

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Практикум



Владимир 2022

УДК 631.4
ББК 40.3
М47

Авторы-составители:

М. А. Мазиров, А. О. Рагимов, Е. М. Шентерова, О. А. Савоськина

Рецензенты:

Доктор сельскохозяйственных наук
профессор кафедры земледелия и методики опытного дела
Российского государственного аграрного университета – Московской
сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева
А. И. Беленков

Кандидат биологических наук
доцент кафедры биологии и экологии
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Н. В. Чугай

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Мелиорация почв и земель : практикум / авт.-сост.:
М47 М. А. Мазиров [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столето-
вых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2022. – 112 с.
ISBN 978-5-9984-1511-1

Цель практикума – изучение основных понятий и приемов мелиорации и рекультивации земель и использование их в профессиональной деятельности. В процессе изучения дисциплины студенты получают практические навыки и умения в расчете запасов в почве продуктивной влаги, поливной нормы для промачивания почвы, а также в установлении степени и химизма засоления и т. д.

Предназначен для проведения аудиторно-практических занятий для студентов, обучающихся по направлению академического и прикладного бакалавриата 06.03.02 – Почвоведение и 35.03.03 – Агрехимия и агропочвоведение.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 3. Табл. 36. Библиогр.: 13 назв.

УДК 631.4
ББК 40.3

ISBN 978-5-9984-1511-1

© ВлГУ, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Мелиорация не панацея от всех неблагоприятных условий, а лишь часть необходимых мероприятий по оптимизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства. Эффективность мелиоративных мероприятий бывает значительной лишь на фоне высокой культуры земледелия.

Научные исследования убеждают: чтобы получить высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, необходимо соблюдать ряд серьезных мер, при которых культура будет чувствовать себя комфортно и находиться в зоне оптимума. Однако стоит помнить, что условия окружающей среды и продуктивность культур определяются факторами, находящимися в минимуме.

Учитывая, что ежегодные потери пахотных почв составляют в среднем 7 млн га, а численность населения Земли увеличивается каждую неделю на 1 млн 250 тыс. человек и, по данным на 2022-й год, составляет около 8 млрд человек, перед человечеством стоит проблема непрерывного роста производства продовольствия и необходимого сельскохозяйственного сырья для промышленности.

Решение данных проблем прочно связано с процессами внедрения новых технологий, разрабатываемых наукой и передовой практикой, и увеличением выхода продукции с единицы площади. Одним из приемов рационального использования земель, повышения плодородия почв и урожайности культур является мелиорация.

Практическая работа № 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ВИДЫ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Мелиорация земель осуществляется в целях повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель, а также создания необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель и формирования рациональной структуры земельных угодий.

Мелиорация земель – коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противоэрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий.

Мелиоративные мероприятия – проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, обводнение пастбищ, создание мелиоративных защитных лесных насаждений, проведение культуртехнических работ, работ по улучшению химических и физических свойств почв, научное и производственно-техническое обеспечение указанных работ.

Мелиорируемые земли – земли, недостаточное плодородие которых улучшается с помощью осуществления мелиоративных мероприятий.

Мелиорированные земли – земли, на которых проведены мелиоративные мероприятия.

Мелиоративные системы – комплексы взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств (каналы, коллекторы, трубопроводы, водохранилища, плотины, дамбы, насосные станции, водозаборы, другие сооружения и устройства на мелиорированных землях), обеспечивающих создание оптимальных водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорированных землях.

Государственные мелиоративные системы – мелиоративные системы, находящиеся в государственной собственности и обеспечивающие межрегиональное и (или) межхозяйственное водораспределение и противопаводковую защиту, а также противоэрозионные и пастбищезащитные лесные насаждения, которые необходимы для обеспечения государственных нужд.

Мелиоративные системы общего пользования – мелиоративные системы, находящиеся в общей собственности двух или нескольких лиц либо переданные в установленном порядке в пользование нескольким гражданам (физическим лицам) и (или) юридическим лицам, а также мелиоративные защитные лесные насаждения, необходимые для нужд указанных лиц.

Мелиоративные системы индивидуального пользования – мелиоративные системы, находящиеся в собственности гражданина (физического лица) или юридического лица либо переданные в установленном порядке в пользование гражданину (физическому лицу) или юридическому лицу, а также мелиоративные защитные лесные насаждения, необходимые указанным лицам только для их нужд.

Отдельно расположенные гидротехнические сооружения – инженерные сооружения и устройства, не входящие в мелиоративные системы, обеспечивающие регулирование, подъем, подачу, распределение воды потребителям, отвод вод с помощью мелиоративных систем, защиту почв от водной эрозии, противоселевую и противооползневую защиту.

Мелиоративные защитные лесные насаждения – лесные насаждения естественного происхождения или искусственно созданные на землях сельскохозяйственного назначения или на землях, предназначенных для осуществления производства сельскохозяйственной продукции, в целях предотвращения деградации почв на пастбищах, эрозии почв и защиты от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения посредством использования климаторегулирующих, почвозащитных, противоэрозионных, водорегулирующих и иных полезных функций лесных насаждений в целях сохранения и повышения плодородия земель (далее – полезные функции мелиоративных защитных лесных насаждений).

Биологический этап рекультивации земель (биологическая рекультивация земель) – этап рекультивации земель, включающий мероприятия по восстановлению их плодородия, осуществляемые после технической рекультивации.

Водохозяйственное направление рекультивации земель – создание в понижениях техногенного рельефа водоемов различного назначения.

Вскрышные породы (вскрыша) – горные породы, покрывающие и вмещающие полезные ископаемые, подлежащие выемке и перемещению в процессе открытых горных работ.

Землевание – комплекс работ по снятию, транспортировке и нанесению плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород на малопродуктивные угодья с целью их улучшения.

Инвентаризация нарушенных земель – выявление в натуре, учет и картографирование нарушенных земель с определением их площадей и качественного состояния.

Лесохозяйственное направление рекультивации земель – создание на нарушенных землях лесных насаждений различного типа.

Направление рекультивации – восстановление нарушенных земель для определенного целевого использования.

Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

Объект рекультивации земель – нарушенный земельный участок, подлежащий рекультивации.

Плодородный слой почвы – верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и агрохимическими свойствами.

Потенциально плодородный слой почв – нижняя часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений физическими, химическими и ограниченно агрохимическими свойствами.

Потенциально плодородные породы – горные породы, по параметрам свойств совпадающие с потенциально-плодородным слоем почв.

Природоохранное направление рекультивации земель – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для использования в природоохранных целях.

Рекультивация земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды.

Рекреационное направление рекультивации земель – создание на нарушенных землях объектов отдыха.

Рекультивационный слой – искусственно создаваемый при рекультивации земель слой с благоприятными для произрастания растений свойствами.

Санитарно-гигиеническое направление рекультивации земель – биологическая или техническая консервация нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически не эффективна.

Сельскохозяйственное направление рекультивации земель – создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий.

Строительное направление рекультивации земель – приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного, гражданского и прочего строительства.

Техногенный рельеф – рельеф, созданный в результате производственной деятельности.

Технический этап рекультивации земель (техническая рекультивация земель) – этап рекультивации земель, включающий их подготовку для последующего целевого использования в народном хозяйстве.

В главе II Федерального закона «О мелиорации земель» говорится: «В зависимости от характера мелиоративных мероприятий различают следующие типы мелиорации земель:

- 1) гидромелиорация;
- 2) агролесомелиорация;
- 3) культуртехническая мелиорация;
- 4) химическая мелиорация».

В составе отдельных типов мелиорации земель в законе «О мелиорации земель» устанавливаются виды мелиорации земель.

Гидромелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение заболоченных, излишне увлажненных, засушливых, эродированных, смытых и других земель, состояние которых зависит от воздействия воды.

Гидромелиорация земель направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мер по подъему, подаче, распределению и отводу вод с помощью мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

К этому типу мелиорации земель относятся:

- оросительная;
- осушительная;
- противопаводковая;
- противоселевая;
- противоэрозионная;
- противооползневая и другие виды мелиорации.

Орошение, в свою очередь, может быть:

- регулярным,
- лиманным,
- вегетационным,
- влагозарядковым,
- очистным,
- промывным.

Осушение применяют при мелиорации болот и заболоченных земель. Особый вид – польдерное осушение (польдер – пониженное пространство, защищенное валами для предохранения от затопления водами прилегающей реки, моря и т. д.).

Орошение (ирригация) – подвод воды на поля, испытывающие недостаток влаги, и увеличение ее запасов в корнеобитаемом слое почвы в целях увеличения плодородия почвы.

Орошение улучшает снабжение корней растений влагой и питательными веществами, снижает температуру приземного слоя воздуха и увеличивает его влажность. В зависимости от местной ситуации возможны разные способы проведения орошений.

1. Орошение целиком всей площади угодий, что характерно как для засушливого климата, так и отдельных участков определённых культур в более влажных климатических районах.

2. Орошение, осуществляемое единожды за год (лиманное орошение), при котором в почве создается необходимый запас воды, используемый растениями в течение года, или орошение может проводиться постоянно.

В настоящее время чаще всего встречаются следующие способы орошения: поверхностное, дождевание, капельное.

Агролесомелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий в целях обеспечения коренного улучшения земель сельскохозяйственного назначения или земель, предназначенных для осуществления производства сельскохозяйственной продукции, посредством использования полезных функций мелиоративных защитных лесных насаждений.

Агролесомелиорация земель направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мероприятий по проектированию, созданию и содержанию мелиоративных защитных лесных насаждений. Этот тип мелиорации земель направлен на создание мелиоративных защитных лесных насаждений:

– на оврагах, балках, песках, берегах рек и других территориях в целях защиты земель от эрозии (противоэрозионная агролесомелиорация);

– по границам земель сельскохозяйственного назначения и земельных участков в целях защиты от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения (полезащитная агролесомелиорация);

– по границам пастбищ в целях предотвращения деградации почв на пастбищах (пастбищезащитная агролесомелиорация).

Агролесомелиорация обеспечивает коренное улучшение почв посредством использования почвозащитных, водорегулирующих и иных свойств защитных лесных насаждений. Сюда относятся следующие виды мелиорации:

– противоэрозионная – защита почв от эрозии путем создания лесных насаждений на оврагах, балках, песках, берегах рек и других территориях;

– полезащитная – защита почв от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения путем создания защитных лесных насаждений по границам земель сельскохозяйственного назначения;

– пастбищезащитная – предотвращение деградации почв пастбищ путем создания защитных лесных насаждений.

Культуртехническая мелиорация земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по их коренному улучшению.

Этот тип мелиорации земель подразделяется на следующие виды:

– расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха;

– расчистка мелиорируемых земель от камней и иных предметов;

– мелиоративная обработка солонцов;

– рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы;

– проведение иных культуртехнических работ.

Культуртехническая мелиорация почв состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий на землях, неудобных для сельскохозяйственного производства. При этом проводятся те же виды работ, что и на мелиоративных землях.

Химическая мелиорация земель – это комплекс мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация земель включает в себя известкование, фосфоритование и гипсование почв.

Контрольные вопросы

1. Что такое мелиорация почв?
2. Какие бывают типы мелиорации почв и земель?
3. Какие преимущества и недостатки дождевания следует выделить?
4. В чем преимущества и недостатки орошения?
5. Какие основные свойства почвы необходимо учитывать при планировании мелиорации?

Практическая работа № 2

ФОРМЫ ВОДЫ В ПОЧВЕ И РАСЧЕТ ЗАПАСОВ В НЕЙ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ

Роль почвенной влаги исключительно велика в почвообразовании (процессы выветривания и новообразования минералов, гумусообразование, химические реакции, в целом обособление и формирование почвенного профиля и т. д.). Не менее важное значение имеет почвенная влага как фактор плодородия почв, а отсюда и как фактор сельскохозяйственного производства (табл. 1).

В почве вода находится в различных состояниях и формах, а следовательно, обладает разной степенью доступности для растений. Различают связанную и свободную почвенную воду.

В связанной воде частицы почвы удерживаются очень прочно, и она не может передвигаться под влиянием силы тяжести. Напротив, свободная вода подчинена закону земного притяжения, не связана силами притяжения с почвенными частицами и передвигается под действием капиллярных и гравитационных сил. Исходя из этого выделяют капиллярную и гравитационную формы воды.

Капиллярная вода. Ее наличие и распределение в почве находится под влиянием капиллярных (менисковых) сил, которые проявляются в порах от 3 – 100 мкм (0,003 – 0,1 мм) до 8 мм. В порах менее 3 мкм и крупнее 8 мм капиллярные силы не проявляются. По своему физическому состоянию эта вода жидкая, она обладает высокой подвижностью и играет основную роль в водообеспечении растений.

Таблица 1

Зависимость максимальной молекулярной влагоемкости
от гранулометрического состава почвы

Гранулометрический состав почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость, % от объема почвы
Песок, легкая супесь	< 5
Тяжелая супесь	5 – 8
Легкий суглинок	8 – 12
Средний суглинок	12 – 16
Тяжелый суглинок	16 – 24
Глина	> 24

Различают несколько видов капиллярной воды:

- а) капиллярно-подвешенную;
- б) капиллярно-подпертую;
- в) капиллярно-посаженную.

Н. А. Качинский отмечает, что силы, удерживающие капиллярную воду, колеблются от 3 – 4 атм в тонких капиллярах (порах) до 0,5 атм – в крупных. Это ниже величины осмотического давления клеточного сока корней растений, что и делает эту воду легкодоступной для них. Эта форма воды, являясь основным источником водного питания растений, ценна в том плане, что ее можно регулировать, применяя различные агротехнические и мелиоративные мероприятия (табл. 2).

Таблица 2

Распределение капиллярно-подвешенной влаги по профилю почв различного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почвы	Влажность, % от объема почвы									
	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 70	70 – 80	80 – 90	90 – 100
Тяжелый суглинок	40	39	35	34	33	32	31	30	29	28
Средний суглинок	30	28	28	28	28	27	26	25	25	–
Супесь	24	23	22	21	20	17	15	13	–	–

Гравитационная вода находится в почве преимущественно в крупных порах и передвигается исключительно под влиянием силы тяжести. Это жидкая форма воды, обладающая высокой растворяющей способностью и возможностью переносить в растворенном состоянии соли, коллоидные растворы и т. д. Эта вода легкодоступна для растений (ее осмотическое давление менее 0,5 атм), в случае проточности грунтовой воды она может быть источником их нормального водного питания.

Гравитационную воду подразделяют на просачивающуюся гравитационную, передвигающуюся сверху вниз по порам и трещинам в случае превышения ее количества над удерживающей силой менисков в капиллярах, и воду водоносных горизонтов.

Вода водоносных горизонтов – это грунтовые, почвенно-грунтовые и почвенные воды. Они образуются при заполнении всей скважно-

сти грунта свободной водой. Это может быть результатом наличия водопроницаемого горизонта, задерживающего нисходящий ток гравитационной воды, а также превышения объема поступающей гравитационной воды над объемом ее оттока.

Улучшение водно-воздушного режима переувлажненных свободной гравитационной водой почв является главной задачей осушительных мелиораций.

Твердая вода. Лед при его таянии является потенциальным источником жидкой и парообразной воды. Превращение воды в лед при пониженных температурах играет большую роль в почвообразовательных процессах (структурообразование, наличие временных и постоянных водоупоров и т. д.).

Различные категории воды в почве имеют неодинаковые точки замерзания. Так, свободная вода в незасоленной почве замерзает при отрицательных температурах, близких к 0 °С; капиллярная вода – при десятках градусов, а прочносвязанная (МГ) не замерзает и при –78 °С. В целом можно сказать, что лед – это особая разновидность свободной воды.

Все характеристики рассмотренных форм воды были сведены В. А. Ковдой в таблицу и дают наглядное представление о спектре складывающегося водного режима почв (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика форм воды в почве

Форма воды	Связь с почвой (или состояние воды в почве)	Подвижность	Доступность растениям при малой минерализации	Передвижение солей
Химически связанная	Химическая	Неподвижна	Недоступна	Нет
Парообразная	В почвенном воздухе	Подвижна	»	»
Гигроскопическая	Адсорбционная молекулярная	Фиксирована	»	»
Пленочная	Молекулярная	Очень мало подвижна	Малодоступна (увядание)	Медленное в направлении испарения
Капиллярная	Менисковая	Подвижна	Доступна	В направлении испарения и меньшей влажности

Форма воды	Связь с почвой (или состояние воды в почве)	Подвижность	Доступность растениям при малой минерализации	Передвижение солей
Гравитационная	Свободная	Подвижна (нисходящим током)	Доступна	Преимущественно в нисходящем направлении
Грунтовая	»	Подвижна	»	Преимущественно в боковом направлении
Лед	»	Неподвижна	Недоступна	Нет
Поверхностная	»	Подвижна	Доступна	По уклону местности

Почвенно-гидрологические константы

Рассмотренные ранее категории (формы) почвенной воды довольно условны, тем не менее можно выделить интервалы влажности, в пределах которых какая-то часть влаги обладает одинаковыми свойствами и степенью ее доступности для растений.

Границы значений влажности, характеризующие пределы появления различных категорий и форм почвенной влаги, называются *почвенно-гидрологическими константами*.

Выделяют пять основных почвенно-гидрологических констант, которые широко применяются в агрономической и мелиоративной практике (рис. 1):

- 1) максимальная гигроскопичность (МГ);
- 2) влажность завядания (ВЗ);
- 3) влажность разрыва капилляров (ВРК);
- 4) наименьшая влагоемкость (НВ);
- 5) полная влагоемкость (ПВ).



Рис. 1. Схема граничных значений почвенно-гидрологических констант на шкале влажности, % от полной влагоемкости

Максимальная гигроскопическая влажность. По ее величине определяют влажность завядания растений – нижний предел физиологически доступной для растений воды. Для расчета влажности завядания используют коэффициенты в пределах от 1,2 до 1,5.

Величина коэффициента зависит от вида растений и условий их выращивания. Для некоторой стандартизации в расчетах используют коэффициент 1,5. Его величина определяется химическим, минералогическим, но в основном гранулометрическим составом почв.

Определение величины максимальной гигроскопической влажности проводят по методу А. В. Николаева. Метод основан на длительном (20 – 30 дней) поглощении почвенными частицами молекул воды в условиях атмосферы, насыщенной водяными парами в замкнутом пространстве эксикатора с насыщенным раствором K_2SO_4 .

Влажность завядания (ВЗ) – влажность, при которой растения начинают обнаруживать признаки завядания, не исчезающие при перемещении в атмосферу, насыщенную водяными парами. Это нижний предел доступной для растений влаги (табл. 4).

Величину влажности завядания используют в расчетах для вычисления активной влаги. Кроме расчетного метода в лабораторных условиях ее величину определяют методом проростков или обезвоживанием почвы.

Таблица 4

Величина максимальной гигроскопичности в почвах различных типов в зависимости от их гранулометрического состава

Тип почв	Максимальная гигроскопичность, %	Гранулометрический состав почв	Максимальная гигроскопичность, %
Подзолистые	3 – 7	Глины тяжелые	20 – 30
Черноземы	7 – 15	Глины	12 – 18
Каштановые	8 – 12	Суглинки	4 – 7
Солонцы	10 – 15	Супеси	2 – 3
Сероземы	4 – 7	Пески тонкие	0,5 – 1,5
Торфяники	30 – 40	Пески грубые	0,05 – 0,1

Влажность завядания определяется свойствами почв и видом растительности. В песчаных почвах она колеблется в пределах 1 – 3 %, в супесчаных – 4 – 6 %, суглинистых – 10 – 12 %, глинистых – 20 – 30 %. В торфах влажность завядания достигает 60 – 80 %.

Влажность разрыва капилляров (ВРК) – это нижний предел оптимальной для растений влажности, ниже которого нарушаются сплошность движения воды по капиллярам и непрерывное ее поступление к корневым системам. При этом рост растений замедляется и их продуктивность снижается. По экспериментальным данным эта величина составляет в среднем 50 – 60 % от наименьшей влагоемкости почв, но может повышаться до 75 – 85 % от наименьшей влагоемкости (НВ).

Помимо свойств почв величина ВРК в значительной мере зависит от вида растений и от фазы их развития. В этом случае величина ВРК даже для одного вида, но в разные фазы роста может значительно колебаться (например, у озимой пшеницы величина ВРК от фазы кущения к фазе колошения возрастает от 70 до 80 % от НВ). Величину ВРК используют при расчете поливной нормы (m), где оптимальной считается влага, находящаяся в границах от ВРК (нижний предел оптимума) до НВ (верхняя граница оптимума влаги).

Наименьшая влагоемкость (НВ) – это наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое почва способна удержать после ее обильного увлажнения и свободного стекания избытка влаги. Величина НВ широко используется в агрономической и мелиоративной практике при расчете поливных и промывных норм, продуктивной влаги и ее дефиците в почве и т. д.

Под дефицитом влаги понимают разность между запасами при НВ и количеством влаги в изучаемом слое почвы в момент исследования (табл. 5).

Таблица 5

Величина предельной полевой влагоемкости (ППВ) почв различного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почв	Предельная полевая влагоемкость, % от скважности		ППВ, % к объему почвы
	Несолонцеватые почвы	Солонцеватые почвы	
Глинистые	85 – 90	90 – 93	50 – 60
Тяжелосуглинистые	70 – 80	85 – 90	45 – 50
Среднесуглинистые	60 – 70	75 – 85	45 – 50
Легкосуглинистые	50 – 60	65 – 75	40 – 45
Супесчаные	40 – 50	60 – 65	40 – 45
Глинистые пески	30 – 40	50 – 60	35 – 40
Пески	25 – 30	–	30 – 35

Для получения наивысшей продуктивности сельскохозяйственных культур необходима влажность почвы в пределах от 70 до 100 % от наименьшей влагоемкости, ее снижение приводит к уменьшению урожайности и снижению качества продукции. Основным способом, препятствующим этому, является орошение. Знание величины НВ, правильное ее применение – главные условия рационального регулирования водного режима почв, в том числе и при орошении.

Полная влагоемкость (ПВ) – это наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при заполнении всех пор водой. Это сумма прочносвязанной, рыхлосвязанной и свободной воды в почве. Такое состояние влаги характерно для болотных почв, для горизонтов залегания грунтовых вод, при избыточном поливе и т. д. Полная влагоемкость в зависимости от пористости может колебаться от 30 до 80 % веса (объема) почвы, в среднем составляет 40 – 50 %.

Порядок расчета запасов влаги в корнеобитаемых слоях почвы для любых сельскохозяйственных культур

Фактор влажности является определяющим и при разработке рациональной агротехники, особенно в орошаемом земледелии. Поэтому определение влажности почвы имеет большое практическое значение, поскольку дает быструю и надежную информацию для установления момента наступления спелости почвы для обработки, расчета влаги, доступной для растений, для определения сроков и норм полива в орошаемом земледелии и т. д.

Под влажностью почвы понимают процентное содержание ее в любой данный момент времени, отнесенное к весу сухого образца или к единице объема. Расчет влажности почвы ведут по формуле

$$W = \frac{a \cdot 100}{p},$$

где W – процентное содержание влаги; a – количество воды в образце, г; p – вес сухой почвы, г.

Весовой процент влаги зависит от плотности сложения почвы, поэтому необходимо вычислять влажность в процентах к объему почвы

$$Wdv \% = W \cdot d_v,$$

где Wdv – влажность, % от объема почвы; W – влажность, % от веса почвы; d_v – плотность почвы, г/см³.

В мелиорации почв расчеты запасов влаги в почве измеряют в миллиметрах водного столба

$$W_{\text{мм вод.ст.}} = \frac{W h d_v \cdot 10}{100},$$

где $W_{\text{мм}}$ – запас воды в почве определенного слоя, мм вод. ст.; W – влажность, % в слое почвы определенной мощности; h – мощность слоя почвы, см; d_v – плотность почвы, г/см³; 10 – множитель для перевода в миллиметры; 100 – множитель для перевода процентов в миллиметры.

В мелиорации почв чаще пользуются величиной, выраженной в кубометрах на гектар (м³/га) или тоннах на гектар (т/га). Для этого величину W мм вод. ст. умножают на коэффициент 10, поскольку слой воды в 1 мм на площади в 1 га (10000 м²) составляет 10 м³, или 10 т (1 мм = 0,001 м · 10000 м² = 10 м³).

$$W_{\text{м}^3} = W_{\text{мм вод. ст.}} \cdot 10.$$

Расчет запасов почвенной влаги проводят отдельно по каждому генетическому горизонту, затем суммируют влажности каждого горизонта для получения общей величины запасов воды, например, в корнеобитаемом слое почвы глубиной до 2 м.

$$W_{\text{общ мм}} = W_{1 \text{ мм}} + \dots + W_{2 \text{ мм}} + W_{n \text{ мм}}.$$

Для вычисления запасов продуктивной влаги необходимо иметь данные:

- по максимальной гигроскопической влажности (по МГ рассчитывается влажность завядания растений);
- наименьшей (общей) влагоемкости;
- естественной полевой влажности (ЕПВ) в момент определения;
- плотности почвы;
- мощности генетических горизонтов (или слоев) почвы.

Приведем пример расчета продуктивной влаги и ее дефицита в естественных условиях в обыкновенном тяжелосуглинистом черноземе со следующими характеристиками по отдельным слоям до глубины 50 см:

0 – 10 см – НВ₁ = 30,5 %; ЕПВ₁ = 26,1 %; МГ₁ = 7,8 %; d_{v1} = 1,19 г/см³;
 10 – 20 см – НВ₂ = 29,3 %; ЕПВ₂ = 24,3 %; МГ₂ = 8,4 %; d_{v2} = 1,23 г/см³;
 20 – 30 см – НВ₃ = 26,9 %; ЕПВ₃ = 19,6 %; МГ₃ = 9,0 %; d_{v3} = 1,24 г/см³;
 30 – 40 см – НВ₄ = 24,1 %; ЕПВ₄ = 19,3 %; МГ₄ = 9,2 %; d_{v4} = 1,34 г/см³;
 40 – 50 см – НВ₅ = 20,6 %; ЕПВ₅ = 18,9 %; МГ₅ = 8,7 %; d_{v5} = 1,36 г/см³.

Исходя из этих данных прежде всего необходимо рассчитать влажность завядания каждого слоя, %

$$B3_1 = MГ_1 \cdot 1,5.$$

$$B3_1 = MГ_1 \cdot 1,5 = 7,8 \cdot 1,5 = 11,7;$$

$$B3_2 = 8,4 \cdot 1,5 = 11,6;$$

$$B3_3 = 9,0 \cdot 1,5 = 13,5;$$

$$B3_4 = 9,2 \cdot 1,5 = 13,8;$$

$$B3_5 = 8,7 \cdot 1,5 = 13,1.$$

Затем рассчитать диапазон продуктивной влаги, %,

$$W_{\text{ДПВ}} = \text{НВ} - \text{ВЗ}.$$

$$W_{\text{ДПВ } 1} = 30,5 - 11,7 = 18,8;$$

$$W_{\text{ДПВ } 2} = 29,3 - 12,6 = 16,7;$$

$$W_{\text{ДПВ } 3} = 26,9 - 13,5 = 13,4;$$

$$W_{\text{ДПВ } 4} = 24,1 - 13,8 = 10,3;$$

$$W_{\text{ДПВ } 5} = 20,6 - 13,1 = 7,5.$$

Провести пересчет величины $W_{\text{ДПВ}}$ из процентов в миллиметры водного столба

$$W_{\text{мм вод. ст.}} = \frac{W_{\text{ДПВ}} \cdot 10}{100}.$$

$$W_{\text{мм1}} = \frac{18,8 \cdot 10 \cdot 1,19 \cdot 10}{100} = 22,37 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм2}} = \frac{16,7 \cdot 10 \cdot 1,23 \cdot 10}{100} = 20,54 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм3}} = \frac{13,4 \cdot 10 \cdot 1,24 \cdot 10}{100} = 16,62 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм4}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 1,34 \cdot 10}{100} = 13,8 \text{ мм};$$

$$W_{\text{мм5}} = \frac{7,5 \cdot 10 \cdot 1,36 \cdot 10}{100} = 10,2 \text{ мм}.$$

Суммируем по слоям запасы влаги в миллиметрах и получаем запас влаги в слое 0 – 50 см ($W_{\text{общ}} = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$). Это будет полный запас продуктивной влаги при насыщении почвы до наименьшей влагоемкости.

