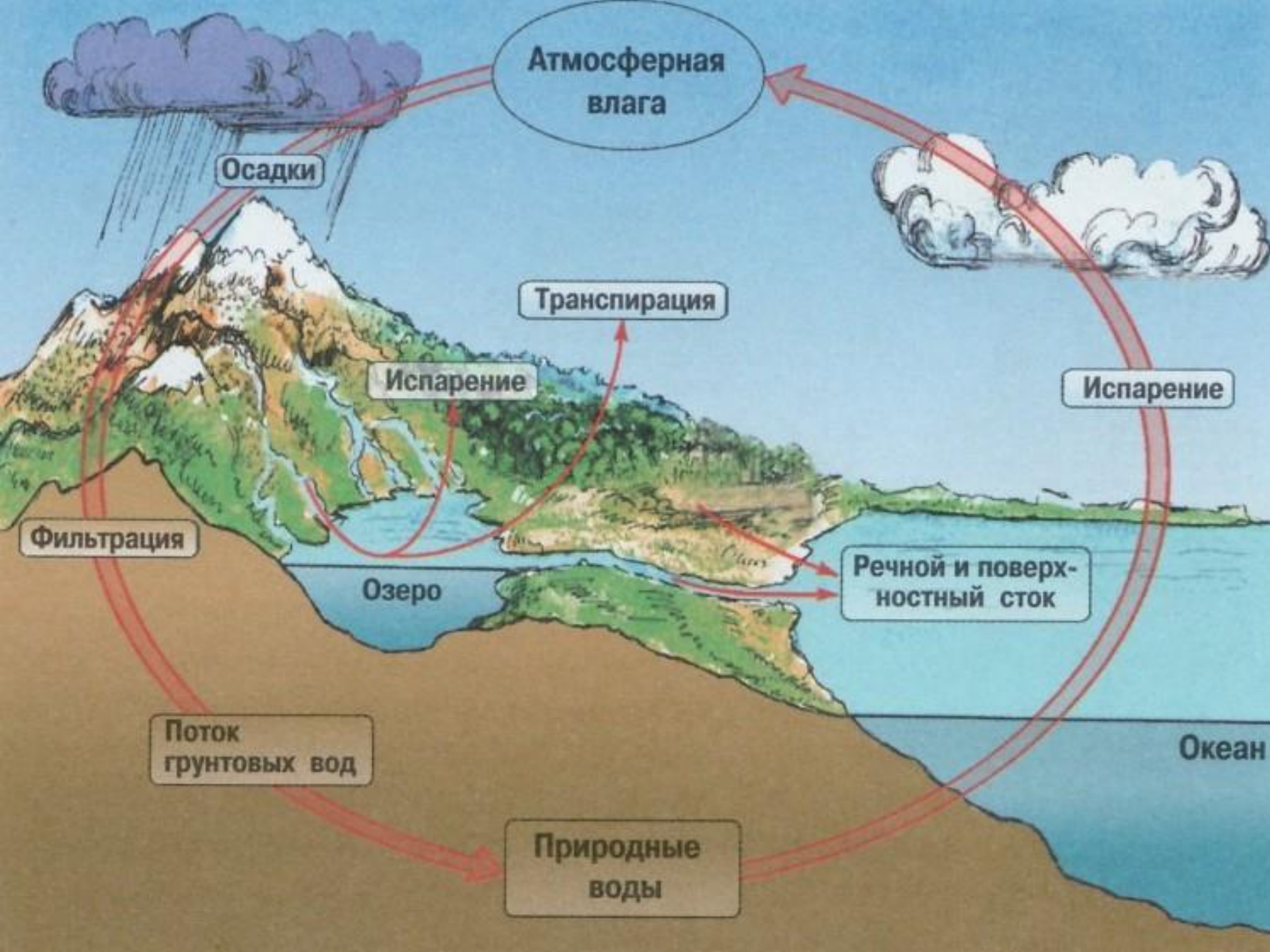


Тема: Почвенная влага, водные свойства и водный режим почв.

КАФЕДРА «ЮНЕСКО ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ»

ЦЕЛЬ ЛЕКЦИИ: ДАТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ПОЧВЕННОЙ ВОДЕ ЕЕ СВОЙСТВА И ЗНАЧЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, ПЛОДОРОДИИ.

