

Мелиорация изменяет условия сельскохозяйственного производства и ведет к глубоким социальным переменам, где решающую роль играют квалифицированные кадры.

От руководителей учреждений, предприятий требуется более заинтересованный подход к совершенствованию знаний специалистов.

Согласно Закону об образовании и научно обоснованным нормативам, повышение квалификации специалисты должны проходить не реже 1 раза в 5 лет в объеме 72,100 и более часов. Однако стремительное развитие российской экономики и повышенные требования к уровню квалификации специалистов требуют пересмотра нормативов с целью сокращения сроков между периодами обучения.

Для молодых специалистов первое повышение квалификации должно быть не позже, чем через один год работы на производстве.

Корректировка методологии профессиональной переподготовки и повышения квалификации позволила за последние годы существенно увеличить количество слушателей в КИППК и улучшить качественные показатели в отрасли.

Совершенствование методологии профессиональной переподготовки институт рассматривает как один из важнейших факторов повышения эффективности деятельности образовательного учреждения.

ГИДРОМЕЛИОРАЦИЯ

УДК 626.8

ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

К.В. Губер

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Существующие в настоящее время гидромелиоративные системы в последние годы разрушаются и выводятся из производства, а мелиорированные земли переходят в разряд переувлажненных, подтапливаемых и малоплодородных земель. Для восстановления плодородия этих земель потребуется выполнение комплекса мелиоративных работ, включающего их окультуривание, переустройства мелиоративной сети с проведением реконструкции сооружений. Фонд мелиорированных земель, находящихся в эксплуатации, так и многие системы, построенные 20-30 лет назад, морально устарели и физически изношены. В настоящее время в мировой практике орошения всё более широкое находит применение новых способов полива, позволяющих исключить производительные потери воды и отрицательные воздействия орошения и внесения удобрений на окружающую среду. Эти результаты достигаются благодаря ло-

кальной подаче небольших поливных норм, а также внесение с оросительной водой разных агрохимикатов.

Современные мелиоративные системы должны обеспечивать не только регулирование водно-воздушного режима почвы, но и позволять производить внесение различных сельскохозяйственных химикатов, в том числе макро- и микроудобрений, гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, химмелиорантов, ростовых веществ. Они должны также обеспечивать возможность проведения различных специальных поливов: противозаморозковых, освежительных. Использование новых технологий орошения, современной оросительной техники и специализированной техники для внесения агрохимикатов позволит повысить эффективность мелиоративных систем многоцелевого использования. В то же время применение новых оросительных технологий влечет изменение технологии эксплуатации оросительных систем.

Решение актуальных проблем дальнейшего развития земледелия России невозможно без проведения комплексных мелиораций, основой которых является применение рациональных способов орошения и осушения сельскохозяйственных культур, обеспечивающих экономическую эффективность и экологическую безопасность. Необходимость создания мобильных технологических комплексов мелиорации земель диктуется сложившейся в настоящее время неблагоприятной экологической обстановкой. Наряду с повышением продуктивности сельскохозяйственных угодий следует решать задачи рационального использования и охраны земельных и водных ресурсов, сохранения и повышения плодородия почв, защиту окружающей среды. При этом следует учитывать отрицательные последствия крупномасштабного строительства мелиоративных систем и прилагать все усилия к предотвращению возможного их проявления в связи с низким уровнем проектирования и эксплуатации систем.

Накопленный опыт проведения мелиоративных работ в ряде случаев свидетельствует об их негативном влиянии на качественный состав используемых водных ресурсов, на развитие процессов засоления, заболачивания и эрозии земель, на качество сельскохозяйственной продукции.

Для восстановления природно-ресурсного потенциала и повышения продуктивности мелиорированных земель необходимо проведение цикла работ по строительству новой или восстановлению существующей гидромелиоративной сети, культуртехнике, глубокой обработке почв, промывке орошаемых земель от засоления с применением различных видов химмелиорантов. Для обеспечения ускоренного проведения работ наиболее целесообразно восстановление открытой оросительной сети и применения дождевальной и поливной техники, работающей от этого типа сети. Вся техника, предназначенная для восстановления мелиорированных земель, должна обладать мобильностью и универсальностью.

В зависимости от степени и характера деградации земель и объемов работ по ликвидации её последствий срок восстановления природно-ресурсного потенциала составит от 2 до 5 лет.

Создание мобильных технологических мелиоративных комплексов должно быть предварено разработкой научно обоснованных исходных требований, направленных на регулирование факторов жизни растений (водный, воздушный, те-

пловой, газовый, питательный, солевой, микроклиматический и пр.) и включающих систему машин, рабочих органов и оборудования для реализации мелиоративных режимов, вопросы оперативного управления мелиоративными режимами с учетом формирующихся гидротермического, пищевого и солевого режимов почвы в течение вегетационного периода.

Одним из важнейших вопросов дальнейшего использования орошаемых земель является ликвидация их деградации. Наиболее простым решением при этом может быть применение мобильной поливной техники.

Технологический регламент работы оросительных систем предусматривает проведение операций по подготовке земель и оросительной сети, проведения поливов как чистой водой, так и с применением химмелиорантов и внесением больших доз растворимых минеральных удобрений. Регламент предназначен для проведения промывных и влагозарядочно-промывных поливов на деградированных землях.

Система машин для орошения на основе мобильных комплексов включает следующие варианты:

- двухконсольный дождевальная агрегат ДДА-100ВХ, оборудованный гидроподкормщиком, при работе от открытой сети и подаче воды передвижными насосными станциями;
- дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100, ДДП-50, ДДП-70 (с гидроподкормщиками) с питанием от открытой сети, разборных трубопроводов, гибких шлангов и подачей воды передвижными насосными станциями;
- колесные многоопорные трубопроводы ДКШ-64, ДКГ-80, ДКЭ-80 с забором воды от разборных трубопроводов и подачей передвижными насосными станциями, внесение удобрений и химмелиорантов – гидроподкормщиками ГПД-50;
- комплект импульсного микродождевания для внесения интегрированных растворов удобрений с поливной водой;
- комплекс мелкодисперсного дождевания для дозированного ввода макро- и микроудобрений и средств химизации с поливной водой;
- поливальщик передвижной агрегатный ППА-165У для полива по бороздам и забора воды из открытых каналов;
- агрегаты поливные передвижные ППА-300 и ППА-400 для полива по полосам и чекам при заборе воды из открытых каналов;
- трубопровод колесный для полива по бороздам ТКП – 90 с питанием от разборных трубопроводов и подачей воды передвижными насосными станциями, внесение удобрений – гидроподкормщиком ГПД – 50.

В случае необходимости внесения химмелиорантов с поливной водой во всех вариантах дополнительно предусматривается использование гидромелиоративной установки-дозатора ГУД-30.

При проведении поливов с применением технических средств орошения необходимо обеспечить производство мелиоративных работ на орошаемых землях с учетом экологических и ресурсных ограничений с целью защиты рас-

тений от засухи, поддержания водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв.

При подготовке мелиорированных земель к поливу выполняют следующие работы:

- планировка дорог, площадок под оборудование, выравнивание трасс с высотой неровностей на поверхности почвы не более ± 7 см бульдозерами ДЗ-42Г, ДЗ-117, ДЗ-171,3, скреперами ДЗ-172.1 и ДЗ-11П, автогрейдерами ДЗ-122Б, ДЗ-143, планировщиками ППУ – 1;
- нарезка временных оросителей, выводных борозд для проведения промывных поливов каналокопателями МК – 23А, МК – 16, КЗУ – 0,3, ПР – 0,5;
- перевозка дождевальными и поливными машин и оборудования к месту работы автомашинами с прицепами ЗИЛ – 431510, ЗИЛ – 5301А0;
- монтаж машины, оборудования на участке полива или водозабора автокраном КС – 4572А;
- нарезка поливных борозд, их уплотнение приспособлением к культиватору КРН – 4А, бороздоделом БКН – 150, каналокопателями МК – 23А, МК – 16, КЗУ – 0,3.
- При проведении промывных поливов для удаления избытка солей из почвы путем растворения их водой и вымывания в нижние горизонты или дренажную сеть выполняют следующие работы:
- подача воды в открытую сеть передвижными или плавучими дизельными низконапорными насосными станциями типа СНП – 300/7, СНП – 240/30, СНПл – 240/30, СНП – 120/30, СНП – 150/5А, СНП – 50/80;
- полив и перемещение машин и агрегатов с позиции на позицию:
 - а) при орошении дождеванием нормой $m = 1000-1200 \text{ м}^3/\text{га}$ и проведении 2–3 дробных поливов дождевальными машинами типа ДДА-100ВХ, ДДН-70, ДДН-100, ДДП – 50, ДДП – 80, колесными трубопроводами ДКШ – 64, ДКГ – 80, ДКЭ – 80;
 - б) при поливе по бороздам нормой $m=2000-3500 \text{ м}^3/\text{га}$ поливальщиками передвижными агрегатными ППА-165У;
 - в) при поливе по полосам и чекам нормой $m=2000-3500 \text{ м}^3/\text{га}$ поливальщиками передвижными агрегатными ППА- 300 и ППА-400;
 - г) транспортировка, подготовка и внесение с водой химмелиорантов и больших доз минеральных удобрений с предварительным приготовлением маточных растворов заданной концентрации машинами для внесения жидких органических удобрений и агрегатов приготовления маточных растворов РЖУ – 3,6А, ЗАУ – 3, МВМ – 10, АРУП – 8, РУН-15Б, АИР-20.