При расчете запасов продуктивной влаги в настоящее время используют оценочные количественные показатели согласно А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной. Для слоя 0 – 20 см: более 40 мм вод. ст. – запасы хорошие, 40 – 20 мм вод. ст. – удовлетворительные, менее 20 мм вод. ст. – неудовлетворительные. Для слоя 0 – 100 см: более 160 мм вод. ст. – запасы очень хорошие, 160 – 130 мм вод. ст. – запасы хорошие (это 70 – 80 % НВ), 130 – 90 мм вод. ст. – удовлетворительные, 90 – 60 мм

вод. ст. – плохие (соответствуют 40 – 50 % НВ), менее 60 мм вод. ст. – запасы очень плохие.

Порядок выполнения работы

1. Найти по глубинам влажность завядания, %,
$$ВЗ = МГ \cdot 1,5.$$
2. Определить диапазон активной (продуктивной) влаги $W_{дпв}$, %,
$$W_{дпв} = НВ - ВЗ$$
3. Рассчитать запас активной (продуктивной) влаги W , мм вод. ст.,
$$W_{мм\ вод.ст.} = \frac{W_{дпв} h d_v \cdot 10}{100}.$$
4. Вычислить запас активной (продуктивной) влаги W , м³/га,
$$W_{м^3/га} = W_{мм} \cdot 10.$$
5. Рассчитать суммарный запас активной (продуктивной) влаги в слое ... см, м³/га,
$$W_{общ. нв} \text{ м}^3/га = W_1 + W_2 + W_3 + \dots W_n.$$
6. Определить дефицит влаги (НВ – ЕПВ), м /га, для этого:
 - 6.1. Найти запас активной (продуктивной) влаги при ЕПВ по слоям
$$W_{общ. мм} = \frac{(ЕПВ - ВЗ) h d_v \cdot 10}{100}.$$
 - 6.2 Перевести запасы влаги по слоям из миллиметров в кубический метр на гектар.
 - 6.3. Рассчитать суммарный запас влаги (ЕПВ) в слое, см.
$$W_{общ. епв} = W_{ЕПВ1} + W_{ЕПВ2} + W_{ЕПВ3} + \dots W_{ЕПВn}.$$
 - 6.4. Вычислить недостаток (дефицит) влаги, м³/га.
 - 6.5. $W_{деф.} \text{ м}^3/га = W_{общ. нв} - W_{общ. епв}.$

Пример расчета

0 – 11 см (11) – НВ₁ = 25,4 %; ЕПВ₁ = 23,8 %; МГ₁ = 9,6 %; $d_{v1} = 1,21 \text{ г/см}^3$;
11 – 24 см (13) – НВ₂ = 30,1 %; ЕПВ₂ = 22,9 %; МГ₂ = 11,5 %; $d_{v2} = 1,29 \text{ г/см}^3$;
24 – 46 см (22) – НВ₃ = 26,1 %; ЕПВ₃ = 20,3 %; МГ₃ = 10,0 %; $d_{v3} = 1,47 \text{ г/см}^3$;
46 – 74 см (28) – НВ₄ = 24,4 %; ЕПВ₄ = 18,9 %; МГ₄ = 8,6 %; $d_{v4} = 1,50 \text{ г/см}^3$;
74 – 92 см (18) – НВ₅ = 23,0 %; ЕПВ₅ = 16,1 %; МГ₅ = 9,0 %; $d_{v5} = 1,63 \text{ г/см}^3$.

Исходя из этих данных прежде всего необходимо рассчитать влажность завядания каждого слоя, %,

$$ВЗ_1 = МГ_1 \cdot 1,5 = 9,6 \cdot 1,5 = 14,4;$$

$$ВЗ_2 = МГ_2 \cdot 1,5 = 11,5 \cdot 1,5 = 17,25;$$

$$B_{33} = MГ_3 \cdot 1,5 = 10,0 \cdot 1,5 = 15;$$

$$B_{34} = MГ_4 \cdot 1,5 = 8,6 \cdot 1,5 = 12,9;$$

$$B_{35} = MГ_5 \cdot 1,5 = 9,0 \cdot 1,5 = 13,5.$$

Затем рассчитывают диапазон продуктивной влаги по формуле, %, $W_{дпв} = НВ - ВЗ$.

$$W_{дпв1} = 25,4 - 14,4 = 11,0;$$

$$W_{дпв2} = 30,1 - 17,25 = 12,85;$$

$$W_{дпв3} = 26,1 - 15 = 11,1;$$

$$W_{дпв4} = 24,4 - 12,9 = 11,5;$$

$$W_{дпв5} = 23 - 13,5 = 9,5.$$

Далее проводят пересчет величины $W_{дпв}$ из процентов в миллиметры водного столба по формуле $W_{мм \text{ вод.ст.}} = \frac{W_{дпв} \cdot 10}{100}$.

$$W_{мм1} = \frac{11 \cdot 11 \cdot 1,21 \cdot 10}{100} = 14,64 \text{ мм};$$

$$W_{мм2} = \frac{12,85 \cdot 13 \cdot 1,29 \cdot 10}{100} = 21,55 \text{ мм};$$

$$W_{мм3} = \frac{11,1 \cdot 22 \cdot 1,47 \cdot 10}{100} = 35,9 \text{ мм};$$

$$W_{мм4} = \frac{11,5 \cdot 28 \cdot 1,50 \cdot 10}{100} = 48,3 \text{ мм};$$

$$W_{мм5} = \frac{9,5 \cdot 18 \cdot 1,63 \cdot 10}{100} = 37,87 \text{ мм}.$$

В нашем примере эта величина будет $22,37 + 20,54 + 16,62 + 13,8 + 10,2 = 83,53$ мм вод. ст.

Однако содержание продуктивной влаги может колебаться в определенный момент времени в значительных интервалах, следовательно, в расчетах будем применять понятие «естественная полевая влажность» $W_{епв}$.

На первом этапе необходимо рассчитать диапазон продуктивной влаги, который сложился в естественных условиях (без полива), а затем пересчитать его в запасе. Согласно многим литературным данным допускается расчет при объединении двух смежных операций в одной формуле и расчете запаса влаги при $W_{епв}$, мм,

$$W_{епв1} = \frac{(26,1 - 11,7) \cdot 1,19 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 17,14;$$

$$W_{епв2} = \frac{(24,3 - 12,6) \cdot 1,23 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 14,4;$$

$$W_{\text{ЕПВ}3} = \frac{(19,6-13,5)1,24 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,6;$$

$$W_{\text{ЕПВ}4} = \frac{(19,3-13,8)1,34 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,4;$$

$$W_{\text{ЕПВ}5} = \frac{(18,9-13,1)1,36 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 7,9.$$

Следовательно, величина общего запаса продуктивной влаги составит $17,4 + 14,4 + 7,6 + 7,4 + 7,9 = 54,44$ мм.

Таким образом, делаем вывод, что уровень разницы между запасом продуктивной влаги при НВ, равной 83,53 мм, при конкретном содержании влаги, равном ЕПВ = 54,44 мм, составляет 29,09 мм, или 291 м³/га. Следовательно, для достижения оптимального уровня влажности необходимо внести 291 м³/га воды до достижения оптимума для развития растений.

Определить диапазон активной (продуктивной) влаги $W_{\text{ДПВ}}$, %,

$$W_{\text{ДПВ}} = \text{НВ} - \text{ВЗ}.$$

$$W_{\text{ДПВ}1} = 25,4 - 14,4 = 11,0;$$

$$W_{\text{ДПВ}2} = 30,1 - 17,25 = 12,85;$$

$$W_{\text{ДПВ}3} = 26,1 - 15 = 11,1;$$

$$W_{\text{ДПВ}4} = 24,4 - 12,9 = 11,5;$$

$$W_{\text{ДПВ}5} = 23 - 13,5 = 9,5.$$

Рассчитать запас активной (продуктивной) влаги W , мм вод. ст.

$$W_{\text{мм вод.ст.}} = \frac{W_{\text{ДПВ}} h d \nu \cdot 10}{100}.$$

$$W_{\text{ММ}1} = \frac{11 \cdot 11 \cdot 1,21 \cdot 10}{100} = 14,64 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}2} = \frac{12,85 \cdot 13 \cdot 1,29 \cdot 10}{100} = 21,55 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}3} = \frac{11,1 \cdot 22 \cdot 1,47 \cdot 10}{100} = 35,9 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}4} = \frac{11,5 \cdot 28 \cdot 1,50 \cdot 10}{100} = 48,3 \text{ мм};$$

$$W_{\text{ММ}5} = \frac{9,5 \cdot 18 \cdot 1,63 \cdot 10}{100} = 37,87 \text{ мм}.$$

Вычислить запас активной (продуктивной) влаги W , мм,

$$W_{\text{общ. НВ мм}} = 14,64 + 21,55 + 35,9 + 48,3 + 37,87 = 148,26.$$

Вычислить запас активной (продуктивной) влаги W , м³/га,

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = W_{\text{ММ}} \cdot 10.$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 14,64 \cdot 10 = 146,4;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 21,55 \cdot 10 = 215,5;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 35,9 \cdot 10 = 359,0;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 48,3 \cdot 10 = 483;$$

$$W_{\text{м}^3/\text{га}} = 37,87 \cdot 10 = 378,7.$$

Рассчитать суммарный запас активной (продуктивной) влаги в слое ... см, м³/га,

$$W_{\text{общ. НВ м}^3/\text{га}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots W_n.$$

$$W_{\text{общ. НВ м}^3/\text{га}} = 146,4 + 215,5 + 359 + 483 + 378,7 = 1482,6 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Определить дефицит влаги (НВ – ЕПВ), м /га, для этого найти запас активной (продуктивной) влаги при ЕПВ по слоям

$$W_{\text{общ. мм}} = \frac{(\text{ЕПВ} - \text{ВЗ}) h dv \cdot 10}{100}.$$

Перевести запасы влаги по слоям из мм в м³/га. Рассчитать суммарный запас влаги в слое ... см

$$W_{\text{общ. ЕПВ}} = W_{\text{ЕПВ1}} + W_{\text{ЕПВ2}} + W_{\text{ЕПВ3}} + \dots W_{\text{ЕПВn}}.$$

Вычислить недостаток (дефицит) влаги, м³/га,

$$W_{\text{деф. м}^3/\text{га}} = W_{\text{общ. НВ}} - W_{\text{общ. ЕПВ}}.$$

В соответствии с приведенным порядком выполнения работы выбрать номер варианта по табл. 6 и 7 индивидуальных заданий и провести самостоятельный расчет.

Таблица 6

Индивидуальные задания для расчетов запасов влаги
в корнеобитаемых слоях почвы

Номер варианта	Глубина отбора, см					Плотность почвы, г/см ³					Максимальная гигроскопичность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	15	27	44	69	84	1,19	1,25	1,44	1,41	1,65	10,4	9,8	4,5	5,7	6,1
2	12	21	51	75	98	1,24	1,31	1,47	1,54	1,59	5,7	6,3	12,9	8,4	9,4
3	10	24	54	82	98	1,22	1,28	1,46	1,48	1,62	8,1	8,1	8,7	7,1	7,8
4	12	24	51	77	95	1,20	1,27	1,45	1,44	1,64	9,2	8,9	6,6	6,4	6,9
5	9	35	44	68	92	1,12	1,3	1,5	1,6	1,7	6,9	7,0	7,1	6,3	7,0
6	4	13	20	32	47	1,19	1,29	1,47	1,50	1,64	8,3	8,3	8,2	7,0	7,7
7	15	26	45	70	86	1,16	1,30	1,49	1,52	1,68	10,8	10,7	10,7	9,5	10,2
8	5	17	37	73	89	1,22	1,30	1,47	1,52	1,61	8,6	8,6	8,3	7,2	7,9
9	14	24	48	72	91	1,19	1,29	1,47	1,50	1,65	12,4	12,4	12,1	11,0	10,7
10	11	23	53	78	98	1,21	1,28	1,46	1,48	1,62	8,9	8,9	8,8	7,6	8,2
11	9	23	44	67	86	1,15	1,31	1,51	1,56	1,67	10,6	10,3	7,6	7,6	8,1

Окончание табл. 6

Номер варианта	Глубина отбора, см					Плотность почвы, г/см ³					Максимальная гигроскопичность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
12	8	27	57	88	97	1,20	1,29	1,46	1,49	1,63	10,4	10,3	10,1	9,0	9,2
13	13	23	48	73	93	1,15	1,30	1,50	1,54	1,67	9,3	9,3	9,5	8,2	8,7
14	7	24	36	59	89	1,21	1,29	1,47	1,50	1,62	13,2	13,1	12,5	11,6	10,9
15	14	26	46	71	88	1,17	1,30	1,49	1,52	1,66	10,5	10,4	9,7	8,8	9,0
16	10	31	49	73	95	1,21	1,29	1,46	1,49	1,62	5,4	18,9	11,9	8,1	9,7
17	11	24	47	72	92	1,16	1,30	1,50	1,54	1,67	9,7	14,1	11,4	9,5	9,9
18	14	25	47	72	90	1,21	1,29	1,46	1,49	1,63	8,1	8,1	7,7	6,7	7,4
19	12	22	37	89	98	1,16	1,30	1,50	1,54	1,67	7,7	13,7	10,3	8,1	9,0
20	11	24	46	74	92	1,21	1,29	1,47	1,50	1,63	9,6	11,5	10,0	8,6	9,0

Таблица 7

Некоторые биологические показатели и мощность активного слоя
ПОЧВЫ

Номер варианта	Наименьшая влагоемкость, %					Естественная полевая влажность, %				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	28,4	29,7	26,0	22,4	21,7	29,1	24,3	19,7	18,9	17,2
2	22,4	33,1	28,4	25,1	19,7	27,9	22,1	18,7	15,4	14,3
3	27,7	31,2	27,2	23,8	20,7	24,2	23,2	19,2	17,2	15,8
4	21,5	27,9	21,2	18,8	16,8	22,1	25,4	24,8	23,2	17,8
5	25,0	30,5	25,7	22,5	19,7	25,4	23,8	20,6	18,7	16,3
6	21,5	29,4	28,1	29,4	26,4	21,6	20,1	17,7	16,2	14,4
7	23,9	29,7	25,5	23,6	20,9	27,0	23,2	19,2	17,2	15,8
8	24,3	30,2	26,0	23,7	20,8	23,0	23,1	21,0	19,4	16,1
9	23,3	29,8	26,5	25,6	21,8	25,3	22,2	18,7	17,6	15,8
10	32	29,1	24,8	24,9	30,6	27,4	22,7	19,0	16,3	15,0
11	25,9	29,7	25,7	24,4	27,3	23,6	23,1	20,1	18,3	15,9
12	26,7	31,2	27,7	26,8	27,1	23,7	23,8	21,7	20,4	16,8
13	25,2	30,1	26,1	24,2	22,8	26,4	23,2	19,8	17,5	15,6
14	25,2	29,7	26,1	25,3	24,6	22,6	21,6	18,9	17,2	15,2
15	25,2	29,9	26,1	24,8	23,7	25,4	23,5	20,5	18,8	16,3
16	27,7	30,3	26,5	24,6	22,1	24,7	23,1	20,4	18,4	15,9
17	25,9	29,7	25,7	24,4	23,5	24,0	21,9	18,8	17,4	15,5
18	25,2	29,8	25,8	24,5	23,4	26,4	23,1	19,7	17,5	15,6
19	26,3	29,9	26,0	24,5	23,0	24,2	23,1	20,3	18,3	15,9
20	25,4	30,1	26,1	24,4	23,0	23,8	22,9	20,3	18,9	16,1

Контрольные вопросы

1. В каких состояниях находится вода в почве?
2. Что такое почвенно-гидрологические константы (ПГК)?
3. Что называется влажностью завядания растений? Методы ее определения и расчета.
4. Что называется влажностью разрыва капилляров? Практическое значение этой величины в мелиоративном земледелии.
5. Что понимают под дефицитом влаги в почве и как ее рассчитывают?

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ ДЛЯ ПРОМАЧИВАНИЯ ПОЧВЫ НА ЗАДАННУЮ ГЛУБИНУ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь в том случае, если все факторы их жизни находятся в оптимальном состоянии, следовательно, продуктивность сельскохозяйственных культур определяется фактором, находящимся в минимуме.

Поддержание режима влажности почвы на заданном уровне регулируется поливами, которые подразделяют на вегетационные, влагозарядковые (запасные), вневегетационные (предпосевные, предпосадочные), специальные (подкормочные, промывные, дезинфекционные, освежительные). Основным видом является вегетационный полив, способствующий обеспечению потребности сельскохозяйственных растений в воде в период их вегетации.

Полив осуществляется с учетом поливной нормы, под которой понимают количество воды, необходимое для одного полива при условиях отсутствия нарушений в жизнедеятельности растений и недопущения промачивания почвы сверх заданной глубины.

Недопущение промачивания почвы сверх заданной глубины достигается путем расчетов восполнения запасов воды от заданного ниж-

него предела влажности до ее верхнего оптимума и мощности активной толщии почвы, где сосредоточена основная часть адсорбирующей и активно поглощающейся корневой системы.

Поливную норму рассчитывают в соответствии с фазой развития сельскохозяйственных культур по формуле

$$m = 100 h dv (НВ - ВРК),$$

где m – поливная норма, м³/га; h – активный слой почвы, соответствующий фазе развития орошаемой культуры, м; dv – усредненная плотность активного слоя почвы, т/м³; НВ – наименьшая (общая) влагоемкость, %; ВРК – влажность разрыва капилляров, %, 100 – коэффициент для перевода процентов в кубические метры на гектар.

Сумма поливных норм составляет оросительную норму, под которой понимают количество воды, необходимое для поддержания влажности в активном слое почвы на заданном уровне в течение всего орошаемого периода.

Величина поливной нормы в значительной степени зависит от свойств почв, способа и техники полива, биологических особенностей культуры (табл. 8).

Сроки поливов назначают в определенные критические фазы развития растений, когда их чувствительность к недостатку влаги высокая. Озимые и яровые зерновые – период выхода в трубку и колошение.

Зернобобовые и гречиха – период цветения.

Подсолнечник – период образования корзинки и цветения.

Кукуруза – период цветения и молочной спелости.

Хлопчатник – период цветения и заложения коробочек.

Картофель – период цветения и клубнеобразования.

Для большинства полевых культур поливные нормы в начале вегетационного периода должны быть меньше, чем в середине или конце вегетации, что связано с увеличением глубины проникновения корней в конце вегетации, т. е. мощность активной толщии почвы тесным образом связана с фазами развития растений.

Для удобства изучения все зерновые культуры подразделяются на четыре группы:

1. Колосовые хлеба и овес (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес).
2. Просовидные (просо, кукуруза, сорго, рис).

3. Зернобобовые (горох, кормовые бобы, соя, чечевица, люпин кормовой, чина, нут).

4. Гречиха, амарант.

У зерновых злаковых растений отмечаются следующие фенологические фазы развития: 1. Прорастание. 2. Всходы. 3. Кущение. 4. Выход в трубку. 5. Начало образования колоса. 6. Колошение (выметывание). 7. Цветение. 8. Молочная спелость. 9. Восковая спелость. 10. Полная спелость.

Таблица 8

Биологические показатели и мощность активного слоя почвы по фазам развития растений

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Озимые (пшеница, рожь, ячмень)	240 – 320	Прорастание при $t = 12 - 14 \text{ }^\circ\text{C}$ 7 – 9 дн.				450 – 500 (2 – 4)
		Посев – всходы	12	0,3	70 – 75	
		Кущение	20	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Трубкавание	20	0,6 – 0,8	70 – 75	
		Колошение	20	0,8 – 1,0	80	
		Цветение	10	0,8 – 1,0	70 – 75	
Яровые (пшеница, ячмень, овес)	75 – 115	Прорастание при $t = +2 \text{ }^\circ\text{C}$ через 8 – 15 дн.				600 – 650 (3 – 4)
		Кущение	20	0,4 – 0,5	70	
		Трубкавание	15 – 20	0,6 – 0,8	75 – 80	
		Колошение	15	0,8 – 1,0	75 – 80	
		Цветение	10 – 15	0,8 – 1,0	75 – 80	
		Налив зерна	10 – 15	0,8 – 1,0	70	
Просо (май)	80 сред. (55 – 115)	Прорастание при $t = 8 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$ через 7 – 10 дн.				300 – 400 (2 – 3)
		Кущение	15 – 20	0,3 – 0,5	70	
		Трубкавание	10 – 12	0,5 – 0,7	70	
		Выметывание	10 – 12	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Цветение	7 – 16	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Созревание	10 – 15	0,5 – 0,7	70	
Гречиха (1-я декада мая)	65 – 75	Прорастание при $t = 8 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$ через 10 – 12 дн.				300 – 400 (2 – 3)
		Всходы	10 – 12	0,2	70	
		Кущение	10 – 15	0,3 – 0,5	70	
		Стеблевание	20 – 25	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Цветение	10 – 15	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Созревание	10 – 15	0,5 – 0,7	70	

Продолжение табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Сорго (май)	90 – 145	Прорастание при $t = 12 - 15$ °С через 10 – 15 дн.				400 (2 – 5)
		Кущение	10 – 15	0,4 – 0,5	65 – 70	
		Выход в трубку	30 – 35	0,6 – 0,8	65 – 70	
		Выметывание	15 – 17	0,8 – 1,0	65 – 70	
		Цветение	5 – 6	0,8 – 1,0	60 – 70	
		Созревание	55 – 65 дн. от выметывания	0,8 – 1,0	60	
Кукуруза	90 – 140	Прорастание при $t = 10 - 12$ °С на 12 – 15 дн., при 15 °С на 8 – 12 дн.				600 (2 – 5)
		2 – 3 листа	20	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Выметывание	40 – 60 дн. от всходов	0,6 – 0,8	80	
		Цветение	15 – 20	0,8 – 1,0	70 – 75	
		Налив зерна	35 – 60 дн. от опыления	0,8 – 1,0	80	
Сахарная (кормовая) свекла	140 – 150. Полив прекращают за 20 – 30 дн. до уборки	Прорастание при $t = 2 - 6$ °С через 18 – 20 дн., при 10 – 12 °С через 12 – 14 дн.				500 (3 – 5)
		Всходы	18 – 20	0,2	60	
		Формирование корня и листьев	45	0,3 – 0,4	60 – 70	
		Усиленный рост листьев и корнеплода	60 – 70	0,4 – 0,6	70 – 80	
		Сахаронакопление	Последние 30 дн. вегетации	0,6 – 0,7	60 – 70	
Многолетние травы 1-го года (клевер, люцерна, эспарцет) апрель	90 – 100	Прорастание при $t = 1 - 2$ °С 14 – 16 дн.				600 (2 – 3)
		Всходы	2 – 3 14 – 16	0,2 – 0,3	70	
		Кущение	15 – 20	0,4 – 0,5	70 – 80	
		Стеблевание	10 – 15	0,5 – 0,6	70 – 80	
		Бутонизация	15 – 20	0,6 – 0,7	70 – 80	
		До цветения и после укоса	20 – 25	0,8 – 1,0	70 – 80	

Продолжение табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Подсолнечник (конец апреля)	120 – 140	Прорастание при $t = 4 - 6$ °С, но лучше при $8 - 10$ °С				600 – 800 (2 – 3)
		Посев – всходы	14 – 16	0,2	75	
		Листообразование (3 – 5 пар)	17 – 20	0,5 – 0,6	75 – 80	
		Образование корзинок	37 – 43 дн. от всходов	0,6 – 0,8	75 – 80	
		Цветение	64 – 73 дн. от всходов	0,8 – 1,0	80	
		Формирование, налив семян, созревание	44 – 50 дн. от цветения	0,8 – 1,0	75	
Картофель	50 – 60 – ранний, 60 – 80 – средне-ранний 120 – 125 – поздний	Прорастание при $t = 7 - 8$ °С, (опт. $t = 18 - 20$ °С)				500 – 600 (2 – 6) в зависимости от зоны
		Развитие стебля	18 – 22	0,3 – 0,4	70	
		Бутонизация	18 – 20	0,3 – 0,4	70 – 75	
		Цветение	15 – 20	0,3 – 0,4	75 – 80	
		Клубнеобразование	20 – 30 дн. после бутонизации	0,5 – 0,6	70 – 75	
Хлопчатник, 3-я декада марта – 2-я декада апреля в завис. от зоны	–	Прорастание при $t = 10 - 12$ °С				700 – 900 (2 – 12) в зависимости от типа почвы и уровня гр. вод
		Посев – всходы	5 – 6	0,1	65-70	
		Рост стебля	20	0,2 – 0,3	65 – 70	
		Бутонизация	33 – 46	0,4 – 0,5	65 – 70	
		Цветение	58 – 81	0,6 – 1,0	70 – 75	
		Созревание	108 – 140	0,5 – 0,6	60	
Лен-долгунец	85 – 95	Прорастание при $t = 5 - 8$ °С (опт. $t = 16 - 17$ °С)				700 – 900 (2 – 12) в зависимости от типа почвы и уровня гр. вод
Конопля средне-русская	80 – 120	Прорастание при $t = 1 - 2$ °С (опт. $t = 10$ °С)				от типа почвы и уровня гр. вод
		В первые 20 – 30 дн. растет медленно, в следующие 30 – 40 – очень быстро				

Окончание табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)	
Бахчевые (арбузы, дыни, тыква, огурцы)	90 – 100	Прорастание при $t = 12 - 13$ °С у тыквы, при $16 - 17$ °С – у арбуза и дыни, при $13 - 15$ °С – у огурца					600 – 800 (3 – 5) Полив прекращают за 15 дн. до 1-го сбора
		Посев – всходы	8 – 10 13 – 14	0,2	65 – 70		
		Листообразование (1 – 5-й лист)	5 – 23	0,3 – 0,4	70 – 75		
		Образование плетей	15 – 20	0,4 – 0,5	70 – 75		
		Бутонизация	10 – 15	0,4 – 0,5	70 – 75		
		Цветение	25 – 28*	0,5 – 0,6	75 – 85		
		Образование завязи	10 – 15	0,5 – 0,6	60 – 75		
		Созревание	10 – 15	0,6 – 0,8	65 – 70		
		Сбор плодов 1-й – последний	1 3 27	0,6 – 0,8	65		
Овощи (капуста, томаты, лук, баклажаны)	100 – 150	Укоренение	5 – 7	0,2	75 – 85	600 – 800 (3 – 5)	
		Разрастание листьев у капусты, бутонизация у томатов	25 – 30	0,3 – 0,4	75 – 85		
		Образование кочана. Завязи у томатов, баклажан	25 – 30	0,5 – 0,6	75 – 85		
		Развитие кочана, луковиц, плодов	25 – 30	0,5 – 0,6	75 – 85		
Сады и виноградники	130 – 150	Листообразование	7 – 10	0,8 – 1,5	75	В период вегетации 3 – 5 поливов	
		Цветение	7 – 10	0,8 – 1,5	75 – 80		
		Образование завязи	10 – 15	0,8 – 1,5	75 – 80		
		Созревание	90 – 100	0,8 – 1,5	75 – 80		

У зернобобовых отмечают следующие фенологические фазы: 1. Прорастание. 2. Всходы (с появлением семядолей над почвой: фасоль, соя, люпин или первого настоящего листа: горох, чина и др.). 3. Стеблевание и ветвление стебля. 4. Бутонизация. 5. Цветение. 6. Образование бобов. 7. Созревание. 8. Полная спелость.