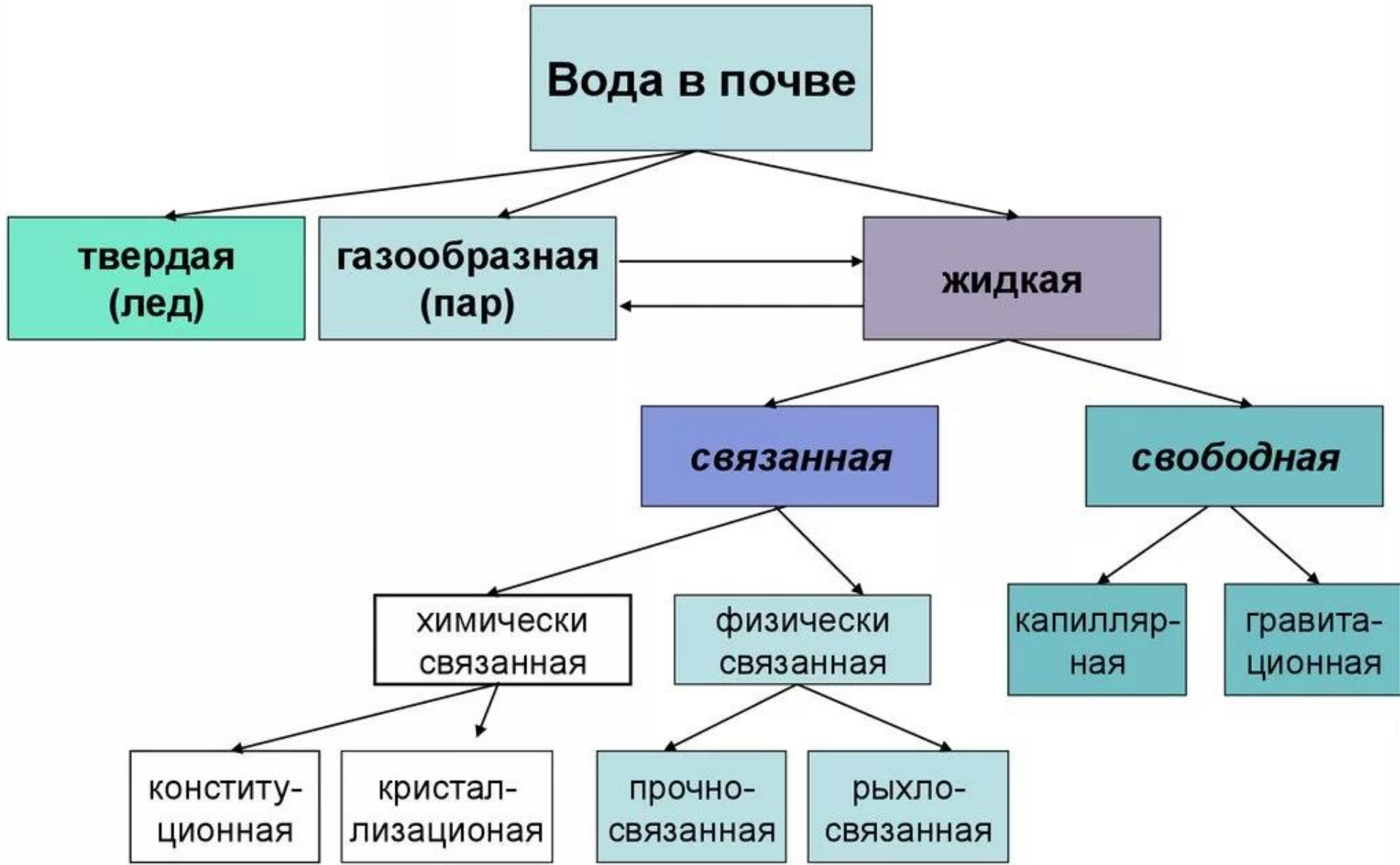
- ✦ **Рассматриваемые вопросы:** Основы учения о почвенной воде в трудах русских ученых (А.А.Измаильский, Г.Н.Высоцкий, Н.П.Адамов, П.С.Коссович, А.Ф.Лебедев, С.И.Долгов, А.Н.Роде, Н.А.Качинский). Формы и категории почвенной влаги. Связанная и свободная вода. Динамичность почвенной воды. Почвенно-гидрологические константы. Потенциалы и давление почвенной воды. Водные свойства почвы: водоудерживающая способность, водопроницаемость, водоподъемная способность. Потенциалы и давление почвенной воды. Влагоемкость почв и ее виды. Движение воды в почве. Водный режим почв и его регулирование. Экологическое значение почвенной воды.
- ✦ **Ключевые слова:** *парообразная, твердая, грунтовая вода; капиллярные, осмотические силы; влагоемкость, впитывание, водопроницаемость, водный режим.*

