

Дисциплина: Почвоведение. Группа: Л-21. Дата занятия: 14.11.2024.  
Преподаватель Шлякис А.А.

Уважаемые обучающиеся! На основании предоставленного материала вам необходимо самостоятельно составить конспект лекции.

## ВОДНЫЕ СВОЙСТВА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

### Тема: Значение воды в почве

Почва как многофазная система способна поглощать и удерживать воду. В ней всегда находится определенное количество влаги. Вода поступает в почву в виде атмосферных осадков, грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении.

Почвенная вода является жизненной основой растений, почвенной фауны и микрофлоры, получающих воду главным образом из почвы. От содержания воды в почве зависят интенсивность протекающих в ней биологических, химических и физико-химических процессов, передвижение веществ и формирование почвенного профиля, водно-воздушный, питательный и тепловой режимы, ее физико-механические свойства, то есть, важнейшие показатели почвенного плодородия. Следовательно, почвенная вода оказывает прямое и косвенное влияние на развитие и урожайность растений.

Растения расходуют воду в огромном количестве. Для создания 1 г сухого органического вещества потребляется от 200 до 1000 г воды. Количество воды, затрачиваемое на создание единицы сухого вещества за вегетационный период, называется *транспирационным коэффициентом*. Однако растениями усваивается только часть почвенной влаги, которая удерживается силами, меньшими, чем сосущая сила корней, – *продуктивная влага*. В процессе фотосинтеза вода вместе с углекислым газом – первичный источник образования органического вещества растений. В воде растворяются питательные вещества, которые с почвенным раствором поступают в растения. Растения нормально развиваются только при постоянном и достаточном количестве влаги в почве. Недостаток, как и избыток, влаги в почве ограничивает продуктивность растений. В этом случае неэффективными становятся различные приемы, направленные на повышение урожая сельскохозяйственных культур (внесение удобрений, известкование и др.).

Водообеспеченность растений определяется не только количеством поступающей воды в почву, но и ее водными свойствами, способностью почвы впитывать, фильтровать, удерживать, сохранять воду и отдавать ее растению по мере потребления. В одинаковых климатических условиях при равной влажности почвы могут содержать разное количество доступной воды, что зависит от механического состава почв, структурного состояния, содержания гумуса и других показателей, предопределяющих их водные свойства. Поэтому создание

благоприятного водного режима в почве – одно из важнейших условий получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур в условиях интенсивного земледелия.

### **Формы воды в почве**

Для определения обеспеченности растений доступной водой необходимо знать формы и взаимосвязи воды в почве.

Вода в почве может находиться во всех трех состояниях: в *парообразном, твердом и жидком*. Парообразная вода содержится в почвенном воздухе и поступает из атмосферы, а также образуется в почве при испарении жидкой воды и льда, свободно передвигается в почве из более влажных мест в менее увлажненные (при условии одной и той же температуры во всех горизонтах почвы), а из горизонтов с большей температурой - в участки с меньшей температурой. Практическое значение парообразной почвенной влаги в земледелии ничтожно, однако в почвах засушливых районов за счет водяного пара в зимнее время в метровом слое аккумулируется до 10 –14 мм влаги. Твердая вода непосредственно не используются растениями, хотя и может служить резервом доступной влаги (жидкой и газообразной).

Жидкая и парообразная вода в почве подвергается воздействию различных природных сил: гравитационных, молекулярного притяжения твердой фазы почвы и силы притяжения между молекулами воды. В зависимости от преобладания одной из этих сил почвенная вода имеет различную подвижность и доступность для растений.

Выделяют следующие основные формы почвенной воды, различающиеся между собой прочностью связи с твердой фазой почвы и степенью подвижности: кристаллизационную, гигроскопическую, пленочную, капиллярную, гравитационную.

*Кристаллизационная* вода – это химически связанная вода, входящая в состав минералов либо в виде гидроксильных групп ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), либо в виде целых молекул (например, гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), мирабилита ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) и др.); выделяется при нагревании почвы до температуры 400 – 600 °С. Химически связанная влага не принимает непосредственного участия в физических процессах, протекающих в почве, и растениям недоступна.