Фенологические фазы картофеля: 1. Всходы (на 18 – 22-й день после посадки). 2. Развитие стебля – бутонизация (18 – 20 дней). 3. Цветение (через 20 – 30 дней после бутонизации). 4. Клубнеобразование.

Первая фаза развития корнеплодов – образование всходов, т. е. появление на дневную поверхность проростков и развертывание семядольных листьев. Далее отмечают образование первой пары через 8 – 10 дней и третьей пары настоящих листьев. В эти фазы развития проводят важный прием ухода за посевами – прорывку, т. е. удаление лишних растений.

В дальнейшем появление новых листьев приводит к разрастанию надземной части растений, в результате чего листья в смежных рядках прикрывают междурядья – это фаза смыкания листьев в междурядьях (к концу июля). К концу вегетации старые листья начинают отмирать, обнажая междурядья, – это фаза размыкания листьев в междурядьях. Корнеплоды дают продукцию в первый год жизни, поэтому в этот период такие фазы, как бутонизация, цветение и созревание плодов и семян не учитывают – это делают на 2-й год. У бахчевых через 5 – 7 дней после всходов появляется первый настоящий лист, затем через каждые 3 – 4 дня – 2, 3, 4 и 5-й.

После этого рост замедляется, междоузлия в этот период укороченные. Это фаза шатрика. Затем отмечают фазы: начало образования плетей, бутонизация, цветение женских и мужских цветков, образование завязей, начало созревания, первый и последний сборы плодов.

Получение высоких и устойчивых урожаев в условиях орошения зависит от того, насколько точно и обоснованно будут установлены сроки полива, нормы полива и их количество за вегетационный период, чтобы поддержать влажность активного слоя почвы на заданном уровне.

Распределение нормированных поливов сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода называется режимом оро-

шения. Сроки назначения очередного полива можно рассчитать косвенным путем, используя климатические и биологические показатели. Отсутствие длительное время атмосферных осадков, низкая относительная влажность воздуха могут свидетельствовать о необходимости очередного полива, особенно в том случае, если это подтверждают морфологические и физиологические признаки.

Чтобы правильно проектировать и применять поливные нормы, надо иметь данные:

- по суточному водопотреблению по фазам развития растений и общей потребности сельскохозяйственной культуры в воде;
- мощности активного слоя почвы в зависимости от фаз развития растений;
- запасам влаги в активном слое почвы в предполивной период;
- нижнему допустимому пределу содержания влаги в почве;
- прогнозируемому количеству и распределению осадков за вегетацию.

Исходя из имеющихся данных вычисляются максимально и минимально допустимые пределы содержания влаги в почве по расчетным срокам (пятидневкам или декадам) с учетом увеличения мощности активного слоя почвы.

Первоначальная глубина расчетного слоя почвы должна равняться мощности пахотного слоя: для зерновых – 0,20 – 0,25 м, для пропашных – 0,30 – 0,35 м, для многолетних трав, садов и виноградников – 0,8 м с дальнейшим соответствием биологическим особенностям культур и фазам их развития.

В начале вегетационного периода определяют реальные запасы влаги и откладывают их на графике. Если они находятся в пределах, ограниченных кривыми НВ и ВРК, то следующим этапом будет расчет времени первого полива, который наступит при пересечении этих фактических запасов с кривой нижнего предела влажности.

Пример расчета поливной нормы для промачивания почвы на заданную глубину при орошении сельскохозяйственных культур

Слой 0 – 20 см НВ = 29,9 %; ЕПВ = 25,2 %; $d_v = 1,21 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 30 см НВ = 28,9 %; ЕПВ = 23,3 %; $d_v = 1,22 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 40 см НВ = 27,7 %; ЕПВ = 22,3 %; $d_v = 1,25 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 50 см НВ = 26,3 %; ЕПВ = 21,6 %; $d_v = 1,27 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$.

Для каждого из слоев необходимо рассчитать нижний допустимый предел содержания влаги в почве. Рассчитаем ВРК для каждого из вышеприведенных слоев:

$$\text{ВРК}_{0-20} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 29,9 \% \cdot 70/100 = 20,9 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-30} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 28,9 \cdot 70/100 = 20,2 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-40} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 27,7 \cdot 70/100 = 19,4 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-50} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 26,3 \cdot 70/100 = 18,4 \%.$$

На основании имеющихся данных рассчитывают запасы влаги, соответствующие верхнему и нижнему пределам оптимальной влажности для отдельных декад вегетационного периода с определенной мощностью активного слоя. Полученные данные используем для построения графика, на оси ординат которого отложены запасы влаги в почве в метрах кубических на гектар с шагом 250 м^3 в интервале от 0 до 2500 м^3 , а на оси абсцисс – подекадные периоды вегетации. Полученные в системе координат точки соединяют между собой. При поливе конкретной культуры влажность не должна выходить за пределы кривых.

Далее необходимо рассчитать запасы влаги на начало вегетационного периода для слоя 0 – 20 см. Для 20-сантиметрового слоя естественная полевая влажность равняется 25,2 %, а ее запасы составляют $610 \text{ м}^3/\text{га}$.

$$W_{\text{ЕПТ}} = \frac{25,2 \cdot 1,21 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 610 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Очевидно, что эти запасы будут уменьшаться за счет транспирации и испарения и достигнут нижнего предела оптимума. Это может наступить, например, через 10 дней (к концу третьей декады мая), и тогда необходимо провести полив нормой $218 \text{ м}^3/\text{га}$. ($723,5 \text{ м}^3 - 505,8 \text{ м}^3$). Через декаду запасы влаги опять уменьшаются до нижнего предела, и вновь требуется полив, но уже нормой $318 \text{ м}^3/\text{га}$, поскольку мощность активного слоя увеличивается до 0,3 м, а полив совпадает с фазой кущения и т. д. Таким образом, на графике получается кривая изменения фактических запасов влаги, уменьшение которых восполняют поливной нормой, рассчитанной по графику как разность между верхним и нижним допустимым пределом влаги (табл. 9 и рис. 2).

Таблица 9

Расчетные запасы влаги для НВ и ВРК по фазам развития растений

Мощность пахотного слоя, м	НВ – верхний оптимальный предел, м ³	ВРК – нижний допустимый предел, м ³
0 – 20	$W_{M^3/Га} = 29,9 \cdot 1,21 \cdot 10 \cdot 10/100 = 72,35 \text{ мм} = 723,5$	$W_{M^3/Га} = 20,9 \cdot 1,21 \cdot 20 \cdot 10 \times 10/100 = 505,8$
0 – 30	$W_{M^3/Га} = 28,9 \cdot 1,22 \cdot 30 \cdot 10 \times 10/100 = 1057,7$	$W_{M^3/Га} = 20,2 \cdot 1,22 \cdot 30 \cdot 10 \times 10/100 = 739,3$
0 – 40	$W_{M^3/Га} = 27,7 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot 10 \times 10/100 = 1385$	$W_{M^3/Га} = 19,4 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot 10 \times 10/100 = 970$
0 – 50	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 50 \cdot 10 \times 10/100 = 1670$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 50 \cdot 10 \times 10/100 = 1168$
0 – 60	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 60 \cdot 10 \times 10/100 = 2004$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 60 \cdot 10 \times 10/100 = 1402,1$
0 – 70	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 70 \cdot 10 \times 10/100 = 2338$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 70 \cdot 10 \times 10/100 = 1635,8$

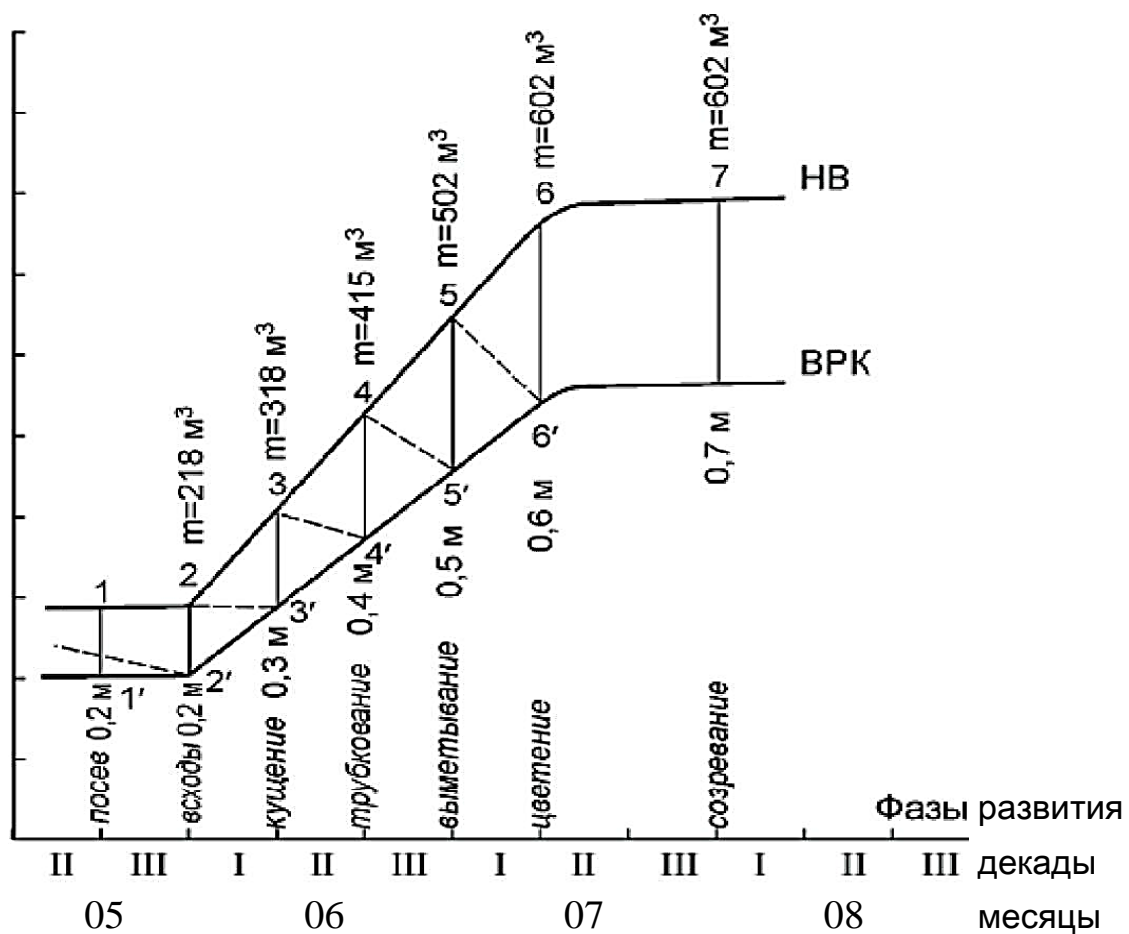


Рис. 2. График определения нормы и сроков полива проса

Задание. Рассчитать сроки и нормы полива сельскохозяйственной культуры графоаналитическим методом А. Н. Костякова.

1. Рассчитать нижний допустимый предел содержания влаги в процентах от НВ с учетом фазы развития сельскохозяйственной культуры (по данным табл. 9). $ВРК = НВ \cdot X / 100$.

2. Определить мощность активного слоя почвы с учетом фазы развития сельскохозяйственной культуры (по данным табл. 9).

3. Провести графическое построение и определение норм и сроков полива в следующей последовательности:

3.1. Построить оси координат. На оси ординат отложить запасы влаги в почве в метрах кубических на гектар, на оси абсцисс – декады месяцев вегетации и наметить основные фазы (особенно критические) развития растений.

3.2. Провести расчет запасов влаги при разных уровнях ее содержания (НВ и ВРК), начиная с первой фазы развития для пахотного слоя 0 – 20 (30) см.

3.3. Полученные в системе координат точки соединить между собой (отдельно для уровней НВ и ВРК).

3.4. По величине содержания естественной влажности в почве в начале вегетации рассчитать запасы естественной влажности для пахотного (расчетного) слоя почвы и найти эту точку в системе координат.

3.5. Построить кривую изменения фактических запасов влаги в активном слое почвы.

4. Рассчитать поливную норму (m , м /га) для любой фазы развития растений и сравнить ее с нормой, полученной графоаналитическим способом.

Контрольные вопросы

1. Что такое норма и срок полива?
2. Что такое оросительная норма?
3. От чего зависит величина поливной нормы?
4. В чем сущность термостатно-весового, тензиометрического, радиометрического, графоаналитического методов исследования?

Практическая работа № 4

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ. УСТАНОВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И ХИМИЗМА ЗАСОЛЕНИЯ. ОБСУЖДЕНИЕ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ

Под засоленными понимают почвы, содержащие в своем профиле легкорастворимые соли в количествах, токсичных для растений-негалофитов.

К засоленным почвам относят солончаки, солончаковые и солончаковатые почвы. При этом к солончакам относят почвы, содержащие в слое 0 – 30 см более 0,6 % соды, или более 1,0 % хлоридов, или более 2 % сульфатов, а к солончаковым – почвы с тем же количеством солей, но залегающих глубже. Если в любой части профиля содержатся соли в меньших количествах, то почвы относят к солончаковатым.

При классификации засоленных почв по степени и химизму засоления важное значение имеет установление порога токсичности для среднесолестойких культур, под которым понимают предельное количество солей в почве, выше которого начинается угнетение роста и развития растений.

Наибольшей токсичностью среди анионов обладает CO_3^- , порог токсичности у которого проявляется уже при 0,001 % (0,03 ммоль /100 г почвы), у аниона Cl^- он составляет 0,01 % (0,3 ммоль /100 г почвы), у HCO_3^- – 0,06 % (1,0 ммоль/100 г почвы) и у SO_4^- – 0,08 % (1,7 ммоль / 100 г почвы).

К засоленным почвам относят также солонцы, имеющие солевые горизонты, но располагающиеся в подсолонцеватом горизонте на определенной глубине. Кроме того, в эту группу засоленных почв относят еще такыры – своеобразные глинистые засоленные почвы пустынь.

В результате неправильного орошения либо игнорирования специфичности почвообразовательного процесса в засушливых условиях

с близким залеганием минерализованных грунтовых вод или засоленных подстилающих пород при составлении мелиоративных проектов возникают вторично засоленные почвы.

Легкорастворимые соли, постоянно присутствующие в засоленных почвах, снижают их плодородие. Соли повышают осмотическое давление почвенного раствора, что ослабляет поступление воды в растения. Возникает явление физиологической сухости. При пониженной влажности водоудерживающая сила сильнозасоленной почвы почти в 4 раза больше, чем слабозасоленной.

Нарушение водного питания растений сопровождается ухудшением минерального питания. При высокой концентрации раствора часть питательных соединений находится в недиссоциированном состоянии и недоступна растениям.

Поступающие в растения ионы хлора, натрия и магния разрушают крахмал листьев и уменьшают интенсивность фотосинтеза. Все это замедляет рост, снижает урожайность, ухудшает качество продукции.

Вредное влияние солей на величину и качество урожая начинает сказываться при количестве солей около 0,1 %, но иногда растения выдерживают и большую концентрацию (0,5 – 1,5 %) – все зависит от их биологических особенностей и качественного состава солей.

Все сельскохозяйственные, плодовые культуры, древесные породы характеризуются различной солеустойчивостью. При этом следует иметь в виду, что любая классификация по солеустойчивости условна и должна уточняться в каждом регионе (табл. 10).

В засоленных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от состава этих солей почвы могут обладать разной степенью засоленности. Это обусловлено неравноценной токсичностью для растений легкорастворимых солей. По степени растворимости в воде простые соли разделяются на легко-, средне- и малорастворимые.

Таблица 10

Группировка растений по солеустойчивости

Растения-галофиты	Наиболее солеустойчивые (хорошая солевыносливость)	Среднесолеустойчивые (средняя солевыносливость)	Наименее солеустойчивые (плохая солевыносливость)
Плодовые и древесные породы			
Тама-риксы, селитрянка, солянки (солерос, сарсазан и др.)	Гранат, финиковая пальма, саксаул, тополь черный, лох узколистный, вяз перисто-ветвистый, смородина золотистая, жимолость татарская	Маслина, гранат, виноград, инжир, шелковица, груша лесная, акация белая, гледичия, туя восточная, клен полевой, клен татарский, береза белая, береза повислая, береза пушистая	Груша, миндаль, абрикос, апельсин, лимон, персик, слива, орех грецкий, шиповник, яблоня, лиственница сибирская, тополь пирамидальный, бересклет бородавчатый
Полевые сельскохозяйственные и кормовые культуры			
—	Хлопчатник, пшеница мягкая (яровые и озимые формы), сахарная свекла, столовая свекла, сорго, рапс, тыква, пырей западный, волоснец канадский	Хлопчатник, сорго, тыква, пшеница яровая, ячмень, рожь, овес, просо, подсолнечник, рис, лен, томаты, морковь, лук, перец, люцерна, донник, житняк, суданская трава, райграс многолетний, лядвенец рогатый, ежа сборная, овсяница высокая, астрагал	Кукуруза, горох, огурцы, капуста, картофель, баклажан, вика, бобы, клевер (разные виды), лисохвост луговой

В. А. Ковда располагает легкорастворимые соли по степени их вредности в таком порядке:



Средне- и труднорастворимые соли (гипс, карбонаты кальция и магния) переходят в водную вытяжку только частично, что обусловлено составом и концентрацией образующегося (после растворения легкорастворимых солей) солевого раствора. Представление о содержании в почве водорастворимых солей дает анализ водной вытяжки, служащей основным методом исследования засоленных почв, позволяющим установить степень и характер их засоления.

В водной вытяжке обычно определяют сухой и прокаленный остаток, щелочность нормальных карбонатов (CO_3^{2-}) и бикарбонатов (HCO_3^-), хлор-ион (Cl^-), сульфат-ион (SO_4^{2-}), ионы кальция (Ca^{++}), магния (Mg^{++}), натрия (Na^+) и калия (K^+), т. е. почти весь состав легкорастворимых солей.

Результаты анализа водной вытяжки позволяют установить, во-первых, величину общего содержания легкорастворимых солей в почве, их качественный и количественный состав; во-вторых, выяснить, присутствуют ли среди солей токсичные соли и в какой концентрации; в-третьих, установить степень засоления и химизм (тип) засоления (табл. 11).

Таблица 11

Группировка почв по степени засоления

Степень засоления	Величина плотного (сухого) остатка, %
Незасоленные	< 0,3
Слабозасоленные	0,3 – 0,5
Среднезасоленные	0,5 – 1,0
Сильнозасоленные	1,0 – 1,0
Очень сильнозасоленные	> 1,0

Следует иметь в виду, что в плотный остаток могут входить не только водорастворимые соли, но и механические примеси. Водорастворимые соли могут быть токсичными или нетоксичными для растений.

Определив количественное содержание ионов в миллимолях на 100 г почвы и пересчитав их в проценты по величине какого-то одного преобладающего иона, на основании этих данных можно сделать определенные выводы о химизме и степени засоления, характере процесса засоления почв и его направленности.

Для практических мелиоративных целей важное значение имеет установление химизма (типа) засоления. Его определяют либо по преобладанию какого-то иона в водной вытяжке, либо по их определенному соотношению.

Качественная характеристика типа засоления в первую очередь дается по соотношению анионов ($\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}; \frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}; \frac{HCO_3^-}{Cl^-+SO_4^{2-}}$) и в виде дополнения – по соотношению катионов ($\frac{Na^++K^+}{Ca^{++}+Mg^{++}}; \frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{Na^++K^+}; \frac{Mg^{++}}{Ca^{++}}$).

В смешанных типах засоления преобладающий ион находится на последнем месте. Обычно в наименование типа засоления включают те анионы, количество которых больше 20 % от их общей суммы в миллимолях. Исключение составляет ион CO_3^{2-} , который включается в название, даже если его содержание менее 20 %, но более 0,03 ммоль/100 г почвы с добавлением к названию «с участием соды».

То же следует делать в отношении ионов HCO_3^- , если количество их в водной вытяжке превышает 1,4 ммоль/100 г почвы, а HCO_3^- больше $Ca^{++} + Mg^{++}$ (в миллимолях). Если повышенное содержание HCO_3^- обусловлено $Mg(HCO_3)_2$, тип засоления определяется как гидрокарбонатный.

При установлении типа засоления в различных горизонтах почв определяющее название для почвенного профиля дается по горизонту максимального соленакопления (табл. 12).

Таблица 12

Типы засоления почв, ммоль

Тип засоления	По анионам			Тип засоления	По катионам		
	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^-+SO_4^{2-}}$		$\frac{Na^++K^+}{Ca^{++}+Mg^{++}}$	$\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{Na^++K^+}$	$\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{Na^++K^+}$
Хлоридный	> 2	< 0,5	–	Натриевый	> 2	< 0,5	–
Сульфатно-хлоридный	2 – 1	0,5 – 1,0	–	Магниево-натриевый	1 – 2	0,5 – 1,0	> 1
Хлоридно-сульфатный	1 – 0,2	1,0 – 5,0	–	Кальциево-натриевый	1 – 2	0,5 – 1,0	> 1
Сульфатный	< 0,2	> 5,0	–	Кальциево-магниевый	< 1	> 1	> 1
Карбонатно-сульфатный	< 0,2	> 5,0	1	Магниево-кальциевый	< 1	> 11	< 1
Сульфатно-содовый	–	–	2	Магниевый	< 2	–	–

В зависимости от типа засоления группировка почв по степени засоления как по общему содержанию солей, определяемых по плотному остатку, так и по преобладающим ионам, будет иметь разные числовые придержки.

Чем токсичнее ион, тем меньше порог устойчивости для растений, и наоборот. Для растений наиболее вреден содовый тип засоления, за ним следует хлоридный и сульфатно-хлоридный. Относительно менее вредными являются сульфатный и хлоридно-сульфатный типы засоления.

В почвенных растворах засоленных почв часто присутствуют анионы различной степени токсичности и в неодинаковых количествах. В практических целях бывает важно характеризовать засоление по действию не одного, а всех токсичных ионов, имеющихся в почве, т. е. по их «суммарному эффекту», который выражают в миллимолях хлора. При этом действие 1 ммоль Cl^- приравнивают по токсичности к 0,1 ммоль CO_3^- , или 1,5 – 3,0 ммоль HCO_3^- , или 5-6 ммоль SO_4^{2-} , т. е. $1 \text{Cl}^- = 0,1 \text{CO}_3^- = 1,5 - 3,0 \text{HCO}_3^- = 5 - 6 \text{SO}_4^-$.

Указанные в скобках цифры используют при сложных типах засоления, особенно при наличии гипса в почвах. Поскольку практически во всех засоленных почвах присутствуют ионы Cl^- и SO_4^{2-} , то по их соотношению устанавливают не только тип засоления, но и направленность процессов соленакопления и засоления почв (табл. 13).

Таблица 13

Классификация почв по степени засоления по «суммарному эффекту» токсичных ионов, ммоль иона Cl^-

Степень засоления	«Суммарный эффект» токсичных ионов, ммоль
Незасоленные	< 0,3
Слабозасоленные	0,3 – 1,0 (1,5)
Среднезасоленные	1,0 (1,5) – 3,0 (3,5)
Сильнозасоленные	3,0 (3,5) – 7,0 (7,5)
Очень сильнозасоленные	> 7,0 (7,5)

Это основано на том, что ионы Cl^- наиболее подвижны, его соединения более растворимы, чем сульфаты, и при движении почвенных растворов ион Cl^- опережает ион SO_4^{2-} . Так, если в верхних горизонтах засоленных почв отмечается преобладающее накопление хлоридов, то это свидетельствует о начальной стадии засоления, а если

в них больше сульфатов (хлориды как более подвижные вымылись, например, в нижележащие горизонты), то это говорит о рассолении или о перемежающемся засолении (табл. 14).

Таблица 14

Группировка почв по степени засоления при разном химизме засоления

Степень засоления	Хлоридный и сульфатно-хлоридный типы		Сульфатный и хлоридно-сульфатный типы			Содовый и смешанный типы засоления			
	Плотный остаток	Cl ⁻	Плотный остаток	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻⁻	Плотный остаток	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Незасоленные	< 0,3	< 0,01	< 0,3	< 0,01	< 0,1	< 0,1	0,01	0,02	< 0,06
Слабозасоленные	0,3 – 0,5	0,01 – 0,05	0,3 – 1,0	0,01	0,1 – 0,4	0,1 – 0,3	0,01	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2
Среднезасоленные	0,5 – 1,0	0,05 – 0,10	1,0 – 2,0	0,05	0,4 – 0,6	0,3 – 0,5	0,01	0,2	0,2 – 0,3
Сильнозасоленные	1,0 – 2,0	0,1 – 0,2	2,0 – 3,0	0,10	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	0,02	0,2	0,3 – 0,4
Очень сильнозасоленные	> 2,0	> 0,2	> 3,0	–	> 0,8	> 0,7	0,02	0,2	> 0,4

Определив в водной вытяжке ионный состав засоленных почв, следует иметь полное представление о количественном и качественном составе солей, поскольку токсичность отдельных анионов нейтрализуется связыванием их с катионами в нетоксичные соли, которые часто обладают слабой степенью диссоциации. Поэтому общая сумма солей, определенная по плотному остатку, не всегда свидетельствует об их неблагоприятных концентрациях. Влияние отдельных солей на растительность обусловлено именно токсичностью или нетоксичностью отдельных ионов, образующих эти соли. Так, ионы хлора, натрия, магния относятся к ряду токсичных, образующих и токсичные соли. Ионы бикарбонатов, карбонатов и сульфатов сами по себе токсичны, но при соединении с катионами они в одном случае образуют токсичные соли натрия и магния, в другом – нетоксичные соли кальция.

Определив ионы засоленных почв, необходимо провести связывание их в соответствующие так называемые гипотетические соли и определить, какие из них токсичные, какие нетоксичные. В первую

очередь связываются катионы и анионы с образованием карбонатов и бикарбонатов в эквивалентных отношениях в такой последовательности:



В этом ряду солей отсутствует карбонат кальция (CaCO_3), поскольку произведение его растворимости составляет ничтожно малую величину ($4,8 \cdot 10^{-9}$) даже по сравнению с MgCO_3 ($1,0 \cdot 10^{-5}$). После того как все катионы и анионы, образующие карбонаты и бикарбонаты, будут связаны, начинают объединяться катионы и анионы с образованием сульфатных солей.



В последнюю очередь связываются катионы и анионы хлоридов.



В приведенных рядах солей токсичными являются: Na_2CO_3 , MgCO_3 , NaHCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, Na_2SO_4 , NaCl , MgCl , CaCl , а нетоксичными – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 .

Пересчитав миллимоли солей в проценты и соотнеся их с суммой солей в плотном остатке, определяют относительный процент токсичных солей в общей сумме солей, что является важным экологическим показателем засоленных почв.

Пример расчета и обсуждения результатов химического состава водной вытяжки

Результаты анализа водной вытяжки типичного мощного тяжело-суглинистого солончака представлены в табл. 15.

