ

**П.В. КРАСИЛЬНИКОВ**

*МГУ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА*



**В.В. Докучаев (1846-1903)**  
российский естествоиспытатель

**Основоположник современного  
почвоведения – учения о почве**

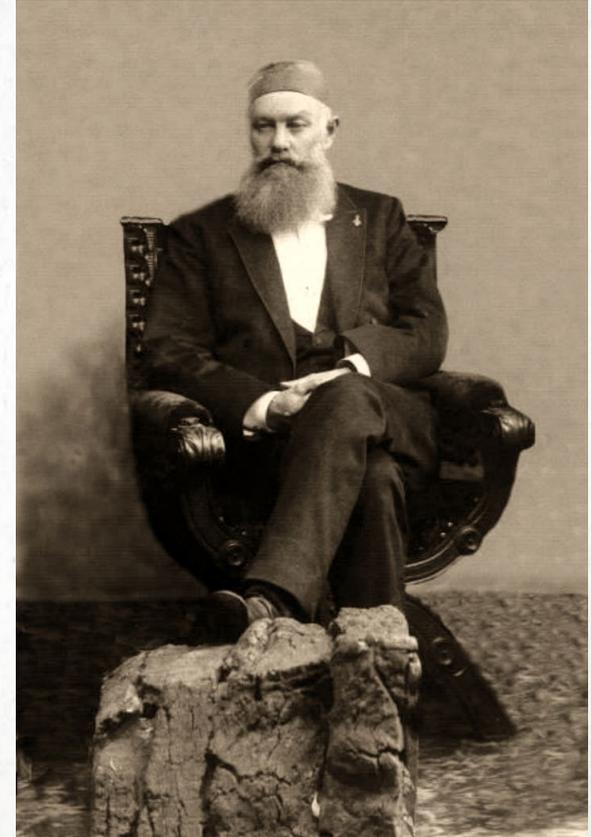
«...почва вполне самостоятельное естественно-историческое тело, которое является продуктом совокупной деятельности грунта, климата, растений и животных, возраста страны и отчасти рельефа местности».

**В.В. Докучаев «Русский чернозём» (1883)**

# Зональность почвенного покрова

«... раз все важнейшие почвообразователи располагаются на земной поверхности в виде поясов или зон, вытянутых более или менее параллельно широтам, то неизбежно, что и почвы должны располагаться зонально, в строжайшей зависимости от климата, растительности и пр.»

**В.В. Докучаев «К учению о зонах природы» (1899)**



# ДОКУЧАЕВСКАЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМУЛИРОВКИ

Докучаевская парадигма

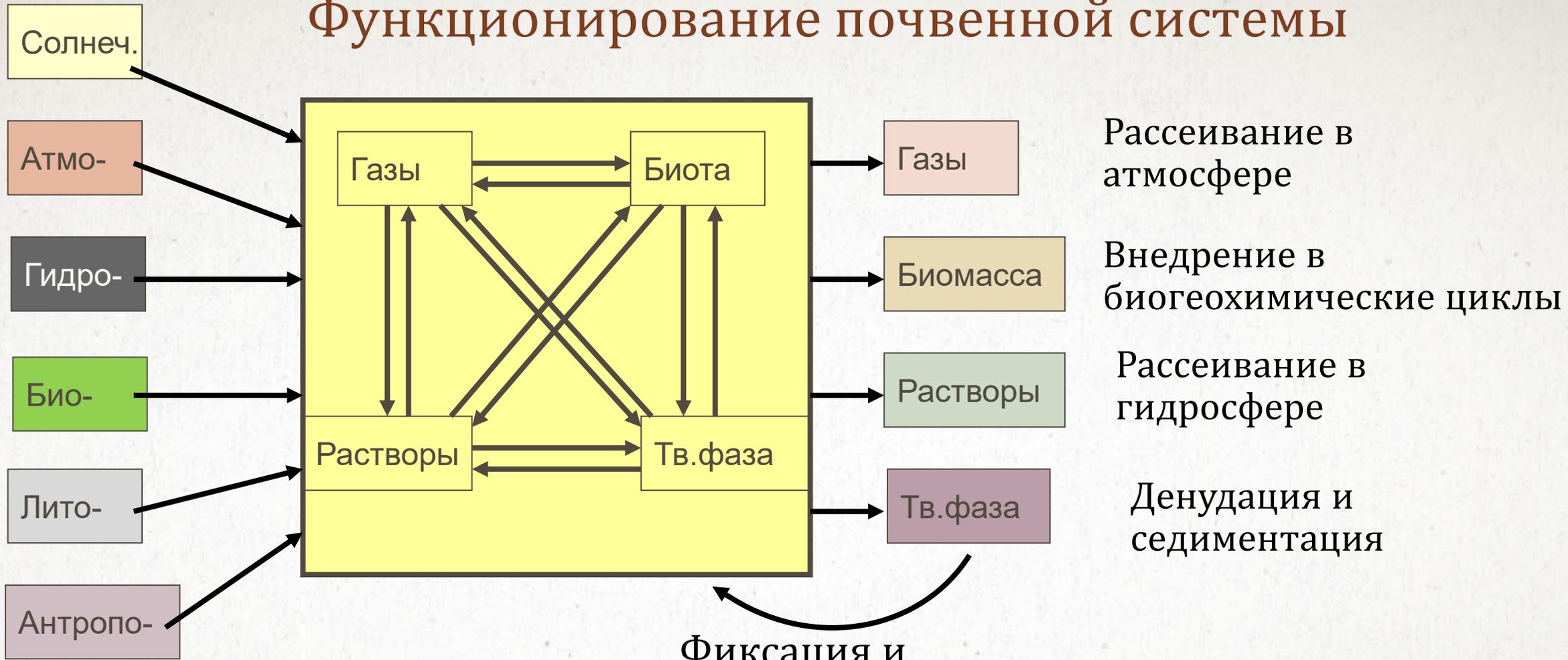
Неодокучаевская парадигма (И.П. Герасимов)