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100ВХ полив проводит из открытой оросительной сети в движении.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трассы вдоль оросительных каналов, выполняется бульдозерами, скреперами самоходными или прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типов;

- нарезку временных оросителей, которая производится каналокопателями типа МК-16, КЗУ-0,3;
- перевозку к месту работы автомобилями типа ЗИЛ – 130-80, ЗИЛ – 451510, КамАЗ – 5320, ЗИЛ – 5301АО, УАЗ – 3303-01, ГАЗ – 53-016;
- монтаж агрегата производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды во временные оросители от водоисточника производится насосными станциями типа СНП-120/30, СНП-150/5А, СНП-240/30, СНПл-240/30;
- полив и перемещение двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100ВХ производится самостоятельно;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений производится машинами РЖУ – 3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, ВМВ – 10, АИР – 20;
- заравнивание временных оросителей осуществляется каналокопателем типа КЗУ – 0,3;
- перевозка к месту хранения осуществляется самостоятельно при установке фермы в транспортное положение. Консервация - снятие фермы с трактора осуществляется кранами типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А.

Дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70, ДДН-100, ДДП-50, ДДП-70 полив проводят позиционно с питанием от открытой оросительной сети, разборных трубопроводов, гибких шлангов с подачей воды передвижными насосными станциями.

Производство работ включает:

- планировку дорог вдоль оросительных каналов, выравнивание трасс для разборных трубопроводов или гибких шлангов выполняется бульдозерами, скреперами самоходными или прицепными и автогрейдерами легкого или среднего типов;
- перевозку поливной техники к месту работы производят автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301 АО, ЗИЛ – 451510, ГАЗ – 33021; ЗИЛ – 5301 ГА и своим ходом;
- монтаж разборных трубопроводов, гибких шлангов и дождевальных машин производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572;
- подача воды от водоисточника производится насосными станциями типа СНП-120/30, СНПл-120/30, СНП-150/5А;
- укладка разборных труб осуществляется кранами типа КС-2561К, опрессовка трубопроводов - включением насосных станций с подачей напора на 25% большего, чем максимальный рабочий напор при поливе;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений осуществляется во время полива машинами типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;

- демонтаж на участке и погрузка разборных трубопроводов или гибких шлангов осуществляется кранами типа КС-2561К, КС – 4572, КС – 5473А;
- перевозка трубопроводов к месту хранения и консервация осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, а дождевальных машин – своим ходом.

Колесные многоопорные трубопроводы ДКШ-64, ДКГ-80, ДКЭ-80 с забором воды от разборных трубопроводов и подачей передвижными насосными станциями осуществляют полив позиционно.

Производство работ включает:

- планировка дорог осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными или прицепными, автогрейдерами легкого или среднего типов;
- перевозку к месту работы осуществляют автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301 ДО, ЗИЛ – 431510, ГАЗ – 33021; ЗИЛ – 5301 ГА;
- монтаж колесных многоопорных трубопроводов на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНПЭ – 100/100;
- укладка труб типа РТЯ – 220 осуществляется кранами типа КС 2561К, опрессовка трубопроводов – включением насосных станций с подачей напора на 25% большего, чем максимальный рабочий напор при поливе;
- полив и перемещение с позиции на позицию колесного трубопровода производится самостоятельно за счет гидро- или электропривода;
- внесение с водой мелиорантов и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- демонтаж на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-4572 или КС-5473А;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ – 5301АО.

Поливальщик передвижной агрегатный ППА-165У для полива по бороздам и забора воды из открытых каналов.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;
- нарезка временных оросителей осуществляется каналокопателями типа МК-16, КЗУ – 03;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО и своим ходом;
- разгрузка машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- нарезка поливных борозд и их уплотнение осуществляется приспособлением к культиватору КРН – 5А, бороздоделами БКН-150, МК-23А;

- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-15/5, СНП-120/30, УНП – 200/5 или самостоятельно агрегатом ППА – 165У;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- внесение с водой агроулучшителей и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- выравнивание временных оросителей, выводных борозд производится каналокопателем КЗУ – 0,3;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО.

Трубопровод колесный для полива по бороздам ТКП – 90 может быть применен в комплекте с разборными трубопроводами типа РТЯ – 220.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО;
- монтаж машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- нарезка поливных борозд и их уплотнение осуществляется приспособлением к культиватору КРН – 5А, бороздоделами БКН-150, МК-23А;
- укладка трубопроводов типа РТЯ – 220 осуществляется кранами типа КС – 2 561К, КС – 4572, а опрессовка трубопроводов – машинами МВ – 2, МВ – 3;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-120/30;
- полив и перемещение с позиции на позицию производится своим ходом;
- внесение с водой агроулучшителей и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3, ГПС – 5, АРУП – 8, АИР – 20, РУН – 15Б;
- выравнивание временных оросителей, выводных борозд производится каналокопателем КЗУ – 0,3;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО.

Поливальщики передвижные агрегатные ППА–400 И ППА–300 предназначены для полива по бороздам и чекам при заборе воды из открытых каналов.

Производство работ включает:

- планировку дорог и выравнивание трасс осуществляется бульдозерами на тракторах кл. 3-10 тс, скреперами самоходными и прицепными и автогрейдерами легкого и среднего типа;

- нарезка временных оросителей осуществляется каналокопателями типа КЗУ – 0,3, МК-16;
- перевозка к месту работы осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, КамАЗ-5320, ЗИЛ – 5301ДО;
- монтаж машины на участке производится с помощью кранов типа КС-2561К, КС-4572 или КС-5473А;
- подача воды от водоисточника производится передвижными насосными станциями типа СНП-500/10В, СНП-300/7, УНП – 300/5;
- устройство чеков и полос осуществляется валикоделателем ВД – 100, паллоделателем-разравнивателем ПР – 0,5А;
- полив и перемещение с позиции на позицию осуществляется ППА – 300 и ППА – 400 своим ходом;
- транспортировка, подготовка и внесение с водой мелиорантов и удобрений производится с помощью машин типа РЖУ-3,6, ЗАУ – 3;
- заравнивание временных оросителей и разравнивание валиков производится паллоделателем-разравнивателем ПР – 0,5А;
- демонтаж оборудования на участке и погрузка осуществляется с помощью кранов типа КС-2561К;
- перевозка к месту хранения осуществляется автомобилями типа ЗИЛ-130-80, ЗИЛ – 5301АО или своим ходом.

Технологические параметры гидроподкормщиков и дождевальных машин следует увязать между собой. Для машин позиционного действия устанавливают максимальную дозу внесения удобрений. В некоторых случаях эти дозы значительно превышают физиологически допустимые нормы. Поэтому, если заданы нормы внесения удобрений, можно пересчитать норму загрузки подкормщика на требуемую норму или эту же норму пересчитать по времени его включения в работу. При внесении удобрений с помощью агрегата ДДА-100МА следует учитывать такие параметры как длина бьефа, скорость движения агрегата, число проходов.

Для устранения возможного отрицательного влияния капитальных промывок на водно-физические и химические свойства почвы, вызываемого длительной фильтрацией, следует применять химические мелиоранты.

При сильном натриевом засолении почв, не содержащих значительных запасов гипса или карбонатов кальция, при промывке проявляется осолонцевание. Поэтому необходимо во время, главным образом в завершающую стадию, подавать в растворе с водой гипс, фосфогипс или другие содержащие кальций соли. Хороший эффект может быть достигнут внесением их в порошкообразном виде между тактами воды, например, при двустадийной промывке. Внесение местных химических мелиорантов в почву перед промывкой полезно, но их действие в начальный период ослабляется большими концентрациями натрия в почвенном растворе, что вызывает перерасход химического мелиоранта.