Таблица 15

Результаты анализа водной вытяжки солончака
(числитель – ммоль, знаменатель – %)

Глубина взятия образца, см	Плотный остаток, %	Анионы				Катионы		
		CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
0 – 5	1,3	1,6	1,9	6,2	23,3	0,6	0,2	33,7
		0,078	0,176	0,280	1,118	0,012	0,0024	0,775
5 – 15	1,7	1,8	1,9	6,3	15,3	0,9	0,2	23,5
		0,054	0,176	0,220	0,734	0,018	0,0024	0,540
30 – 35	1,3	1,2	4,1	7,6	8,6	0,6	0,2	19,4
		0,066	0,250	0,266	0,412	0,012	0,0024	0,445
65 – 75	0,8	1,0	3,4	4,7	3,7	0,3	0,2	11,2
		0,06	0,207	0,164	0,177	0,06	0,0024	0,257

На основании расчета отношения ионов $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}}$ или $\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{Cl}^-}$, преобладающих в составе водной вытяжки, можно сделать вывод о том, что тип засоления почвы хлоридно-сульфатный, так как об этом свидетельствуют расчеты послойного содержания: слой 0 – 5 см $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{2-}} = 6,2 : 23,3 = 0,27$; слой 5 – 15 см $\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{Cl}^-} = 6,3 : 15,3 = 0,41$; слой 30 – 35 см $\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{Cl}^-} = 7,6 : 8,6 = 0,88$; слой 65 – 75 см $\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{Cl}^-} = 4,7 : 3,7 = 1,27$. Следует отметить, что пересчет миллимолей ионов в проценты производится путем умножения миллимолей каждого иона на его миллиграммовое или граммовое значение: $\text{CO}_3^- - 0,03$; $\text{HCO}_3^- - 0,061$; $\text{Cl}^- - 0,0355$; $\text{SO}_4^{2-} - 0,048$; $\text{Ca}^{++} - 0,02$; $\text{Mg}^{++} - 0,012$; $\text{Na}^+ - 0,023$; $\text{K}^+ - 0,039$. Кроме того, анализируемая почва имеет и натриевый тип засоления исходя из соотношения катионов ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$).

По данным анализа на количественное содержание плотного остатка анализируемая почва является очень сильнозасоленной в верхнем 5-сантиметровом слое (солончак), в средней части профиля – сильнозасоленной и в нижней – среднезасоленной. Подобное распределение солей предполагает, что почва находится на стадии прогрессивного засоления.

Далее необходимо перевести связывание ионов в гипотетические соли в миллимолях и процентах на примере слоя 0 – 5 см.

Самыми токсичными ионами являются ионы CO_3^- . В первую очередь произойдет связывание анионов CO_3^- с катионами Na^+ с образованием соды Na_2CO_3 в эквивалентных отношениях, т. е. 1,6 ммоль CO_3^- связываются с 1,6 ммольями Na^+ с образованием 5,2 ммоль Na_2CO_3 ($0,138 \% = 5,2 \cdot 0,0265$, где 0,0265 – миллиграммовое значение Na_2CO_3). При этом ионы CO_3^- связались полностью, а несвязанного Na осталось еще 31,1 ммоль ($33,7 - 1,6$).

Поскольку ионы CO_3^- связались все, то из оставшихся анионов, прежде всего анионы HCO_3^- , свяжутся в эквивалентных отношениях с катионами Ca^{++} с образованием бикарбоната кальция ($0,6 + 0,6 = 1,2$ ммоль = $0,049 \%$). Ионы Ca^{++} связались полностью, а несвязанное количество $\text{HCO}_3^- = 1,3$ ммоль ($1,9 - 0,6$) соединится с таким же количеством натрия с образованием 4,6 ммоль ($0,39 \% = 4,6 \cdot 0,084$) NaHCO_3 .

Анионы HCO_3^- также теперь связались полностью, а катионов натрия осталось 28,8 ммоль. Единственной солью среди сульфатных солей является предположительно Na_2SO_4 . Это следует из того, что гипс не может образоваться, поскольку ион Ca^{2+} полностью связался в бикарбонаты.

Следовательно, анион SO_4^{2-} (23,3 ммоль) в полном объеме связывается с таким же количеством натрия с образованием 46,6 ммоль (1,65 %) Na_2SO_4 . Поскольку анион SO_4^{2-} в этом ряду полностью связался, то, естественно, не может образоваться и сульфат магния. Предпосылкой для образования хлорида натрия является то, что в вытяжке еще реально находятся составляющие эту соль ионы. Несвязанного натрия осталось меньше, чем хлора, поэтому 5,5 ммоль натрия соединятся с 5,5 ммоль хлора с образованием 11,0 ммоль (0,65 % = $11 \cdot 0,0585$) NaCl .

Неиспользованного хлора осталось еще 0,7 ммоль, но лишь 0,2 ммоль его соединяются с 0,2 ммоль Mg^{2+} с образованием 0,4 ммоль (0,0095 %) MgCl_2 , а 0,5 ммоль остались неостребованными (неиспользованными), т. е. в остатке, что вполне возможно (но может быть обусловлено и аналитическими погрешностями анализа). Для большей наглядности все исходные и полученные результаты лучше представить в виде сводных таблиц для каждого горизонта.

Для слоя 0 – 5 см данные расчетов представлены в табл. 16.

Таблица 16

Последовательность связи ионов в гипотетические соли по результатам анализа водной вытяжки

Результаты анализа водной вытяжки в слое 0 – 5 см		Гипотетические соли (последовательность связи сверху вниз)		
Ионы	ммоль	Формулы солей	ммоль	%
CO_3^-	1,6	Na_2CO_3	5,2	0,138
HCO_3^-	0,6	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	1,2	0,049
HCO_3^-	1,3	NaHCO_3	4,6	0,39
SO_4^{2-}	23,3	Na_2SO_4	46,6	1,65
Cl^-	0,6	NaCl	11,0	0,65
Mg^{++}	0,2	MgCl_2	0,4	0,01
Na^+	33,7	–	–	–

Для пересчета миллимолей солей в проценты приводим миллиграммовое значение для различных солей:

Na_2CO_3	0,0265	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	0,036	NaCl	0,0585
MgCO_3	0,021	CaSO_4	0,034	MgCl_2	0,0233
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	0,0405	Na_2SO_4	0,0355	CaCl_2	0,0278
NaHCO_3	0,094	MgSO_4	0,03		

Расчет гипотетического состава солей

При стандартном определении компонентов водной вытяжки содержание щелочей не определяется прямыми методами, а рассчитывается по разности ΣK^+ и $\text{Na}^+ = \Sigma$ анионов, выраженной в мг-экв./100 г – Σ катионов, выраженной в мг-экв. /100 г. Получив это значение, можно перейти к расчету и оценке характера засоления по гипотетическому составу солей, мг-экв. /100 г.

Схема пересчета ионного состава вытяжки на гипотетические соли такова:

- 1) бикарбонат-ион HCO_3^- соединяют с кальций-ионом в $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$;
- 2) если остается излишек HCO_3^- , его соединяют с магнием-ионом и натрий-ионом в $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Na}(\text{HCO}_3)$;
- 3) остаток кальция (после соединения с HCO_3^-) связывают с сульфат-ионом SO_4^{2-} в CaSO_4 ;
- 4) если после этого остается избыток кальция, то его связывают с ионом хлора в CaCl_2 ;
- 5) если после соединения SO_4^{2-} с кальцием остался избыток SO_4^{2-} , то его соединяют с Mg^{2+} в MgSO_4 и с Na^+ в Na_2SO_4 ;
- 6) если после соединения Mg^{2+} с HCO_3^- и SO_4^{2-} остался магний, то он соединяется с Cl^- в MgCl_2 .

Полученные данные позволяют оценить характер засоления грунта и дать название грунту по преобладающему типу засоления. Образовавшиеся гипотетические соли группируем в токсичные и нетоксичные.

Токсичные: Na_2CO_2 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , MgCl .

Нетоксичные: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Общая сумма солей составляет 1,89 %. Из них токсичные соли составляют 2,89 %, или 97,9 % всего количества солей, и лишь 1,7 % – нетоксичные соли (рис. 3).

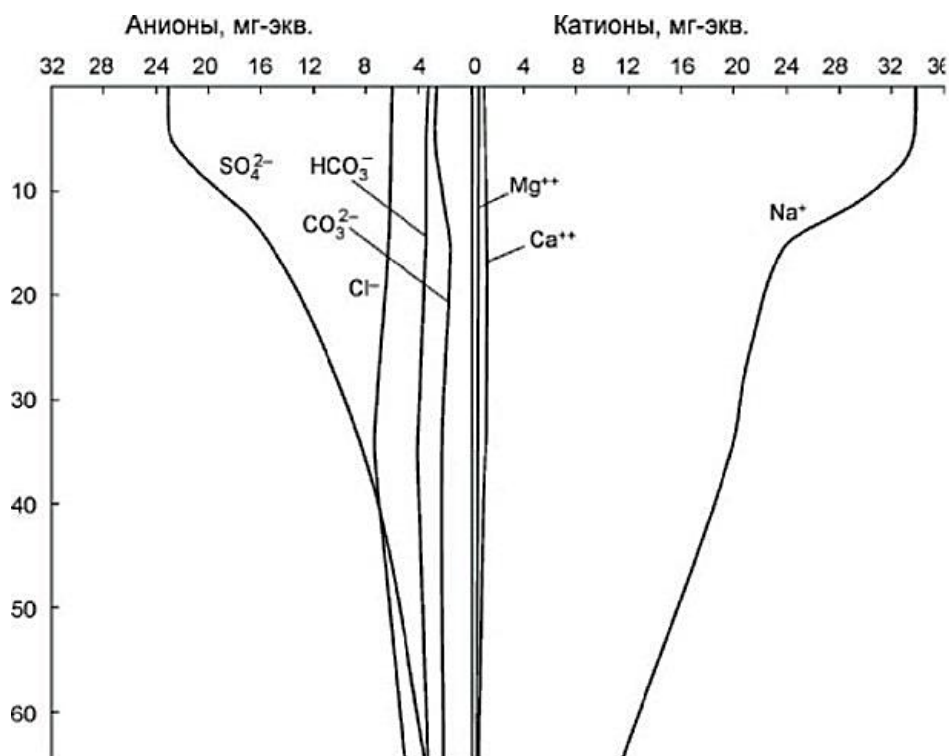


Рис. 3. Солевой профиль типичного мощного тяжелосуглинистого солончака (по результатам анализа водной вытяжки)

В связи с тем что в этом горизонте сода (Na_2CO_3) составляет более 2 ммоль (а именно 5,2 ммоль), она должна включаться в название типа засоления. Результаты анализов водной вытяжки остальных горизонтов рассчитываются аналогично. Для наглядного изображения ионов по профилю проводят графическое изображение данных водной вытяжки в миллимолях по слоям.

В соответствии с приведенным порядком расчета гипотетического состава солей выбрать номер варианта и провести самостоятельный расчет.

Вариант 1

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO_3^-	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
0 – 6	11,96	0,4	0,8	26,9	139,7	11,9	9,7	146,2
6 – 25	4,50	0,2	0,7	10,9	51,0	10,5	7,9	44,4
25 – 50	2,29	0,1	0,5	5,6	27,7	8,1	3,1	22,7
50 – 75	1,18	Нет	0,6	1,5	14,8	6,5	1,6	8,8
75 – 100	1,20	Нет	0,6	1,4	13,7	5,9	1,6	8,2

Вариант 2

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 1	0,10	Нет	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9
1 – 8	0,61	Нет	1,6	4,2	3,3	0,5	0,3	8,3
8 – 20	1,05	Нет	2,6	11,8	2,1	0,5	0,9	15,1
20 – 40	1,87	Нет	2,5	15,3	11,7	4,4	5,3	19,8
40 – 60	2,40	Нет	2,2	13,5	21,7	12,5	6,7	18,2

Вариант 3

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 3	0,05	Нет	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4
3 – 17	0,39	Нет	1,2	4,6	0,4	0,4	0,4	5,4
17 – 27	0,54	Нет	1,2	5,8	1,8	0,7	1,6	6,5
27 – 40	1,62	Нет	1,0	14,8	10,7	4,5	6,9	15,1
40 – 60	1,80	Нет	0,9	11,6	16,4	8,0	7,9	13,0

Вариант 4

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 18	0,713	Нет	0,39	0,08	8,17	6,79	1,14	0,71
36 – 48	0,609	Нет	0,36	0,20	6,91	3,86	2,66	0,95
48 – 60	0,438	Нет	0,43	0,31	5,14	2,01	1,34	2,53
60 – 78	0,436	Нет	0,36	0,31	4,97	1,87	1,03	2,74
78 – 98	0,693	Нет	0,39	0,48	8,01	1,95	0,77	6,16

Вариант 5

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 0,5	9,826	Нет	0,75	10,32	125,15	8,58	21,17	106,47
0,5 – 5	7,895	Нет	0,75	10,77	98,00	5,72	21,29	82,51
5 – 18	2,400	Нет	0,38	3,84	30,36	3,45	5,67	25,46
18 – 40	1,673	Нет	0,51	1,33	22,80	4,05	4,34	16,25
40 – 59	1,176	Нет	0,48	0,51	15,93	3,52	2,50	10,90

Вариант 6

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 2	3,152	0,90	3,02	1,63	39,60	0,42	0,09	44,64
2 – 32	0,855	0,70	5,10	1,50	5,56	0,63	0,34	11,89
32 – 55	0,575	1,40	4,20	0,88	1,71	0,50	0,20	7,49
55 – 70	0,445	0,90	3,90	0,75	1,25	0,35	0,10	6,35
90 – 110	0,375	0,80	3,25	0,75	1,42	0,35	0,23	5,64

Вариант 7

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 30	0,44	Нет	0,28	0,40	0,71	0,55	0,35	6,49
30 – 40	0,70	Нет	0,44	9,73	1,17	0,95	0,80	9,59
40 – 50	0,81	Нет	0,36	11,39	1,94	1,30	1,30	11,09
50 – 60	0,70	Нет	0,39	9,90	1,56	1,35	1,25	9,25
60 – 70	0,72	Нет	0,38	9,67	1,83	1,30	1,20	9,38

Вариант 8

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 3	5,7	0,1	0,7	32,5	51,0	25,2	4,7	54,4
3 – 10	51,8	0,9	4,9	65,0	650,0	57,0	4,5	659,3
10 – 20	62,8	0,6	1,8	16,2	852,0	25,5	3,0	842,1
20 – 40	2,1	Нет	0,6	5,4	23,7	11,6	2,6	15,5
40 – 80	1,9	Нет	0,2	5,6	22,6	12,6	1,9	13,9

Вариант 9

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 2	18,6	Нет	0,4	243,7	51,0	18,0	6,0	271,1
2 – 7	14,3	Нет	0,5	105,1	106,	23,4	7,1	181,7
7 – 12	25,5	Нет	0,3	218,3	168,9	18,4	4,6	364,5
12 – 25	4,7	Нет	0,3	25,3	39,6	12,7	3,7	48,8
25 – 50	3,1	Нет	0,4	15,6	28,7	13,5	1,9	29,3

Вариант 10

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 16	0,203	0,03	0,92	0,87	0,92	0,30	0,10	2,34
16 – 33	0,338	0,70	1,64	0,96	1,65	0,20	0,05	4,70
33 – 6	0,635	Нет	0,43	0,99	7,35	2,62	0,25	5,90
65 – 100	1,057	0,07	0,44	1,55	12,99	2,75	0,55	11,75
100 – 145	0,902	0,03	0,39	1,16	11,18	3,25	0,50	9,01

Вариант 11

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 5	2,32	3,20	3,30	0,87	7,10	0,40	0,35	13,72
5 – 22	1,26	3,23	1,12	0,50	3,85	0,30	0,26	8,14
45 – 55	0,81	1,90	1,00	0,44	1,79	0,25	0,13	4,75
70 – 80	0,47	0,53	1,14	0,56	10,43	0,32	0,25	12,09
100 – 120	0,28	0,23	2,32	0,81	9,27	0,12	0,25	12,26

Вариант 12

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 2	7,56	2,07	3,19	4,60	92,89	0,45	0,35	101,95
2 – 12	2,68	2,07	2,85	4,37	25,17	0,45	0,20	33,81
12 – 26	1,14	2,00	1,84	3,92	8,34	0,25	0,25	15,60
26 – 45	0,76	1,63	1,27	1,44	5,91	0,25	0,15	9,85
45 – 72	0,12	0,23	0,74	0,33	0,37	0,25	0,10	1,22

Вариант 13

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 11	0,489	Нет	1,00	0,80	2,10	0,75	0,70	2,45
11 – 31	0,790	Нет	1,25	0,95	3,30	0,75	0,82	3,93
31 – 53	0,734	Нет	1,75	1,50	3,80	0,50	1,05	5,50
53 – 75	0,504	Нет	1,84	1,25	1,49	0,30	1,00	3,28
75 – 100	0,491	Нет	1,96	0,40	1,49	0,35	0,90	2,60

Вариант 14

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 0,6	0,16	Нет	0,49	0,28	0,9	1,25	0,41	0,09
5 – 15	0,39	Нет	0,82	0,28	3,38	1,70	1,23	1,55
50 – 55	3,38	Нет	0,49	5,07	43,94	10,20	8,30	31,00
100 – 105	2,73	Нет	0,49	3,10	34,40	11,25	8,23	18,51
140 – 145	2,30	Нет	0,49	2,54	29,00	11,65	5,35	15,03

Вариант 15

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 10	0,99	2,06	9,69	0,31	0,27	1,05	0,99	10,29
20 – 30	1,26	5,03	9,49	0,31	0,35	1,85	0,49	12,84
55 – 65	0,92	1,89	18,75	0,42	0,29	1,45	0,58	19,32
90 – 95	0,78	3,73	13,47	0,42	0,15	1,35	0,66	15,76
115 – 125	0,55	1,89	11,60	0,42	0,10	1,25	0,41	12,35

Вариант 16

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 10	0,27	Нет	1,00	2,45	0,73	0,40	0,15	3,63
10 – 20	0,70	Нет	0,52	10,32	0,87	0,55	0,48	10,68
20 – 30	1,20	Нет	0,48	17,23	1,64	1,40	1,95	16,00
30 – 40	1,21	Нет	0,49	16,53	2,19	1,65	2,75	14,81
40 – 50	1,21	Нет	0,48	16,92	2,21	1,90	2,90	14,81

Вариант 17

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 12	0,06	Нет	0,44	0,08	0,21	0,10	0,08	0,55
12 – 22	0,26	Нет	0,84	2,09	0,31	0,10	0,08	3,06
22 – 45	0,68	Нет	0,72	9,22	1,25	0,30	0,25	10,64
45 – 60	0,89	Нет	0,52	12,41	1,98	0,65	1,07	13,19
60 – 120	1,16	Нет	0,43	11,05	6,66	2,40	2,47	13,27

Вариант 18

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 1	0,10	Нет	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9
1 – 8	0,61	Нет	1,6	4,2	3,3	0,5	0,3	8,3
8 – 20	1,05	Нет	2,6	11,8	2,1	0,5	0,9	15,1
20 – 40	1,87	Нет	2,5	15,3	11,7	4,4	5,3	19,8
40 – 60	2,40	Нет	2,2	13,5	21,7	12,5	6,7	18,2

Вариант 19

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 3	0,05	Нет	0,5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4
3 – 17	0,39	Нет	1,2	4,6	0,4	0,4	0,4	5,4
17 – 27	0,54	Нет	1,2	5,8	1,8	0,7	1,6	6,5
27 – 40	1,62	Нет	1,0	14,8	10,7	4,5	6,9	15,1
40 – 60	1,80	Нет	0,9	11,6	16,4	8,0	7,9	13,0

Вариант 20

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Водная вытяжка, ммоль						
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0 – 20	2,42	Нет	0,25	23,44	0,26	0,17	Нет	0,49
20 – 40	2,03	Нет	0,28	14,02	1,35	0,15	0,04	2,27
40 – 60	1,94	Нет	0,28	11,64	10,75	1,10	0,21	1,89
60 – 80	2,16	Нет	0,30	7,90	14,42	6,10	0,20	11,77
80 – 100	2,58	Нет	0,26	8,32	17,50	2,62	0,48	17,87

Контрольные вопросы

1. Что такое водная вытяжка?
2. Каков механизм засоления почвы?
3. Назовите источники солей в почве.
4. Что такое сухой остаток?

Практическая работа № 5

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

В практике орошаемого земледелия для полива сельскохозяйственных культур используют воду из различных источников, которые в каждом конкретном случае выбираются исходя из гидрологических особенностей территории и технико-экономических возможностей.

Чаще всего воду для орошения берут из рек, озер, водохранилищ, прудов, но нередко используют воду подземных источников, сточные воды, а также морскую воду. В связи с этим качество оросительной воды, конечно, будет неодинаковым, но в любом случае поливная вода не должна оказывать вредное влияние на культурные растения, ухудшать свойства почв и, что особенно важно подчеркнуть, экологическую ситуацию окружающей среды за счет привнесения эпидемиологически опасных возбудителей болезней, патогенных организмов.

В зависимости от характера источника поливная вода может содержать в тех или иных количествах взвешенные и растворенные вещества. Воды рек, как правило, отличаются слабой минерализацией, но могут содержать значительные количества взвешенных веществ, особенно в период паводков. Воды подземных источников, наоборот, минерализованы, но почти не содержат взвешенных частиц. Воды водохранилищ занимают промежуточное положение.

В зависимости от этого поливные воды при поступлении на поля будут приносить на них взвешенные частицы различного гранулометрического состава: от ила до песка либо растворимые в воде соли. Это и будет определять помимо увлажнительного еще и добавочный эффект, который может быть либо положительным (отложение илистых частиц на почвах более легкого гранулометрического состава, поступление с водой питательных элементов: фосфора, калия и др.), либо отрицательным (поступление в больших количествах водорастворимых, особенно токсичных для растений, солей). Поэтому во всех случаях необходима оценка пригодности воды для орошения или обводнения.

Источники воды для орошения

Воды рек. Речные воды России имеют три четко выраженных типа химизма.

Первый тип химизма – малая гидрокарбонатность. Большинство из них обладают малой гидрокарбонатной минерализацией – более двух третей водосбора страны. При этом преобладающая часть из них (районы тундры, северной тайги, вечной мерзлоты) имеют минерализацию менее 0,2 г/л. Реки средней полосы России имеют воды с гидрокарбонатной минерализацией в пределах 0,2 – 0,5 г/л и очень незначительная часть имеет минерализацию 0,5 – 1,0 г/л.

Второй тип химизма (сульфатный) имеют реки Северного Кавказа, Приазовья, Донбасса с минерализацией 0,5 – 1,0 г/л.

Третий тип химизма (хлоридный) присущ рекам Прикаспийской низменности с минерализацией вод более 1,0 г/л.

Состав и степень минерализации, количество взвешенных наносов речных вод не являются постоянными и зависят от времени года, водосборного бассейна, антропогенного воздействия и т. д. Например, количество взвешенных веществ в половодье может быть в десять и более раз выше, чем в меженный период. Химический состав речных вод очень часто ухудшается за счет промышленных сбросов, смыва в них минеральных удобрений и т. д. В районах орошаемого земледелия, а это, как правило, зоны не только с недостатком атмосферных осадков, но и нехваткой речного стока, используют обычно воды местного стока: воды водохранилищ, озер, прудов, подземные, сточные воды, воды лиманов.

Воды прудов и водохранилищ наполняются за счет вод местного стока, а также речных вод в случае их перекрытия и образования водохранилищ. В них вода очищается от донных и крупных взвешенных наносов, поступающих с водосборной площадки. Степень минерализации определяется зональными особенностями. Недостатком этих накопителей воды следует назвать их довольно быстрое заиливание и эпизодичность заполнения (для прудов).

Воды озер. Их минерализация колеблется в широких пределах – от сотых долей грамма до десятков и сотен граммов на литр. Это зависит от подстилающих пород и окружающего стока и определяется зональными особенностями, а также открытостью или закрытостью этого водоема (озера, имеющие сток, менее минерализованы, чем бессточные).

Воды лиманов образуются за счет вод местного стока. Лиманы бывают естественные и искусственные. При их искусственном проектировании необходимо учитывать почвенный покров в местах их заложения (почвы должны быть незасоленные и слабозасоленные), а также источник их затопления: затопление талыми водами, стекающими с расположенных выше участков, за счет вод оросительных и обводнительных каналов и т. д. В этом случае также целесообразно определение состава и степени минерализации этих вод, чтобы не вызвать вторичного засоления затопляемых почв.

Подземные и грунтовые воды. Подземные воды целесообразнее всего использовать для сельскохозяйственного водоснабжения. Они почти не содержат взвешенных частиц, но имеют повышенную и очень высокую степень минерализации, которая определяется составом водоносных горизонтов, глубиной залегания и климатическими или зональными условиями. В целом с севера на юг увеличивается глубина залегания грунтовых вод и степень их минерализации. При слабей минерализации в грунтовых водах преобладают органические вещества, кремнезем, закисное железо. А при минерализации 0,5 г/л они бикарбонатно-кальциевые, иногда магниевые-натриевые. При возрастании минерализации до 3,0 г/л увеличивается содержание сульфатов. Еще южнее минерализация возрастает до 5 – 20 г/л, иногда до 30 – 50 г/л, и она обусловлена, как правило, сернокислыми и хлористыми солями.

Морская вода. В мировой практике орошаемого земледелия имеется значительный опыт довольно эффективного использования морской воды для полива ряда культур. Но для этого необходимо соблюдение ряда условий. Одно из главных условий – наличие высокой водопроницаемости и хорошей естественной дренированности территории; необходим промывной тип водного режима, а также опреснение сильноминерализованных вод путем разбавления пресной водой. Очень важен подбор солеустойчивых культур. В. А. Ковда советовал осторожно относиться к использованию морских вод с высокой концентрацией солей (35 г/л), в то же время в связи с уменьшающимися объемами пресных вод и возрастающими объемами минерализованных рекомендовал проводить их группировку и оценку объемов, химизма и пригодности по определенным грациям (табл. 17).

Таблица 17

Примерные градации и возможность хозяйственного использования вод повышенной минерализации

Концентрация, г/л	Название вод	Возможное использование в хозяйстве
0,5 – 1,0	Опресненные щелочные (содовые)	Орошение; химмелиорация 1 раз в 3 – 5 лет; промывка 1 раз в год; дренажный отвод 10 – 15 % водозабора
0,5 – 1,0	Опресненные сульфатные	То же, но химмелиорация не нужна
1,0 – 2,0	Слабominерализованные сульфатные	Орошение; поливы промывные; промывка 1 раз в год; дренажный отвод 20 – 25 % водозабора
2,0 – 3,0	Минерализованные хлоридно-сульфатные	Водопой животных; орошение легких проницаемых песчаных почв; промывка 1 раз в год; дренажный отвод 30 – 35 % водозабора
3,0 – 5,0	Повышенной минерализации хлоридно-сульфатные	Водопой животных; орошать можно только пески или щебнистые почвы; поливы промывные; культуры повышенной солеустойчивости, пастбища, сенокосы с галофитной растительностью; дренажный отвод 30 – 60 % водозабора
5,0 – 8,0	Высокой минерализации хлоридно-сульфатные	Можно орошать супеси и пески и только высокосолеустойчивые и галофитные растения; поливы сильнопромывные (каждый); дренажный отвод 50 – 70 % водозабора; можно использовать для промывки солей, но с последующей допромывкой пресной водой
10 – 20	Очень высокой минерализации сульфатно-хлоридные	Водоемы для рыбоводства и водоплавающей птицы; полив и выращивание тростника технического и кормового, галофитов кормовых и промышленных
20 – 50	Рассолы хлоридные и сульфатно-хлоридные	Водоемы-испарители для добычи разных солей; получение лечебных грязей

Сточные воды. Загрязненную воду городов и населенных пунктов, промышленных предприятий и животноводческих комплексов называют сточной водой.

По своему происхождению сточные воды подразделяют на следующие группы:

- хозяйственно-бытовые (коммунальные);
- производственные (от промышленных и сельскохозяйственных предприятий);
- смешанные.

Сточные воды допускаются для орошения сельскохозяйственных культур, но качественный состав их должен соответствовать агрономическим, санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям. Запрещается использовать для орошения сточные воды инфекционных больниц, туберкулезных санаториев, боен и ветеринарных лечебниц. Сточные воды, в естественном состоянии не соответствующие по составу агрономическим и санитарно-гигиеническим требованиям, перед орошением необходимо подготовить, т. е. очистить. Технологический процесс полной очистки сточных вод обычно включает грубую, механическую и биологическую очистки.