*Гигроскопическая влага.* Часть воды, находящейся в воздухе в виде пара, поглощается поверхностью почвенных частиц, образуя гигроскопическую влагу – одну из форм так называемой сорбционной воды, т.е. удерживаемой силами сорбции. Содержание этой влаги зависит от: относительной влажности и температуры воздуха (чем влажнее воздух и ниже температура, тем ее больше в почве), содержания органического вещества (чем богаче почва гумусовыми веществами, тем ее больше) и механического состава (при прочих равных условиях почва суглинистая или глинистая всегда будет содержать больше гигроскопической влаги, чем почва песчаная или супесчаная). Наибольшее количество гигроскопической воды, поглощенное почвой и выраженное в

процентах от массы сухой почвы, называется *максимальной гигроскопичностью* (МГ). Такое количество влаги почва может поглотить из воздуха, имеющего относительную влажность, близкую к 100 %. Максимальная гигроскопическая влажность – величина, постоянная для каждой почвы, так как она определяется при постоянных температуре и относительной влажности воздуха. Может колебаться для песчаных почв от 0,1 до 1,5 в глинистых, гумусированных – до 10 – 15, в органогенных – до 20 – 40 % от веса сухой почвы. Молекулы гигроскопической воды удерживаются на поверхности почвенных частиц с большой силой, поэтому удалить их можно лишь продолжительным нагреванием почвы при 105 °С. Следовательно, для растений гигроскопическая влага недоступна.

МГ используют для выяснения *мертвого запаса влаги* (МЗВ) в почве – количество влаги в почве, при котором растения начинают устойчиво завядать, так как эта вода не может быть использована растениями. Он равен  $1,5 \cdot \text{МГ}$ , т.е. в состав мертвого запаса влаги входит еще пленочная вода.

*Пленочная* вода покрывает почвенные частицы следующим за гигроскопической влагой слоем, также удерживается силами межмолекулярного притяжения, но слабее, поэтому является частично доступной (для взрослых растений). Кристаллизационная, гигроскопическая и пленочная формы воды относятся к прочносвязанной воде и составляют МЗВ.

Влага, которая содержится в почве сверх мертвого запаса, называется *продуктивной*. Благодаря этой влаге формируется урожай сельскохозяйственных растений.

*Свободная* вода не связана силами притяжения с почвенными частицами, доступна растениям, передвигается в почве под действием капиллярных и гравитационных сил. В связи с этим выделяют капиллярную и гравитационную воду.

*Капиллярная* вода заполняет тонкие (капиллярные) поры почвы и передвигается в них под влиянием капиллярных (менисковых) сил. Высота подъема воды тем выше, чем тоньше капилляр. В зависимости от характера увлажнения различают капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую воду. При увлажнении почвы сверху (атмосферные осадки, оросительные воды) формируется *капиллярно-подвешенная* вода, не связанная с грунтовыми водами и находящаяся в верхней части профиля почв. *Капиллярно-подпертая* формируется при увлажнении снизу и поднимается от зеркала грунтовых вод. Почвенный слой, в котором она распространяется, называется *капиллярной каймой*, и мощность его зависит от водоподъемной способности почвы. Капиллярная вода легкодоступна для растений и является основным источником их водного питания. Разновидностью капиллярной воды является *стыковая влага*, находящаяся в почвах с атмосферным увлажнением, которая представляет собой влагу, удерживаемую между частицами почвы и не проходящую вниз.

Если почву, в которой все капиллярные поры уже заполнены водой, продолжать увлажнять, то влагой будут заполняться некапиллярные промежутки. Эта влага, свободно передвигающаяся в почве и подчиненная в своем движении силе тяжести,

называется *гравитационной*. Гравитационная влага может передвигаться в почве только из верхних слоев вниз. Просачиваясь вниз, она либо является источником питания грунтовых вод, либо распределяется по толще почвы и переходит в другие формы воды. Гравитационная влага легкодоступна растениям, но избыточна (т.к. мало воздуха и нарушается газообмен) и поэтому непродуктивна. Полное насыщение почвы водой возможно после таяния снега или длительных дождей, однако это явление кратковременное.

Грунтовые воды играют важную роль в водном питании растений. Подходя близко к поверхности почвы, в северных районах они вызывают заболачивание, а в южных – засоление почвы. Критическая глубина залегания грунтовых вод, при которой происходит засоление почв на юге, колеблется в пределах 1,5 – 2,5 м.

### **Водные свойства почвы и основные почвенно-гидрологические константы**

Водный режим почвы зависит не только от количества атмосферных осадков, но и в значительной мере от водных свойств самой почвы. К главнейшим водным свойствам относятся водопроницаемость, водоподъемная способность (или капиллярность), влагоемкость.