Постдокучаевская парадигма (В.О. Таргульян)

**Факторы** → **Внутренние процессы** → **Свойства** → **Внешние функции**

---

# Функционирование почвенной системы



Системные входы –  
почвообразующие  
факторы

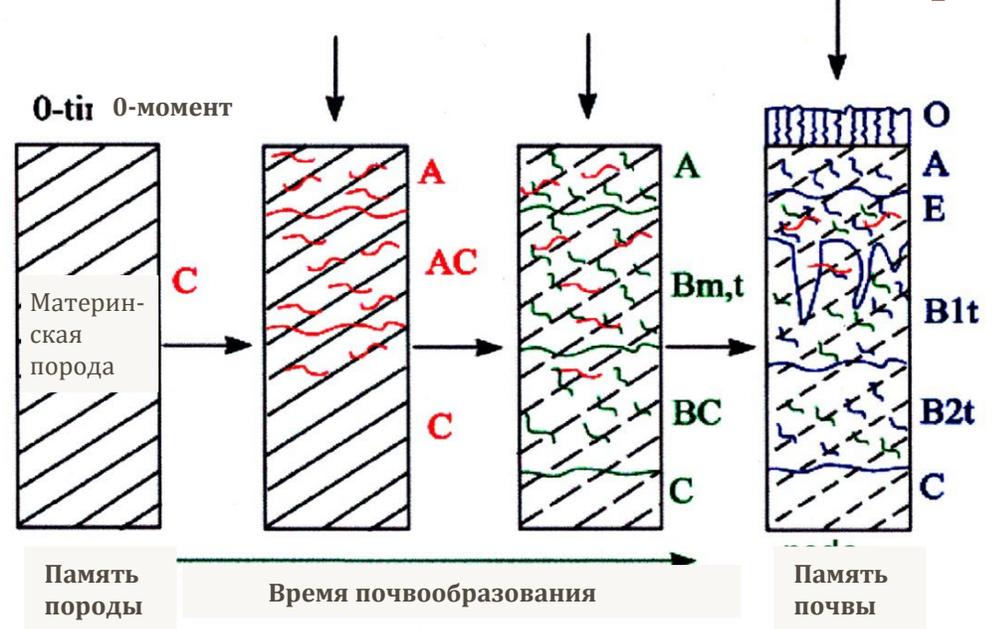
Функционирование  
системы

Системные выходы – внешнее  
функционирование почвенной системы

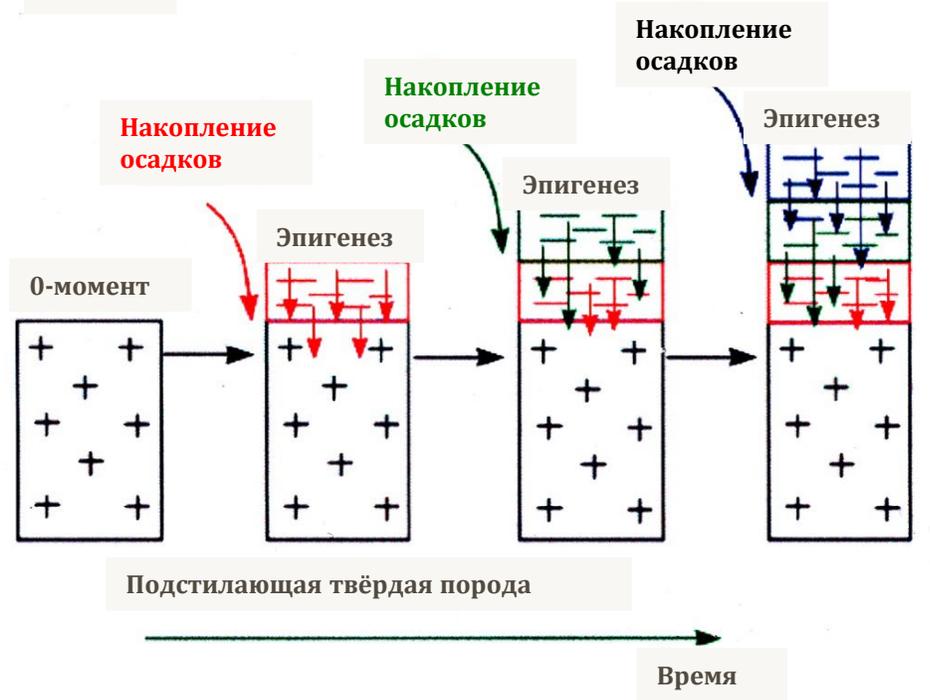
Фиксация и  
аккумуляция in situ в  
пределах системы

(Таргульян, 2019)

# Различие в механизмах «памяти» почвообразования и седиментогенеза



Почвенные системы: наложение признаков на одну и ту же матрицу; изменение породы в глубину



Осадочные системы: наложение на породу новых слоев, принесенных со стороны

# Характерные времена элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП)

диагностич.  
признаки  
ЭПП

**Быстрые ЭПП**

$n \cdot 10^{-1} - 10^2$  лет:

Подстилкообразо-

вание,

гумификация,

замерзание-

таяние,

оглеение,

засоление,

рассоление,

брюнификация,

педотурбации,

оструктуривание,

уплотнение,

и др.

**Средне-скоростные**

**ЭПП**

$n \cdot 10^3$  лет:

гумусообразование,

оподзоливание,

лессиваж,

андосолизация,

ферсиаллитизация,

окарбоначивание,

Fe-Mn, Si-цементация,

слитизация

и др.