Качественно сточные воды отличаются:

- степенью загрязнения механическими (взвешенными) частицами;
- химическими (растворенными) веществами;
- наличием микроорганизмов (в том числе болезнетворных);
- активностью и направлением химических, биохимических и биологических процессов, температурой.

Перед орошением сточными водами определяют их следующие показатели:

- температуру;
- pH;
- содержание взвешенных веществ;
- наличие растворенных веществ;
- общее количество сухого вещества (содержание взвешенных веществ плюс растворенных веществ);
- присутствие органических взвешенных веществ;
- содержание органических растворенных веществ;
- общее количество органических веществ (содержание органических взвешенных веществ плюс органических растворенных веществ);
- биологическую пятисуточную потребность в кислороде (ВПК₅);
- химическую потребность в кислороде (ХПК);

– содержание ионов калия, натрия, кальция, магния, фосфора, хлора, сульфатов, общего азота, нитратов.

Только после проведения всего комплекса анализов, установивших отсутствие вредного влияния отдельных компонентов на сельскохозяйственные культуры, животных, человека и подземные воды, органами госнадзора, ветеринарной службы и других дается разрешение на использование сточных вод.

Оценка пригодности воды для орошения

Качество воды оценивается по физическим, химическим и санитарным показателям.

Физические показатели. К физическим показателям относят температуру, мутность, цветность, привкус, запах. Это все органолептические показатели воды.

Температура поливной воды оказывает существенное влияние на рост и развитие растений. Холодная вода может задержать их развитие, наоборот, теплая вода удлиняет вегетационный период и способствует некоторому продвижению теплолюбивых растений в более северные районы. Температура поверхностных вод обычно бывает обусловлена временем года, подземных – определяется географической широтой местности, глубиной их залегания. По температуре воды делятся на весьма холодные – до 5 °С; холодные – до 10 °С; тепловатые – до 18 °С; умеренно теплые – до 37 °С; горячие – свыше 37 – 40 °С.

Цветность, или окраска воды, обуславливается органическими веществами и механическими примесями. Так, гуминовые вещества придают воде желтовато-коричневый оттенок, а примеси коллоидов, ила – серый или бурый цвет. Соли закиси железа (Fe^{++}) окрашивают воду в зеленовато-голубой цвет, а свободная сера (может образовываться при окислении сероводорода) – в голубой.

Любая окраска воды указывает на ее низкое качество и сомнительность применения в орошении. Цветность воды определяют в градусах цветности по платиново-кобальтовой шкале. Один градус этой шкалы соответствует 1 мл воды, окрашенной 0,1 мг порошка платины.

Визуально или по сравнительной шкале определяют обычно природные воды, поскольку их желтоватый или коричневый цвет в большинстве случаев вызван присутствием в них гуминовых веществ. Что

касается сточных вод, имеющих самые разнообразные окраски (особенно промышленные стоки), то их цветность определяется после соответствующей подготовки спектрофотометрически или электрофотоколориметром (табл. 18).

Таблица 18

Цветность воды по платиново-кобальтовой шкале

Цвет воды при рассмотрении		Цветность, град.
сбоку	сверху	
Бесцветная	Слабо-желтый, уловимый только при сравнении с налитой в такой же цилиндр дистиллированной водой	< 10
Бесцветная	Слабозелтоватый	20
Едва заметный слабозелтоватый	Очень слабозелтоватый	30
Слабо-желтый	Слабозелтоватый	40

Следует отметить, что цветность питьевой воды не должна превышать 20° и лишь в исключительных случаях допускается до 30°. Цвет вод, содержащих большие количества взвешенных веществ, определяют после отстаивания. Объективно определить цвет проб трудно. Когда определение цвета провести нельзя, оттенок и интенсивность его описывают словесно. При определении цветности пробы не консервируются. Определение проводят через 2 часа после отбора пробы.

Визуальное определение. Пробу воды наливают в цилиндр с плоским дном высотой 10 см. Рассматривают пробу в цилиндре сверху на белом фоне при рассеянном дневном освещении. Результаты определения описываются словесно с указанием оттенка и интенсивности окрашивания (слабое или сильное).

Вкус и запах воды обуславливаются содержанием в ней растворенных газов, особенно сероводорода, минеральных солей органических веществ и микроорганизмов. Вкус воды может характеризоваться некоторыми примесями. Так, при наличии в воде перегнойных веществ привкус становится сладковатым, примесь NaCl обуславливает соленый привкус, MgSO₄ и Na₂SO₄ – горький, квасцы – кислый, соли закиси железа – ржавый или чернильный. Обычно органолептически определяют только вкус питьевых вод, описывают его словесно.

Различают четыре основных вкуса: соленый; сладкий; горький; кислый. При определении вкуса питьевой воды используют пробы бактериологически безвредных, незагрязненных и не содержащих токсических веществ. Определение проводят при комнатной температуре или при 40 °С, забирая в рот ~ 10 мл воды и не проглатывая ее, а сплевывая через несколько секунд.

Мутность воды обусловлена присутствием в ней во взвешенном состоянии минеральных и органических частиц разной степени дисперсности и характеризуется количеством сухого вещества (в миллиграммах), отфильтрованного из 1 литра. По ГОСТ 2874-73 количество взвешенных веществ в хозяйственной и питьевой воде не должно превышать 1,5 мг/л. Измерение производится турбодиметрически, нефелометрически или по светопропусканию. На станциях по очистке воды вместо мутности определяют ее прозрачность в градусах.

Ход анализа. На дно стеклянного цилиндра высотой не менее 15 см и диаметром 2,5 – 3 см кладут фарфоровый диск (пластину с меткой толщиной 1 мм или шрифт). Цилиндр заполняют водой до тех пор, пока метка или шрифт едва различаются. Этот слой и характеризует прозрачность исследуемой воды: 1 см слоя воды соответствует 1 градусу прозрачности. Наивысшая прозрачность может достигать 90 – 100 градусов, а в мутной воде снижаться до 5 – 10 градусов. Мутность воды, обусловленная взвешенными в ней частицами (наносы), может указывать на различные свойства поливных вод в зависимости от того, какую роль эти наносы будут играть при поливе – положительную или отрицательную.

1. Наносы крупнее 0,1 – 0,05 мм выпадают из воды и заиливают оросительную сеть, что приводит к нежелательным затратам на их очистку.

2. Фракция от 0,05 до 0,001 мм имеет невысокие питательные свойства, но, поступая на поля, вода может улучшить физические свойства тяжелых почв, повысив их водопроницаемость.

3. Илистые частицы (< 0,001 мм) обладают большой питательной ценностью, в их составе много органических веществ.

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, попадающие в нее естественным путем или со сточными водами. Органолептически запах определяют при 20 и 60 °С и описывают словесно, например, земляной, фекальный, гнилостный, травянистый, плесневый, тухлый,

торфяной, запах химических веществ (хлорфенольный, фенольный, сероводородный, йодный и т. д.) или запах растений (огуречный, запах роз, настурций и т. д.).

Ход определения. В две конические колбы на 500 мл наливают по 250 мл испытуемой воды. Одну колбу взбалтывают, открывают пробку и определяют запах при комнатной температуре (около 20 °С). Вторую прикрывают часовым стеклом, подогревают до 60 °С, перемешивают содержимое, открывают колбу и так же органолептически устанавливают характер и интенсивность запаха. Запах оценивают по шестизначной (пятибалльной) шкале (табл. 19).

Таблица 19

Определение запаха по пятибалльной шкале

Балл	Степень запаха	Условия обнаружения запаха
0	Нет	Не обнаруживается
1	Очень слабый	Обнаруживается специалистом, но не потребителем
2	Слабый	Ощущается потребителем, если обратить на это его внимание
3	Заметный	Легко ощущается, может вызвать неодобрительные отзывы о воде
4	Отчетливый	Запах привлекает внимание, он может заставить воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Химический состав поливных вод. Значительное количество растворенных в поливной воде солей может прямо или косвенно оказывать вредное влияние на растения, вызвать вторичное засоление, привести к осолонцеванию почв. Качество поливной воды определяется следующими ее химическими свойствами: общей минерализацией; активной реакцией (рН); жесткостью; окисляемостью. Следует сказать, что эти показатели используют в первую очередь для определения питьевой воды.

Общая минерализация – это суммарное количество растворенных в воде минеральных и органических веществ. Определяется по плотному или сухому остатку, образуемому после выпаривания профильтрованной воды и последующего высушивания в сушильном

шкафу при $t = 105$ °С до постоянного веса и его взвешивания. Определение прокаленного остатка проводят путем прокаливания в муфеле при 600 °С сухого остатка. Потерю при прокаливании находят по разности. Расчет сухого остатка X и прокаленного остатка Y вычисляют по формуле, мг/л,

$$X(Y) = \frac{a \cdot 1000}{V},$$

где a – вес сухого (или прокаленного) остатка, мг;

1000 – коэффициент пересчета на один литр;

V – объем пробы, взятой для определения, мл.

По величине плотного (сухого) остатка проводят классификацию вод по степени минерализации (табл. 20).

Таблица 20

Группировка природных вод по степени минерализации

№ п/п	Степень минерализации	Величина плотного остатка, г /л
1	Пресные	< 1
2	Слабоминерализованные	1 – 3
3	Среднеминерализованные (солончатые)	3 – 10
4	Сильноминерализованные (солёные)	10 – 30
5	Сильносолёные	30 – 80
6	Рассолы	> 80

Допустимое для растений и почвы содержание растворимых солей в оросительной воде не должно превышать 1 г/л (0,10 %). Причем и при таком содержании солей следует осторожно обращаться с водой, поскольку при подаче, например, 1000 м³ воды в почву поступит около 1 т солей.

Считают хорошей оросительной водой ту, которая содержит не более 0,4 г/л, а вода с содержанием 0,4 – 0,1 г/л уже требует осторожного применения с учетом всего комплекса ее использования. Вода с содержанием солей от 1,0 до 3,0 г/л опасна для растений, а если солей более 4,0 г/л, то они засоляют почву. Во всех этих случаях необходим анализ химического состава солей, так как вредное действие различных солей на растения и почву неодинаково. При этом на легких почвах допустимое содержание солей может быть выше, чем на тяжелых.

В поливной воде могут присутствовать ионы Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^- , HCO_3^- , т. е. в том же составе, что и в водной вытяжке, поэтому их определение проводят теми же методами.

Определение щелочности. Для определения щелочности от нормальных карбонатов и общей щелочности берут 100 мл воды. Принцип метода тот же, что и при определении в водной вытяжке. Результаты определения выражаются в миллимолях на 1 л и считаются по формуле

$$X = \frac{a \cdot n \cdot K \cdot 1000}{V},$$

где X – CO_3^{2-} или HCO_3^- , ммоль/л; a – количество кислоты HCl , израсходованное на титрование 100 мл воды, мл; n – нормальность кислоты; K – поправка к титру; 1000 – расчет на 1 литр; V – объем, взятый на титрование.

Пересчет ммоль/л в мг/л производят путем умножения на эквивалентный вес иона (30 – для CO_3^{2-} и 61 – для HCO_3^-).

Определение хлор-иона. Для его определения аргентометрическим методом берут 100 мл профильтрованной воды и анализируют как в водной вытяжке. Расчет содержания хлор-ионов ведут по формуле, ммоль/л,

$$X = \frac{(a-b) \cdot n \cdot K \cdot 1000}{V},$$

где X – содержание Cl^- ионов, ммоль/л; a – количество AgNO_3 , израсходованное на титрование, мл; b – количество AgNO_3 , израсходованное в холостом опыте, мл; n – нормальность титрованного раствора AgNO_3 ; K – поправка к титру AgNO_3 ; V – объем пробы воды, взятый для определения.

Для перерасчета хлор-ионов в миллиграммы на литр полученную величину в миллимолях умножают на эквивалентный вес, т. е. 35,45:
 $Y = X \cdot 35,45$.

Определение сульфат-иона проводят весовым методом. На анализ берут 250 мл воды. Содержание SO_4^{2-} вычисляют в миллимолях на литр X или в миллиграммах на литр Y .

$$X = \frac{M \cdot 0,4116 \cdot 1000}{48,03 \cdot V} = \frac{M \cdot 8,569}{V};$$

$$Y = \frac{M \cdot 0,4116 \cdot 1000}{V} = \frac{M \cdot 411,6}{V},$$

где M – масса прокаленного осадка BaSO_4 , мг; 0,4116 – коэффициент пересчета BaSO_4 на SO_4^{2-} ; 48,03 – эквивалент сульфат-иона; V – объем вытяжки для анализа.

Определение суммы кальция и магния (жесткость воды). Анализ проводят тригонометрическим методом. На определение берут 100 мл воды. Сумму $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ вычисляют по формуле, ммоль/л,

$$X = \frac{a \cdot n \cdot 1000}{V},$$

где a – количество трилона Б, израсходованное на титрование, мл; n – нормальность трилона Б; V – объем воды для анализа, мл.

Определение кальция. В колбу для титрования отбирают пипеткой 100 мл воды, содержащей не более 15 мг Ca^{++} (в противном случае берут меньшую пробу воды и разбавляют ее дистиллированной водой до 100 мл). При анализе кислых проб их нейтрализуют раствором щелочи. В тех водах, где щелочность превышает 6 ммоль/л, прибавляют эквивалентное количество 0,1 н HCl, кипятят 1 мин и охлаждают. Потом прибавляют 2 мл 1 н NaOH, индикатор мурексид и титруют трилоном Б.

Содержание кальция вычисляют по формуле (обозначения те же, что и у суммы $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$)

$$X = \frac{a \cdot n \cdot 20,04 \cdot 1000}{V} \text{ мг/л};$$

$$Y = \frac{a \cdot n \cdot 1000}{V} \text{ ммоль/л}.$$

где 20,04 – эквивалентный вес Ca^{++} .

Магний определяют по разности между суммой катионов и кальция.

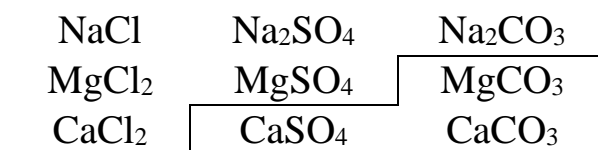
Определение натрия и калия проводят пламенно-фотометрическим методом. Их содержание рассчитывают по формулам

$$X = \frac{C \cdot V_1}{V_2} \text{ мг/л};$$

$$Y = \frac{C \cdot V_1}{V_2 \text{ экв.вес К (Na)}} \text{ ммоль/л},$$

где C – содержание К (Na^+), найденное по калибровочной кривой, мг /л; V_1 – объем пробы после разбавления, мл; V_2 – объем пробы, взятой для разбавления. Эквивалентный вес K^+ – 39; Na^+ – 23.

Ионы, определяемые в воде, могут комбинироваться в различные токсичные или безвредные соли в соответствии со схемой, предложенной Л. П. Розовым:



Все соли, расположенные выше черты, токсичны для растений, ниже черты – безвредны. Наибольшей токсичностью обладает сода (Na_2CO_3), она в 10 раз токсичнее соли Na_2SO_4 , тоже токсичной. Среди токсичных солей натрия можно построить ряд по степени токсичности:

Соль	Na_2SO_4	NaHCO_3	NaCl	Na_2CO_3
Степень токсичности	1	3	3	10

Отсюда следует, что даже незначительное количество соды (1 – 2 ммоль/л) может оказывать негативное влияние на почву, подщелачивая ее, приводя к осолонцеванию и т. д.

Пример расчета токсичных и нетоксичных солей

Порядок расчета количества токсичных солей и определение степени и типа засоления каштановой слабосолонцеватой почвы на глубине 0 – 10 см и 110 – 120 см представлены в табл. 21.

Таблица 21

Состав водной вытяжки из каштановой слабосолонцеватой почвы (числитель, %; знаменатель, мг-экв. на 100 г почвы)

Глубина образца, см	Сухой остаток, %	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
0 – 10	0,088	$\frac{0,04}{0,66}$	Нет	$\frac{0,014}{0,29}$	$\frac{0,01}{0,5}$	$\frac{0,005}{0,41}$	$\frac{0,002}{0,04}$
30 – 40	0,096	$\frac{0,048}{0,79}$	$\frac{0,003}{0,09}$	$\frac{0,009}{0,19}$	$\frac{0,011}{0,55}$	$\frac{0,005}{0,41}$	$\frac{0,002}{0,11}$
70 – 80	0,4	$\frac{0,046}{0,75}$	$\frac{0,157}{4,42}$	$\frac{0,051}{1,06}$	$\frac{0,014}{0,7}$	$\frac{0,018}{1,48}$	$\frac{0,093}{4,05}$
110 – 120	0,76	$\frac{0,039}{0,64}$	$\frac{0,203}{5,72}$	$\frac{0,224}{4,67}$	$\frac{0,021}{1,05}$	$\frac{0,03}{2,46}$	$\frac{0,173}{7,52}$
150 – 160	1,962	$\frac{0,022}{0,36}$	$\frac{0,186}{5,24}$	$\frac{1,063}{22,15}$	$\frac{0,25}{12,5}$	$\frac{0,079}{6,48}$	$\frac{0,201}{8,77}$
190 – 200	1,52	$\frac{0,026}{0,43}$	$\frac{0,131}{3,69}$	$\frac{0,831}{17,31}$	$\frac{0,173}{8,65}$	$\frac{0,059}{4,84}$	$\frac{0,182}{7,94}$

Анализ водной вытяжки не обнаружил ионов CO_3^- ни в одном из горизонтов, поэтому в расчетах они не учитываются.

Глубина 0 – 10 см

HCO_3^- -ионы. Их количество составляет 0,66 мг-экв. В первую очередь они связываются с Ca^{2+} .

$$0,5 \text{ мг-экв. } \text{Ca}^{2+} + 0,5 \text{ мг-экв. } \text{HCO}_3^- = 0,5 \text{ мг-экв. } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2.$$

Сразу осуществляем перевод в проценты

$$\text{Ca}^{2+} - 0,5 \cdot 0,02 = 0,01\%. \text{HCO}_3^- - 0,5 \cdot 0,061 = 0,031\%.$$

Таким образом, содержание нетоксичной соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ составляет 0,5 мг-экв. или 0,041% на 100 г почвы. Свободными остаются 0,16 мг-экв. HCO_3^- (0,66 – 0,5). Так как общее содержание ионов $\text{HCO}_3^- < 1,4$ мг-экв., их количество, оставшееся после связывания с Ca^{2+} , связывается с магнием.

$$0,16 \text{ мг-экв. } \text{HCO}_3^- + 0,16 \text{ мг-экв. } \text{Mg}^{2+} = 0,16 \text{ мг-экв. } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2.$$

Переводим в проценты: $\text{HCO}_3^- - 0,16 \cdot 0,061 = 0,0098\%$. $\text{Mg}^{2+} - 0,16 \times 0,0122 = 0,00195\%$. Содержание токсичной соли $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ составляет 0,16 мг-экв. или 0,012%. После проведенных вычислений свободными остались 0,25 мг-экв. Mg^{2+} (0,41 – 0,16), 0,04 мг-экв. Na^+ и 0,29 мг-экв. SO_4^{2-} , образующих токсичные сульфаты Na_2SO_4 и MgSO_4 .

$$0,04 \text{ мг-экв. } \text{Na}^+ + 0,04 \text{ мг-экв. } \text{SO}_4^{2-} = 0,04 \text{ мг-экв. } \text{Na}_2\text{SO}_4;$$

$$0,25 \text{ мг-экв. } \text{Mg}^{2+} + 0,25 \text{ мг-экв. } \text{SO}_4^{2-} = 0,25 \text{ мг-экв. } \text{MgSO}_4$$

или в процентах:

$$\text{Na}^+ - 0,04 \cdot 0,023 = 0,0009\%. \text{SO}_4^{2-} - 0,04 \cdot 0,048 = 0,0019\%.$$

Содержание соли Na_2SO_4 составило 0,0028%.

$$\text{Mg}^{2+} - 0,25 \cdot 0,0122 = 0,0031, \text{SO}_4^{2-} - 0,25 \cdot 0,048 = 0,012\%.$$

Содержание соли MgSO_4 составило 0,015%.

Нетоксичные соли

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \quad 0,041\% / 0,5 \text{ мг-экв.}$$

Токсичные соли

$$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \quad 0,012\% / 0,16 \text{ мг-экв.}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \quad 0,0028\% / 0,04 \text{ мг-экв.}$$

$$\text{MgSO}_4 \quad 0,015\% / 0,25 \text{ мг-экв.}$$

Исходя из общего содержания токсичных солей данный горизонт является незасоленным.

Глубина 110 – 120 см. Общее содержание ионов HCO_3^- составляет 0,64 мг-экв., $\text{Ca}^{2+} - 1,05$ мг-экв., следовательно, содержание нетоксичной соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ равно: 0,64 мг-экв. $\text{HCO}_3^- + 0,64$ мг-экв. $\text{Ca}^{2+} = 0,64$ мг-экв. или в процентах: $\text{HCO}_3^- - 0,64 \cdot 0,061 = 0,039\%$, $\text{Ca}^{2+} - 0,64 \cdot 0,02 = 0,013\%$. Содержание нетоксичной соли $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ оказалось равным 0,64 мг-экв. или 0,052%.

Ионы HCO_3^- израсходованы полностью и, следовательно, в состав токсичных солей они не входят. Кроме этого свободными остались еще

0,41 мг-экв. ионов Ca^{2+} (1,05 – 0,64), которые связываются с ионами SO_4^{2-} в другую нетоксичную соль CaSO_4 ,

0,41 мг-экв. Ca^{2+} + 0,41 мг-экв. SO_4^{2-} = 0,41 мг-экв. CaSO_4 или в процентах: Ca^{2+} – 0,41 · 0,02 = 0,0082 %. SO_4^{2-} – 0,41 · 0,048 = 0,0197 %. Содержание нетоксичной соли CaSO_4 составило 0,41 мг-экв. или 0,028 %. Оставшееся количество ионов SO_4^{2-} – 4,26 мг-экв. (4,67 – 0,41) входит в состав токсичной соли Na_2SO_4 ,

4,26 мг-экв. SO_4^{2-} + 4,26 мг-экв. Na^+ = 4,26 мг-экв. Na_2SO_4 или в процентах: SO_4^{2-} – 4,26 · 0,048 = 0,2045 %. Na^+ – 4,26 · 0,023 = 0,098 %. Содержание токсичной соли Na_2SO_4 составило 4,26 мг-экв. или 0,303 %. Ионы SO_4^{2-} все израсходованы, следовательно, токсичная соль MgSO_4 в этом горизонте отсутствует. После проведенных вычислений свободными остались 3,26 мг-экв. Na^+ (7,52 – 4,26), 2,46 мг-экв. Mg^{2+} и 5,72 мг-экв. Cl^- , образующих токсичные хлориды натрия и магния: NaCl – 3,26 мг-экв. Na^+ + 3,26 мг-экв. Cl^- = 3,26 мг-экв. NaCl или в процентах:

$$\text{Na}^+ - 3,26 \cdot 0,023 = 0,075 \%. \text{Cl}^- - 3,26 \cdot 0,0355 = 0,1157 \%.$$

Содержание токсичной соли NaCl составило 3,26 мг-экв. или 0,191 %. MgCl_2 – 2,46 мг-экв. Mg^{2+} + 2,46 мг-экв. Cl^- = 2,46 мг-экв. MgCl_2 или в процентах: Mg^{2+} – 2,46 · 0,0122 = 0,03 %, Cl^- – 2,46 · 0,0355 = 0,087 %. Содержание токсичной соли MgCl_2 составило 2,46 мг-экв. или 0,117 %.

Подведем итог вычислений

Нетоксичные соли

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 0,052 % / 0,64 мг-экв.;

CaSO_4 0,028 % / 0,41 мг-экв.;

Токсичные соли

Na_2SO_4 0,303/4,26;

NaCl 0,191/3,26;

MgCl_2 0,117/2,46.

Содержание токсичных солей оказалось равным 0,611 %, что довольно существенно. Теперь, прежде чем установить степень засоления почвы, нужно определить тип засоления. Для этого находят величины отношений доминирующих анионов, в данном случае Cl^- и SO_4^{2-} .

$$\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 5,72 : 4,26 = 1,34.$$

В представленном почвенном горизонте наблюдается сульфатно-хлоридный тип засоления, степень засоления – сильная. Подобным образом проводятся расчеты для других горизонтов почвенного профиля.

В последнем случае используют средневзвешенное значение содержания ионов в анализируемом слое. Полученные результаты оформляются в виде таблицы, пример которой применительно к приведенным выше расчетам приводится в табл. 22.

Таблица 22

Содержание токсичных и нетоксичных ионов в каштановой слабосолонцеватой почве (числитель – % от массы почвы; знаменатель – мг-экв./100 г почвы)

Глубина образца, см	Ионы	Сумма ионов	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
0 – 10	Токсичные	$\frac{0,030}{0,9}$	$\frac{0,0098}{0,16}$	Нет	$\frac{0,014}{0,29}$	Нет	$\frac{0,005}{0,41}$	$\frac{0,002}{0,04}$
	Нетоксичные	$\frac{0,041}{1,0}$	$\frac{0,031}{0,5}$	Нет	Нет	$\frac{0,01}{0,5}$	Нет	Нет
110 – 120	Токсичные	$\frac{0,611}{19,96}$	нет	$\frac{0,203}{5,72}$	$\frac{0,2045}{4,26}$	Нет	$\frac{0,03}{2,46}$	$\frac{0,173}{7,52}$
	Нетоксичные	$\frac{0,08}{2,10}$	$\frac{0,039}{0,64}$	Нет	$\frac{0,0197}{0,41}$	$\frac{0,0212}{1,05}$	Нет	Нет

Расчет промывной нормы

Сельскохозяйственное освоение солончаков и других засоленных почв (в первую очередь их солончаковых и высокосолончаковых разностей) возможно лишь при удалении солей, как правило, за счет промывки. В качестве главного и наиболее надежного способа удаления солей применяется сквозная промывка почв, обеспечивающая вынос солей из всей толщи почвенного профиля.

Количество воды, которое требуется для промывки солей, называется промывной нормой. Для ее расчета широко применяется формула, предложенная В. Р. Волобуевым:

$$M_{\text{пр}} = 10000 \cdot d \cdot \lg(S_h/S_o),$$

где $M_{\text{пр}}$ – промывная норма, м³/га; d – показатель солеотдачи, устанавливаемый по данным опытно-производственных промывок; S_h – содержание солей в слое почвогрунта, нуждающегося в промывке, % от массы почвы; S_o – допустимое содержание солей в этом слое, % от массы почвы.

При проведении промывок засоленных почв обычно используют такой показатель, как средневзвешенное содержание солей в метровой

и двухметровой толщах. Этот показатель дает представление об общем содержании солей, которые необходимо удалить из почвы при промывках.

Средневзвешенное содержание солей в любом заданном слое рассчитывается следующим образом: содержание сухого остатка умножается на мощность соответствующего горизонта, затем все полученные результаты суммируются и сумма делится на мощность всей толщи.

Пример подобного расчета для метрового слоя почвы, из профиля которой были отобраны пять образцов, характеризующихся различной величиной сухого остатка, приведен в табл. 23.

Аналогичным образом рассчитывается и средневзвешенное содержание отдельных ионов в заданном слое почвы, на основании чего можно установить тип его засоления и с помощью справочных данных определить показатель солеотдачи (табл. 24).