*Водопроницаемость* – это способность почвы впитывать и пропускать через себя воду. Водопроницаемость измеряется объемом воды, протекающей через единицу площади поверхности почвы в единицу времени, выражается в мм водного столба в единицу времени. Процесс водопроницаемости включает впитывание влаги и ее фильтрацию. Впитывание происходит при поступлении воды в почву, не насыщенную водой, а фильтрация начинается тогда, когда большая часть пор почвы заполняется водой. Впитывание воды обусловлено сорбционными и капиллярными силами, фильтрация – силой тяжести.

Водопроницаемость зависит от механического состава, структуры (у структурных почв выше, чем у бесструктурных), содержания гумусовых веществ (в целом от общего объема пор в почве и их размера), а также от состава поглощенных катионов: натрий уменьшает водопроницаемость, а кальций – увеличивает. В легких по механическому составу почвах поры крупные и водопроницаемость всегда высокая. В почвах тяжелого механического состава с глыбисто-пылеватой структурой и плотных бесструктурных почвах водопроницаемость низкая. После оструктуривания такие почвы в несколько раз улучшают фильтрационную способность (суглинистые и глинистые почвы, обладающие водопропрочной комковато-зернистой структурой, также отличаются высокой водопроницаемостью).

Хорошо водопроницаемыми считаются почвы, в которых вода в течение первого часа проникает на глубину до 15 см. В средневодопроницаемых почвах вода за первый час проходит от 5 до 15 см, а в слабОВОДПРОНИЦАЕМЫХ – до 5 см. От этого свойства зависит степень использования водных ресурсов. При слабой водопроницаемости часть атмосферных осадков или оросительной воды стекает по поверхности, что приводит к непродуктивному расходованию влаги, могут происходить вымокание культур, застаивание воды на поверхности и развиваться

эрозия почвы. При очень высокой водопроницаемости не создается хороший запас воды в корнеобитаемом слое почвы, а в орошаемом земледелии наблюдается большая потеря на полив.

*Водоподъемная способность* – свойство почвы поднимать содержащуюся в ней влагу за счет капиллярных сил (вода в почвенных капиллярах образует вогнутый мениск, на поверхности которого создается поверхностное натяжение). Высота капиллярного поднятия воды зависит от диаметра капилляров: чем они тоньше, тем выше поднятие, и наоборот. Поэтому водоподъемная способность растет от песчаных почв к суглинистым и глинистым. Максимальная высота подъема воды над уровнем грунтовых вод для песчаных почв 0,5 – 0,8 м, для суглинистых – 2,5 – 3,5 м, в глинистых почвах – 3,0 – 6,0 м. Скорость подъема зависит от размера пори вязкости воды, обуславливаемой ее температурой. По крупным порам вода поднимается быстрее, чем в почвах с тонкими капиллярами. С повышением температуры уменьшается вязкость воды, поэтому скорость ее капиллярного поднятия повышается. Растворенные в воде соли также оказывают значительное влияние на скорость капиллярного подъема. Минерализованные грунтовые воды в отличие от пресных поднимаются к поверхности по капиллярам с большей скоростью.

Благодаря капиллярным явлениям и водоподъемной способности почв грунтовые воды участвуют в дополнительном снабжении растений водой, особенно в засушливые годы, развитии восстановительных процессов и засолении почвенного профиля.

*Влагоемкость* – способность почвы впитывать и удерживать определенное количество воды. Выражается в % к весу сухой почвы. Эта способность зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, состава поглощенных катионов. Высокая влагоемкость характерна для глинистых почв, богатых коллоидами, с высоким содержанием гумуса. Высокой влагоемкостью обладают почвы, содержащие известь, хлориды, слабовлагоемкие песчаные почвы.

Различают следующие виды влагоемкости: максимальную гигроскопическую, капиллярную, полевую и полную.

*Максимальная гигроскопическая влагоемкость* (МГВ) – это наибольшее недоступное растениям количество влаги (мертвый запас влаги), которое прочно удерживается молекулярными силами почвы (адсорбцией). Величина этой влагоемкости зависит от суммарной поверхности частиц, а также содержания гумуса: чем больше в почве илестых частиц и гумуса, тем она выше.