**Медленные**

**ЭПП**

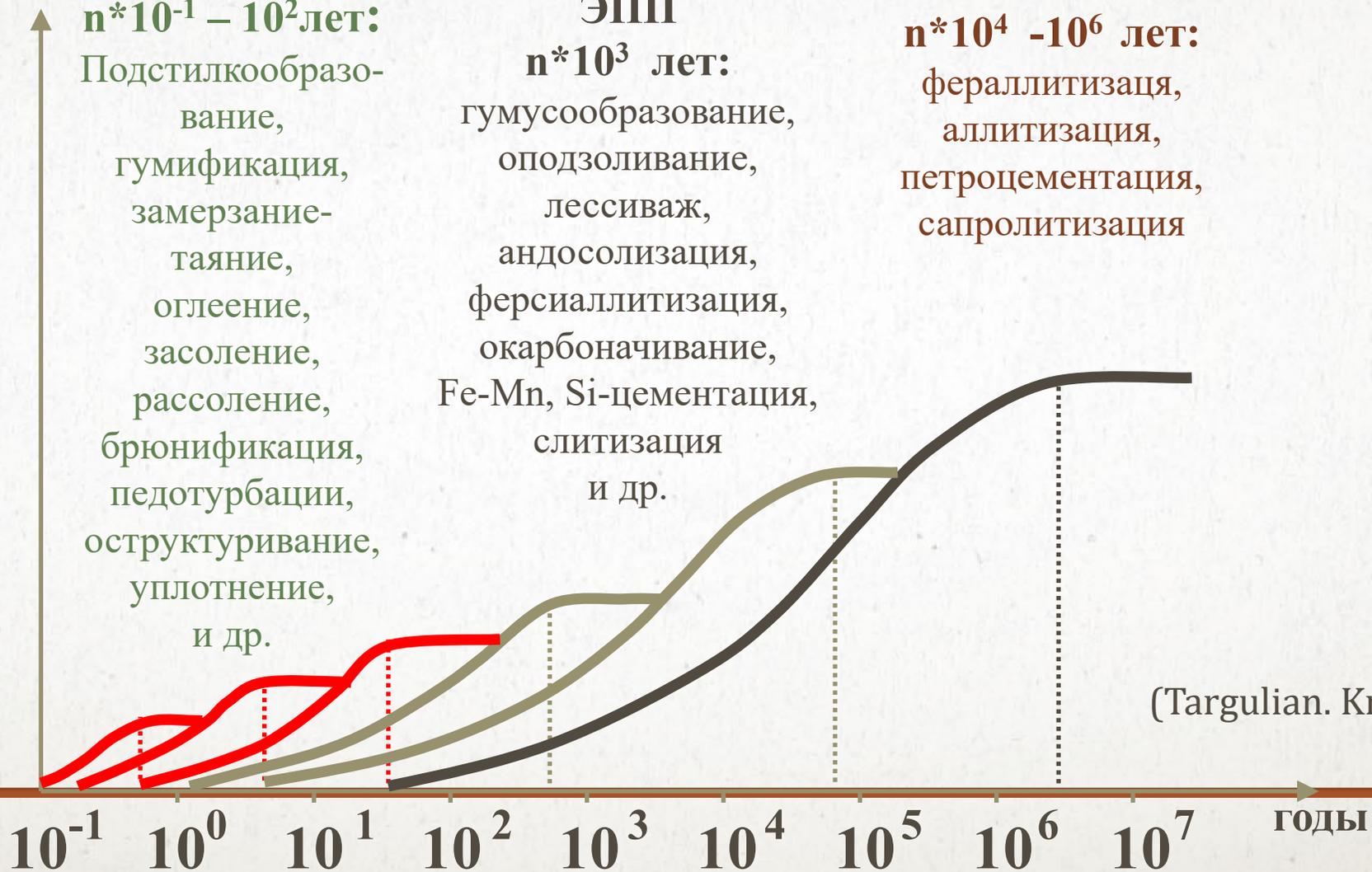
$n \cdot 10^4 - 10^6$  лет:

ферралитизация,

аллитизация,

петроцементация,

сапролитизация



(Targulian. Krasilnikov, 2008)

# ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

## ПРЯМОЕ ВЛИЯНИЕ

- Регулирование теплового режима почв;
- Регулирование скорости химических реакций;
- Регулирование в большой степени водного режима почв;
- Скорость и направление миграции вещества в профиле;
- Частичное регулирование газового режима почвы.

## КОСВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ

- Определяет тип и продуктивность наземной экосистемы;
- Определяет тип биогеохимического круговорота;
- Влияет на обилие и состав почвенной микробиоты и почвенных животных;
- Регулирует интенсивность водной и ветровой эрозии;
- Определяет тип хозяйственного использования почв.

# ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

- За последнее столетие существенно изменился тепловой режим почв.
- Глубина проникновения температуры  $0^{\circ}\text{C}$  за период 2001–2010 гг. существенно уменьшилась относительно климатической нормы во всех почвах, кроме почв южной тайги (Худяков, Решоткин, 2017).
- Особенно значительно она снизилась в песчаных почвах лесотундры.
- В почвах сухих степей температура  $0^{\circ}\text{C}$  на глубине 20 см и ниже за период 2001–2010 гг. вообще не наблюдается.
- Долговременные последствия изменения теплового режима почв до сих пор носят гипотетический характер

# ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА И ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

- В последние десятилетия активно используются методы искусственного подогрева экосистем и почв для оценки влияния изменений климата (Aronson, McNulty, 2009)
- Эксперименты по «трансплантации» почв тундры в более тёплые области (Sjögersten, Wookey, 2002; Матышак и др., 2021) показали, что повышение температуры усиливало разложение органического вещества и вызывало увеличение потока углекислого газа из почвы на 25-60%
- Почвы тундры, особенно торфяные, характеризовались высокими значениями  $Q_{10} = 3-6$ , при средних мировых значениях 2,4
- Особую проблему представляет возможность высвобождения углерода из почв в зоне многолетней мерзлоты (Эдельгериев, Иванов, 2024)