Нормы химических мелиорантов рассчитывают, исходя из допустимого после промывки содержания солей в почвенном поглощающем комплексе – 5 % поглощенного натрия в тяжелых почвах или 10 % - в легких по грануломет-

рическому составу сероземах. При капитальных промывках полезно заправлять почву некоторым избытком химического мелиоранта.

Внесение химических мелиорантов в дозе 100 – 300 кг/га в течение всего поливного сезона предотвращает осолонцевания почвы и ухудшения ее водно-физических свойств и, следовательно, повышает плодородие.

Химические мелиоранты целесообразно применять также для улучшения процессов фильтрации воды в почву, повышения фильтрационных свойств слабопроницаемых почв, а также улучшения химических свойств используемой для промывок воды. Кроме того, мелиоранты способствуют ускорению промытых почв и повышению их плодородия.

Особое внимание предварительному внесению солей, содержащих кальций, следует уделять при промывке с культурой риса. Это не только улучшает фильтрационные свойства почвы, предупреждает процессы осолонцевания и содопроявления, но и способствует повышению урожая риса.

Разработанные мобильные комплексы следует применять в зонах незначительного и недостаточного увлажнения с учетом рельефных, почвенных, гидрогеологических и гидрологических условий.

УДК 631.628.364

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

М.Ю. Храбров, А.С.Ермаков
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Внутрипочвенное орошение, способ орошения, при котором оросительная вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из системы подпочвенных увлажнителей (водоводов). При этом обеспечивается равномерность полива, поддерживается влажность корнеобитаемого слоя почвы, сохраняется структура почвы, предотвращается появление на ней корки, снижается расход поливной воды и уменьшаются её потери на испарение с поверхности почвы, создаются условия для автоматизации всего технологического цикла орошения. Внутрипочвенное орошение применяют при возделывании овощных и плодовых культур на участках с ровным рельефом и хорошо водопроницаемыми незасоленными почвами, на склонах с рыхлым почвенным покровом, подстилаемым водонепроницаемыми или слабопроницаемыми грунтами. При внутрипочвенном орошении используют закрытые оросительные системы с оросительной сетью из трубопроводов. По способу подачи воды системы подразделяют на вакуумные, или адсорбционные, безнапорные и напорные. В вакуумных системах вода поступает к растениям под действием сил поверхностного натяжения (по мере расходования воды в трубах-увлажнителях создаётся вакуум, вследствие чего поддерживается их наполнение), в безнапорных - вследствие капиллярного движения воды, в напорных - искусственно создаваемого напора.

Системы внутрпочвенного орошения можно применять в степных, полупустынных и пустынных зонах при остром дефиците воды, для полива высококорентабельных сельскохозяйственных культур, а также вблизи населенных пунктов и животноводческих комплексов при использовании для орошения подготовленных городских сточных вод и животноводческих стоков.

Вода для полива, сточные воды, животноводческие стоки должны удовлетворять следующим требованиям: размеры твердых частиц не должны превышать 1 мм; мутность-0,04 г/л, минерализация - 1 г/л. При необходимости предусматривают отстойники или очистные сооружения.

Основными параметрами и элементами техники внутрпочвенного орошения являются - глубина заложения увлажнителей 45-55см с расстоянием между ними 100-150 см, оптимальная длина 100-200м при диаметре труб 16-32мм, расход воды в головной части увлажнителя 0,2-0,6 л/с при минимальном напоре 0,5 м- 1,5м.

К элементам режима орошения относятся единичная (удельная) поливная норма (объем воды в расчете на единицу увлажнителя, необходимый для образования в почве контура увлажнения с заданными параметрами), поливная норма, продолжительность полива.

Единичную поливную норму ($\text{м}^3/\text{м}$) следует вычислять по уравнению

$$m_{sh} = 0,65 d_w B(FC_1 - V_{01}), \quad (1)$$

где d_w - расчетная глубина промачивания почвы, м; B - средняя ширина полосы увлажнения, м; FC_1 - наименьшая влагоемкость 1 м^3 расчетного слоя почвы, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V_{01} - объем влаги в одном м^3 того же слоя перед поливом, $\text{м}^3/\text{м}^3$, $V_{01} = 0,7- 0,8 C_1$.

Поливная норма в расчете на 1 га орошаемой площади, $\text{м}^3/\text{га}$,

$$m = 0,65 d_w B(FC_1 - V_{01}) l_h n_h, \quad (2)$$

где l_h - длина увлажнителя, м; n_h - число увлажнителей на одном гектаре.

Продолжительность полива (ч)

$$t = \frac{h_w}{\sum_1^i v_i} \quad (3)$$

где v_i - средняя скорость впитывания воды почвой за период времени от 1 до 12 ч при напоре до 1 м (определяют по кривым впитывания), м/ч.

При наличии экрана под увлажнителем коэффициент при d_w увеличивают на 10%.

Минимальная продолжительность межполивного периода (сут) для отдельных сельскохозяйственных культур составляет

$$D_{min} = m/d_{mw}, \quad (4)$$

где d_{mw} - среднесуточный дефицит водопотребления за декаду с максимальным за вегетацию водопотреблением, $\text{м}^3/\text{га}$ в сут.

В систему внутрпочвенного орошения входят: головной водозабор; водорегулирующий блок. Блок подачи в систему растворенных минеральных удобрений; распределительный трубопровод, разводящий воду по внутрпочвенным увлажнителям; внутрпочвенные увлажнители, подающие воду в кор-

необитаемый слой почвы; система датчиков, осуществляющих обратную связь и контролирующую создаваемый водный режим в почве. Увлажнители изготавливаются из пластмассовых труб, откуда вода поступает через отверстия-перфорацию.

ВПО является оптимальным способом утилизации сточных вод и животноводческих стоков, при котором возможно выращивание различных сельскохозяйственных культур.

Низконапорная система внутрпочвенного орошения предназначена для полива многолетних насаждений, в том числе сточными водами на почвах среднего и тяжелого механического состава преимущественно несложной конфигурации со слабоизрезанным рельефом и уклонами 0,05...0,2. В системе используется принцип безнапорной подачи воды в поливные трубопроводы, заложенные на глубине 0,4 м по уклону орошаемого участка. В них выполнены сквозные отверстия диаметром 12...14 мм.; в верхней стенке трубопровода (воздушное) - для связи внутренней полости трубопровода с атмосферой, а в донной части - для подачи воды в очаговые увлажнители. При поливе вода через выпускные отверстия поливных трубопроводов заполняет очаговые увлажнители до уровня воды в трубопроводе. Таким образом, во всех очаговых увлажнителях поддерживается слой воды, определяемый гидродинамическим напором. Очаговые увлажнители выполнены в виде пористых емкостей диаметром 200 мм. Расход воды, поступающей через очаговый увлажнитель в почву, зависит лишь от поглощательной способности почвы и геометрических размеров пористых емкостей.

Разработанная во ВНИИГиМ оросительная система (патент РФ №2119743) вакуумного внутрпочвенного орошения, предназначена для подачи воды растениям в соответствии с их потребностью. Оросительная сеть состоит из бака накопителя 1, сообщаемого с трубопроводом 2 через вакуумный клапан 3 и патрубка 4 с емкостями 5, в верхней части которых установлен поплавковый клапан 6, имеющий шаровые поплавки 7, а также отверстия 8 и 9. В нижней части емкость снабжена водовыпускным патрубком 10 (рис.1).

Работа оросительной системы осуществляется в следующей последовательности. Патрубок 10 емкости 5 заглубляют в почву в зоне расположения корней растения. Патрубок 4 подключают к водопроводящему трубопроводу 2. В баке 1 создают напор, превышающий сопротивление вакуумного клапана 3, по трубопроводу 2 и патрубку 4 вода поступает в емкость 5, при ее заполнении воздух вытесняется через клапан 6. После полного заполнения емкости 5 поплавков в клапане 6 всплывает и прижимается к седлу отверстия 8. После заполнения всех емкостей 5 давление в водоисточнике 1 уменьшают до уровня, обеспечивающего закрытие клапана 3. Расходование воды через патрубок 10 происходит по мере впитывания ее почвой. При этом происходит последовательный отбор воды из трубопровода 2 и емкостей 5 до создания в них разряжения. При этом поплавков 7 клапана 6 ложится на седло отверстия 9, препятствуя срыву вакуума в емкости 5. При достижении заданного уровня разряжения вакуумный клапан 3 открывается, и вода по трубопроводу 2 поступает в емкости 5. При их заполнении разряжение уменьшается, и клапан 3 закрывается. Таким образом,

предлагаемая оросительная система обеспечивает равномерную подачу воды в почву по мере необходимости в автоматическом режиме (вид А, рис.1).