Таблица 23

Значение показателя солеотдачи в зависимости от химического и гранулометрического состава промываемых почв

Гранулометрический состав почвы	Тип засоления, ммоль			
	Хлоридный	Сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Сульфатный
Песчаный, супесчаный	0,62	0,72	0,82	1,18
Суглинистые слоистые	0,92	1,02	1,12	1,41
Глинистые и суглинистые с пониженной солеотдачей	1,22	1,32	1,42	1,78
Глинистые	1,80	1,90	2,10	2,40
Слитые глинистые почвы	2,70	2,80	3,00	3,30

Таблица 24

Расчет средневзвешенного количества солей в заданном слое почвы

Глубина почвы, см	Сухой остаток, %	Мощность слоя, см	Произведение процента солей на мощность слоя
0 – 5	3,25	5	16,25
5 – 25	2,20	20	44,0
25 – 50	1,05	25	26,25
50 – 70	0,60	20	12,0
70 – 100	0,22	30	6,6
0 – 100	Средневзвешенная величина – 1,05	100	Сумма 105,1

В нашем случае, например, для почвы глинистого гранулометрического состава при хлоридном типе засоления и допустимом содержании солей после промывки на уровне 0,15 % промывная норма для метрового слоя составит

$$M_{\text{пр}} = 10000 \cdot 1,80 \cdot \lg(1,05/0,15) = 15200 \text{ м}^3/\text{га}.$$

При тех же условиях, но при сульфатном засолении

$$M_{\text{пр}} = 10000 \cdot 2,40 \cdot \lg(1,05/0,15) = 20300 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Однако необходимо помнить, что средневзвешенное содержание солей дает представление лишь об их общем количестве, которое необходимо удалить из почвы при промывках. В то же время на его основании нельзя судить о степени пригодности почвы для сельскохозяйственного использования. Это связано с тем, что при оценке степени засоления почв только по средневзвешенному содержанию солей в той или иной толще почвы они могут быть отнесены к другой категории, нежели при оценке степени засоления по верхним солевым горизонтам.

И. Н. Антипов-Каратаев предложил характеризовать поливную воду по соотношению $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} / \text{Na}^{+}$. При некотором критическом соотношении вода становится непригодной для орошения. Критическое отношение находится в линейной зависимости от общей концентрации растворимых солей (C , г/л) и выражается так:

$$\frac{\text{Ca}^{++} \cdot \text{Mg}^{++}}{\text{Na}^{+}} = 0,23 \cdot C.$$

Для оценки качества воды вначале определяют ее минерализацию, величину которой умножают на 0,23, и получают критическое число. Одновременно в воде определяют Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} и рассчитывают фактическое отношение между суммой $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, деленной на Na^{+} .

Если критическое число (т. е. $C \cdot 0,23$) меньше частного от деления $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ на Na^{+} , то вода непригодна для орошения и ее надо улучшать разбавлением пресной водой либо внесением гипса.

Полив минерализованной водой приводит к осолонцеванию почвы при поглощении из поливной воды катионов натрия и магния, как считают Б. С. Маслов и др. По опасности осолонцевания и засоления они подразделяют воду на четыре класса (на основании дешифровки номограммы):

1-й класс – воды, пригодные для орошения всех культур, не ухудшают физических свойств почвы, не снижают урожайность сельскохозяйственных культур при величинах суммарного содержания катионов

до 25 ммоль/л и при содержании Na при этом до 40 – 65 % от суммы катионов. Однако при содержании суммы катионов более 25 ммоль/л при том же содержании натрия существует опасность засоления почв.

2-й класс – воды, ограниченно пригодные для орошения. Вода слабо осолонцовывает почву, а при длительном ее применении содержание поглощенного Na^+ может достигать до 10 % от емкости катионного обмена почвы. Урожай снижается на 5 – 20 %. Это становится возможным при высоком содержании в воде Na^+ – > 65 % от суммы катионов. Существует опасность засоления при сумме катионов до 50 ммоль/л.

3-й класс – условно пригодные для орошения воды. Они вызывают осолонцевание почвы. Урожай снижается на 25 – 50 % по сравнению с пресной водой. Обязательно применение химических мелиорантов. Это происходит, когда в воде преобладают катионы Mg^{++} , Na^+ , K^+ , а их содержание не опускается ниже 10 ммоль – средняя опасность засоления почв.

4-й класс – воды, не пригодные для орошения. Вызывают засоление и осолонцевание почв, если содержание катионов более 50 ммоль/л, а их состав представляет собой Mg^{++} , Na^+ , K^+ .

Вызывает практический интерес опыт расчета опасности засоления и осолонцевания почв в США в зависимости от минерализации вод и значений натрий-адсорбционного отношения (SAR), которое вычисляют по формуле

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}} = \frac{1,41[\text{Na}^+]}{\sqrt{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}}$$

Концентрация катионов выражается в миллимолях на литр. Если величина SAR меньше 10, вода хорошего качества, 10 – 18 – среднего, 18 – 25 – неудовлетворительного, 25 ммоль/л и более – весьма неудовлетворительного. Осолонцевание и засоление почв обусловлено соотношением общей минерализации поливных вод и величины SAR. Как следует из данных табл. 25, даже при низкой минерализации (< 1 г/л), не вызывающей засоления, возникает опасность осолонцевания почв при величинах SAR выше 15. С повышением степени минерализации воды увеличивается опасность засоления почв, а осолонцевание при этом происходит при все более низких величинах SAR.

Таблица 25

Опасность засоления и осолонцевания почв оросительными водами
(по Ричардсу, 1953, США)

Общая минерализация воды, г/л	Опасность засоления почвы	Опасность осолонцевания по значению SAR, ммоль			
		Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
< 1	Низкая	8 – 10	15 – 18	22 – 26	> 26
1 – 2	Средняя	6 – 8	12 – 15	18 – 22	> 22
2 – 3	Высокая	4 – 6	9 – 12	14 – 18	> 18
> 3	Очень высокая	2 – 4	6 – 9	11 – 14	> 14

Активная реакция воды определяется концентрацией водородных ионов, которую выражают через рН. Этот показатель имеет большое значение. Если рН равен 7, вода имеет нейтральную реакцию, при меньшем значении – кислотную, при большем – щелочную. В большинстве природных вод концентрация водородных ионов обусловлена лишь отношением концентраций свободной двуокиси углерода и бикарбонат-ионов. В этих случаях рН колеблется от 4,5 до 8,3. На величину рН может оказать влияние повышенное содержание гуминовых веществ, слабых органических веществ, слабых органических кислот; вместе с CO₂ они создают реакцию до 4,5. Щелочность в природных водах зависит практически только от гидрокарбонатов щелочных металлов. Природные воды имеют в основном слабощелочную реакцию. Величину рН определяют колориметрическим или электрометрическим методами.

Жесткость воды зависит от содержания в ней солей кальция и магния. Различают жесткость:

- временную, устраняемую кипячением в течение часа;
- постоянную, определяемую как разность между общей жесткостью и временной, т. е. устраняемую кипячением в течение часа;
- общую в свежей сырой воде.

Временная жесткость вызывается солями, выпадающими в осадок при нагревании, в основном бикарбонатами кальция и магния, поэтому ее еще называют карбонатной жесткостью.

Постоянная жесткость образуется за счет солей кальция и магния, связанных с анионами сильных кислот (Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻ и др.) – это так называемая некарбонатная жесткость. Соли, вызывающие постоянную

жесткость, не выпадают в осадок при нагревании. Общая жесткость является суммой временной и постоянной жесткостей.

Общую жесткость определяют в питьевых, подземных и поверхностных водах, а в некоторых случаях и в сточных. Жесткость воды выражают в молях (миллиграмм-эквивалентах) на 1 литр воды. Один миллимоль на литр соответствует содержанию в одном литре воды 20,04 мг ионов Ca^{++} или 12,16 мг ионов Mg^{++} .

Определение общей жесткости проводят комплексно-метрическим методом, хорошо известным при определении кальция и магния.

По степени жесткости воду подразделяют:

- на мягкую с жесткостью до 3 ммоль/л;
- средней жесткости от 3 до 6 ммоль/л;
- жесткую – от 6 до 10 ммоль/л;
- очень жесткую – более 10 (15) ммоль/л.

Общая жесткость питьевой воды по ГОСТ 2874-73 не должна превышать 10 ммоль/л. Жесткая вода считается безвредной для питья и даже более приятна на вкус, чем мягкая, но неудобна для хозяйственных и технических целей. Недопустимо применение жесткой воды для паровых котлов, поскольку на их дне и стенках образуется большой слой накипи.

Окисляемость. В зависимости от степени загрязнения вода может содержать большие или меньшие количества веществ, окисляющихся сильными окислителями, например, перманганатом калия или бихроматом калия. Окисляемость измеряется количеством кислорода, эквивалентного количеству расходуемого окислителя, требуемого для окисления органических веществ в 1 л воды. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную, бихроматную окисляемость и др. Повышенная окисляемость (более 2,5 мг/л кислорода) свидетельствует о большом содержании в воде органических веществ, что в сочетании с другими показателями может указывать на ее загрязнение. Методика и ход определения окисляемости представлены в соответствующих руководствах по химическому анализу вод и почв.

Бактериологическая загрязненность воды определяется содержанием в ней патогенных (болезнетворных) и сапрофитных бактерий, которые попадают в водные источники с поверхностными стоками. По существующему ГОСТ 2874-73 в 1 мл питьевой воды не должно содержаться более 100 бактерий. В первую очередь устанавливают наличие

кишечной палочки, свидетельствующей о загрязнении воды фекалиями. Бактериальную загрязненность измеряют в единицах коли-титра и коли-индекса. Коли-титр показывает объем воды (см^3), в котором обнаруживается одна кишечная палочка, коли-индекс – число кишечных палочек в 1 л воды. Санитарные нормы не допускают наличие более трех кишечных палочек в 1 л воды.

Техника оценки качества поливных вод

1. Охарактеризовать источник взятой для анализа поливной воды.
2. Провести определение физических показателей поливной воды:
 - температуры воды в момент забора пробы;
 - цветности: визуально и в градусах цветности по платиново-кобальтовой шкале;
 - запаха по пятибалльной шкале;
 - вкусовых качеств воды;
 - мутности по светопропусканию (или в градусах прозрачности).
3. Дать оценку воды по физическим показателям.
4. Провести определение химического состава воды.
5. Определить активную реакцию воды (рН) колориметрическим или электрометрическим методами.
6. Определить плотный (сухой) остаток, г/л.
7. Выявить наличие катионов (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) и анионов (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--}) в поливной воде, ммоль/л.
8. Определить степень минерализации испытуемой воды в соответствии с существующей группировкой.
9. Оценить пригодность анализируемой поливной воды для орошения по критическому отношению (числу) И. Н. Антипова-Каратаева и величине SAR. На основании полученных расчетных данных сделать заключение об опасности засоления и осолонцевания почв при поливе анализируемыми водами.
10. Определить общую жесткость воды.
11. Определить окисляемость воды.
12. Представить все данные в сводной таблице и дать общее заключение о пригодности воды для орошения.

Контрольные вопросы

1. Что такое загрязнение почвы и как оно происходит?
2. Что такое поливная вода?
3. Какое количество бактерий может содержаться в воде?
4. Перечислите основные физические показатели поливной воды.

Практическая работа № 6

РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПРОМЫВНОЙ НОРМЫ ДЛЯ СКВОЗНОЙ ПРОМЫВКИ ПОЧВЫ ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ

В настоящее время существуют следующие методы мелиорации засоленных почв, главным образом солончаков:

- 1) механическое удаление солей;
- 2) запашка солей;
- 3) поверхностная промывка;
- 4) вымывание солей;
- 5) сквозная промывка;
- 6) гипсование;
- 7) биологическая мелиорация.

Среди них сквозная промывка является наиболее надежным и действенным приемом освобождения засоленных почв от избытка водорастворимых солей. Вместе с тем это и наиболее трудоемкий и дорогостоящий метод, поскольку он предусматривает строительство дренажа (в случае отсутствия естественного), проведение планировки полей, разбивку полей на промывные делянки и подачу больших количеств воды для промывки с последующим отводом «грязных» промывных вод за пределы рассоляемого массива.

Промывка засоленных почв – очень сложный физико-химический процесс, связанный с растворением солей, передвижением солевых растворов в почве, процессов диффузии, физической и химической сорбции, движения грунтовых вод в связи с поступлением значительных количеств дополнительной воды и т. д.

Вода, проходя почвенные горизонты, растворяет соли и вымывает их в грунтовые воды. В случае недостаточного их оттока применяют

искусственный дренаж. Помимо рассоления почвы промывкой иногда достигают и опреснения грунтовых вод, что необходимо для предотвращения реставрации засоления. Рассоление почвы можно провести за 1 – 2 года, для опреснения грунтовых вод требуется длительное время и большое количество воды.

Под *сквозной промывкой* понимают вымывание водорастворимых солей из всей толщи почвенного профиля, вынос растворенных солей в грунтовые воды с удалением их в условиях естественного или искусственного дренажа за пределы орошаемого массива. Количество воды, необходимое для промывки солей из почвы, зависит от степени засоления, физических свойств почв, глубины залегания грунтовых вод и определяется промывной нормой, под которой понимают количество воды, подаваемое в течение промывного периода для вымывания водорастворимых солей из почвенного профиля.

Подготовительные работы перед промывкой. Перед началом промывки необходимо провести планировку поверхности участка. Это способствует равномерности не только распределения воды по поверхности, но и ее просачивания вглубь, что значительно сокращает расход воды. При планировке срезаются повышения, разравниваются промоины, ямы, понижения, при этом необходимо следить, чтобы на маломощных почвах срезки были по возможности небольшими.

После планировки проводят глубокую уравнительную вспашку и малование или легкое прикатывание. Затем на хорошо спланированных участках проводят деление на делянки, или чеки, площадью 0,2 – 0,25 га путем устройства валиков специальным валикоделывателем или плугом в два прохода. Высота валиков – 30 см, ширина у основания – 60 – 80 см.

На спланированных участках чеки делают прямоугольной формы с шириной сторон 15 – 25 м и длиной 50 – 70 м. При наличии на делянке пятен с засолением площадью более 100 м², резко превышающим степень засоления остальной площади, вокруг пятен устраивают дополнительные валики для проведения на них промывки большими нормами.

В связи с неравномерным распределением солей на подготовленных для промывки участках необходимо провести тщательную солевую съемку с последующим определением количественного и качественного состава солей по результатам водной вытяжки.

Процесс промывки и возможные негативные последствия

Обычно промывку делают в два этапа. При этом лучшими сроками считаются поздняя осень, когда испарение воды с поверхности почвы наименьшее, а уровень грунтовых вод несколько понижается.

Первый полив (на первом этапе) проводят из расчета увлажнения метрового слоя почвы до наименьшей влагоемкости. Эта порция воды растворяет соли, и уже солевой раствор заполняет все капиллярные поры. В зависимости от гранулометрического состава почвы на это обычно требуется от 1 – 2 до 3 – 5 суток. После этого приступают ко второму этапу промывки – вытеснению солевого раствора (солей) за пределы почвенного профиля в грунтовые воды и далее отведение с помощью дренажа за пределы орошаемой территории. Считают, что количество воды, необходимое для растворения солей, является достаточным в пределах наименьшей (предельной полевой) влагоемкости. Ее определяют по разности между НВ и количеством влаги, находящейся в почве до промывки.

Солевой раствор из почвы можно вытеснить объемом воды, равным количеству уже имеющейся в почве воды, насыщенной до НВ. Из этого следует, что минимальная промывная норма равна двойной наименьшей влагоемкости.

При расчете промывной нормы для конкретного поля необходимо:

1. Определить полную влагоемкость (водовместимость) и наименьшую влагоемкость. Рассчитать, какое количество воды разместится в рассоляемом слое, какая часть будет удержана этим слоем и какая часть стечет в грунтовые воды.

2. Рассчитать общее количество воды, которое необходимо для перевода солей в раствор и вымывания их из почвенного профиля. Для этого необходимы специальные исследования или литературные данные.

3. Определить, на сколько повысится уровень грунтовых вод при промывке.

4. На основании предварительно определенной проточности грунтовых вод рассчитать, как быстро повысившийся уровень грунтовых вод примет нормальное положение.

5. В случае слабого оттока грунтовых вод спроектировать дренажную систему.

О расчете промывных норм будет сказано далее, здесь же следует остановиться на проверке эффективности промывки и ее возможных негативных последствиях.

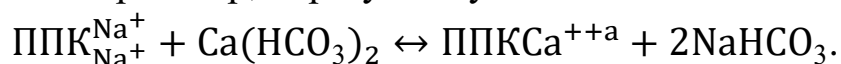
Эффективность промывки может быть установлена по внешним признакам и на основании качественного определения ионов в промывном слое почвы (экспресс-метод) либо проведением анализа водной вытяжки.

По внешним признакам хорошо промытая почва характеризуется следующими показателями: темный цвет почвы после промывки постепенно переходит в светлый и она приобретает красноватый оттенок; при обработке почва крошится на мелкие комочки, становится менее вязкой и в момент спелости покрывается сетью мелких трещин.

Качественный химический анализ основан на контроле за вымыванием иона хлора путем связывания его в водной вытяжке азотнокислым серебром с образованием густого белого творожистого осадка хлористого серебра в случае значительных количеств хлора, т. е. при недостаточной промывке. При хорошей промывке осадок не образуется, вытяжка остается прозрачной либо дает легкую муть.

Количественное определение ионов хлора, а также общей щелочности и щелочности от нормальных карбонатов проводят как при анализе водной вытяжки.

Для качественного (экспрессного) метода образцы отмываемой почвы отбирают с тех мест и глубин, что и до промывки. Отвешивают 10 г почвы, переносят в колбу и приливают 50 мл дистиллированной воды (отношение 1:5). Хорошо перемешивают суспензию и отфильтровывают 5 – 10 мл в пробирку. Затем прибавляют к вытяжке 5 – 10 капель 0,01 нормального раствора AgNO_3 . При промывке засоленных почв наряду с улучшением их свойств могут возникать и негативные изменения, такие как осолонцевание, образование соды, ухудшение физических свойств. В засоленных почвах, особенно в солончаках, почвенные частицы находятся в скоагулированном состоянии благодаря высокой концентрации электролитов в почвенном растворе. С вымыванием солей при промывке происходит пептизация почвенных коллоидов, что приводит к ухудшению микроструктуры. При этом активизируются обменные реакции и поглощенный натрий поступает в почвенный раствор, образуя соду по схеме:



Подщелачивание раствора способствует дальнейшему диспергированию почвенных коллоидов, и они благодаря подвижности вымываются вниз по профилю. На некоторой глубине коллоиды под действием солей электролитов вновь превращаются из золей в гели, накапливаются, что и приводит к образованию иллювиального (солонцового) горизонта.

Этот процесс (осолонцевание) происходит при значительном преобладании ионов натрия над суммой ионов кальция и магния (табл. 26). Для прогнозирования возможности осолонцевания почвы при промывках (особенно в почвах с натриевым засолением) необходимо знать состав катионов солей в почве (по результатам анализа водной вытяжки). Возможность осолонцевания определяется следующим соотношением катионов. Для исключения угрозы осолонцевания, т. е. поддержания соотношения вышеуказанных катионов в почве на уровне не более единицы, в промывные воды следует вносить гипс.

Таблица 26

Опасность осолонцевания почв при разном соотношении катионов

Соотношение катионов, мг-экв	Степень проявления процесса
$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} < 1$	Исключено
$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} = 1 - 4$	Возможно
$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} > 1$	Неизбежно

Лабораторная работа по расчету величины промывной нормы

Задачей постановки опыта в условиях лаборатории является установление промывной нормы по степени выщелачивания солей в искусственных условиях. Обычно исследуют почвы, засоленные солями кальция и натрия. В случае засоления солями кальция при промывке коллоиды насыщаются катионами кальция, придающими почве нормальные химические и физические свойства. При промывке почвы, засоленной солями натрия, коллоиды насыщаются катионами натрия. При этом происходит увеличение общей щелочности от нормальных

карбонатов (CO_3^{--}), что свидетельствует о развитии солонцового процесса. За рассолением почв следят по выщелачиванию солей. Для этого проводят сокращенный анализ водной вытяжки, в которой определяют плотный остаток в процентах; общую щелочность в миллимолях и процентах; щелочность от нормальных карбонатов в миллимолях и процентах; ион-хлор в миллимолях и процентах.

Ход опыта

1. Подбирают три стеклянных цилиндра диаметром 5 – 6 см и высотой 15 – 20 см с сетчатым дном, прикрытым кусочком фильтровальной бумаги.

2. В один цилиндр насыпают почву, засоленную солями кальция, в два других – засоленную солями натрия. Почву не досыпают до края, оставляя свободными 5 – 6 см, и присыпают небольшим слоем песка.

3. Цилиндры ставят на воронки и закрепляют на штативе с держателем и кольцами.

4. В два цилиндра с кальциевым и натриевым засолением подают воду, в третий с натриевым засолением – насыщенный раствор гипса ($3 \text{ г CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ на 1 л воды).

5. Над цилиндрами устанавливают постоянный напор в 2 – 3 см по принципу сосуда Мариотта, используя для этого мерный стеклянный цилиндр на 250 – 500 мл, перевернутый вверх дном.

6. Для сбора фильтрата под воронку ставят мерный цилиндр.

7. Фильтрат объемом 30 мл собирают и выливают в чистый стакан. Набирают не менее пяти порций фильтрата.

8. В каждой пробе определяют CO_3^{--} , HCO_3^- , Cl^- . Для определения щелочности берут 25 мл фильтрата, а для хлора – 3 – 5 мл. Полученные данные пересчитывают на литр раствора. Промывку заканчивают, когда в фильтрате будет не более 0,1 г/л хлора.

9. Промывную норму вычисляют по формуле

$$M = \text{ППВ} - m + n \cdot \text{ППВ},$$

где M – промывочная норма, мл; ППВ (=НВ) – предельная полевая влагоемкость, мл; m – запас воды перед промывкой в почве, мл; n – коэффициент, зависящий от степени и характера засоления (n колеблется от 0,5 до 3,0).

Коэффициент вычисляют по количеству фильтрата и величине $\frac{V}{\text{ППВ}}$, где V – общий объем фильтратов, мл. Величину ППВ (=НВ) находят по разности между исходным объемом воды, взятым для промывки,

и суммой оставшейся воды в сосуде Мариотта и на поверхности почвы с объемом фильтратов. Для контроля величину ППВ (=НВ) можно определить и термовесовым методом, высушивая 5 – 10 г почвы после промывки при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянного веса и вычитая из него затем содержание влаги в почве, находящейся перед промывкой, определенное тем же методом. При промывке почв, засоленных в основном кальциевыми солями, общая щелочность постепенно уменьшается, и почва после вымывания солей (в основном анионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) приобретает благоприятные физико-химические свойства за счет ионов Ca^{++} , находящихся в ППК.

В случае засоления натриевыми солями процесс рассоления зависит от применяемых приемов. Если промывка осуществляется чистой водой, то с течением времени фильтрация замедляется: в фильтрате обнаруживается щелочность от нормальных карбонатов (CO_3^{2-}). Это указывает на появление процесса осолонцевания. Если же промывка проводится водой с добавлением гипса, то солонцеватость не обнаруживается.

На основании полученных данных строится график по величинам ионов Cl^- , HCO_3^- и CO_3^{2-} и делаются определенные выводы. Для того чтобы использовать данные лабораторных опытов для расчета промывной нормы в производственных условиях, необходимо провести дополнительные расчеты. Сначала пересчитывают тот объем воды, который израсходован для промывки определенного веса почвы в цилиндре (условно 250 г) на 1 кг почвы. Затем рассчитывают вес почвы для производственных условий (например, 1 га), мощность рассоляемого слоя (например, 1 м) по формуле

$$P = S \cdot h \cdot d_v,$$

где P – вес почвы в слое h , кг/га; S – площадь рассоляемой почвы, см; h – мощность промываемого слоя, см; d_v – плотность почвы, г/см³.

Зная общий вес промываемой почвы в производственных условиях и количество израсходованной воды для отмытки 1 кг почвы, легко рассчитать промывную норму в метрах кубических на гектар.

Пример. В результате лабораторных исследований при промывке засоленной почвы получены следующие данные: величина ППВ (=НВ), полученная расчетным способом, составила 40 мл. Содержание влаги в почве перед промывкой (m) было 10 мл. При промывке полу-

чено четыре фильтрата по 30 мл, таким образом, общий объем фильтрата составил 120 мл. Определим коэффициент n расчетным путем

$$n = \frac{V_{\text{общ}}}{\text{ППВ}} = \frac{120}{40} = 3.$$

Теперь рассчитаем промывную норму по формуле Л. П. Розова.

$$M = \text{ППВ} - m + n \cdot \text{ППВ} = 40 - 10 + 3 \cdot 40 = 150 \text{ мл.}$$

Такое количество воды условно потребовалось для промывки, например, 250 г почвы. Для пересчета на 1 кг эту величину (150 мл) умножают на коэффициент 3 и получают 600 мл, или 0,6 л/кг. Это количество воды (0,6 л/кг) необходимо пересчитать на вес почвы в мелиорируемом слое (100 см) на площади 1 га. Плотность почвы условно будет равна $1,25 \text{ г/см}^3$.

$$\text{Тогда } P = 100 \text{ см} \cdot 10^8 \text{ см} \cdot 1,25 \text{ г/см}^3 = 12\,500\,000 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Промывная норма будет равна } M = 12,5 \cdot 10^6 \cdot 0,6 = 7\,500\,000 \text{ л/га} = 7500 \text{ м}^3/\text{га.}$$

Проведенные расчеты промывных норм по методу Л. П. Розова не учитывают многих физических свойств почв, минерализации и глубины залегания грунтовых вод и т. д. Поэтому рядом ученых предложены эмпирические формулы, учитывающие эти показатели.

Эмпирические формулы расчета промывных норм. Среди расчетных методов определения промывных норм наиболее часто приводятся и используются эмпирические формулы В. А. Ковды, А. Н. Костякова, В. Р. Волобуева. Формула, предложенная В. А. Ковдой, выгодно отличается от других тем, что в одной формуле одновременно учитываются физические свойства почв (гранулометрический состав), а также глубина и минерализация грунтовых вод:

$$M = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot 400 \cdot S \pm 100,$$

где M – промывная норма, мм вод. ст.; n_1, n_2, n_3 – коэффициенты, показывающие зависимость промывной нормы от гранулометрического состава (n_1), глубины залегания грунтовых вод (n_2) и минерализации грунтовых вод (n_3) (табл. 27); S – среднее содержание солей в слое почвы 0 – 2 м, %; 400 – эмпирический коэффициент; ± 100 – коэффициент, позволяющий увеличить промывную норму для почв тяжелого гранулометрического состава и хлоридного, сульфатно-хлоридного засоления (прибавляя 100, т. е. + 100) и уменьшить ее (т. е. – 100) для почв легкого гранулометрического состава с хлоридно-сульфатным и сульфатным засолением (табл. 28).

Таблица 27

Значения коэффициентов n_1 , n_2 , n_3 для расчета промывной нормы

Гранулометрический состав	n_1	Глубина залегания грунтовых вод, м	n_2	Минерализация грунтовых вод	n_3
Песок	0,5	7 – 10	1,0	Слабая	1,0
Суглинок	1,0	2 – 5	1,5	Средняя	2,0
Глина	2,0	1,5 – 2,0	3,0	Рассолы	3,0

А. Н. Костяковым на основании изучения и обобщения эмпирических формул, предложенных в разные годы Л. П. Розовым, С. В. Астаповым, В. А. Ковдой, В. М. Легостаевым, И. С. Рабочевым и другими, представлена формула, имеющая следующее выражение:

$$M = 100 \cdot h \cdot d_v (\text{НВ} - \text{ЕПВ}) + \frac{S_1 - S_2}{K},$$

где M – промывная норма, м /га; h – глубина промываемого слоя, м; d_v – плотность промываемого слоя почвы, кг (т)/м³; НВ – наименьшая влагоемкость, % от массы почвы; ЕПВ – естественная полевая влажность почвы перед промывкой, %; S_1 – содержание солей до промывки, %; S_2 – допустимое содержание солей после промывки, %; K – коэффициент, показывающий количество солей, вымываемое 1 м³ воды из промываемого слоя почвы, т/м.