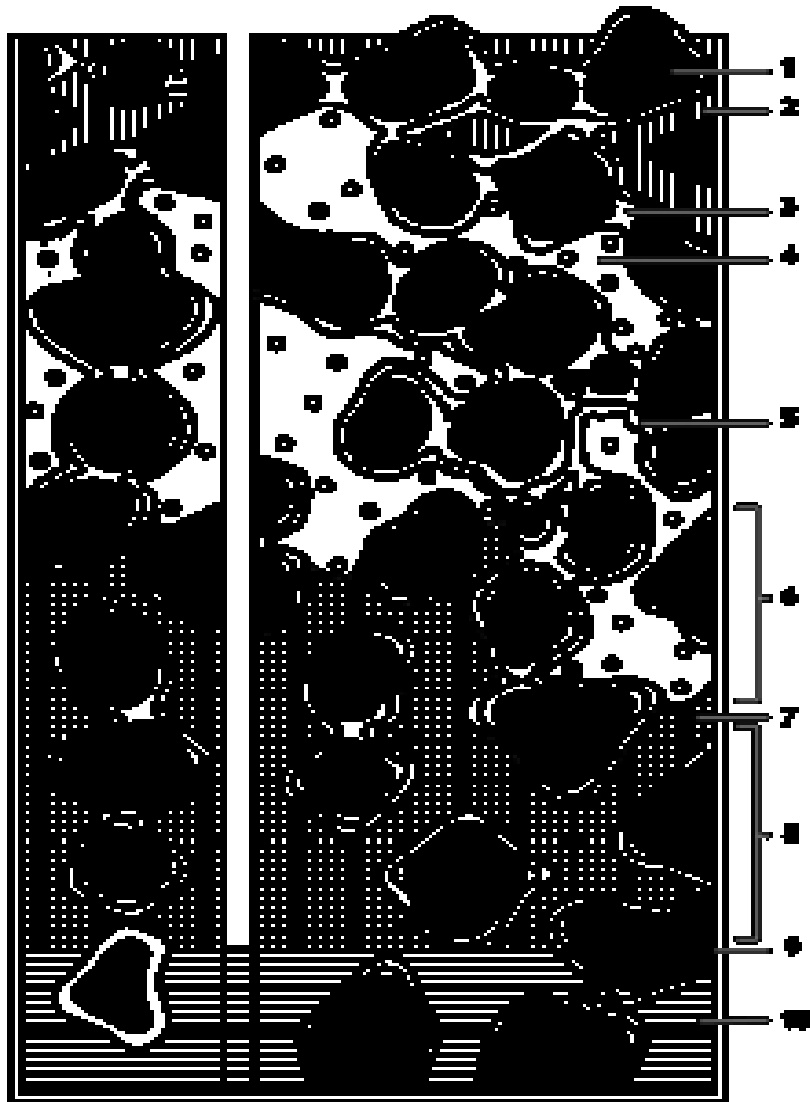


ПОЧВЕННАЯ ВОДА

- ✘ Почвенная вода – жизненная основа растений, почвенной фауны, микрофлоры, получающих воду главным образом из почвы. От содержания воды в почве зависят интенсивность биологических, химических и физико-химических процессов, передвижение веществ в почве, режимы почв и показатели почвенного плодородия. Почвенная вода оказывает прямое и косвенное влияние на развитие растений. Вода в почве может находиться во всех трех состояниях: твердом, жидком и парообразным.

Состояние и категории (формы) воды в почве





Формы воды в почве

- 1 — частица почвы;
- 2 — гравитационная вода;
- 3 — гигроскопическая вода;
- 4 — почвенный воздух с парами воды;
- 5 — плёночная вода;
- 6 — зона открытой капиллярной воды;
- 7 — капиллярная вода;
- 8 — зона замкнутой капиллярной воды;
- 9 — уровень грунтовых вод;
- 10 — грунтовые воды.

-
- ✘ *Парообразная вода* содержится в почвенном воздухе в порах, свободных от воды.
 - ✘ *Твердая вода* – лед – потенциальный источник жидкой и парообразной воды. Эта вода является резервом доступной влаги. Почвенные частицы, обладая поверхностной энергией, способны притягивать дипольные молекулы воды. Поглощение твердыми частицами почвы молекул парообразной и жидкой воды называется процессом *сорбции воды*.
 - ✘ *Грунтовая вода* – это вода, скопившаяся на некоторой глубине в грунтах. При приближении к дневной поверхности грунтовые воды играют значительную роль в почвообразовательных процессах.



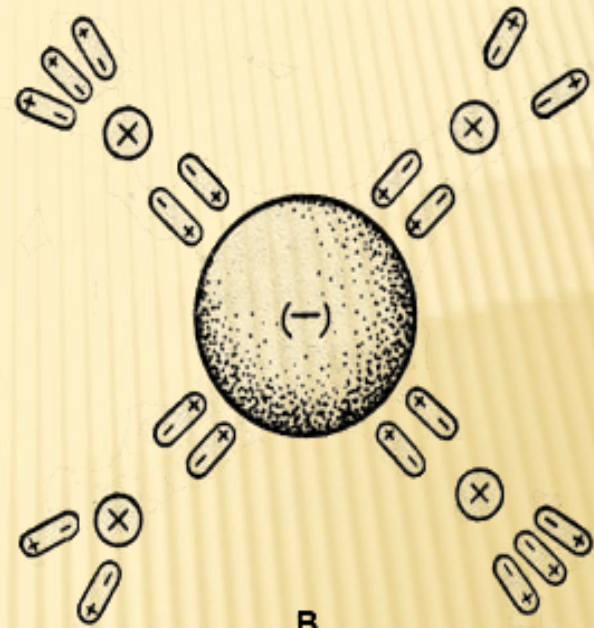
а

○ ○ - Молекулы воды



б

○ ○ - Молекулы воздуха
 ↑ ↑ - Молекулы воды



в

⊖ ⊕ - Диполи воды
 ⊕ - Поглощённые катионы

Строение частицы с гигроскопической влагой:
 А- по Лебедеву, Б — по Цункеру, В — по Кюну.