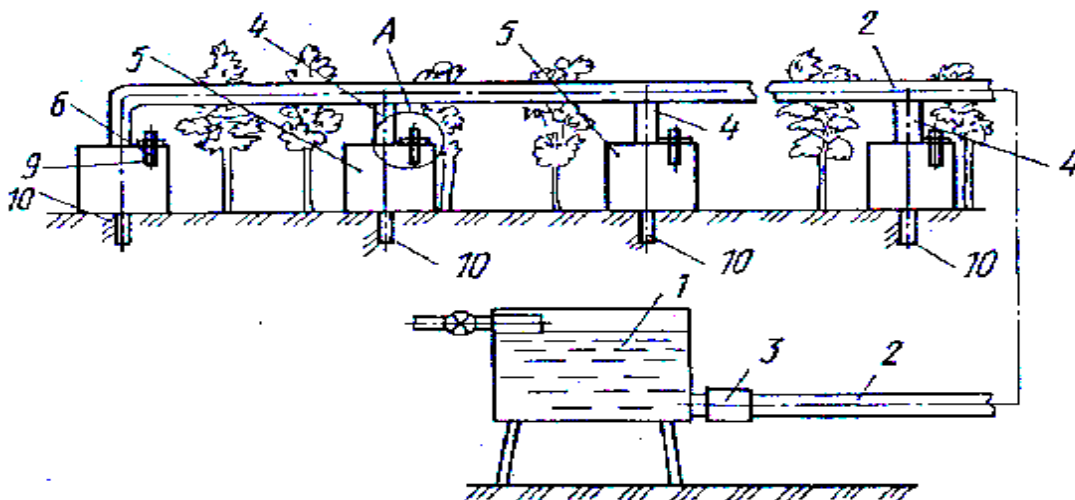
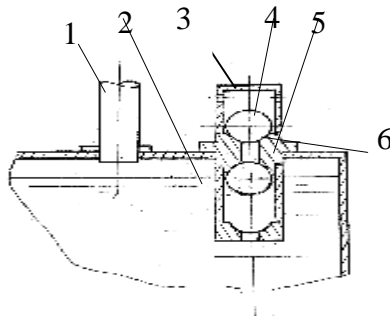


Рисунок 1 - Оросительная система:

1-водоисточник, 2-подводящий трубопровод, 3-вакуумный клапан, 4-патрубок, 5-емкость, 6-поплавковый клапан, 7-поплавок, 8- верхнее эластичное седло, 9-нижнее эластичное седло, 10- водовыпускной патрубок

Вид А



1 – патрубок; 2 – ёмкость; 3 – двухпозиционный поплавковый клапан; 4 – поплавок; 5 и 6 – отверстия эластичного седла

Конструкция не требует предварительной тонкой очистки воды, обеспечивает низкие энергетические затраты, создает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почв, синхронизируя подачу воды с потреблением её растениями.

Для полива участков, обладающих почвенной пестротой и разной водопроницаемостью почвы разработана несколько иная конструкция системы внутрипочвенного орошения (пат.№2152710). В отличие от предыдущей, верхняя часть водовыпускного патрубка в предлагаемой нами конструкции размещена в емкости и имеет несколько отверстий, общая площадь которых не превышает площади сечения самого патрубка. Благодаря этому обеспечивается дифференцированное увлажнение почвы с учетом её водопроницаемости и исключается переполив. По мере понижения уровня воды в емкости водовыпускной патрубок оголяется, открывая при этом одно за другим отверстия и уменьшая площадь водопроходного сечения, вследствие чего уменьшается поступление воды в почву.

Для орошения сточными водами разработана конструкция системы внутрипочвенного орошения (патент РФ №2132125). Особенность конструкции представленной системы внутрипочвенного орошения утилизации сточных вод состоит в том, что с целью предотвращения заиливания трубопроводов и для активизации процесса окисления органического вещества, содержащегося в стоках, поливные трубопроводы выполнены из отдельных секций, соединяющих очаговые оросители, установленные вблизи растений. В начале каждой секции установлена диафрагма с воздушной трубкой, с помощью которой осуществляется аэрация поливного тока. При этом в трубопроводах создаётся безнапорный ток сточных вод.

Система включает источник сточных вод, подводящий трубопровод, распределительный трубопровод 1, регуляторы расхода 2, установленные в начале поливных трубопроводов 3, трубопроводы 3 состоят из секций, соединяющих собой очаговые перфорированные оросители 4. На входе каждой секции 7 установлена диафрагма 5 с воздушной трубкой 6. Перфорированные оросители снабжены крышкой 12 и водонепроницаемым экраном 8. Последняя секция 7 подключена к подводящему коллектору 10.

Сочетание безнапорного тока с заданным уклоном обеспечивает движение стоков с незаиляющей скоростью, а установка диафрагм с воздушными трубками производит аэрацию потока и активизацию окислительного процесса илистой фракции, что предотвращает заиливание трубопроводов при орошении сточными водами.

Литература

1. Григоров М.С. Внутрипочвенное орошение. М.: Колос, 1983. -с.128 .
2. Григоров М.С. Основы внутрипочвенного орошения. М.: ТСХА. 1993. с. 107.
3. Григоров М.С. Техника подпочвенного полива и ее теоретическое обоснование.// Труды ВСХИ. Том 51, 1976. - 3 - 14 С.
4. Дубенок Н.Н. Рекомендации по разработке ресурсосберегающих технологий на мелиорированных склоновых землях. М.: ТСХА, 1991.
5. Дубенок Н.Н. Ресурсосберегающие режимы орошения с/х культур на склоновых землях.// Тезисы докладов Международной конференции по мелиорации. Херсон., 1993.
6. Кирейчева Л.В. и др. Основные принципы классификации орошаемых земель в свете разработки мелиоративного кадастра.// Совершенствование методологии выбора оптимальных параметров мелиоративных систем при разработке мелиоративного кадастра.// Труды ВНИИ-ГиМ. М., 1982. -29-40 С.
7. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М., Наука. 1977. С.664.

УДК 631.67 (470.45)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

А.Д. Ахмедов, С.И. Богданов

Государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

В настоящее время в условиях Нижнего Поволжья важное значение имеет дальнейшее освоение и улучшение использования пойменных земель, в первую очередь - Волго-Ахтубинской поймы.

Пойменные земли отличаются большим разнообразием и неоднородностью, обусловленными своеобразным режимом увлажнения, обвалованием, характером почв, степенью окультуренности, расчленённостью и другими условиями. С учётом всех особенностей в использовании земель Волго-Ахтубинской поймы сложилось четыре основных направления.

Первое направление - обвалование участков, т.е. строительство искусственных ограждений против затопления во время разлива с организацией орошения на обвалованной территории. На таких участках при орошении получают с 1 га до 100 т томатов, 60-70 т капусты, 20-30 т картофеля. В садах собирают до 25 т/га яблок, а от виноградников получают свыше 10 т/га винограда. Высокие урожаи на пойменных землях дают люцерна (до 15-20 т/га сена), кукуруза (до 80-100 т/га зелёной массы) и другие кормовые культуры. Применение промежуточных посевов позволяет получать два урожая кормовых культур с суммарным сбором зелёной массы до 50-120 т/га.

Второе направление - проведение «послеспадовых» посевов без дополнительного орошения. За счёт естественной влагозарядки без вегетационных поливов имеется возможность выращивать по «баклугам» (пересыхающим ерикам, озёрам и другим понижениям) картофель, а на более повышенных участках - кукурузу, сорго и их смеси с суданской травой.

Третье направление - послеспадовые посевы с организацией дополнительных вегетационных поливов из местных водных источников. Набор культур для размещения на временно заливных землях определяется сроками освобождения площади от затопления и хозяйственными потребностями. Это овощные, картофель, кукуруза и др.

Четвёртое направление - использование естественных сенокосов и пастбищ. В Волго-Ахтубинской пойме эти угодья занимают 62 % всей площади. Продуктивность естественных сенокосов и пастбищ во многом определяется режимом затопления, погодными условиями, видовым составом травостоя. В годы с многоводным половодьем заливаются большие площади, и сбор сена увеличивается, в годы с низким паводком урожайность зелёной массы на незатопляемых участках обычно составляет 2-3 т/га и идёт она чаще на выпас скоту.

С целью воссоздания естественных условий увлажнения поймы через Волгоградский гидроузел осуществляется регулярное проведение весеннего пуска воды в интересах сельского и рыбного хозяйства. Для более рационального использования всех сельскохозяйственных угодий необходимо создание специальных водопроводящих сооружений с головными насосными станциями на Волге. Они должны обеспечивать интенсивную подачу воды в пойму в течение короткого времени затопления (5-6 суток), а также в послеспадовый период для орошения сельскохозяйственных культур.