*Капиллярная влагоемкость* – максимальное количество воды (капиллярно-подпертой влаги), которое удерживается в почве над уровнем грунтовых вод при заполнении капиллярных пор. Кроме свойств почвы, величина капиллярной влагоемкости зависит от высоты над зеркалом грунтовых вод. Вблизи грунтовых вод она наибольшая, а с поднятием к поверхности уменьшается и на границе капиллярной каймы равна наименьшей влагоемкости.

*Наименьшая влагоемкость* (НВ), или *предельная полевая влагоемкость* (ППВ) – это наибольшее количество воды, которое остается в почве после ее полного увлажнения и свободного стекания избыточной воды. Величина наименьшей

влагоемкости зависит от гранулометрического и минералогического состава, плотности и пористости почвы. Она соответствует величине капиллярно-подвешенной воды. Наименьшая влагоемкость – важнейшая характеристика водных свойств почвы, дающая представление о наибольшем количестве воды, которое почва способна накопить и длительное время удерживать. Она составляет (в % от веса абсолютно сухой почвы): для песчаных – 4 – 9, супесчаных – 10 – 17, легко- и среднесуглинистых – 18 – 30, тяжелосуглинистых и глинистых – 23 – 40. Наибольшие значения ППВ характерны для гумусированных почв тяжелого механического состава, обладающих хорошо выраженной макро- и микроструктурой.

*Полной влагоемкостью* (ПВ) называется наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех ее пор водой при отсутствии оттока (численно равна пористости почвы).

*Полевая влажность* ( $W_p$ ) характеризует содержание влаги в почве на данный момент, выражается в % к массе сухой почвы.

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).

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.

*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  $1,5 \cdot MГ$ ). 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 %.

Для растений доступна только та часть почвенной влаги, которая может быть усвоена в процессе жизнедеятельности. Она называется *продуктивной* влагой, так как используется для образования урожая.

## **Типы водного режима почв и пути регулирования**

Под *водным режимом* почв понимают совокупность всех процессов поступления влаги в почву, ее передвижения, удержания и расхода. Количественно он выражается через водный баланс, который характеризует приход влаги в почву и расход из нее.

Основная приходная статья водного баланса – осадки, дополнительные – грунтовые воды и поверхностный сток. Расходные статьи водного баланса: физическое испарение воды почвой, транспирация (испарение влаги растениями), поверхностный сток и инфильтрация в грунт.

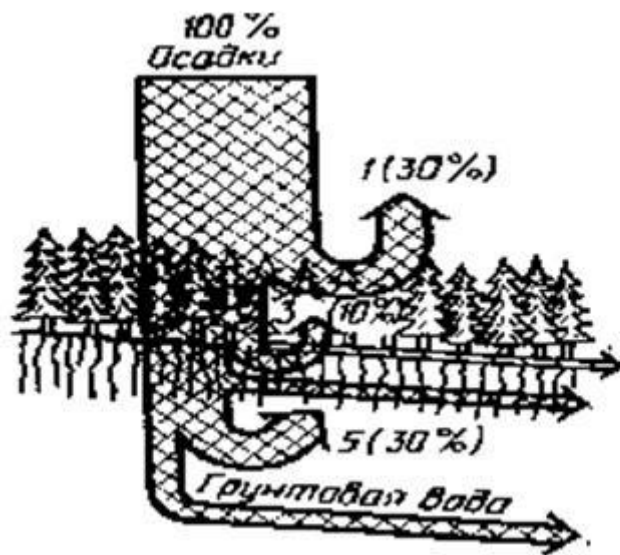
*Мерзлотный тип* – характерен для территории сплошного распространения многолетней мерзлоты (в тундре), где она является водоупором. Специфику этого типа водного режима создает близко залегающий постоянно мерзлый водоупорный горизонт, вследствие чего, несмотря на небольшое количество осадков, в теплое время года почва значительно перенасыщена водой.

*Промывной тип* (рис.10, а) характерен для почв лесных зон (тайги, влажных тропиков и субтропиков, умеренных широколиственных лесов), где количество осадков превышает испаряемость ( $KУ > 1$ ). Почвы и породы в этих условиях ежегодно промываются водой до грунтовых вод, идет интенсивное выщелачивание и вынос продуктов почвообразования за пределы почвенного профиля и формируются кислые почвы (подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы и др.). При наличии водоупорного горизонта, близком залегании грунтовых вод может развиваться заболачивание почвы (подзолисто-болотные и болотные).

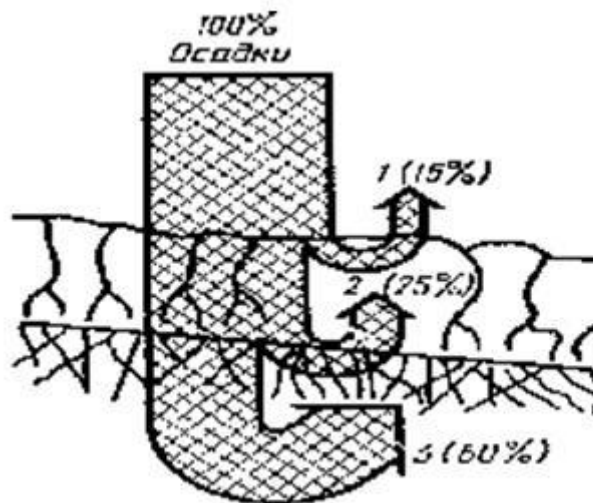
*Периодически промывной тип* ( $KУ > 1$ , от 0,8 до 1,2) характеризуется сбалансированностью осадков и испаряемости: в сухие годы осадки увлажняют почвенную толщу, не достигая грунтовых вод (непромывной режим), а во влажные годы происходит сквозное промачивание (промывной режим) почвогрунтов. Промывается один раз в несколько лет, характерен для лесостепной зоны, формируются серые лесные, черноземы выщелоченные и оподзоленные.

*Непромывной тип* ( $KУ < 1$ , от 0,1 до 0,6) характерен для степной, сухостепной и пустынной зон, где испаряемость превышает сумму атмосферных осадков (рис.10, б). Осадки распространяются только в верхних почвенных горизонтах и не достигают грунтовых вод. Между верхним промачиваемым и капиллярным слоем находится «мертвый горизонт» с постоянной влажностью, близкой к влажности завядания. Запасы воды, накопленные к весне за счет осенних осадков и талой воды, интенсивно испаряются и потребляются растениями. Формируются черноземы степной зоны, каштановые, бурые полупустынные, серо-бурые пустынные и др.

*Выпотной тип* ( $KУ < 1$ ) наблюдается на местностях с близким залеганием грунтовых вод в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь, где испаряемость сильно превышает сумму осадков (рис.10, в). На испарение расходуются не только осадки, но и грунтовые воды. При высоком содержании солей в грунтовых водах с восходящим током воды в почву поступают легкорастворимые соли и почвы засоляются (солонцы и др.)

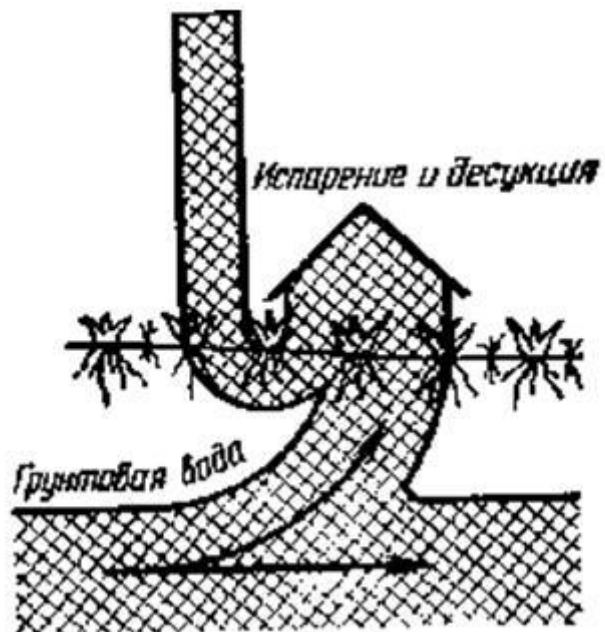


а)



„Мертвый" горизонт

б)



в)



Рис. 10. Схема влагооборота водного баланса при различных типах водного режима (по А.А.Роде): а – промывной, б – непромывной, в – выпотной

*Ирригационный тип* складывается в искусственно орошаемых почвах и характеризуется чередованием промывного и непромывного режимов. При поливе создается промывной тип, который затем сменяется непромывным. В почве непрерывно наблюдаются как нисходящие, так и восходящие потоки воды.

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.

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 КУ, близкого к единице

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.