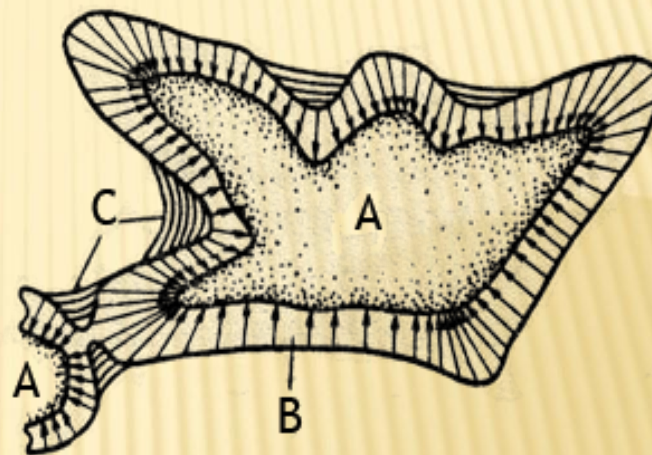
а

ooo - Молекулы воды



б

oo - Молекулы воздуха
 ↑↑ - Молекулы воды



в

А - Почвенная частица
 В - Слои прочно связанной строго ориентированной воды
 С - Вода капиллярной конденсации

Строение частицы с гигроскопической влагой:

А- по Лебедеву, Б — по Цункеру , В- по Качинскому

ФОРМЫ И КАТЕГОРИИ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ

- ✘ *Капиллярные силы* возникают на границе раздела твердая фаза почвы – вода и воздух в капиллярных порах. Сорбционные и капиллярные водоудерживающие силы в почве противостоят гравитационным, под влиянием которых создается нисходящее передвижение влаги.
- ✘ *Осмотические силы* в почве обуславливаются взаимодействием ионов растворенных веществ с молекулами воды. Конкретным выражением осмотических сил является осмотическое давление почвенного раствора. От величины осмотического давления зависит поступление воды в растения. Потенциал почвенной влаги характеризует энергию удержания воды. В почве, насыщенной водой, потенциал почвенной влаги практически равен нулю. С уменьшением почвенной влаги потенциал падает, а отрицательное его значение возрастает.

СВЯЗАННАЯ И СВОБОДНАЯ ВОДА.

- ✘ Связанная вода образуется путем сорбции парообразной и жидкой воды на поверхности твердых частиц почвы. Различают прочносвязанную и рыхлосвязанную воду.
- ✘ Свободная вода не связана силами притяжения с почвенными частицами, доступна растениям. Различают две формы свободной воды в почве – капиллярную и гравитационную.

ПОЧВЕННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

- ✘ *ПВ* – полевая влажность
- ✘ *МГ* – максимальная гигроскопическая влажность
- ✘ *ВЗ* – влажность завядания
- ✘ *ВРК* – влажность разрыва капилляров
- ✘ *НВ* – наименьшая влагоемкость
- ✘ *ППВ* – предельная полевая влагоемкость
- ✘ *ПВ* – полная влагоемкость.

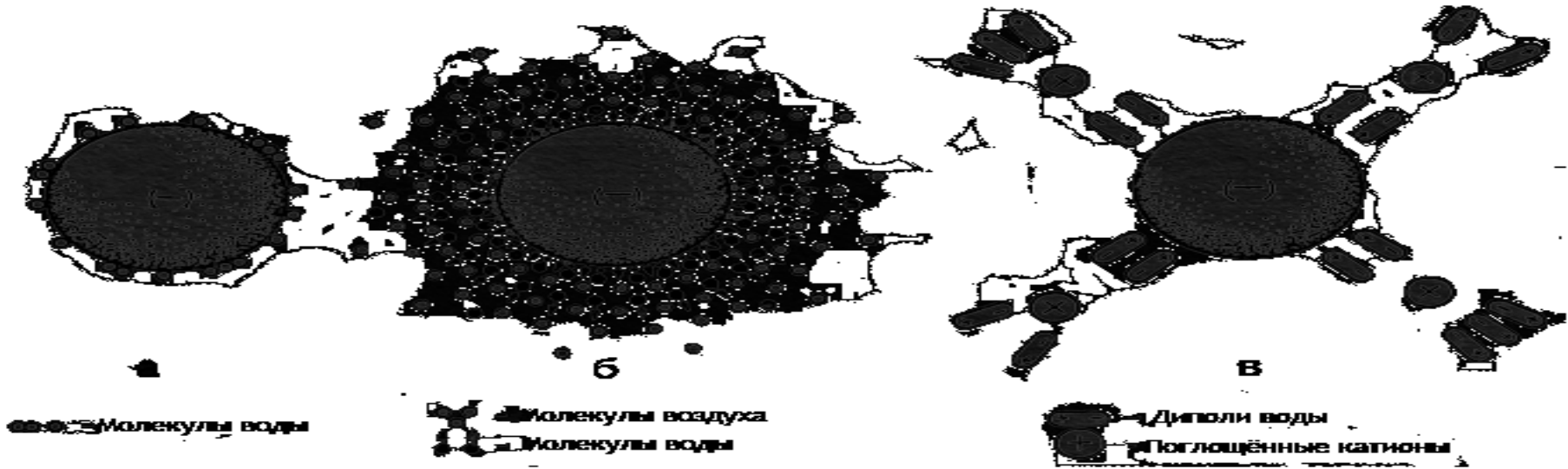


Схема строения гигроскопической влаги по данным различных авторов а - по Лебедеву , б - по Цункеру , в - по Кюну.