# «БЫСТРЫЕ» ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

- Процессы, связанные с переносом и турбацией почвенной массы
- Процессы, связанные с физическими свойствами почв (плотность, порозностью, скважностью)
- Процессы, связанные с трансформацией и минерализацией органического вещества
- Процессы, связанные с перемещением солей
- Процессы, связанные с деятельностью биоты



# ПРОЦЕССЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ ОБЛАСТЕЙ

- В степной, сухостепной и полупустынной зоне прогнозируется прогрессирующий рост температур и увеличение аридности климата
- В верхней части глинистых почв происходит уплотнение и растрескивание, что ведёт к провальному дренажу
- Разреживание растительности, интенсификация водной и ветровой эрозии
- Потеря гумуса за счёт изменения баланса между поступлением органических остатков и скоростью минерализации
- Подтягивание легкорастворимых солей к поверхности
- Уход почвенной мезофауны в нижние горизонты почв, смещение вниз по профилю максимума биогенных пор



# ПРОЦЕССЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ЛЕСНЫХ ОБЛАСТЕЙ

- В лесной зоне прогнозируется повышение температуры, наблюдается экспансия лесной растительности в тундровой зоне (Эдельгериев, Иванов, 2024)
- Участвовавшие лесные пожары приводят к дополнительному поступлению зольных элементов в почву
- Обогащение видового состава древостоя и напочвенной растительности приводит к снижению запасов лесных подстилок и ускорению гумусообразования (Мухортова и др., 2016)
- Снижение выноса элементов за счёт усиления эвапотранспирации
- Общее увеличение биологической активности почв, в том числе активности почвенной фауны



# ПРОЦЕССЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ МЕРЗЛОТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

- В мерзлотных областях основным вызовом является протаивание многолетней мерзлоты, которое имеет многочисленные последствия (Эдельгериев, Иванов, 2024)
- В верхних трёх метрах почв Арктики, древних ледовых комплексах и термокарстовых образованиях хранится около 1400-1600 Пг органического углерода. Это более чем в два раза превышает содержание углерода в атмосфере
- Примерно 80% этих запасов находится на территории Российской Федерации
- Потепление климата активизирует потери органического углерода при пожарах, минерализации органического вещества почв и торфов и эрозии ледовых комплексов



# ПРОЦЕССЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ МЕРЗЛОТНЫХ ОБЛАСТЕЙ



- Протаивание жильного льда приводит к просадкам поверхности почвы, что делает территорию непроходимой для техники и фактически непригодной для сельскохозяйственного освоения
- Потепление также активизирует солифлюкцию – склоновый процесс, связанный с промерзанием и оттаиванием почв и грунтов



# ПРОЦЕССЫ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ МЕРЗЛОТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

- В последние годы наблюдается «позеленение» Российской Арктики (Эдельгериев, Иванов, 2024)
- Увеличение биологической продуктивности должно привести к повышению биологической активности, интенсификации накопления гумуса
- Повышение температуры может привести к усилению эвапотранспирации и снижению обводнённости территории, переходу почв из полугидроморфного в автоморфный режим
- В то же время подтаивание мерзлоты может привести к появлению избыточной влаги в аккумулятивных ландшафтах, оглеению и торфообразованию



# ПЕРСПЕКТИВЫ АДАПТАЦИИ К ГЛОБАЛЬНОМУ ПОТЕПЛЕНИЮ

- Адаптация к глобальным изменениям климата может осуществляться путём разных политик и механизмов:
  - Географической миграции
  - Смены специализации
  - Внедрения практик климатически-адаптивного сельского хозяйства
- Для России существует возможность освоения нового земельного фонда, хотя и с существенными издержками
- Для большинства пост-советских стран подобный сценарий невозможен в силу их нахождения в пределах ограниченного количества агроклиматических зон



# КЛИМАТИЧЕСКИ ОПТИМИЗИРОВАННОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Климатически оптимизированное сельское хозяйство – это подход, помогающий преобразовать и переориентировать сельскохозяйственные системы для эффективной поддержки развития и обеспечения продовольственной безопасности в условиях изменяющегося климата.
- Основные цели:
  - устойчивое повышение продуктивности и доходности сельского хозяйства;
  - адаптация и повышение устойчивости к изменению климата; а также
  - сокращение выбросов парниковых газов, где это возможно.



Спасибо за внимание