Для метрового слоя коэффициент составляет 0,0001 – 0,0006 т/м и зависит от физических свойств почв, глубины залегания грунтовых вод, количества и вида солей. Промывную норму часто определяют также по формуле В. Р. Волобуева

$$M = 10000 \cdot h \cdot \alpha \cdot \lg \frac{S_1}{S_2},$$

где M – промывная норма, м³/га; h – расчетная глубина опреснения, м; α – показатель солеотдачи, зависящий от гранулометрического состава и типа засоления (табл. 28); S_1 – исходное содержание солей перед промывкой, %; S_2 – допустимое содержание солей после промывки, %.

Таблица 28

Относительные величины солеотдачи в зависимости
от свойств почвы, %

Гранулометрический состав почвы	Тип засоления, %			
	Хлоридный	Сульфатно- хлоридный	Хлоридно- сульфатный	Сульфат- ный
Песчаный, супесчаный	0,62	0,75	0,82	1,18
Среднесуглинистый	0,92	1,02	1,12	1,48
Глинистый или суглинистый, но с пониженной солеотдачей	1,22	1,32	1,42	1,78
Глинистый	1,80	1,90	2,10	2,40
Глинистые слитые почвы	2,70	2,80	3,00	3,30

Промывные нормы для почв различного гранулометрического состава и разного типа засоления, рассчитанные по формуле В. Р. Волобуева, соответствуют показателям, приведенным в табл. 29.

Таблица 29

Промывные нормы нетто для слоя почвы мощностью 1 м, м³/га

Содержание солей в расчетном слое до начала промывки, % от веса почвы	Тип засоления			
	Хлоридный	Сульфатно- хлоридный	Хлоридно- сульфатный	Сульфатный
I. Почвы легкого гранулометрического состава со свободной солеотдачей				
Показатель солеотдачи (<i>a</i>)	<i>a</i> = 0,62	<i>a</i> = 0,75	<i>a</i> = 0,82	<i>a</i> = 1,18
0,5 – 1,0	4500	4000	3500	–
1,0 – 1,0	6500	6000	5500	4000
1,0 – 3,0	7500	7000	6500	5500
3,0 – 4,0	8500	8000	7500	7000
II. Почвы среднесуглинистые или аналогичные им по солеотдаче, слоистые почвы неоднородного гранулометрического состава				
Показатель солеотдачи (<i>a</i>)	<i>a</i> = 0,92	<i>a</i> = 1,02	<i>a</i> = 1,12	<i>a</i> = 1,48
0,2 – 0,5	4000	3000	1000	–
0,5 – 1,0	6500	5500	4000	–
1,0 – 1,0	9500	8500	7500	4500
2,0 – 3,0	11000	10000	9500	7000
3,0 – 4,0	12000	11500	11000	9000

Содержание солей в расчетном слое до начала промывки, % от веса почвы	Тип засоления			
	Хлоридный	Сульфатно- хлоридный	Хлоридно- сульфатный	Сульфатный
III. Почвы глинистые или суглинистые с пониженной солеотдачей				
Показатель солеотдачи (<i>a</i>)	<i>a</i> = 1,22	<i>a</i> = 1,32	<i>a</i> = 1,42	<i>a</i> = 1,78
0,2 – 0,5	5000	3500	1500	–
0,5 – 1,0	8500	7000	5500	–
1,0 – 1,0	12000	11000	10000	5500
1,0 – 3,0	14500	13000	12000	8500
3,0 – 4,0	15500	15000	14000	11000
IV. Почвы глинистые с низкой солеотдачей				
Показатель солеотдачи (<i>a</i>)	<i>a</i> = 1,80	<i>a</i> = 1,90	<i>a</i> = 1,10	<i>a</i> = 1,40
0,2 – 0,5	7000	4000	2500	–
0,5 – 1,0	12500	10000	7000	–
1,0 – 1,0	18000	15500	15000	7000
1,0 – 3,0	21500	19000	19000	12000
3,0 – 4,0	23000	21500	21000	14500
V. Почвы глинистые слитые				
Показатель солеотдачи (<i>a</i>)	<i>a</i> = 1,70	<i>a</i> = 1,80	<i>a</i> = 3,00	<i>a</i> = 3,30
0,2 – 0,5	11000	6000	3000	–
0,5 – 1,0	19000	14500	12000	–
1,0 – 1,0	27000	22000	21000	10000
1,0 – 3,0	32000	28000	25000	15000
3,0 – 4,0	35000	31500	30000	20000

Следует напомнить, что исходное среднее содержание солей в почве до промывки S_1 определяется по плотному (сухому) остатку в каждом горизонте (или слое) почвы, а затем рассчитывается средне-взвешенный процент в промываемом слое (например, 1,0 м).

$$S = \frac{S_1 \cdot h_1 + S_2 \cdot h_2 + \dots + S_n \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n},$$

где S – средневзвешенное содержание солей, %; S_1, S_2, \dots, S_n – процент содержания солей в горизонтах: 1, 2, ..., n ; h_1, h_2, \dots, h_n – мощность горизонтов: 1, 2, ..., n .

Считают, что промывку можно заканчивать, когда в промываемом слое окажется предельно допустимое содержание солей, соответствующее определенному типу засоления: 0,2 % – при хлоридном типе засоления; 0,3 % – при сульфатно-хлоридном типе засоления; 0,4 % – при хлоридно-сульфатном типе засоления; 1,0 % – при сульфатном типе засоления.

Порядок выполнения работы по определению и расчету промывных норм

Первая часть предусматривает определение экспериментальным путем в лабораторных условиях промывной нормы для почв различного гранулометрического состава и разных типов засоления. Для этого подбираются почвы соответствующего гранулометрического состава, и в них вводится соответствующее расчетное (1 – 4 %) содержание солей в растворенном виде.

Например, для получения почвы хлоридного засоления с содержанием 1,5 % солей необходимо отвесить 1,5 г соли NaCl в расчете на 100 г почвы, растворить ее в минимальном объеме воды и смочить почву, дать ей просохнуть до воздушно-сухого состояния и затем набивать стеклянные трубки. Если для наполнения трубки требуется 200 г почвы, то отвешивают 3 г соли и т. д. Для смешанных типов засоления составляют пропорции соответствующих солей, имея в виду, что преобладающим является ион, стоящий на втором месте.

Вторая часть работы заключается в расчете промывных норм по эмпирическим формулам. В качестве примера определим промывную норму для почв хлоридного засоления супесчаного гранулометрического состава.

1) ППВ = 20 мл;

2) $m = 8$ мл;

3) в результате промывки получено два фильтрата по 30 мл, т. е. общий объем вытяжки составил 60 мл. Этот объем небольшой, так как супесчаные почвы считаются почвами легкой солеотдачи;

4) по этим данным находим коэффициент $n = \frac{V_{\text{общ}}}{\text{ППВ}} = \frac{60}{20} = 3$;

5) плотность этой почвы (d_v) составляет 1,35 г/см³;

6) в почву вносили хлористый натрий в расчете 1,0 % по плотному остатку.

На основании полученных данных рассчитаем объем воды, необходимый для отмывки солей в колонке с условным количеством почвы, например 250 г, по формуле Л. Н. Розова.

$$M = \text{ППВ} - m + n \cdot \text{ППВ} = 20 - 8 + 3 \cdot 20 = 72 \text{ мл.}$$

Для промывки 1 кг почвы потребуется воды в 4 раза больше, т. е. $72 \cdot 4 = 288 \text{ мл} = 0,288 \text{ л}$.

Для определения промывной нормы на 1 га необходимо вначале вычислить вес мелиорируемого (промываемого) слоя почвы в килограммах, например, в слое мощностью 1 м по формуле $P = h \cdot d_v \cdot S$, где P – вес слоя почвы, кг /га; h – мощность мелиорируемого слоя, см; d_v – плотность почвы, кг · см³; S – площадь 1 га, см².

$$P = 100 \cdot 1,35 \cdot 10^8 = 13,5 \cdot 10^9 = 13\,500\,000.$$

После этого рассчитываем количество воды, необходимое для промывки $13,5 \cdot 10^6$ кг почвы в метровом слое с учетом количества воды, затраченной на промывку 1 кг почвы в лабораторных условиях.

$$M = 13\,500\,000 \cdot 0,288 = 3\,888\,000 \text{ л /га} = 3\,886 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Затем для этой же почвы с такими же исходными данными рассчитаем промывную норму, применяя вышеприведенные эмпирические формулы.

1. Рассчитаем промывную норму по формуле В. А. Ковды

$$M = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot 400 \cdot S \pm 100.$$

Согласно показателям коэффициентов n_1 , n_2 , n_3 , приведенным в табл. 27, для анализируемой почвы эти коэффициенты будут иметь следующие значения:

$n_1 = 0,5$ – почва легкого гранулометрического состава;

$n_2 = 1,5$ – глубина грунтовых вод условно взята 5 м;

$n_3 = 1,0$ – минерализация грунтовых вод средняя и малая;

$S = 1,0$ % – исходное содержание солей.

Тогда $M = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 400 \cdot 1,0 + 100 = 300 + 100 = 400$ мм вод. ст. = 4000 м^3 /га. *Примечание:* поскольку почва имеет хлоридный тип засоления, мы, как условились выше, прибавляем к расчетной величине 300 мм величину коэффициента, равную 100, и получаем 400 мм вод. ст., или $4000 \text{ м}^3/\text{га}$.

2. Проведем расчет промывной нормы по формуле А. Н. Костикова

$$M = 100 \cdot h \cdot d_v (\text{НВ} - \text{ЕПВ}) + \frac{S_1 + S_2}{K},$$

где необходимые данные находятся из условия задания: $h = 1$ м – мощность промываемого слоя; $d_v = 1,35$ г/см; $\text{НВ} = 20$ % (от веса почвы) – наименьшая влагоемкость (условно каждый миллиметр влаги соответствует одному проценту, и если в лабораторном опыте установлено, что $\text{ППВ} = \text{НВ} = 20$ мл, то это соответствует 20 %); $\text{ЕПВ} = 10$ % (от веса почвы) – естественная полевая влажность перед промывкой (рассчиты-

вается так же, как НВ); $S_1 = 1,0 \%$ – исходное содержание солей; $S_2 = 0,2 \%$ – предельно допустимое содержание солей при хлоридном типе засоления; $K = 0,0004$, поскольку у легких почв быстрее и лучше идет процесс солеотдачи. Тогда $M = 100 \cdot 1,0 \cdot 1,35(20 - 8) + (1,0 - 0,2) : 0,0004 = 135 \cdot 12 + 2000 = 3620 \text{ м}^3/\text{га}$.

3. Промывная норма по формуле В. Р. Волобуева имеет величину

$$M = 10000 \cdot h \cdot a \cdot \lg \frac{S_1}{S_2} = 10000 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot \lg \frac{1,0}{0,2} = 6200 \cdot 0,6990 = 4334 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Таким образом, на основании проведенных исследований и расчетов можно заключить, что промывные нормы, полученные в результате лабораторного опыта и расчетным путем (по формулам), довольно близки между собой, колеблясь в пределах $3620 - 4334 \text{ м}^3/\text{га}$. Средний показатель $3961 \text{ м}^3/\text{га}$ с отклонениями от среднего $\pm(+73; +341)$ и $(-39; -373)$. Это можно считать небольшой погрешностью при больших промывных нормах.

Контрольные вопросы

1. Что такое промывная норма?
2. Для чего необходимо рассчитывать промывную норму?
3. С чем связаны промывные нормы и гранулометрический состав?
4. С чем связаны промывные нормы и тип засоления?

Практическая работа № 7

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ И ЕЕ УСТРАНЕНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЕМ

Одним из широко распространенных неблагоприятных свойств почвы является ее кислотность. По современным представлениям кислотность почв может быть обусловлена содержанием обменного водорода, обменного алюминия, наличием других элементов (например, железа, марганца) и соединений. В общем виде реакция почвенного раствора зависит от соотношения в нем ионов водорода H и гидроксила OH .

Как известно, реакция среды выражается символом pH , представляющим собой отрицательный логарифм концентрации водородных

ионов. Почвы считаются нейтральными при рН почвенного раствора, равного 7; щелочными, если рН более 7, и кислыми, если рН менее 7.

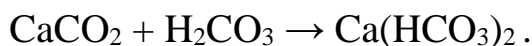
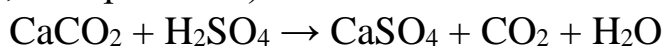
Реакция почвенного раствора в его кислом интервале оказывает существенное негативное влияние (впрочем, точно так же, как и в почвах щелочного ряда) на рост и развитие растений, деятельность микроорганизмов, на химические, физические свойства и в целом на плодородие почв.

Распространение кислых почв и отношение растений к реакции почвенного раствора

Почвы с кислой реакцией среды широко распространены в мире. Это формации кислых аллитных, кислых аллитно-каолинитовых, кислых каолинитовых, наконец, кислых сиаллитных почв. Значительные площади кислых почв находятся в субтропических и тропических районах, где за сотни тысяч и миллионы лет промывного режима, выветривания и лесного почвообразования, не прерываемого катаклизмами типа оледенения, образовались аллитные, латеритные (Fe-Al) кислые почвы, тропические подзолы, желтоземы, красноземы и др.

В общей сложности все эти почвы на нашей планете составляют примерно 40 % почвенного покрова. Особенно тревожит то, что процесс не приостановлен, а наоборот, образование кислых почв идет ускоренными темпами главным образом за счет «вторичной кислотности», обусловленной антропогенными факторами (кислотные дожди, физиологически кислые удобрения, выбросы кислых реагентов: двуокись серы, окислы азота, двуокись углерода и т. д.). Этот процесс коснулся и некоторых подтипов черноземных почв.

Отрицательное влияние почвенной кислотности проявляется в том, что в почвах, во-первых, повышается концентрация токсичных для растений ионов Al^{+} , Mn^{2+} , H^{+} , а при сильном подкислении – и других высокотоксичных ионов, в том числе тяжелых металлов (Cr, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Co, Hg); во-вторых, в результате воздействия органических и минеральных кислот происходит разрушение труднорастворимого углекислого кальция, перевод его в более растворимое состояние (гипс, бикарбонаты)



Реакции подобного типа ведут к потере из ППК также Mg^{++} , K^{+} , Na^{+} .

В-третьих, происходит изменение доступности растениям элементов питания. Так, усвояемость фосфора максимальна при $pH = 5,5$, снижаясь в кислую и щелочную сторону (возрастает лишь при pH около 9,0 и выше). При этом в кислой среде происходит образование малорастворимых фосфатов железа и алюминия. В кислой среде повышается растворимость соединений Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn, при избытке которых продуктивность растений снижается. В кислом интервале (pH меньше 5,5) уменьшается содержание нитратов (подавление нитрифицирующих бактерий), тормозится поглощение катионов Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , K^+ и др.

В-четвертых, ухудшаются физические и физико-химические свойства почв. Насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к их постепенному разрушению и вымыванию в нижележащие горизонты. Незначительное содержание коллоидной фракции и кальция в ППК обуславливают плохую структуру, а также неблагоприятные физико-химические свойства: низкую емкость поглощения и слабую буферность. Увеличение доли водорода во фракциях гумусовых кислот и соответствующее уменьшение кальция повышают дисперсность и подвижность почвенного гумуса. Кислая реакция почвенного раствора отрицательно сказывается на росте и развитии растений.

Исследованиями установлено, что кислая реакция в первый период роста вызывает сильные нарушения в углеродном и белковом обмене, отрицательно влияет на закладку генеративных органов, что приводит к снижению урожайности. При кислой реакции ослабляется синтез белковых веществ, содержание белка и общего азота в растениях уменьшается с увеличением в них небелковых форм. Также снижается превращение моносахаров в другие более сложные органические соединения.

Повышенная кислотность затрудняет рост корней, отрицательно влияет на физико-химическое состояние протоплазмы клеток корня, нарушает нормальную проницаемость и обмен веществ в корнях. Повышенная кислотность почвенного раствора в связи с появлением в нем подвижных Al^{3+} и Mn^{2+} является причиной снижения зимостойкости озимых культур.

Практикой и экспериментальными исследованиями установлено, что наиболее благоприятной для растений в физиологическом отношении считается нейтральная или близкая к нейтральной, а также слабокислая

и слабощелочная реакция почвенного раствора. В крайних интервалах реакции среды происходит угнетение роста растений и даже их гибель.

Различные растения в зависимости от их биологических и экологических особенностей имеют неодинаковые интервалы рН, благоприятные для их роста и развития, и обладают, естественно, неодинаковой пластичностью и чувствительностью при изменении реакции среды (табл. 30).

Таблица 30

Оптимальные интервалы рН для растений и микроорганизмов

Растение	Интервал рН, благоприятный для роста	Растение	Интервал рН, благоприятный для роста
1. Зерновые культуры		5. Прядильные культуры	
Пшеница озимая	6,3 – 7,5	Хлопчатник	6,5 – 7,3
Пшеница яровая	6,0 – 7,3	Конопля	6,7 – 7,4
Ячмень	6,0 – 7,5	Лен	5,5 – 6,5
Рожь	5,0 – 7,7	6. Овощные культуры	
Овес	5,0 – 7,5	Огурцы	6,4 – 7,8
Просо	5,5 – 7,6	Томат	5,0 – 8,0
Кукуруза	6,0 – 7,5	Капуста кочанная	7,0 – 7,4
Рис	5,5 – 6,5	Салат	6,0 – 7,0
Гречиха	4,7 – 7,5	Редис	5,0 – 7,3
2. Зернобобовые		Лук	6,4 – 7,5
Горох	6,0 – 7,0	Баклажан	5,5 – 6,0
Кормовые бобы	6,0 – 7,0	7. Плодовые, кустарниковые и ягодные	
Соя	6,5 – 7,5	Абрикос	6,0 – 7,0
Фасоль	6,4 – 7,1	Апельсин	6,0 – 7,5
Люпин	4,6 – 6,0	Вишня	5,5 – 8,0
3. Корнеплоды и капуста кормовая		Груша	6,0 – 7,5
Сахарная свекла	7,0 – 7,5	Лимон	6,0 – 7,5
Кормовая свекла	6,2 – 7,5	Персик	6,0 – 7,5
Морковь	5,6 – 7,0	Яблоня	5,5 – 7,0
Брюква	4,8 – 5,5	Крыжовник	5,5 – 7,0
Капуста	7,0 – 7,4	Ежевика	4,5 – 6,0
Тупнепс	6,0 – 7,0	Земляника	5,0 – 6,5
4. Клубнеплоды		Чайный куст	6,0 – 7,5
Картофель	4,5 – 6,3	Виноград	6,0 – 7,5

Растение	Интервал pH, благоприятный для роста	Растение	Интервал pH, благоприятный для роста
8. Бахчевые культуры		12. Древесные породы	
Арбуз	5,5 – 6,5	Береза	5,0 – 6,5
Тыква	5,5 – 6,5	Дуб	5,5 – 6,5
9. Масличные		Ясень	5,5 – 7,0
Подсолнечник	6,0 – 6,8	13. Микроорганизмы	
Рапс	6,0 – 7,5	Грибы	3,5 – 6,0
10. Многолетние бобовые травы		Азотобактер	6,5 – 7,8
Клевер	6,0 – 7,0	Нитрификаторы	6,0 – 8,0
Люцерна	7,2 – 8,0	Денитрификаторы	7,0 – 8,0
11. Многолетние злаковые травы		Клубеньковые бактерии	6,6 – 7,0
Тимофеевка	4,5 – 7,6	14. Однолетние бобовые кормовые травы	
Ежа сборная	6,0 – 7,0	Вика	5,5 – 7,5
Овсяница луговая	5,0 – 7,0	Сераделла	6,0 – 7,0

Наиболее действенным приемом снижения кислотности почв является их известкование. По отношению к реакции среды и по требовательности к известкованию сельскохозяйственные культуры, плодовые деревья и кустарники подразделяют на пять групп (табл. 31).

Таблица 31

Группировка растений по отношению к кислотности почв
и отзывчивости на известкование (по разным источникам)

Интервалы рН				
7 – 8 (6,8 – 7,1*)	6 – 7 (6,0 – 7,5*)	4,5 – 7,5 опт. 5,5 – 6,0	5,5 – 6,0 (5,5 – 6,5*)	4,5 – 5,0 (4,5 – 6,0*)
Наиболее чувствительные к кислотности и отзывчивые на известкование	Чувствительные к повышенной кислотности и отзывчивые на известкование	Слабочувствительные к кислотности и отзывчивые на известкование	Слабочувствительные к кислотности и не переносящие избытка кальция	Благоприятная кислая реакция
I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа
Хлопчатник Люцерна Эспарцет Свекла (сахарная, столовая, кормовая) Конопля Капуста Лук** Чеснок Перец Шпинат Клевер луговой Донник Горчица	Пшеница яровая и озимая Ячмень Кукуруза Горох Вика Кормовые бобы Соя Фасоль Подсолнечник ** Огурцы Лук** Салат Капуста (кормовая и цветная) Слива Вишня Клевер** Яблоня	Рожь Овес Просо Гречиха Морковь** Редис Томат** Тимофеевка	Лен Картофель Подсолнечник ** Морковь** Томат** Кабачок Арбуз Репка Редька Петрушка Табак Груша Крыжовник Малина Земляника	Чайный куст Люпин синий и желтый Сераделла Щавель

Примечания: * – интервалы кислотности по разным источникам,

** – отнесение культур к разным группам по разным источникам.

Виды почвенной кислотности. В настоящее время различают следующие виды почвенной кислотности:

1. Актуальная (или активная).
2. Потенциальная (скрытая):
 - а) обменная;
 - б) гидролитическая.

Актуальная кислотность – это кислотность почвенного раствора, обусловленная присутствием свободных ионов водорода, отдиссоциированных свободными минералами (например, H_2CO_3) и органическими кислотами, образующимися в почве (например, аминокислоты, карбоновые кислоты: янтарная $\text{HO} - \text{OC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$, уксусная CH_3COOH и т. д.).

Актуальная кислотность почвы – очень важный показатель, поскольку определяет условия существования растений и жизнедеятельность микроорганизмов, поэтому определение рН почвенного раствора выступает неизменным условием характеристики почв. Обычно рН почвенного раствора измеряют редко ввиду трудоемкости его вытеснения из почвы. Вместо этого анализируют водные вытяжки или водные суспензии почв, которые готовят в соответствии с решением II Международного конгресса почвоведов (1930), при отношении почва : вода = 1 : 2,5 (для торфа 1 : 25). Степень кислотности почвенных растворов, вытяжек и суспензий оценивают величиной рН, обусловленной концентрацией ионов водорода (табл. 32).

Таблица 32

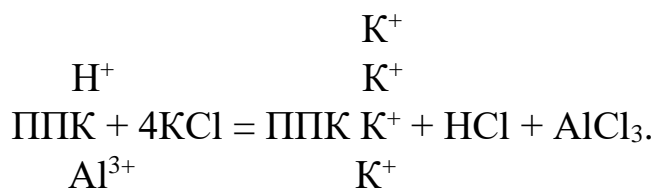
Группировка актуальной кислотности почв в зависимости от концентрации ионов водорода

Степень кислотности	рН водорода	Концентрация ионов, г/л
Сильнокислая	3 – 4	$10^{-3} - 10^{-4}$
Кислая	4 – 5	$10^{-4} - 10^{-5}$
Слабокислая	5 – 6	$10^{-5} - 10^{-6}$
Нейтральная	7	10^{-7}
Слабощелочная	7 – 8	$10^{-7} - 10^{-8}$
Щелочная	8 – 9	$10^{-8} - 10^{-9}$
Сильнощелочная	9 – 11	$10^{-9} - 10^{-11}$

Потенциальная кислотность характеризует суммарную концентрацию кислот и кислотных агентов, существующих в почве в поглощенном состоянии, в основном ионов водорода и алюминия. Потенциальная кислотность определяется путем титрования почвенного раствора или почвенной суспензии раствором щелочи определенной концентрации и выражается в миллимолях на 100 г почвы.

Разновидностью потенциальной кислотности следует назвать *обменную кислотность*, которая обусловлена наличием в ППК обменного

водорода или обменного алюминия. Определяют ее путем воздействия на почву раствором нейтральной соли, например



Для определения количества кислотности солевую вытяжку (но не суспензию) титруют раствором щелочи и результат выражают в миллимолях: $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ или $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = 3\text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3$.

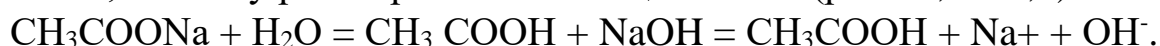
Часто обменная кислотность характеризуется также величиной рН, т. е. степенью кислотности вытяжки или суспензии. Обменная кислотность характерна для дерново-подзолистых, серых лесных, бурых лесных почв и красноземов, поэтому ее определяют только в почвах, имеющих кислую и сильноокислую реакцию водной вытяжки; в щелочных почвах она отсутствует.

Для почв, в которых определяется обменная кислотность, принята следующая группировка по степени кислотности (рН_{КCl}):

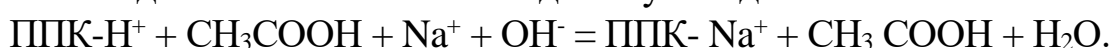
1. Очень сильноокислые и кислые почвы имеют рН > 4,5.
2. Среднекислые 4,6 – 5,0.
3. Слабокислые 5,1 – 5,5.
4. Близкие к нейтральной реакции 5,6 – 6,0.
5. Нейтральные 6,1 – 7,0.

В почвенном поглощающем комплексе помимо легкоподвижных ионов водорода и алюминия, вытесняемых в раствор нейтральной солью (0,1 н КCl), видимо, имеются и более связанные ионы водорода, вытесняемые лишь при щелочной реакции соответствующей соли ацетата натрия.

Ацетат натрия (CH₃COONa) является гидролитически щелочной солью, и поэтому образующуюся при этом кислотность назвали гидролитической. В водном растворе эта соль гидролитически расщепляется и образует слабодиссоциирующую уксусную кислоту и сильное основание, поэтому раствор становится щелочным (рН = 8,2 – 8,5)

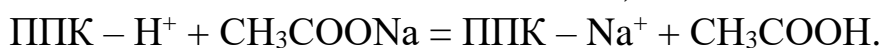


Взаимодействие с ППК почвы далее уже идет по схеме



Поскольку в состав гидролитической входит и обменная кислотность (т. е. легкообменивающиеся ионы Н), то гидролитическая кислотность обычно больше обменной.

Многие авторы, как отмечает Д. С. Орлов (1992), объясняют это именно щелочной реакцией ацетата натрия ($pH = 8,2 - 8,5$). Но при выравнивании pH различия сохранялись. Д. С. Орлов считает, что причина заключается в конечных результатах реакции взаимодействия, а именно в образовавшейся сильнодиссоциированной (на 100 %) соляной кислоте, ионы водорода которой вследствие этого могут вновь поглощаться почвой и слабодиссоциированной уксусной кислотой, которая накапливается в почвенном растворе, что видно из схем реакций:



С этим следует согласиться, имея в виду, что лабораторная модель вытеснения ионов водорода (Al^{3+}) лишь очень приближенно отражает процессы обмена в природной обстановке. Но как показатель имеющихся в почве различий по степени связывания ионов Н (и А1) эта модель вполне приемлема и, более того, она прошла испытание временем и практикой, поскольку избавление от кислотности основано на определении именно гидролитической кислотности и нейтрализации ее известью.