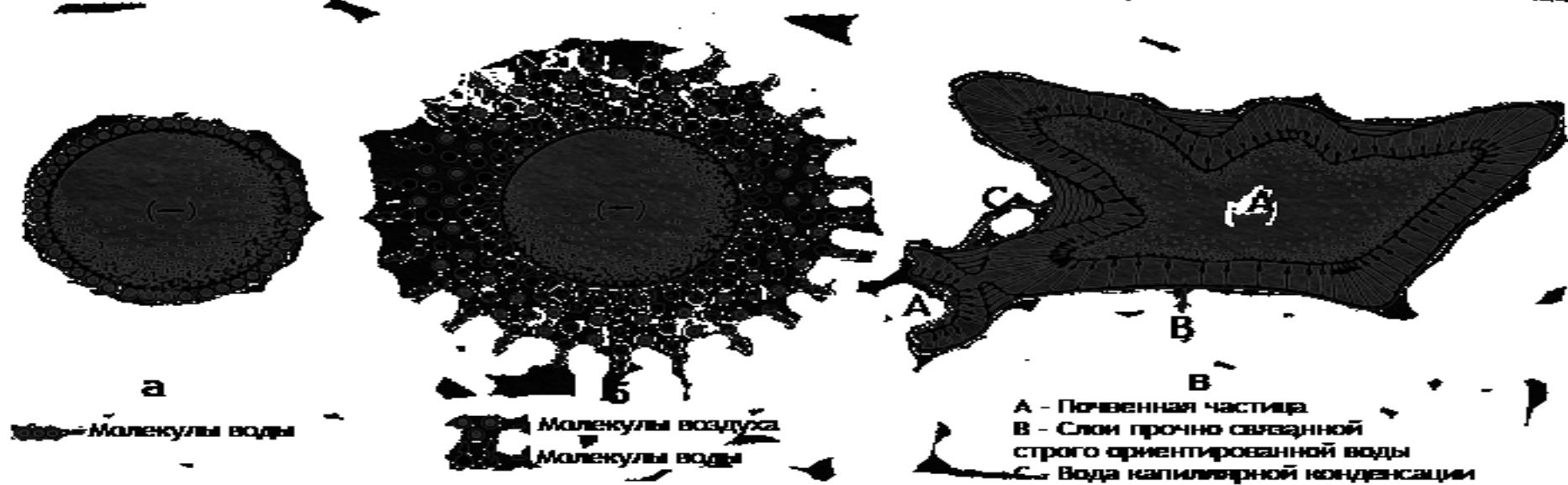


Схема строения максимальной гигроскопической влаги по данным различных авторов: а - по Лебедеву , б - по Цункеру , в - по Качинскому.

Оптимальной влажностью для большинства культурных растений условно принято считать влажность, приблизительно равную 50 % полной влагоемкости данной почвы. Для большинства зерновых культур оптимальная влажность составляет 30 – 50 %, для зернобобовых – 50 – 60 %, технических растений и корнеплодов – 60 – 70 %, сеяных луговых трав (злаков и бобовых) – 80 – 90 % ПВ почвы. Поэтому оптимальная влажность почвы для разных растений и почв должна несколько отклоняться от условно принятой.

Влажность завядания растений – это почвенная влажность, при которой у растений появляются признаки завядания, не исчезающие при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяными парами, т.е. это нижний предел доступной растениям влаги (численно равна $1,5 * МГ$). Влажность завядания зависит от вида растений и свойств почвы. Чем тяжелее механический состав почвы, чем больше в ней органического вещества, тем выше ВЗ. В среднем она составляет: в песках – 1 – 3 %, в супесях – 3 – 6 %, в суглинках – 6 – 15 %, в торфяных почвах – 50 – 60 %.

КАТЕГОРИИ ВЛАЖНОСТИ

- ✘ Из общего количества влаги, содержащейся в почве при ее полном насыщении, выделяют такие пограничные значения влажности, при которых меняются поведение воды и ее доступность растениям. Границы значений влажности, характеризующие пределы появления различных категорий почвенной влаги, называются почвенно-гидрологическими константами. Наиболее широко используются следующие: максимальная гигроскопическая влагоемкость, влажность разрыва капилляров (ВРК), влажность завядания (ВЗ), наименьшая влагоемкость (НВ) и полная влагоемкость (ПВ).

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ

- ✘ При влажности НВ вся система капиллярных пор заполнена водой, поэтому создаются оптимальные условия влагообеспеченности растений. По мере испарения и потребления воды растениями теряется сплошность заполнения водой капилляров, уменьшаются подвижность воды и доступность ее растениям. Влажность, при которой происходит разрыв сплошного заполнения капилляров водой, называется влажностью разрыва капилляров (ВРК). Это важная гидрологическая константа почвы, характеризующая нижний предел оптимальной влажности. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65 – 70 % НВ

ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

- ✘ **Водоудерживающая способность** – свойство почвы удерживать воду, обусловленное действием сорбционных и капиллярных сил.
- ✘ Наибольшее количество воды, которое способна удерживать почва теми или иными силами, называется **влагоемкостью**.
- ✘ Способность почвы сорбировать парообразную воду называется **гигроскопичностью**. Гигроскопическая влага — адсорбированная частицами почвы из атмосферы при её влажности менее 95 %, либо остающаяся в почве при её высушивании до воздушно-сухого состояния.
- ✘ Максимально-гигроскопическая влага адсорбируется почвой из атмосферы с относительной влажностью 95-100 %.
- ✘ **Водопроницаемость** – способность почвы впитывать и пропускать воду. Первую стадию водопроницаемости характеризует *впитывание*, когда свободные поры почвы последовательно заполняются водой.

ДВИЖЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ

- ✘ Нисходящий поток влаги идет со скоростью, описанной уравнением Дарси. В общем виде можно считать, что объем воды в единицу времени через единицу площади равен произведению влагопроводности, или коэффициенту фильтрации, на градиент гидравлического напора. Скоростью движения гравитационной влаги во многом определяется количество воды, запасаемой почвой при осадках и при снеготаянии. Если почва не пропускает влагу осадков, то избыток влаги либо поступает в поверхностный сток, либо испаряется.
- ✘ При изучении нисходящего тока гравитационной воды через почву различают *стадию впитывания*, когда идет заполнение влагой свободных пор почвы; и стадию фильтрации, когда вода протекает через поры, уже заполненные водой. Движение при фильтрации идет под влиянием напора столба воды фильтрующей толщи. Момент перехода процесса впитывания в фильтрацию можно заметить по началу вытекания воды из фильтрующего слоя. Существуют лабораторные и полевые методы определения водопроницаемости почвы.

Определение водопроницаемости методом Канареке

- ✘ Применяют металлические цилиндры диаметром 5 см. В нижней части цилиндра прикрепляют металлическую сетку с фильтровальной бумагой, затем находящуюся в цилиндре почву насыщают капиллярно водой. На верхнюю часть цилиндра надевают кольцо высотой 1 см. Чтобы кольцо плотно прилегало к цилиндру, место их стыковки обматывают липкой лентой. Цилиндр закрепляют в штативе. Над ним устанавливают перевернутую бутылку с водой. Бутылка закрыта пробкой, через которую пропущена стеклянная трубка со скошенным кольцом. Подача воды из трубки отрегулирована таким образом, чтобы над почвой, находящейся в цилиндре, поддерживался слой воды толщиной 1 см. В течение первого часа фильтрации отчет не производят. Затем под цилиндр с почвой устанавливают мерный цилиндр, накрытый воронкой и измеряют количество воды Q , профильтровавшееся за 5 часов. Записывают и среднюю температуру воды за эти 5 часов. Вычисляют гидравлическую проводимость (т.е. коэфф. Фильтрации) по Формуле Дарси, а температурную поправку – по формуле Хазена:

$$\text{✘ } K = QH / St(H+h) \cdot 1 / (0,7+0,03)T$$

- ✘ где: K - гидравлическая проводимость (в см/сек); Q – количество профильтровавшееся воды (в мл), H – толщина слоя почвы, см; S – площадь почвенного образца (в см²); t – время (в сек); h – толщина слоя воды над почвой (см); T – средняя температура воды за время определения (в градусах).

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ТРУБКИ СПЕЦГЕО

- ✘ Проводится в монолите с ненарушенной структурой при постоянном инградиенте напора, равном 1. Трубка состоит из полого цилиндра диаметром 5-6 см и высотой 11-12 см, нижний край которого остро заточен. Внизу цилиндр имеет съемной дырчатое дно, покрытое мелкой сеткой, а сверху он закрывается крышкой. В крышку горлышком вниз вставляется стеклянный цилиндр объемом 180 мл.
- ✘ Из доставленного в лабораторию монолита почвы среднего и тяжелого механического состава вырезают нужный для опыта брусок в форме цилиндра.

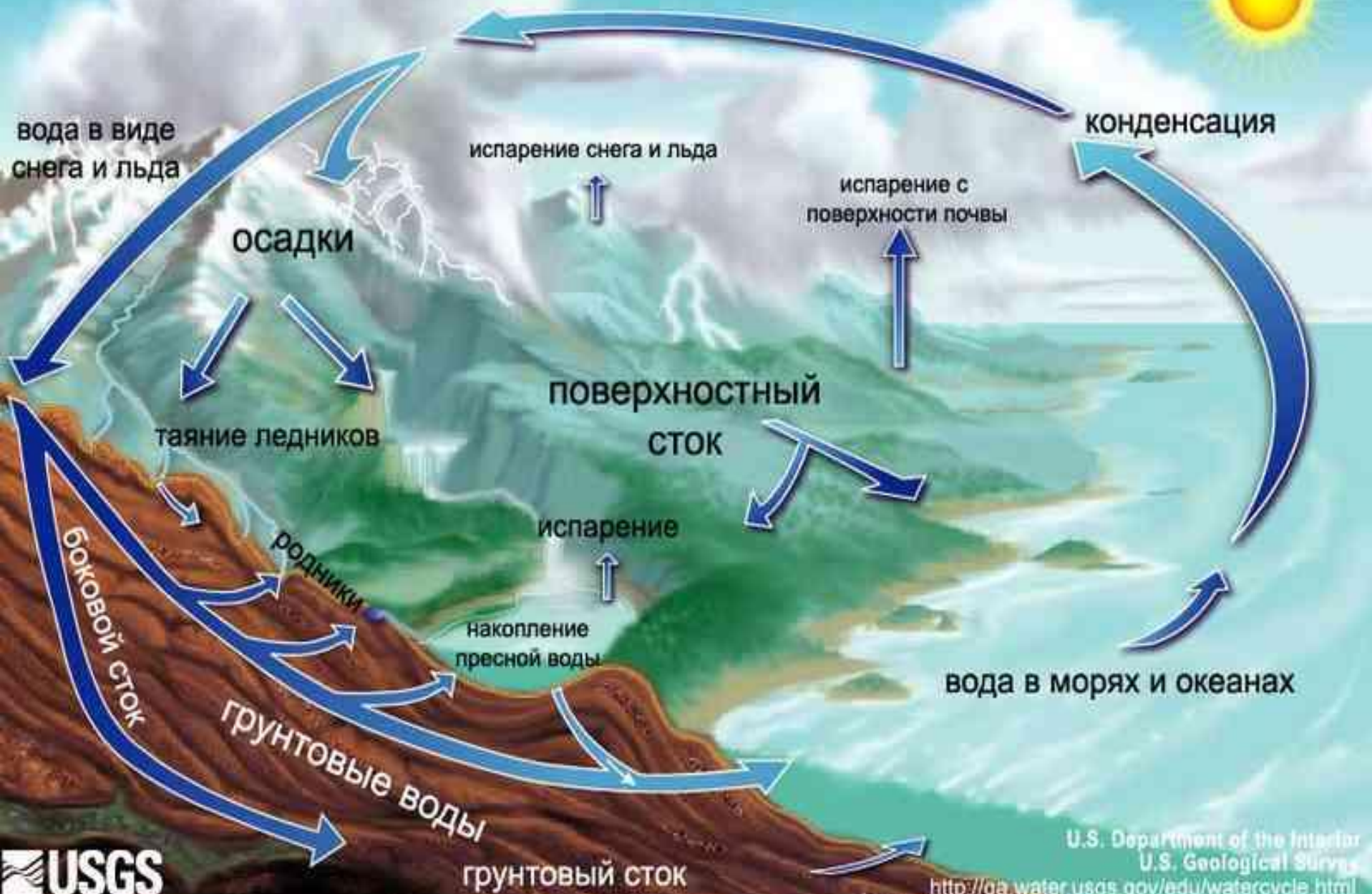
ВОДНЫЙ РЕЖИМ

- ✘ Водный режим почв — совокупность процессов поступления, передвижения и расхода влаги в почве. Основным источником почвенной влаги — атмосферные осадки, количество и распределение которых во времени зависят от климата данной местности и метеорологических условий отдельных лет. В почву поступает меньше влаги, чем выпадает её в виде осадков, так как значительная часть задерживается растительностью, в особенности кронами деревьев. Вторым источником поступления влаги в почву является конденсация атмосферной влаги на поверхности почвы и в её верхних горизонтах (10–15 мм). Туман может оказывать значительно больший вклад в сумму осадков (до 2 мм/сутки), хотя и является более редким явлением. Практическое же значение тумана проявляется преимущественно в прибрежных районах, где в ночное время над поверхностью почвы собираются значительные массы влажного воздуха.

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДНОГО РЕЖИМА ФОРМИРУЮТСЯ АВТОМОРФНЫЕ, ПОЛУГИДРОМОРФНЫЕ И ГИДРОМОРФНЫЕ ПОЧВЫ.

- ✘ *Автоморфные почвы* – почвы, которые формируются на ровных поверхностях и склонах в условиях свободного стока грунтовых вод. Грунтовые воды не влияют на формирование почвенного профиля, так как залегают глубоко (более 6 м). Преобладают аэробные условия.
- ✘ *Полугидроморфные почвы* формируются при кратковременном застое поверхностных вод или залегании грунтовых вод на глубине 3 – 6 м (капиллярная кайма может достигать корней растений и нижних почвенных горизонтов).
- ✘ *Гидроморфные почвы* формируются в условиях избыточного увлажнения в результате длительного застоя поверхностных вод или близком залегании грунтовых (менее 3 м). Капиллярная кайма может достигать поверхности почвы, преобладают анаэробные процессы.

Круговорот воды в природе



ТИПЫ ВОДНОГО РЕЖИМА

- ✘ *Мерзлотный* — в почве имеется вечная мерзлота, в тёплый период оттаивающая на небольшую глубину в пределах мерзлотного слоя, но с сохранением его значительной части. За счёт этого и атмосферных осадков над остаточным мерзлотным слоем формируется верховодка. Характерные почвы: арктические, тундровые, мерзлотные лугово-лесные.
- ✘ *Промывной* — отмечается в почвах районов, где осадков выпадает больше, чем испаряется. Нисходящие токи воды преобладают над восходящими и почва промывается до уровня грунтовых вод. Грунтовые воды в данных условиях как правило залегают не глубже 2 м от поверхности. Характерные почвы: подзолистые.
- ✘ *Периодически промывной* — в почвах территорий, где количество выпадающих осадков примерно равно испарению, причём во влажные годы будет наблюдаться больше количество осадков и, соответственно, промывной режим, а в сухие преобладание испарения и непромывной водный режим. Характерные почвы: серые лесные.
- ✘ *Непромывной* — отмечается в почвенно-климатических зонах, где расходная статья водного баланса преобладает над приходной, влагооборотом охвачен лишь почвенный профиль, грунтовые воды залегают глубоко, нисходящие токи преобладают над восходящими (так как главный расход воды приходится не на физическое, а на транспирационное испарение). Характерные почвы: чернозёмы.

- ✘ *Выпотной* — при сумме осадков значительно меньше испарения. При этом испаряется не только влага, выпавшая в виде осадков, но часть высокостоящих грунтовых вод, в результате чего грунтовые воды поднимаются по капиллярам, достигая верхних горизонтов почвенного профиля. Так как в данных условиях грунтовые воды чаще всего минерализованы, то вместе с влагой по капиллярам переносятся растворённые соли. Характерные почвы: солончаки, солонцы.
- ✘ *Намывной* — при ежегодном продолжительном затоплении территории во время разлива рек. Характерные почвы: аллювиальные (пойменные)
- ✘ *Непромывной* — отмечается в почвенно-климатических зонах, где расходная статья водного баланса преобладает над приходной, влагооборотом охвачен лишь почвенный профиль, грунтовые воды залегают глубоко, нисходящие токи преобладают над восходящими (так как главный расход воды приходится не на физическое, а на транспирационное испарение).
- ✘ Характерные почвы: чернозёмы.

УРАВНЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА:

$$V_O + V_{OC} + V_{OP} + V_G + V_K + V_{IP} + V_B = V_{исп} + V_T + V_I + V_{ПС} + V_{БС} + V_1,$$

ЗДЕСЬ: V_O – НАЧАЛЬНЫЙ ЗАПАС ВЛАГИ;

V_{OC} – СУММА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ;

V_{OP} – КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ, ПОСТУПИВШЕЙ ПРИ ОРОШЕНИИ;

V_G – КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ, ПОСТУПИВШЕЙ ИЗ ГРУНТОВЫХ ВОД;

V_K – КОЛИЧЕСТВО КОНДЕНСИРОВАННОЙ ВОДЫ;

V_{IP} – КОЛИЧЕСТВО ПОСТУПИВШЕЙ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ;

V_B – КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ, ПОСТУПИВШИХ ИЗ БОКОВ;

$V_{исп}$ – КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ, ИСПАРИВШИХСЯ С ПОВЕРХНОСТИ;

V_T – десукция;

V_I – инфильтрация в грунтовые воды ;

$V_{ПС}$ –поверхностный сток воды;

$V_{БС}$ – боковой сток;

V_1 – запас воды в конце наблюдения.

При расчете водного баланса вычисляют его для каждого генетического горизонта, затем суммируют.



Отбор образцов с почвенных горизонтов на определение влажности почвы весовым методом.

Из-за промывного типа водного режима, оксиды железа в подзолистой почве лёгкого гранулометрического состава откладываются на значительной глубине (~170 см)

Для растений доступна та часть почвенной влаги, которая может быть усвоена в процессе жизнедеятельности. Доступную воду называют *продуктивной*, так как она используется на формирование урожая. Регулирование водного режима почвы – обязательное мероприятие в условиях интенсивного земледелия.

Так как влажность почвы зависит не только от внешних условий, но от свойств самой почвы, то приемы, направленные на улучшение ее водного режима, приобретают первостепенное производственное значение. Регулирование водного режима почв достигается различными мелиоративными и агротехническими мероприятиями с учетом специфических почвенно-климатических условий и потребностей выращиваемых культур к воде. Для создания оптимальных условий роста и развития культурных растений надо стремиться к созданию Коэффициента Увлажнения, близкого к единице.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

- ✘ Для устранения избыточного увлажнения болотных почв применяют открытый или закрытый дренаж. Водный режим почв с временным избыточным увлажнением улучшается с применением агротехнических приемов, среди которых следует выделить гребневание и бороздование: гребни увеличивают испарение, а по бороздам происходит сток воды. В районах неустойчивого увлажнения и засушливых необходимы мероприятия по накоплению влаги и рациональному ее использованию. Для этого применяют снегозадержание с помощью стерни, кулисных растений, валов из снега, формируют сети прудов и водоемов, широко используют орошение в сочетании с высокой агротехникой, направленной на максимальное использование осадков. Для уменьшения поверхностного стока проводят вспашку поперек склонов, прерывистое бороздование, щелевание и полосное размещение сельскохозяйственных культур. Накоплению и сохранению влаги в почве способствуют поверхностное рыхление или боронование весной (позволяет избежать физического испарения воды), мульчирование различными материалами, применение минеральных и органических удобрений приводит к более экономному использованию влаги.

Вопросы для самоконтроля:

- 1. Категории воды в почве, их прочность связи с твердой фазой почвы и доступность растениям.
- 2. Водные свойства почвы и их значения.
- 3. Какое влияние на водные свойства почвы оказывают механический состав, структурное и гумусовое состояние, состав поглощенных катионов почв?
- 4. Что называют влажностью завядания и как ее вычисляют?
- 5. Что понимают под водным режимом, какие выделяют типы водяного режима?
- 6. Приведите мероприятия по регулированию водного режима в земледелии.
- **Рекомендуемая литература:**
 1. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 1 и 2 Л.: Гидрометеоздат 1965-1969.
 2. Шеин Е.В. Движение воды в почве. // Природа. 1989. № 10. С. 53-58.
 3. Агрогидрологические свойства почв Казахстана. Алма-Ата: УГКС КазССР, 1980.
 4. Белобров В.П., и др. География почв с основами почвоведения. М. 2004
 5. Снакин В.В. Анализ состава водной фазы почв. / Отв. Ред. В.А.Ковда. М.: Наука, 1989. 116 с.
 6. Вальков В.Ф. и др. Почвоведение. Учебный курс. Ростов – на – Дону. 2004.
 7. Почвоведение. Под ред. Кауричева. М., 1989