В последние годы в пойме обострились экологические и мелиоративные проблемы. В результате водной и ветровой эрозии почва теряет свое плодородие, ухудшались гидрологические условия. Применение минеральных удобрений в больших количествах существенно загрязняет окружающую среду и выращиваемую сельскохозяйственную продукцию и т. д. Поэтому особенно важно заранее предусмотреть и предупредить возможные отрицательные последст-

вия.

При энерго-экономической оценке одним из перспективных способов полива считается внутрпочвенное орошение. Особенностью внутрпочвенного орошения является то, что передвижение влаги в почвогрунтах происходит не сверху вниз, как при других способах орошения, а в радиальных направлениях от оси увлажнителя, в основном снизу вверх - за счет восходящего передвижения влаги. Использование данного способа орошения позволяет создать оптимальный водно-воздушный режим почвы, сохранить её структуру и улучшить аэрацию, обеспечить наиболее благоприятное для растений капиллярное увлажнение почвы.

Показателями экономической эффективности являются: увеличение стоимости валовой продукции, снижение себестоимости и срока окупаемости, прирост чистого дохода, рост производительности труда и рентабельности.

Экономическая эффективность в орошении определяется с учетом затрат на мелиорацию земель и агротехнику при выращивании сельскохозяйственных культур.

В расчетах для ВПО при определении оплаты труда на поливе учитывается опыт эксплуатации участков ВПО в России и других странах. Капитальные вложения принимаются с учетом существующих смет на строительство орошаемых участков и с учетом нормативной стоимости строительства систем орошения для объектов разных регионов. Затраты поливной воды определяются согласно принятому режиму орошения кормовых культур при дождевании и ВПО.

Оплата труда при дождевании больше, чем при ВПО на 50-60 %. Это объясняется тем, что при ВПО такие работы, как нарезка и отчистка временных оросителей, обкос каналов, полив дождевальными машинами и др. не требуются. Колебания оплаты труда по различным вариантам ВПО зависят, в основном, от оплаты транспортировки кормовых культур с поля до места выгрузки при различной урожайности. В оплате труда во всех случаях также учитываются доплаты за продукцию, качество и сроки, классность, стаж и др.

Амортизационные отчисления при расчете экономической эффективности возделывания кукурузы и суданской травы на зеленую массу приняты 5 %, а на дождевальную технику - 14,2 %; расходы на текущий ремонт - соответственно 3 и 8 %. Кроме этого, учитываются амортизация и текущий ремонт при работе сельскохозяйственной техники во время проведения агротехнических мероприятий; при дождевании учитывается также текущий ремонт временных оросителей.

Расходы на горюче-смазочные материалы при использовании машин ДДА- 100 МА больше в 3 раза, чем при ВПО, так как значительная часть их расходуется на работу дождевальных машин.

Затраты труда при ВПО почти в 2 раза меньше, чем при дождевании. На проведение поливов при дождевании затрачивается в сезон 28 чел.- час на 1 га; значительные затраты рабочего времени требуются также на нарезку временных оросителей и уход за ними.

Для примера приведем определение экономической эффективности люцерны на зеленый корм на участке ВПО в сравнении с дождеванием (табл. 1).

Таблица 1 - Экономическая эффективность (в расчете на 1 га) возделывания люцерны на зеленый корм

Показатели	Внутрипочвенное орошение		Дождевание ДДА-100МА
	В=1,5 м*	В=2,0 м	
Урожайность, т	90,1	73,2	74,4
Стоимость валовой продукции, руб	9911	8052	8184
Себестоимость 1т зеленой массы, руб	3,91	4,82	7,34
Ежегодные затраты, руб	352,5	292,5	546,0
в т. ч. оплата труда, руб	70,5	58,5	109,2
Налоги	22,56	18,72	34,94
Затраты поливной воды, м ³	2573	2573	2920
Продуктивность поливной нормы	3,5	3,12	2,80
Затраты труда, чел./ч.:всего	23,5	19,5	36,4
Чистый доход, руб	9558,5	7759,5	7638,0
Капитальные вложения, руб	47000	43000	40000
Срок окупаемости, лет	4,9	5,5	5,2

*Примечание: В – расстояние между увлажнителями

Капитальные вложения при ВПО больше, чем при дождевании, на 20-40 %. так как основную часть их - до 40-45 % составляет стоимость увлажнителей, которая зависит от межувлажнительного расстояния при одинаковом материале труб.

Коэффициент энергетической эффективности, который представляет собой отношение энергии, полученной в хозяйственной части урожая (Е_п), к не расходуемой на производство этого урожая совокупной энергии (Е), определяется по формуле

$$K_{ээ} = E_{п}/E.$$

В результате расчетов было выявлено, что в структуре затрат совокупной энергии наибольшие (до 70 %) расходы идут на оборотные средства (топливо, удобрения, гербициды, электроэнергия и семена). Наиболее энергоемкими оказались затраты совокупной энергии трудовых ресурсов и основных средств, доля которых в общих затратах энергии на производство люцерны не превышала соответственно 25 и 16 %.

На посевах люцерны второго года жизни коэффициент энергетической эффективности колебался от 2,53 до 2,82 (табл. 2).

На посевах люцерны третьего года жизни был получен урожай меньше, чем второго года, что и привело к уменьшению энергии в урожае. Коэффициент энергетической эффективности при дождевании составил 2,63, при ВПО колебался от 2,51 до 2,63. В среднем коэффициент энергетической эффективности снизился на 9,8 %.

Анализируя данные таблицы 2, необходимо отметить, что с увеличением предполивного порога с 60 до 80 % НВ как по годам исследований, так и в среднем за три года наблюдается рост затрат совокупной энергии от применения машин и оборудования.

Проводимые расчеты по оценке биоэнергетической эффективности возделывания люцерны в Волго-Ахтубинской пойме при различных способах полива показали, что все варианты опытов являются энергосберегающими, так как отношение энергии, накопленной в биомассе урожая, к затраченной совокупной энергии во всех случаях превышает единицу.

Таблица 2 - Энергетическая оценка возделывания люцерны по вариантам опыта

Предполивная влажность почвы, % НВ	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Содержание энергии в урожае, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности
2-й год.			
Дождевание (ДДА – 100МА)			
80	105288,3	281120	2,67
ВПО			
80	104301,3	294925	2,82
70	104039,0	279865	2,69
70	102968,7	261040	2,53
3-й год			
Дождевание (ДДА – 100МА)			
80	104638,2	276100	2,63
ВПО			
80	103993,1	288650	2,77
70	103855,2	276099	2,65
60	102453,7	257725	2,51

Таким образом, проведенные нами расчеты энерго-экономической эффективности ВПО по фактическим данным и их анализ показывают, что ВПО на современном этапе является высокоэффективным и рентабельным способом орошения. Экономия поливной воды составляет 30-40 %, трудовые затраты снижаются в 1,6 раза, а урожайность кормовых культур повышается на 18-28 % по сравнению с дождеванием (ДДА - 100 МА). Среди изучаемых способов полива люцерны по вариантам опыта самую высокую эффективность имеет ВПО при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ. При этом коэффициент энергетической эффективности составляет 2,77 - 2,82.

УДК 613.675

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ПОЛИВОЙ НОРМЫ НА ДИНАМИКУ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТУРА УВЛАЖНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКЦИИ УВЛАЖНИТЕЛЯ

А.Д. Ахмедов

Государственная сельскохозяйственная академия, Волгоград, Россия

На распределение влаги в почвенном профиле существенное влияние оказывает величина поливной нормы. Поэтому в наших исследованиях была поставлена

цель: раскрыть качественную и количественную стороны распределения воды в почвенном профиле в продольных и поперечных направлениях линии увлажнителя.

Изучение контуров увлажнения в зависимости от поливных норм проводилось на опытно-полевой установке.

Поступление оросительной воды у увлажнителей происходит под напором через стыки трубки и далее из щелей между экранами сначала вверх и в стороны, а затем вниз.

Для характеристики динамики контуров увлажнения в процессе внутрипочвенного орошения определяли коэффициенты их вертикального распространения K_v и формы K_f . Коэффициент K_f представляет собой отношение распространения контура увлажнения вверх (a_1) и вниз (a_2) от оси увлажнителя; K_v - отношение вертикального диаметра контура увлажнения D_v к горизонтальному D_g (рис. 1). Следовательно, с увеличением K_v уменьшаются потери оросительной воды на фильтрацию, а уменьшение величины K_f указывает на возможность увеличения расстояния между увлажнителями. Рассчитанные нами коэффициенты вертикального распространения K_v и коэффициенты формы K_f представлены в таблице 1.

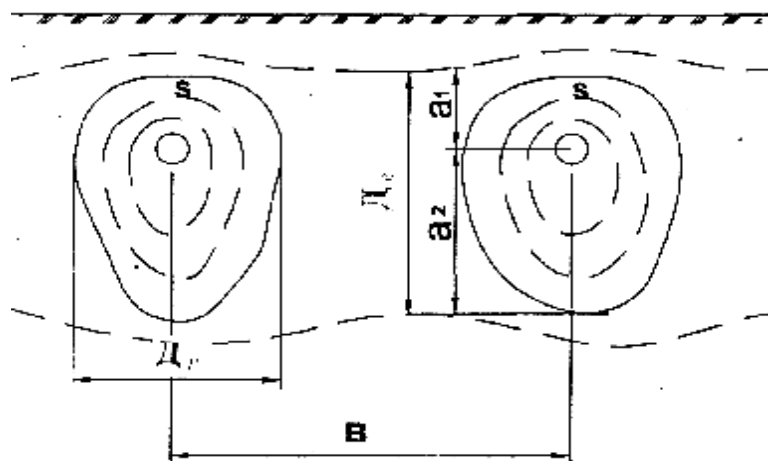


Рисунок 1 - Параметры контура увлажнения:

D_v - высота контура увлажнения, м; D_g - ширина увлажнения, м; a_1 и a_2 - верхняя и нижняя полуоси контура увлажнения, м; B - расстояние между увлажнителями, м; S - площадь контура увлажнения, м²

Анализ полученных данных показывает, что с уменьшением поливной нормы коэффициент K_v несколько увеличивается, а K_f уменьшается. Так, при поливе нормой 600 м³/га коэффициент вертикального распространения контура увлажнения K_v равнялся 0,60, при 350 м³/га - 0,62. Площадь контуров увлажнения S при этом также уменьшается.

Через сутки после полива отмечено уменьшение K_v и увеличение K_f и площади контуров увлажнения. Горизонтальное распространение увлажненного контура D_g увеличилось при $m = 600$ м³/га на 0,11 м, при $m = 350$ м³/га - на 0,05 м. При поливной норме 600 м³/га K_v уменьшился до 0,44, K_f повысился до

0,72, а площадь контура возросла до 1,07 м², при норме 350 м³/га эти показатели составили соответственно: 0,45; 0,70 и 0,77 м².

Таблица 1- Влияние поливной нормы на распространение контура увлажнения (увлажнители из гончарных труб)

Время после полива, сут.	Параметры контуров увлажнения						
	a ₁ , м	a ₂ , м	Д _ε , м	Д _г , м	К _ε	К _φ	S, м ²
Поливная норма 600 м ³ /га							
0	0,29	0,48	0,77	1,16	0,60	0,66	0,78
1	0,28	0,64	0,92	1,27	0,44	0,72	1,07
3	0,19	0,67	0,86	1,06	0,28	0,81	0,87
5	0,09	0,36	0,45	0,60	0,25	0,75	0,26
7	0,03	0,13	0,16	0,29	0,23	0,55	0,04
Поливная норма 350 м ³ /га							
0	0,25	0,40	0,65	1,05	0,62	0,61	0,58
1	0,24	0,53	0,77	1,10	0,45	0,70	0,77
3	0,17	0,58	0,75	0,94	0,29	0,79	0,67
5	0,08	0,32	0,40	0,56	0,25	0,71	0,21
7	0,03	0,11	0,14	0,26	0,27	0,54	0,03

Через 3 суток после полива при поливной норме 600 м³/га отмечено уменьшение коэффициента вертикального распространения, в основном в результате снижения влажности в слое почвы, расположенном выше оси увлажнителя. В нижележащих слоях почвы отмечена стабилизация контура увлажнения по вертикали. Ширина его по сравнению с предыдущими замерами уменьшилась на 0,21 м. Аналогичная картина наблюдалась и при поливной норме 350 м³/га.

В дальнейшем (через 5 суток после полива) в обоих случаях коэффициент вертикального распространения был одинаковым, равным 0,25; горизонтальное распространение контуров уменьшилось почти в два раза по сравнению с предыдущим периодом. Значительно уменьшилась площадь контуров увлажнения: при поливной норме 600 м³/га - до 0,26 м² и при 350 м³/га - до 0,21 м².

Через 7 суток после полива контур увлажнения фиксировался лишь вокруг увлажнителей: Д_в составлял не более 0,16 м и Д_г - 0,29 м. Площадь контуров увлажнения не превышала 0,03-0,04 м² в зависимости от поливной нормы.

Оценивая динамику формирования контуров увлажнения в зависимости от поливных норм, необходимо отметить, что увеличение поливной нормы (с 350 до 600 м³/га) позволяет несколько увеличить расстояние между увлажнителями (на 0,10-0,15 м) за счет возрастания абсциссы увлажнения. При этом увеличивается площадь контура увлажнения.

Сравнивая коэффициенты вертикального распространения и формы контуров увлажнения при поливных нормах 350 и 600 м³/га, следует отметить, что

оптимальными они являются при меньшей поливной норме. Это объясняется тем, что при увеличении поливной нормы возрастают потери воды на глубинную фильтрацию и уменьшаются значения K_B , что нежелательно при внутрипочвенном орошении.

Изучение динамики формирования контуров увлажнения при ВПО яблоневого сада (II участок) через 1, 3, 5, 7 суток после полива показывает, что площадь контура увлажнения за счет увеличения всех его параметров достигает наибольшего значения через 1 сутки (табл. 2). Наиболее интенсивно при этом возрастают нижняя вертикальная полуось и горизонтальная, расположенная ближе к дереву.

Через 3 суток после полива отмечено уменьшение параметров контура увлажнения на 9,7-14,9 % за счет уменьшения ширины контура и его верхней полуоси. Однако нижняя полуось продолжает расти, что обусловлено преобладанием гравитационного передвижения влаги над капиллярным. Следует заметить, что различная концентрация корней в горизонтальном направлении оказывает некоторое влияние на скорость изменения левой и правой полуосей контура.

Таблица 2 - Влияние поливной нормы на динамику формирования контура увлажнения после полива (полиэтиленовые увлажнители)

Время после полива, сут	Параметры контура увлажнения						
	a_1 , м	a_2 , м	D_B , м	b_1 , м	b_2 , м	D_G , м	S , м ²
Поливная норма 210 м ³ /га							
0	0,37	0,91	1,28	0,84	0,98	1,82	1,83
1	0,41	0,97	1,38	0,86	1,06	1,92	2,08
3	0,34	0,99	1,33	0,79	1,05	1,84	1,88
5	0,15	0,54	0,69	0,43	0,42	0,85	0,46
7	0,07	0,19	0,26	0,20	0,16	0,36	0,07
Поливная норма 165 м ³ /га							
0	0,345	1,02	1,365	0,94	1,03	1,97	2,10
1	0,37	1,11	1,48	0,97	1,08	2,05	2,38
3	0,29	1,14	1,43	0,88	1,05	1,93	2,17
5	0,13	0,58	0,71	0,42	0,47	0,83	0,48
7	0,06	0,20	0,26	0,18	0,17	0,35	0,7
Поливная норма 110 м ³ /га							
0	0,285	1,14	1,425	0,92	1,015	1,935	2,16
1	0,30	1,22	1,52	0,94	1,07	2,01	2,39
3	0,23	1,24	1,47	0,82	0,98	1,80	2,08
5	0,11	0,65	0,76	0,42	0,39	0,81	0,48
7	0,055	0,21	0,265	0,19	0,17	0,36	0,075

Примечание: b_1 , - полуось в направлении междурядья деревьев, b_2 – полуось в направлении к ряду деревьев

Большая насыщенность почвенного профиля корнями деревьев приводит к незначительному снижению скорости уменьшения соответствующих размеров увлажненной области.

Это объясняется действием сосущей силы корневой системы растений, а также способностью корней перемещать влагу из более насыщенного почвенного слоя к менее насыщенному. По истечении 5 суток после окончания полива горизонтальная полуось контура, расположенная в области большей концентрации корней, начинает значительно уменьшаться, что обусловлено транспирацией влаги корнями деревьев. Значение горизонтальной полуоси, расположенной в направлении междурядья, наоборот, в связи с меньшей плотностью корневой системы снижается менее интенсивно. Уменьшение параметров контура увлажнения наблюдается также и в вертикальном направлении, в целом, площадь увлажненной области снижается более чем на 50 %. Аналогичная тенденция сохраняется и по истечении 7 суток после окончания полива.

Изучая динамику контуров увлажнения при различных поливных нормах и значениях начальной влажности, экспериментальные зависимости полуосей от времени мы аппроксимировали с помощью уравнения:

$$y = C_0 t^{C_1} + C_2,$$

где y – исследуемая полуось контура увлажнения, м; t – время после полива, сут; C_0, C_1, C_2 – коэффициенты.

Математическая обработка опытных данных проводилась на ЭВМ с помощью системы MATCAD. В результате корреляционно-регрессионного анализа получены аппроксимирующие зависимости параметров контуров увлажнения от времени после окончания полива.

При поливной норме $m=210$ м³/га и начальной влажности $W_0=65\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{1,157} + 0,46, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,17} + 1,028, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,618} + 0,914, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,657} + 1,156, \quad r = 0,961;$$

При поливной норме $m=165$ м³/га и начальной влажности $W_0=75\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{0,996} + 0,431, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,08} + 1,185, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,49} + 1,049, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,721} + 1,163, \quad r = 0,961;$$

При поливной норме $m=110$ м³/га и начальной влажности $W_0=85\%$ НВ:

$$a_1 = -0,042 \cdot t^{0,921} + 0,355, \quad r = 0,983;$$

$$a_2 = -0,013 \cdot t^{2,114} + 1,13, \quad r = 0,98;$$

$$b_1 = -0,031 \cdot t^{1,397} + 1,017, \quad r = 0,986;$$

$$b_2 = -0,041 \cdot t^{1,396} + 1,178, \quad r = 0,961;$$

Вычисленные значения коэффициентов корреляции близки к 1, что указывает на весьма тесную связь между эмпирическими и теоретическими значениями признака. Таким образом, полученные аппроксимирующие зависимости могут использоваться для определения границ области увлажнения после окончания полива.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ СПОСОБОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ ПРИ ОРОШЕНИИ

А.С. Корляков, В.С. Носовский

ФГУП «ДальНИИГиМ», Владивосток, Россия

С целью обеспечения рационального использования рисовых земель под сою произведено устройство увлажнительно-осушительной системы для двустороннего регулирования водного режима почв. Система включает бестраншейные дрены-увлажнители, выполненные из пластмассовых гофрированных дренажных труб диаметром 50 мм, уложенных бестраншейным способом через 4, 5 и 6 метров на глубину 0,9-1,0 м. Эти системы обеспечивают необходимое осушение рисовых земель и внутрпочвенное орошение посевов сои в засушливые периоды.

Научная и практическая значимость работы определяется следующим. При внутрпочвенном орошении (ВПО) вода подается непосредственно к корням растений. Основу ВПО составляет капиллярная влага, легко доступная для растений. Глинистые почвы могут удерживать в подвешенном состоянии большие объемы капиллярной влаги. Для суглинистых почв высота капиллярного подъема составляет 1,5-3,0 м. Для устройства внутрпочвенных увлажнителей использовали полиэтиленовые трубки. При такой конструкции системы вода поступает через отверстия перфорации в увлажнителях. При этом не нарушается структура почвы, не образуется корка. Перспективность этого способа орошения заключается в возможности регулирования в оптимальных пределах водно-воздушного режима почвы. Этот режим орошения позволяет полностью механизировать полив и экономно расходовать воду. Внутрпочвенное орошение обладает высокой эффективностью, затраты на строительство системы ВПО с использованием полиэтиленовых трубок при бестраншейном способе укладки незначительные, срок окупаемости – 3-4 года.

Системы внутрпочвенного орошения применяют с соблюдением следующих требований: уклон местности по длине увлажнителей должен быть не более 0,01; почвы тяжелые по гранулометрическому составу со скоростью капиллярного поднятия не менее 0,5 мм/мин. Глубина закладки дренажных увлажнителей от 0,4 до 0,6 м; расстояние между увлажнителями на тяжелых почвах – 2 м; максимальная глубина увлажнителей – до 250 см.

Большинство исследователей считают, что напоры воды во внутрпочвенных увлажнителях не должны превышать глубины их закладки на 5-10 см, а практически применяются напоры 0,2-0,4 м над осью увлажнителей.

Характер увлажнения почвы, в значительной степени, зависит от способа подачи воды в увлажнители. При безнапорном поливе поступление воды из увлажнителя в почву обуславливается ее всасывающей способностью, капиллярными свойствами. Контур увлажнения почвы в процессе безнапорного полива будет представлять эллипс, вытянутый вниз, при напорном поливе – форму круга, несколько вытянутого в горизонтальном направлении.

При исследовании эффективности внутрипочвенного орошения из полиэтиленовых труб с перфорацией малого диаметра установлено, что величина напора в увлажнителях должна быть не более 0,7 м водяного столба, диаметр перфорации 0,5-0,7 мм, расстояние между увлажнителями следует принимать не более 5 м, диаметр увлажнителя – 50 мм. Продолжительность подъема уровней верховодки до нижней границы пахотного горизонта в период внутрипочвенного орошения на вариантах с расстояниями между увлажнителями 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м составила - 0,5 суток, а при расстоянии 4,5 и 7,3 м – 2-4 суток.

Конструкция модульной рисовой карты Приморского края позволяет путем устройства бестраншейных пластмассовых дрен-увлажнителей проводить двустороннее регулирование режима влажности почв - основной сопутствующей культурой рисового севооборота является соя. Орошение сои в рисовом севообороте будет иметь высокую экономическую эффективность, так как при этом используются элементы без увеличения их расчетных параметров. Экспериментальные данные показывают, что оросительный период сои приходится на июнь, июль, август, когда оросительная сеть работает с нагрузкой, составляющей 40-50% от расчетной, определяемой периодом первоначального затопления рисового поля в мае.

В настоящее время имеется в достаточном количестве производственных и экспериментальных данных по обоснованию параметров систем внутрипочвенного орошения. В 1992 г. осуществлено строительство опытно-производственной дренажной системы на 34 распределителе Сиваковской рисовой оросительной системы (РОС). На модульном чеке РОС площадью 8,8 га была построена закрытая коллекторно-дренажная система из пластмассовых труб диаметром 50 мм, заложенных бестраншейным способом с применением дреноукладчика МД-12 с расстоянием 5,0, 7,5 и 10,0 м, а на другом чеке площадью 7,5 га варианты по расстоянию между дренами составили 4,0, 5,0 и 6,0 метров. В 1993 г. заложен дренаж на модульной карте 39 распределителя Сиваковской РОС на площади 48 га с расстоянием между дренами 5,0 м.

На экспериментальных дренажных системах Сиваковской РОС проводились исследования по обоснованию следующих параметров: расстояние между дренами – увлажнителями и глубине их заложения. В дальнейших исследованиях необходимо обратить внимание на внесение корректив в режим орошения. Возможно, окажется более целесообразным полив по бороздам на фоне густой сети дрен (он, как выявлено нами, на осушаемых землях гарантирует удаление гравитационной воды из пахотного слоя после полива по бороздам практически в течение 1,0-1,5 суток). Исследования по отработке рациональных приемов двустороннего регулирования водного режима рисовых почв остаются также актуальными.

Внутрипочвенное увлажнение по дренам по сравнению с дождеванием отличается дешевизной, большой экономией воды, высокой производительностью, простотой конструкции и надежностью при эксплуатации системы. В природоохранном отношении данный прием также имеет целый ряд преимуществ; обеспечивается пониженный вынос веществ и элементов с дренажным

стоком, исключается ирригационная эрозия почв и повреждаемость посевов устройствами для выполнения поливов.

В ДальНИИГиМ за последние 10 лет ведется работа по совершенствованию комплекса технических и агротехнических элементов, адаптации и внедрению гребневого посева сои на РОС Приморского края. Гребневание почвы предназначается для предотвращения вымокания культурных растений, сохранения корнеобитаемого слоя в рыхлом состоянии при высыхании после переувлажнения, увеличении его глубины с 18-20 см на ровной пашне до 25-30 см. Период переувлажнения в Приморье приходится на август – сентябрь и ему почти ежегодно предшествует засуха. Например, в Спасском районе в период весна – первая половина лета отношение осадков к испарению равняется 0,66, а в период август – сентябрь – достигает 1,9. Запасы воды пахотного слоя даже в случае осеннего или ранневесеннего насыщения невелики, в слое 0-20 см содержится - 60-70 мм продуктивной влаги и при отсутствии осадков растения испытывают ее дефицит. Все исследователи и практики, занимавшиеся системой гребневого выращивания растений, в качестве ее достоинства отмечают способность гребней сохранять влагу лучше, чем ровная поверхность, создавать большие запасы влаги при выпадении дождей. Мощный рыхлый пахотный слой в гребнях способствует и более активной конденсации в нем влаги воздуха.

При всех преимуществах в степени и характере влагообеспечения гребней над ровной пашней в условиях выпадения осадков наблюдается противоположная картина при продолжительном отсутствии дождей – гребни иссушаются сильнее традиционной пашни. По наблюдениям ДальНИИГиМ в 1997 и 1999 гг. с засушливым летом, содержание воды в гребне значительно уступало ровной поверхности, причем такое состояние сохранялось даже после кратковременных ливневых осадков, не успевающих промочить массу почвы в гребнях. За последние 10 лет засуха в первой половине лета повторялась 7 раз. В 1995, 1997 и 1999 гг. она охватила не только вторую половину лета, но и сентябрь. Возможность повторения засушливых лет возрастает в связи с глобальными изменениями климата. На международном симпозиуме в Осаке в 1998 г., посвященном проблемам продовольственной безопасности, обсуждалась необходимость совершенствования и изменений технологий зернового производства с учетом меняющегося климата Земли. В последние 30 лет неуклонный рост среднемировой температуры и засушливости климата сопровождается снижением количества осадков. Несомненно, что эти изменения коснутся Дальнего Востока; может усилиться контрастность чередования сухого и дождливого периодов и отрицательное воздействие на растения засухи и переувлажнения.

Существующая оросительно-сбросная сеть может быть использована без изменения для орошения суходольных культур напуском. Система такого орошения в качестве элемента зональной технологии до настоящего времени не разрабатывалась ни для ровных, ни для гребневых посевов, хотя необходимость таких исследований предполагалась. Пробные поливы производились, в том числе и ДальНИИГиМ, в 1997 и 1999 гг., но они носили производственный

характер и не могут служить основанием для научных рекомендаций к широкому внедрению.

Орошение напуском влечет целый ряд проблем, которые нельзя проигнорировать. В условиях Дальнего Востока избыток воды даже на лучших по плодородию почвах вызывает уменьшение количества структурных комочков в 1,5-3 раза, а в подпахотном слое в 6-20 раз. Высыхая, почва уплотняется, снижается ее биологическая активность и плодородие, ухудшаются условия произрастания культурных растений.

Серьезную проблему составляет необходимость оперативного сброса воды после орошения напуском. Многолетняя практика гребневых посевов показала, что гребень (и гряды) обеспечивают сток избыточной воды при уклонах 0,005-0,007. На рисовых чеках с их природными, строительными и эксплуатационными деформациями и пестротой почвенного покрова задача полива или, точнее, сброса избытка воды представляется достаточно сложной. Как показали предварительные наблюдения, высыхание тела гребня даже на повышенных участках чеков многократно опережает высыхание борозды, которая длительное время после полива непроходима для междурядных обработок, так как почва находится за порогом несущей способности, равной 80% ПВ. В пониженных бессточных частях чеков наблюдается застой воды и все, связанные с переувлажнением явления. В целом площадь чека после полива напуском недоступна для междурядных обработок как минимум две недели и сильно зарастает сорняками.

Слагающие рисовую оросительную систему почвы обладают крайне слабой фильтрацией и, хотя она существенно увеличивается в случае регулярного чередования риса с суходольными культурами, вряд ли можно возлагать большие надежды на послеполивное дренирование. Основной комплекс мер по осушке поля после полива должен быть направлен на создание условий поверхностного стока.

Перенасыщение подпахотного слоя можно избежать массивным краткосрочным затоплением 80-85% площади чека с немедленным сбросом воды в течение суток, однако проектные параметры РОС не предусматривают такой оперативности в управлении водным режимом. Даже на чеках с хорошей планировкой мелиоративное состояние оценивается как удовлетворительное, если период создания слоя воды составляет 2-5 суток, а понижение уровня гравитационной воды с 0,2 до 0,7 м в 10 суток. Параметры чека с хорошим состоянием составляют, соответственно, 2 и 5-6 суток.

Требует конкретизации специальными опытами вопрос продолжительности эффекта полива напуском, что особо необходимо в отношении сои: ее корни на 90% расположены в слое 0-10 см и на 6-7% в слое 10-20 см. Теория поливов этой культуры утверждает, что они эффективны лишь при обеспечении постоянного оптимального увлажнения почвы до 70-80% НВ. Влагозарядка под сою себя не оправдывает из-за особенностей расположения корневой системы.

Проблема разработки системы орошения касается не только суходольных культур рисового севооборота, но и самого риса, часть которого может возделываться гребневым способом. Одно из главных преимуществ гребневой сис-

темы земледелия заключается в том, что повторные посевы таким способом совершенно исключают весь комплекс предпосевных обработок: второй посев производится непосредственно по стерне развалом старых гребней с одновременной нарезкой новых и их обсевом. Экономичность такой системы очевидна и в определенных условиях может быть распространена на рис. Некоторое снижение урожайности из-за понижения коэффициента использования земли вполне компенсируется экономией затрат на вспашку, разделку пахоты, планировку и предпосевную культивацию, а также отсутствием нарушений структуры почвы и плоскости чека традиционными многократными обработками.

По севе решаются задачи:

- выбор оптимальной схемы посева и размещения системы поверхностного отведения на модульных картах и КШФЗ;
- определение эффективности осушения почвы после полива и возможности междурядных обработок;
- определение продолжительности периода положительного действия полива на влажность почвы в гребне;
- определение влияния полива на агрономические свойства гребня;
- определение влияния полива на урожайность.

УДК 631.67

КАЧЕСТВО РАССАДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ НА КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В.В. Бородычев, В.М. Гуренко, Е.В. Шенцева, М.М. Гавра

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Применение кассетной технологии при выращивании овощных культур отличается от традиционных методов как технологическими показателями, так и большими экономическими преимуществами. Рассада, выращенная в кассете, имеет корневой комок, закрытую корневую систему, при этом корни соседних растений не переплетаются, а рассада получается выровненной. В поле она имеет практически 100% приживаемость, растения изначально находятся в одинаковых условиях и развиваются одновременно.

Для выращивания ранних томатов с использованием временных тоннельных (пленочных) укрытий самой оптимальной нами принята кассета № 49 с ячейками 5х5х5 см, с объемом ячейки 80 см³. На 1 м² рассадной площади получается 400 растений, что позволяет выращивать высококачественную 45 дневную рассадку. Рассада 45-50 дневная к моменту высадки в грунт имеет высоту 15-18 см, 6-7 настоящих листьев, масса растений 20-22 грамма и единичные раскрытые цветки на первой кисти.

Кассеты заполняются субстратом из разрыхленного торфа с добавлением 25% песка. Посев семян в кассеты проводили 25 февраля. Первые 4 дня до массовых всходов температура в теплице поддерживается на уровне 22-25°C, на 3-4 день после массовых всходов она снижается ночью до 8-10°C, днем до 14-16°C, чтобы предотвратить раннее вытягивание всходов растений. Последующие дни

температура воздуха поддерживается в ночное время в пределах 10-12⁰С, днем 20-22⁰С. Оптимальная влажность воздуха поддерживается на уровне 60-65%.

Для лучшей приживаемости рассады за 5-6 дней до высадки ее в грунт поливают раствором с повышенным содержанием солей калия и фосфора (из расчета 40 г суперфосфата + 60 г сульфата калия на 10 л воды). Непосредственно перед высадкой рассады ее обильно поливают 1% раствором кальциевой селитры, после чего растения обязательно обмывают чистой водой.

Для предотвращения развития болезней первый полив после посева семян томата в ячейки проводят 0,1% раствором марганцево-кислого калия. Предусмотрена 3-х кратная обработка растений препаратом ридомил голд концентрацией 60 г на 10 л воды.

Производству томатов отводится особое место как ведущей культуре. Это не случайно, т.к. Волгоградская область выгодно отличается от других регионов своими географическими и природно-климатическими условиями. Погодные условия позволяют получить отличного качества продукцию. Она востребована и ее везут в северные регионы страны. Географическое положение дает экономическую выгоду в относительной близости рынков сбыта.

Одной из проблем, которая ограничивает поступление продукции, это весенние возвратные и осенние заморозки. Вынужденные поздние посадки томатов приводят к тому, что часть урожая погибает после первых осенних заморозков. Недополученный урожай сильно сказывается на повышении себестоимости производства. Для решения этой проблемы нами в ООО «Спринг» были заложены экспериментальные участки по выращиванию томатов во временных пленочных укрытиях (тоннелях).

Производство ранней продукции несмотря на дополнительные материальные и трудовые затраты, имеет ряд преимуществ и экономически оправдано. