

ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИЕ  
ПРОЦЕССЫ В ПОЧВЕ



# Элементный состав почв

Почва представляет собой многофазную полидисперсную систему.

Состоит из

- ❑ твердых частиц (твердая фаза почвы),
- ❑ воды (почвенный раствор),
- ❑ почвенного воздуха.

Для типичных почв характерно следующее соотношение объемов твердой, жидкой и газообразной фаз:

$$T:Ж:Г = 2:1:1.$$

*Почвенный раствор* — это жидкая фаза почвы, существующая в природных условиях. Состав почвенных растворов меняется в очень широких пределах.

Компоненты почвенных растворов:

катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{NH}_4^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$

анионы  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$

- Почвенный воздух отличается от атмосферного более высоким содержанием  $\text{CO}_2$

В почвенном воздухе содержатся:

- ✓ сероводород,
- ✓ метан,
- ✓ гемиоксид азота
- ✓ органические соединения (углеводороды, спирты, эфиры, альдегиды)

- Твердая фаза типичной плодородной почвы состоит из:
  - 95% неорганических соединений
  - 5% органических соединений

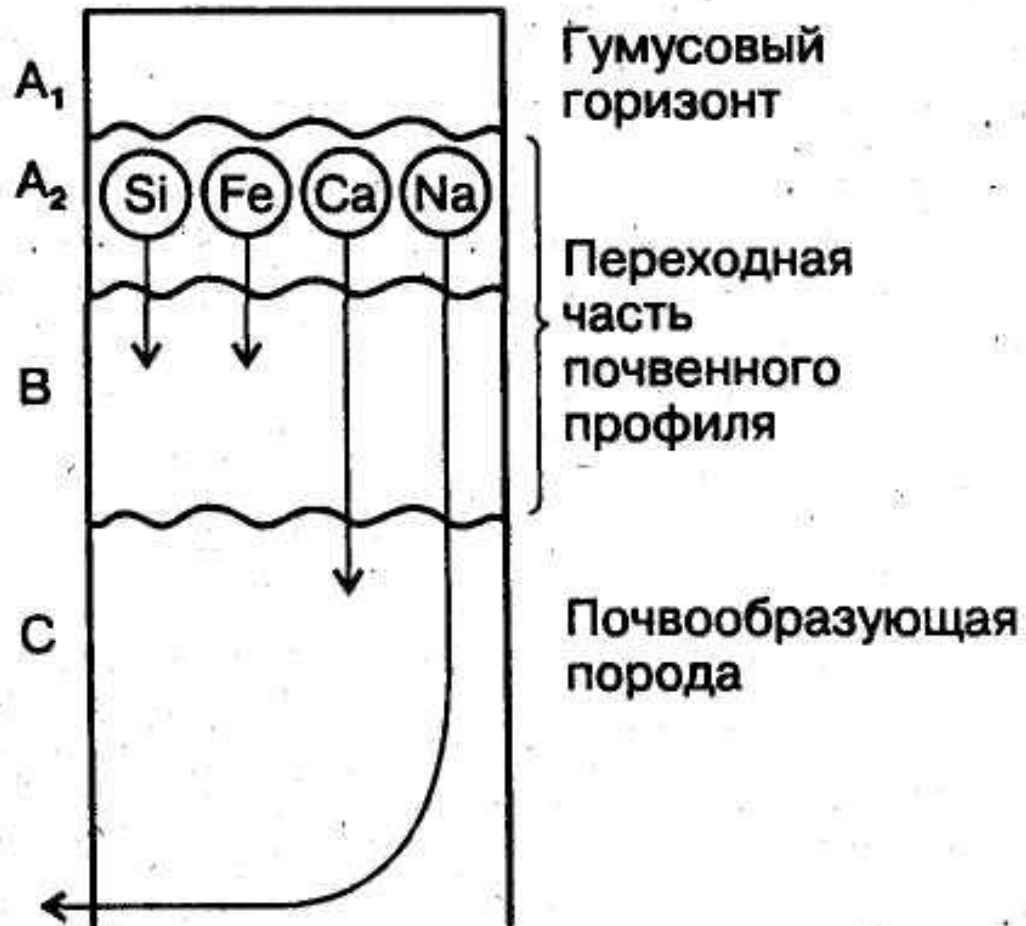
# Почвенный профиль

- совокупность генетически взаимосвязанных и закономерно сменяющихся почвенных горизонтов, на которые расчленяется почва в процессе почвообразования

В почвенном профиле различают три главных генетических горизонта:

- А — поверхностный гумусово-аккумулятивный,
- В — переходный к материнской породе,
- С — материнская горная порода.

# Строение почвенного профиля



# Органические вещества

## ПОЧВЫ

Органическим веществом почвы называют совокупность органических соединений, присутствующих в почве, за исключением веществ, которые входят в состав живых организмов.

*Гумус* — сложная смесь высокомолекулярных полифункциональных соединений, которые образуются в результате гумификации органических остатков, поступающих в почву после отмирания растений. Гумификация представляет собой сложный комплекс физико-химических превращений, протекающих под действием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и микроорганизмов.



# Органические вещества

## ПОЧВЫ

В составе гумуса выделяют следующие группы веществ:

- ✓ *Гумин*, или негидролизуемый остаток, — это та часть органического вещества почвы, которая не растворима в кислотах, щелочах и органических растворителях.
- ✓ *Гумусовые кислоты* — высокомолекулярные ароматические оксикислоты, содержащие также азот.

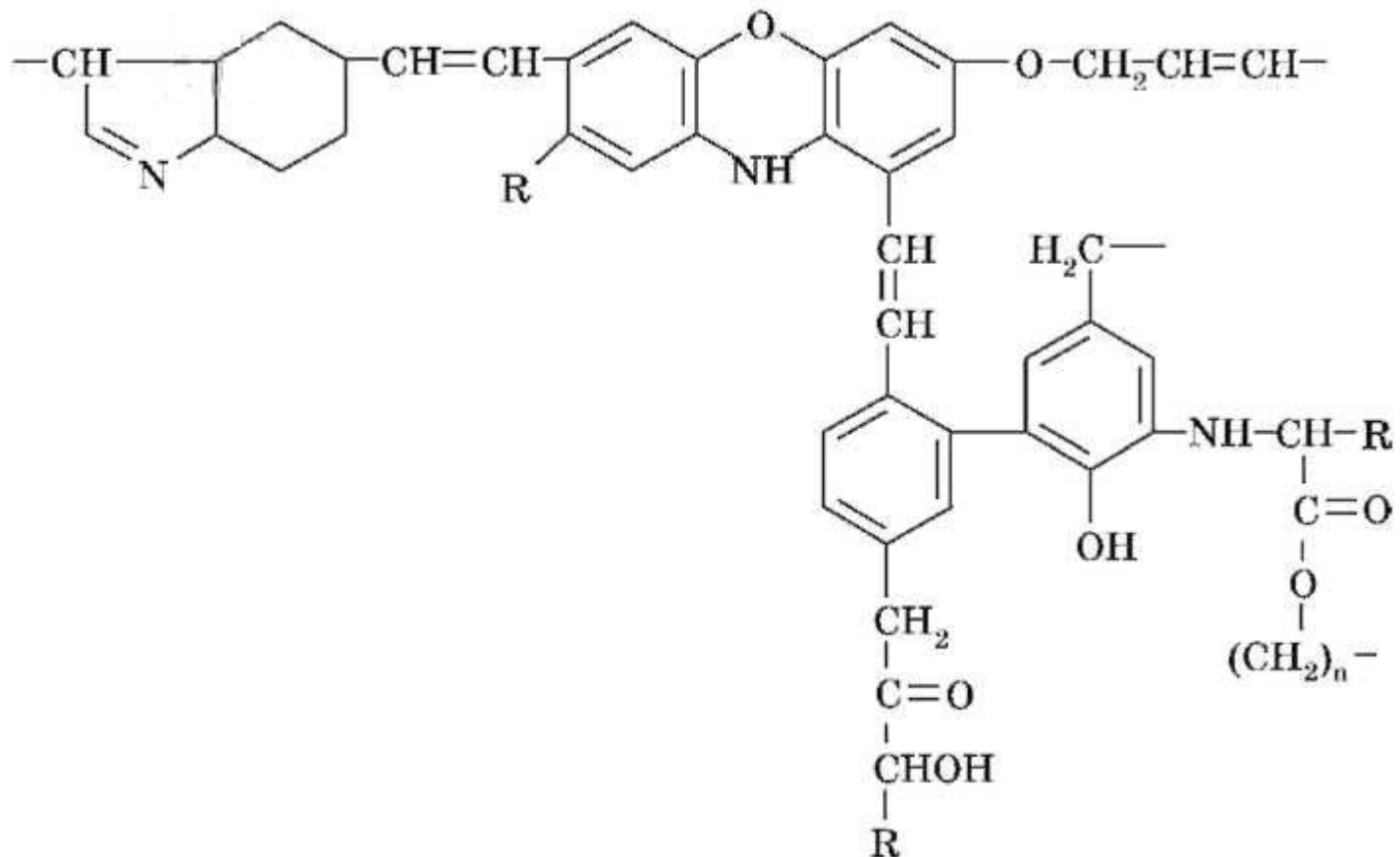
# Органические вещества

## ПОЧВЫ

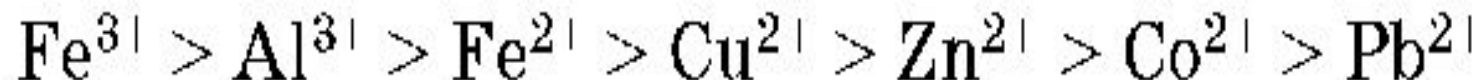
Гумусовые кислоты подразделяют:

- ▣ ***Гуминовые кислоты*** — группа гумусовых кислот, растворимых в щелочах и не растворимых в кислотах.
- ▣ ***Гиматомелановые кислоты*** — группа гумусовых кислот, растворимых в этаноле.
- ▣ ***Фульвокислоты*** — группа гумусовых кислот, растворимых в воде, щелочах и кислотах.

# Строение структурной ячейки гуминовой кислоты



По способности образовывать соединения с гумусовыми кислотами различные катионы можно расположить в ряд:



# Поглотительная способность ПОЧВ

- *Механическая поглотительная способность* — свойство задерживать взвешенные частицы в процессе фильтрации их через почву.
- *Физическая поглотительная способность* — изменение концентрации растворенного вещества в слое раствора, пограничном с твердой фазой почвы, обусловленное действием физических сил.

Различают положительную и отрицательную физическую адсорбцию нейтральных молекул растворенных веществ.

# Поглотительная способность ПОЧВ

- *Химическая поглотительная способность* — образование нерастворимых или малорастворимых солей в почвенных растворах. Этот процесс осуществляется за счет взаимодействия ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  с растворимыми в воде сульфатами, карбонатами и фосфатами с образованием труднорастворимых соединений, выпадающих в осадок.
- *Биологическое поглощение* связано с жизнедеятельностью растений и микроорганизмов избирательно поглощать из почвы химические элементы, накапливать их и переводить в органическую форму.

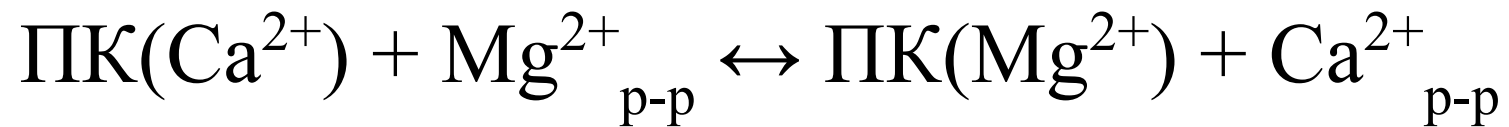
# Поглотительная способность ПОЧВ

- *Физико-химическая* (или *обменная*) *поглощительная способность* — СВОЙСТВО ПОЧВЫ эквивалентно обменивать ионы почвенного раствора и твердой фазы почв.
- Для почв характерна преимущественно катионообменная способность.
- Катионы, которые входят в состав почвенно-поглощающего комплекса (ПК) и могут быть замещены в процессе ионного обмена, называют обменными катионами. К ним наиболее часто относят катионы:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

□

# Катионный обмен

- Количественной характеристикой катионного обмена почв является емкость катионного обмена (ЕКО)
- Почва избирательно поглощает катионы одного сорта, отдавая эквивалентное количество ионов другого сорта в раствор





# Почвенная кислотность

- **Актуальная кислотность** – кислотность почвенного раствора, обусловленная присутствующими в нем компонентами.
- **Потенциальная кислотность** определяется концентрацией содержащихся в ПК ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  :
  - Обменная кислотность
  - Гидролитическая кислотность

# Антропогенно-техническое воздействие на почву

- Перенос загрязняющих веществ атмосферными осадками (ТМ, кислотные дожди, фтор, мышьяк, пестициды)
- Применение средств, повышающих урожайность и защищающих растения (удобрения, пестициды)
- Загрязнение земель отходами крупнотоннажных производств, отвалами ТЭК, нефтью и нефтепродуктами

# Проблемы загрязнения почвенных экосистем

Загрязнители почв можно разбить на четыре группы:

- почвохимически активные (оксиды Ca, Mg, Ba, Sr), минеральные кислоты, щелочи, нефтепродукты и др.;
- биохимически активные (дефолианты, пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и др.);
- загрязнители, сочетающие в себе признаки обеих групп. Это в первую очередь тяжелые металлы в высоких концентрациях, способные к гидролизу и оказывающие негативное воздействие не только на биоту, но и на физико-химические свойства почв;
- индифферентные загрязнители — оксиды Fe и Si, глинистые минералы.

# Загрязнение почв удобрениями

## Азотные удобрения

- Избыточный азот накапливается обычно в форме нитратов.
- При попадании нитратов в организм человека происходит их восстановление до нитрит-ионов, которые переводят гемоглобин в метгемоглобин
- В кислой среде нитриты реагируют со вторичными аминами с образованием высокотоксичных нитрозоаминов.
- Азотные удобрения стимулируют образование в продукции сельского хозяйства опасных для здоровья микотоксинов.
- Применение азотных удобрений и их последующая трансформация вызывает повышение содержания  $N_2O$

# Загрязнение почв удобрениями

## Фосфорные удобрения

- Обогащение сельскохозяйственной продукции фтором и мышьяком, которые входят в состав суперфосфата.
- Зафосфачивание почв. При этом фосфор находится в недоступном для растений состоянии, и лишь малая доля его вовлекается в биохимический круговорот.
- Около 5% вносимого на поля фосфора выносятся в водоемы.

# Загрязнение почв пестицидами

## Пестициды:

- ▣ гербициды — для борьбы с сорными растениями;
- ▣ инсектициды — для борьбы с вредными насекомыми;
- ▣ альгициды — для уничтожения водорослей и сорной растительности в водоемах;
- ▣ фунгициды — для борьбы с грибковыми заболеваниями;
- ▣ дефолианты — для уничтожения листьев;
- ▣ бактерициды — для борьбы с растениями

# Загрязнение почв пестицидами

## *Классификация по химическому строению:*

- хлорорганические пестициды — галоидопроизводные различных классов углеводородов;
- фосфорорганические пестициды — сложные эфиры фосфорных кислот;
- карбаматы — сложные эфиры карбаминовой, тио и дитиокарбаминовой кислот;
- азотсодержащие пестициды — производные мочевины.

# Загрязнение почв пестицидами

- ❑ Пестициды устойчивы в окружающей среде, способны к биоаккумуляции, циркулируют в биосфере, обладают высокой биологической активностью.
- ❑ До 80% пестицидов адсорбируется почвенным гумусом. В адсорбированном состоянии большинство гербицидов практически не подвергается биоразложению.
- ❑ Испарение пестицидов с поверхности почв
- ❑ Проникновение пестицидов в грунтовые воды
- ❑ Пестициды влияют на насекомых опылителей, на содержание микроэлементов и других веществ в растениях, на способность сельскохозяйственной продукции к хранению и ее пищевую ценность.



# ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ КИСЛОТНЫХ ВЫПАДЕНИЙ

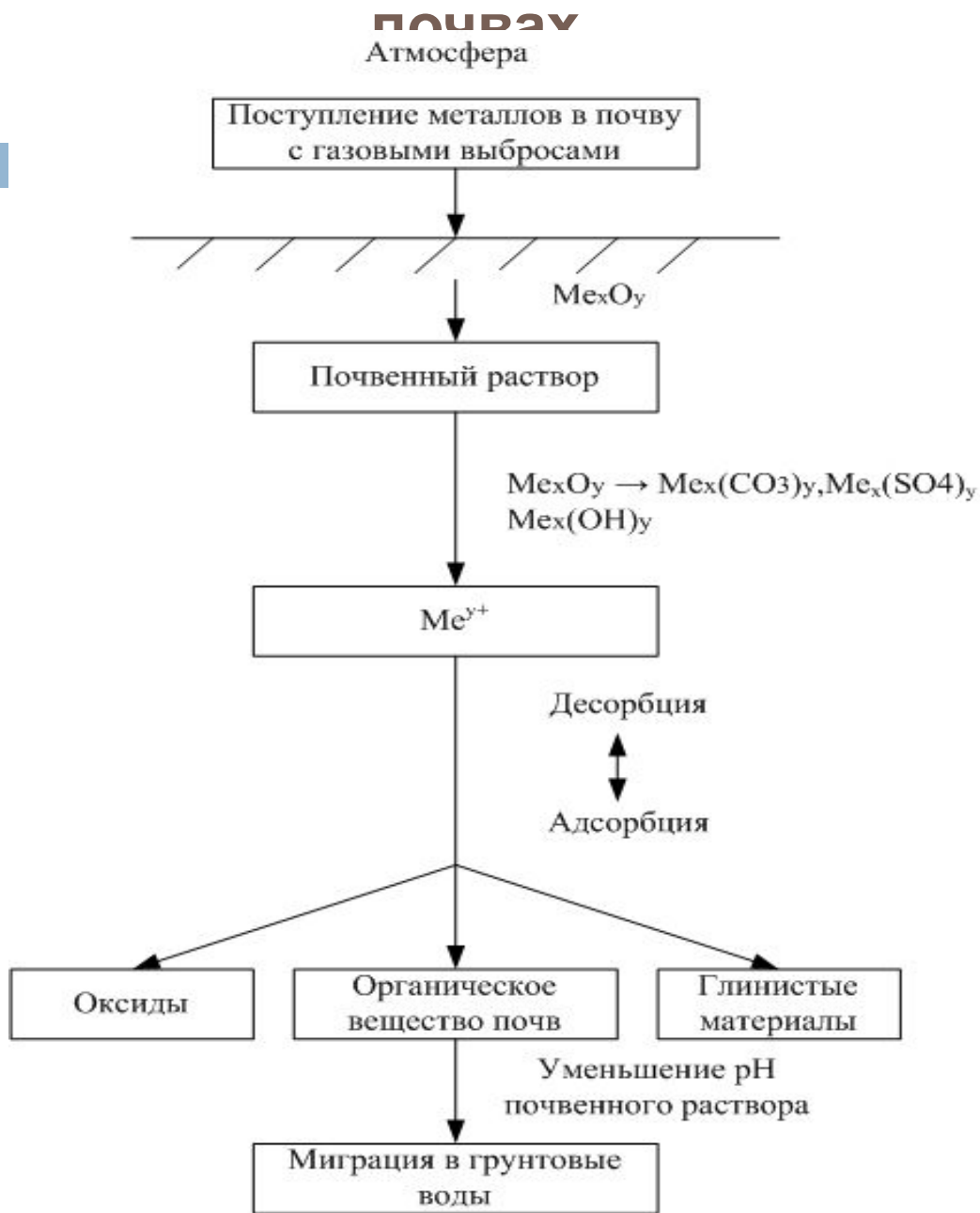
- В почвах, подвергшихся влиянию кислотных выпадений, главную роль играют  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HNO}_3$ .
- Под влиянием повышения кислотности в почвенном растворе резко возрастает концентрация ионов  $\text{Al}^{3+}$  и ряда тяжелых металлов, которая достигает токсичного уровня ( $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ).
- В органогенных и верхнем минеральном горизонтах наблюдается потеря 50–60% обменных  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и существенная потеря обменного  $\text{K}^+$ .
- При взаимодействии кислых техногенных выпадений с растительным покровом в почву поступают катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , вымывание которых из листьев возрастает при увеличении кислотности осадков.

# Аэрогенное загрязнение почвы тяжелыми металлами

Промышленные источники аэрогенного загрязнения почвы ТМ (тяжелых металлов) условно делят на две группы:

- с высокими концентрациями металлов в составе выбросов при невысокой (до 1 000 т/год) общей массе пылевого выброса. В эту группу входят заводы цветной металлургии;
- предприятия с невысокими концентрациями ТМ в составе выбросов, но с большим объемом выбросов— 10 000 т/год. В эту группу входят предприятия энергетики, цементные заводы и другие.

# Трансформация и миграция соединений ТМ в



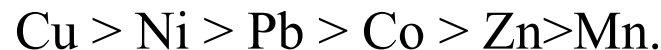
# Аэрогенное загрязнение почвы тяжелыми металлами

Трансформация соединений ТМ включает следующие процессы:

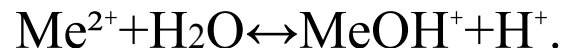
- ✓ *растворение,*
- ✓ *адсорбция катионов ТМ твердой фазой почв,*
- ✓ *образование новой твердой фазы.*

Основным процессом, контролирующим содержание водорастворимых форм ТМ, является адсорбционно-десорбционное равновесие.

Сродство органического вещества почв к ТМ изменяется следующим образом:



Адсорбция ТМ в почве протекает преимущественно в виде гидроксоионов, образующихся по реакции



# Вторичное засоление почвы

***Вторичное засоление*** - процесс накопления вредных для растений солей ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  и др.) в верхних слоях почвы и бессточных низменностях.

# Деградация почв

**Деградацией** почв называется постепенное ухудшение качества почвы в результате изменений, разрушающих ее структуру, ведущих к появлению негативных химических свойств и утрате ее плодородия

# Деградация почв

- Нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем (дегумификация почв; почвоутомление и истощение почв)
- Патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв
- Нарушение водного и химического режима почв
- Затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ
- Загрязнение и химическое отравление почв
- Переохлаждение и вторичная мерзлотность почв