Определение необходимости известкования почв

Кислая среда почвенного покрова всегда бросается в глаза при внимательном рассмотрении поверхности почвы и произрастающей растительности. Белесый оттенок поверхности почвы, выраженный подзолистый горизонт, достигающий 10 и более сантиметров, говорят о кислой реакции и необходимости известкования. Многие дикие и сорные растения являются эдификаторами кислой реакции: щавель, хвощ, ситник, шучка, лютик ползучий, вереск, багульник, белоус и др. Плохой рост и сильное изреживание клевера, люцерны, свеклы, озимой пшеницы, кукурузы и других культур, чувствительных к повышенной кислотности, свидетельствуют о необходимости известкования. Более обоснованно необходимость известкования почв устанавливают по результатам агрохимического анализа, определяя pH солевой вытяжки и степень насыщенности основаниями ($V, \%$). Если pH_{KCl} менее 4,5, то нуждаемость в известковании сильная, от 4,6 до 5,0 – средняя, от 5,5 –

слабая и при рН выше 5,5 почва в известковании не нуждается. Показатель степени насыщенности основаниями рассчитывается по формуле, %,

$$V_{\%} = \frac{S}{S+H} 100 \%,$$

где S – сумма поглощенных оснований, мг-экв.; H – величина гидролитической кислотности, ммоль.

Показатель дает придержки для установления степени нуждаемости в известковании. При $V = 50$ % и ниже нуждаемость в известковании сильная, при $V = 50 - 70$ – средняя, при $70 - 80$ – слабая; при V более 80 % почва в известковании не нуждается.

При равных значениях рН почвы с более высокой степенью насыщенности основаниями слабее нуждаются в известковании. При совмещении этих показателей, а также с учетом гранулометрического состава точность нуждаемости в известковании повышается. Недостатком является то, что все это качественные показатели признака, хотя и на их основании Всероссийским научно-исследовательским институтом рассчитаны приблизительные дозы извести в зависимости от рН и гранулометрического состава (табл. 33).

Таблица 33

Дозы извести в зависимости от рН и гранулометрического состава почвы, т/га

Гранулометрический состав почв	рН солевой вытяжки					
	< 4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4 – 5,5
Песчаные	2,5	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7 – 0,5
Супесчаные	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2 – 1,0
Легкосуглинистые	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесуглинистые	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистые	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Глинистые	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

Недостатком расчетного метода является то, что величина рН не служит прямой мерой количества кислотности и по ней нельзя рассчитать полную дозу извести. Для этого необходимо определить количество кислотности, для чего и определяют гидрологическую кислотность, величину которой умножают на коэффициент 1,5 и получают полную норму извести. Коэффициент 1,5 получается в результате следующих расчетов. Для нейтрализации 1 мг-экв. ионов H^+ на 100 г почвы

требуется эквивалентное количество CaCO_3 , т. е. 1 мг-экв., что соответствует 50 мг CaCO_3 , а на 1 кг – 500 мг CaCO_3 . Если мы условно примем мощность пахотного слоя равной 20 см, а плотность почвы – 1,5 г/см, в этом случае вес почвы на 1 га будет равен 3 000 000 кг. Умножив величину CaCO_3 , найденную для нейтрализации 1 кг почвы, т. е. 500 мг, на массу пахотного слоя 3 000 000 кг и разделив на 10^9 (для пересчета миллиграммов в тонны), получают

$$\text{CaCO}_3 = \frac{H^+ \cdot 500 \cdot 3000000}{1000000000} = H_T \cdot 1,5.$$

Однако рассчитанный коэффициент 1,5 не может считаться универсальным для почв с различной мощностью пахотного слоя и плотностью сложения. Поэтому в каждом случае требуется точный расчет с учетом конкретных параметров почвы.

Лабораторная работа по расчету доз извести для мелиорации кислых почв

Для выполнения этого задания необходимо определение гидролитической кислотности в серии образцов различных типов и разновидностей почв (дерново-подзолистые, серые лесные, черноземные, лугово-черноземные почвы различного гранулометрического состава), чтобы на основании лабораторного анализа и последующих расчетов сделать вывод о степени проявления этого признака и необходимых мелиоративных мероприятиях.

Определение гидролитической кислотности проводят известным методом Каппена.

Ход определения

1. В серию конических колб на 200 мл на теххимических весах отвешивают по 20 г почвы (в двух повторностях), просеянной через сито диаметром 1 мм. Подбираются почвы разных типов с возможно широким колебанием гранулометрического состава.

2. Приливают к почве 50 мл 1 н CH_3COONa (раствор должен иметь рН 8,2 – проверить по фенолфталеину) и взбалтывают 1 час.

3. Суспензию фильтруют через сухой складчатый фильтр (белая лента). Перед фильтрованием содержимое колбы взбалтывают и переносят на фильтр большую часть почвы. Первую порцию перефильтровывают.

4. Пипеткой берут 25 мл чистого фильтрата в коническую колбу на 100 мл, прибавляют две-три капли фенолфталеина.

5. Фильтрат титруют 0,1 н NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

6. По количеству затраченной на титрование щелочи вычисляют величину гидролитической кислотности по формуле

$$H_{\Gamma}^{+} = \frac{a \cdot N \cdot K \cdot 1,75 \cdot 100}{C},$$

где H_{Γ}^{+} – величина гидролитической кислотности, ммоль/100 г почвы; a – количество миллилитров, израсходованное на титрование; N – нормальность щелочи; K – поправка к титру щелочи; 1,75 – условно принятый коэффициент на неполноту вытеснения H ; 100 – множитель для перерасчета на 100 г почвы; C – навеска почвы, соответствующая аликвоте, взятой на титрование (25 мл).

Вычисление доз извести по гидролитической кислотности можно провести на примере светло-серой лесной слабоподзоленной легкоуглинистой почве.

1. Пусть величина гидролитической кислотности в верхнем 18-сантиметровом слое h почвы равна 5,6 ммоль/100 г почвы, т. е. в 100 г почвы имеется 5,6 ммоль поглощенного водорода. Тогда в 1 кг почвы будет содержаться 56 ммоль или 0,056 г H^{+} .

2. Рассчитывают вес слоя почвы P мощностью 18 см h и плотностью d_v 1,36 г/см³ на площади S 1 га (10⁸ см²) по формуле

$$P = h \cdot d_v \cdot S = 18 \cdot 1,36 \cdot 10^8 = 2\,450\,000 \text{ кг.}$$

3. Пересчитывают содержание поглощенного водорода на весь мелиорируемый слой почвы расчетного веса на площади 1 га

$$H^{+} \text{ кг/га} = P \cdot H_{\Gamma} = 2\,450\,000 \cdot 0,056 = 137,2 \text{ кг/га } H^{+}.$$

4. Рассчитывают количество извести для нейтрализации этого количества водорода, руководствуясь эквивалентными взаимоотношениями, т. е. на 1 часть H необходимо затратить n частей $CaCO_3$ (мол. вес $CaCO_3 = 40 + 12 + 48 = 100 : 2 = 50$), значит, на 1 часть H^{+} надо затратить 50 частей $CaCO_3$.

Следовательно, для нейтрализации 137,2 кг H^{+} , содержащихся в слое 0 – 18 см, требуется 6860 кг, или 6,86 т/га $CaCO_3$ (доза $CaCO_3$ т/га = 137,2 · 50 = 6860 кг = 6,86 т/га).

Такой расчет делается по всем анализируемым пробам в зависимости от типа почв и их гранулометрического состава.

При использовании кроме извести других известковых материалов приводим в них процентное содержание CaCO_3 , %,

1. Мел	90 – 100
2. Известняковая и доломитовая мука	80 – 100
3. Озерная известь (гажа)	80 – 100
4. Известковый сапропель	50 – 75
5. Известковый туф (1 – 3 сорта)	80 – 60
6. Дефекат	40 – 75

Пример вычисления (табл. 34). На титрование 50 мл фильтрата, соответствующего 20 г почвы, израсходовано 4 мл 0,1 н раствора NaOH. На титрование гидролитической кислотности в 100 г почвы потребуется в 5 раз больше раствора NaOH, следовательно, количество миллилитров NaOH должно быть умножено на 5. Поскольку при однократной обработке почвы раствором CH_3COONa поглощенный водород вытесняется не полностью, полученную величину умножают на условный коэффициент 1,75.

Таблица 34

Индивидуальные задания

Вариант	Объем фильтрата, мл	Масса почвы, г	Объем на титрование, мл
1	50	20	9
2	50	20	6
3	50	20	6
4	50	20	4
5	50	20	5
6	50	20	3
7	50	20	5
8	50	20	6
9	50	20	5
10	50	20	8
11	50	20	9
12	50	20	7
13	50	20	3
14	50	20	5
15	50	20	8
16	50	20	8
17	50	20	3
18	50	20	7
19	50	20	5
20	50	20	7

Следовательно, гидролитическая кислотность будет равна H^+ на 100 г почвы $0,1012 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 1,75 = 3,54$ мг-экв. Расчет можно упростить, объединив постоянные множители в коэффициент $8,75 = 5 \cdot 1,75$.

Контрольные вопросы

1. Что такое почвенная кислотность?
2. Чем обусловлена кислотность почвы?
3. Опишите механизм подкисления почвы.
4. Какие источники кислотности в почве вы можете назвать?

Практическая работа № 8

МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ И СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ

Почвы, содержащие в почвенном поглощающем комплексе (ППК) иллювиального (солонцового) горизонта ($B_{па}$) значительные количества обменного натрия, а иногда и магния, называются солонцами. Эти почвы имеют хорошо дифференцированный профиль, состоящий из надсолонцового гумусово-элювиального (AE), иллювиального (солонцового) и подсолонцовых горизонтов, содержащих карбонаты, гипс, и глубже расположенного горизонта максимального скопления легкорастворимых солей. Наличие в подсолонцовом горизонте скопления различных по растворимости солей (трудно-, средне- и легкорастворимых) позволяет относить солонцы (как и солончаки) к почвам засоленного ряда, но имеющим засоление на глубине.

Присутствие в почвенно-поглощающем комплексе почвы натрия в значительных количествах обуславливает плохие химические, физико-химические и физические свойства почв, что отрицательно влияет на рост и развитие растений. Прежде всего отрицательное влияние оказывает щелочная реакция иллювиального и нижележащих горизонтов, обусловленная присутствием соды Na_2CO_3 .

Наличие общей щелочности HCO_3 в количестве 1 ммоль (0,06 %) свидетельствует о солонцеватости почвы, а ее увеличение до 1,65 ммоль (0,1 %) приводит к образованию солонцов и сильно солонцеватых почв.

Наличие щелочной реакции усиливает подвижность гумуса и приводит к его миграции в нижележащие горизонты, в связи с чем в иллювиальном (солонцовом) горизонте имеются гумусовые подтеки.

Натрий, входящий в ППК, приводит к пептизации органических и минеральных коллоидов; они приобретают подвижность и при наличии влаги вымываются вниз по профилю, образуя плотный солонцовый горизонт. Во влажном состоянии коллоиды сильно гидратируются и набухают, перекрывая все поровые пространства, и горизонт становится водонепроницаемым, вязким и липким. Наоборот, при подсыхании происходит уплотнение коллоидов с образованием твердых крупных структурных отдельностей (крупноглыбистых, крупнопризматических и столбчатых) с сетью различных трещин между ними. Как в том, так и в другом случае их обработка практически невозможна.

Из-за низкого плодородия, плохих химических и физико-химических свойств эти почвы исключаются из сельскохозяйственного оборота, а если учесть, что они приводят к резко выраженному пестрополью, неоднородности почвенного покрова, мешают использованию окружающих пахотных почв, особенно в районах интенсивного земледелия, то необходимость их улучшения с помощью мелиоративных мероприятий становится очевидной.

Диагностические и классификационные особенности. Диагностические и классификационные особенности солонцов и солонцеватых почв играют существенную роль при их мелиоративном освоении и последующем использовании. В связи с большим многообразием условий их образования классификация таких почв усложнена и объемна. Прежде всего следует отметить, что солонцы распространены главным образом в трех почвенных зонах: в зоне бурых полупустынных почв; в зоне каштановых почв; в зоне черноземных почв.

Внутри этих зон выделяют типы по гидроморфности: автоморфные (степные) солонцы с глубиной залегания грунтовых вод более 6 м; полугидроморфные солонцы (лугово-степные) с залеганием грунтовых вод на глубине 3 – 6 м; гидроморфные (луговые) солонцы при глубине залегания грунтовых вод менее 3 м.

Подтиповые особенности обусловлены зональными условиями их формирования.

В черноземной зоне выделяют следующие подтипы солонцов: черноземные степные (т. е. автоморфные); лугово-черноземные (лугово-степные); черноземно-луговые (луговые).

В каштановой зоне также выделяют солонцы каштановые степные; лугово-каштановые (лугово-степные) и каштаново-луговые (луговые).

В зоне бурых полупустынных почв находятся бурые полупустынные солонцы; лугово-бурые полупустынные и бурые полупустынные луговые.

Кроме того, выделяют еще солонцы лугово-болотные и лугово-мерзлотные.

Подтипы солонцов подразделяются на роды по типам засоления, степени засоления, глубине залегания солей, идентичным для засоленных почв в целом.

В пределах рода подразделение на виды производится по мощности надсолонцового горизонта (АЕ); содержанию поглощенного натрия в солонцовом горизонте; степени осолодения; структуре в солонцовом горизонте.

По мощности надсолонцового горизонта различают следующие виды солонцов: корковые (АЕ до 5 см); мелкие (АЕ от 5 до 10 см); средние (АЕ 10 – 18 см); глубокие (АЕ более 18 см).

По содержанию поглощенного натрия в солонцовом горизонте выделяют малонатриевые (остаточные) солонцы с очень низким содержанием натрия – 10 % от ЕКО; средненатриевые – 10 – 25 %; многонатриевые – более 25 %;

По степени осолодения выделяют слабоосолоделые; осолоделые, сильноосолоделые.

По структуре в солонцовом горизонте B_{Na} : столбчатые, ореховатые, призматические, глыбистые.

Наличие поглощенного натрия в ППК обуславливает морфологические, физические и физико-химические свойства, похожие на свойства солонцов, но эти свойства не достигают количественного уровня, позволяющего отнести их к солонцам. По степени солонцеватости, согласно И. Н. Антипову-Каратаеву, такие почвы подразделяются на слабо- средне- и сильносолонцеватые (табл. 35).

Группировка почв по степени солонцеватости

Степень солонцеватости	Натрий, % от суммы обменных оснований	
	черноземов солонцеватых почв	каштановых солонцеватых почв
Несолонцеватые	3	5
Слабосолонцеватые	3 – 10	5 – 10
Среднесолонцеватые	10 – 20	10 – 15
Сильносолонцеватые	20 – 30	15 – 20
Солонцы	> 30	> 20

Методы мелиорации солонцов. Все существующие в настоящее время методы и способы мелиорации солонцов можно условно разделить на три группы: агротехнические, агробиологические, химические.

К группе агротехнических методов относят землевание, термический пар, мелиоративную вспашку с целью самомелиорации.

В агробиологической мелиорации используют засухо- и солеустойчивые древесные, кустарниковые породы, а также посевы многолетних трав.

При химической мелиорации применяют известкование, кислование, гипсование. Эффективность гипсования зависит от степени его перемешивания с почвой, от толщины помола гипса, наличия влагозарядковых или вегетационных поливов при одновременном применении органических и сидеральных удобрений. Последствие гипса сохраняется долго, улучшая при этом состав поглощенных оснований за счет ионов Ca^{++} , водно-физические свойства и в целом плодородие почв.

Лабораторная работа по определению доз гипса для мелиорации солонцов и солонцеватых почв

Прежде чем решать вопрос о необходимости химической мелиорации солонцов, расчета доз гипса или других мелиорантов (фосфогипс, глиногипс), проводят определение содержания поглощенного натрия в почве по методу И. Н. Антипова-Каратаева и Л. Я. Мамаевой, а также определяют емкость поглощения тем же методом с предварительной обработкой по методу К. К. Гедройца.

Определение поглощенного натрия по методу И. Н. Антипова-Каратаева и Л. Я. Мамаевой:

1. Навеску почвы обрабатывают определенным количеством титрованного раствора гипса, кальций которого вытесняет Na^+ из ППК в раствор.

2. Не израсходованный на вытеснение натрия кальций гипса осаждают известным объемом титрованного раствора щелочной смеси ($2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$), а избыток ее оттитровывают кислотой.

3. По разности между взятым объемом щелочной смеси и количеством кислоты, пошедшей на титрование ее избытка, устанавливают количество щелочной смеси, эквивалентное количеству осажденного кальция гипса, не израсходованного на вытеснение поглощенного натрия.

4. Количество натрия эквивалентно пошедшему на его вытеснение кальцию и определяется по разности между содержанием кальция в исходном растворе гипса и в растворе после установления равновесия с почвой. Расчет ведут по формуле

$$\text{Na}^+ = \frac{(a - b)K \cdot n \cdot 100}{C},$$

где Na^+ – количество натрия, ммоль/100 г почвы; a – количество раствора 0,1 н HCl , пошедшего на титрование испытуемого раствора (после взаимодействия с почвой); b – количество раствора 0,1 н HCl , пошедшего на титрование исходного раствора гипса, мл; K – поправка к титру соляной кислоты; n – нормальность соляной кислоты; 100 – коэффициент для перевода на 100 г почвы; C – навеска почвы, соответствующая количеству вытяжки, взятой для титрования (т. е. с учетом разбавления первоначальной вытяжки в 4 раза).

Для расчета степени солонцеватости, а в последующем и норм гипса необходимо определение емкости поглощения солонцов и солонцеватых почв.

Принцип метода. Метод основан на насыщении ППК почвы натрием с последующим вытеснением его кальцием и определением вытесненного натрия. При насыщении ППК натрием используют ме-

тод Гедройца с применением 1 н раствора хлорида натрия. Последующее вытеснение натрия из ППК проводят тем же вышеприведенным методом И. Н. Антипова-Каратаева и Л. Я. Мамаевой. Вытесненный натрий в полученном растворе, соответствующий емкости поглощения почвы (Е), определяют на пламенном фотометре или объемным методом.

На основании полученных данных прежде всего следует установить степень солонцеватости почв, под которой понимают количество поглощенного натрия, выраженного в процентах к емкости поглощения почвы. Эта величина определяется по формуле

$$X = \frac{\text{Na} \cdot 100}{E},$$

где X – степень солонцеватости, %; Na – количество поглощенного натрия, ммоль/100 г почвы; E – емкость поглощения, ммоль/100 г почвы.

Используя группировку почв, определяют степень солонцеватости изучаемой почвы. В последующем проводят расчет норм гипса по уже известной формуле

$$\text{Доза } \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} \text{ т/га} = 0,086 (\text{Na} - 0,05 E)h \cdot d_v.$$

В качестве примера можно привести расчет норм гипса для мелиорации черноземно-лугового коркового среднесуглинистого солонца, находящегося в комплексе с черноземно-луговыми почвами.

1. Мощность солонцового горизонта 4 – 14 см, но мелиорировать следует на глубину пахотного слоя, т. е. 20 см, следовательно, мощность мелиорируемого слоя $h = 20$ см.

2. Плотность солонцового горизонта 1,39 г/см³.

3. Для анализа взята навеска почвы, равная 10 г, пропущенная через сито диаметром 0,25 мм.

4. Навеску почвы (10 г) заливают титрованным раствором гипса в объеме 200 мл для вытеснения из ППК натрия.

5. Из отфильтрованного раствора берут 100 мл вытяжки и осаждают ее в горячем состоянии 70 мл щелочной смеси. После осаждения и выпадения в осадок CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ раствор доводят до метки в мерной колбе на 200 мл, фильтруют и из фильтрата берут 100 мл прозрачного раствора и оттитровывают его 0,1 н раствором НС1 по метиловому оранжевому до перехода окраски от желтой до слабо-розовой.

6. На титрование избытка щелочной смеси пошло 20,5 мл 0,1 н НС1.

7. На титрование исходного раствора гипса пошло 18,4 мл 0,1 н НС1.

8. Определяют содержание поглощенного натрия в солонцовом горизонте

$$\text{Na}^+ \text{ ммоль} = \frac{(a-b)K \cdot 100}{c} = \frac{(20,5-18,4)1 \cdot 0,1 \cdot 100}{2,5} = \frac{2,1 \cdot 10}{2,5} = 8,4 \frac{\text{моль}}{100} \text{ г.}$$

9. На титрование избытка щелочной смеси при определении емкости поглощения пошло 24,2 мл 0,1 н НС1.

10. Рассчитывают емкость поглощения, мг-экв.,

$$E = \frac{(a-b)K \cdot 100}{c} = \frac{(24,2-18,4)1 \cdot 0,1 \cdot 100}{2,5} = \frac{5,8 \cdot 10}{2,5} = 23,2 \frac{\text{моль}}{100} \text{ г.}$$

11. Определяют степень солонцеватости почв

$$X = \frac{8,4 \cdot 100}{23,2} = 36,2 \text{ \%}.$$

12. Рассчитывают норму гипса для мелиорации черноземно-лугового коркового солонца в соответствии с существующей комплексностью:

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,086 (\text{Na} - 0,05 \cdot E) h \cdot d_v = 0,086 (8,4 - 0,05 \cdot 23,2) \times \\ \times 20 \cdot 1,39 = 0,086 \cdot 7,24 \cdot 20 \cdot 1,39 = 17,3 \text{ т/га.}$$

Гипс вносят на всю площадь, так как площадь солонцовых пятен составляет 31% от общей площади.

Схема исследования:

1. Почвенный покров и его комплексность.
2. Мощность мелиорируемого слоя, см.
3. Плотность солонцового горизонта, г/см³.
4. Навеска почвы, взятая на анализ.
5. Количество миллилитров 0,1 н НС1, пошедшее на титрование избытка щелочной смеси:

- испытуемого раствора на определение обменного натрия;
- исходного раствора гипса;
- на определение емкости поглощения.

На основании имеющихся данных (табл. 3б) необходимо:

1. Определить содержание поглощенного натрия в солонцовом горизонте, ммоль/100 г почвы.

2. Определить емкость поглощения (Е, ммоль/100 г почвы).
3. Рассчитать степень солонцеватости, %.
4. Рассчитать норму гипса для проведения мелиорации в соответствии с комплексностью.

Таблица 36

Индивидуальное задание

Вариант	Мощность солонцового горизонта, см	Плотность солонцового горизонта, г/см ³	Навеска, г	Титрование избытка щелочной смеси, мл	Титрование исходного раствора гипса, мл	Титрование избытка щелочной смеси, мл
1	14	1,41	10	20,8	18,5	26,5
2	16	1,34	10	13,6	11,3	19,3
3	20	1,40	10	19,8	17,5	25,5
4	20	1,49	10	18,1	15,8	23,8
5	17	1,38	10	27,9	25,6	33,6
6	20	1,41	10	25,4	23,1	31,1
7	21	1,34	10	11,9	9,6	17,6
8	19	1,40	10	27,9	25,6	33,6
9	13	1,39	10	22,4	20,1	28,1
10	17	1,36	10	20,9	18,6	26,6
11	19	1,37	10	20,9	18,6	26,6
12	14	1,39	10	21,7	19,4	27,4
13	15	1,48	10	21,9	19,6	27,6
14	13	1,38	10	24,9	22,6	30,6
15	18	1,45	10	22,8	20,5	28,5
16	11	1,38	10	21,7	19,4	27,4
17	20	1,43	10	24,8	22,5	30,5
18	13	1,58	10	23,1	20,8	28,8
19	15	1,38	10	23,6	21,3	29,3
20	18	1,48	10	26,7	24,4	32,4

Контрольные вопросы

1. В чем сущность гипсования солонцов?
2. Охарактеризуйте генезис солонцов.
3. С чем связаны благоприятные последствия гипсования почв?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ознакомление с основами мелиорации и рекультивации земель в системе управления земельными ресурсами является одним из приоритетных направлений в изучении процессов разработки и применения правильных приемов рекультивации и необходимых технологических операций по улучшению почвенного состояния.

Правовыми основами мелиорации и рекультивации почв и земель следует назвать земельное, лесное, водное и градостроительное законодательство, ряд отраслевых федеральных законов с учетом установленных экологических, санитарно-гигиенических и иных норм и требований, а также федеральные, региональные и местные программы, включающие в себя перечень обязательных мероприятий по охране земель с учетом особенностей хозяйственной деятельности, природных и других условий.

Практикум направлен на то, чтобы ознакомить и впоследствии научить студентов оперировать специальными понятиями и ориентироваться в специальной литературе по мелиоративному устройству.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агролесомелиорация / А. Е. Дьяченко [и др.]. – М. : Колос, 1979. – 208 с.
2. Виленский, Д. Г. История почвоведения в России / Д. Г. Виленский. – М. : Сов. наука, 1958. – 248 с.
3. Воробьев, Г. И. Эффективность защитного лесоразведения / Г. И. Воробьев. – М. : Лесн. пром-сть, 1977. – 320 с.
4. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 448 с. – ISBN 5-211-03380-9.
5. Колесниченко, М. В. Лесомелиорация с основами лесоводства / М. В. Колесниченко. – М. : Колос, 1981. – 335 с.
6. Колпаков, В. В. Сельскохозяйственные мелиорации / В. В. Колпаков, И. Г. Сухарев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 319 с. – ISBN 5-10-001569-1.
7. Курс лекций по дисциплине «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» для аспирантов направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство» / Е. П. Денисов, К. Е. Денисов, Н. П. Молчанова. – Саратов : Изд-во СГАУ, 2014. – 57 с.
8. Маслова, Л. А. Мелиорация и рекультивация земель : курс лекций по направлению подгот. 21.03.01 «Землеустройство и кадастры» / Л. А. Маслова, Н. Ю. Улицкая. – Пенза : ПГУАС, 2016. – 112 с.
9. Угланов, И. Н. Мелиорация почв / И. Н. Угланов. – Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 1991. – 127 с.
10. Черемисинов, А. А. Мелиорация, рекультивация и охрана природы / А. А. Черемисинов, Е. В. Куликова, С. П. Бурлакин. – Воронеж : Изд-во ВГАУ, 2015. – 156 с. – ISBN 5-93503-007-1.
11. Шаталов, В. Г. Лесные мелиорации : учебник / В. Г. Шаталов. – Воронеж : Квадрат, 1997. – 220 с. – ISBN 5-88139-056-3.
12. Шорина, Т. С. Мелиорация почв : учеб. пособие / Т. С. Шорина. – Оренбург : Изд-во ОГУ, 2011. – 190 с.
13. Практикум по курсу «Мелиорация почв» / Ф. Р. Зайдельман [и др.]. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 52 с. – ISBN 5-211-04783-3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Практическая работа № 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ВИДЫ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ.....	4
Практическая работа № 2. ФОРМЫ ВОДЫ В ПОЧВЕ И РАСЧЕТ ЗАПАСОВ В НЕЙ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ	11
Практическая работа № 3. РАСЧЕТ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ ДЛЯ ПРОМАЧИВАНИЯ ПОЧВЫ НА ЗАДАННУЮ ГЛУБИНУ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	25
Практическая работа № 4. ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ. УСТАНОВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ И ХИМИЗМА ЗАСОЛЕНИЯ. ОБСУЖДЕНИЕ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ.....	36
Практическая работа № 5. ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ	53
Практическая работа № 6. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ПРОМЫВНОЙ НОРМЫ ДЛЯ СКВОЗНОЙ ПРОМЫВКИ ПОЧВЫ ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ	75
Практическая работа № 7. КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ И ЕЕ УСТРАНЕНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЕМ	88
Практическая работа № 8. МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ И СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ.....	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	110

Учебное издание

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Практикум

Авторы-составители

МАЗИРОВ Михаил Арнольдович

РАГИМОВ Александр Олегович

ШЕНТЕРОВА Екатерина Михайловна

и др.

Редактор А. П. Володина

Технические редакторы Ш. В. Абдуллаев, Н. В. Пустовойтова

Компьютерная верстка Е. А. Герасиной

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 11.10.22.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,51. Тираж 77 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.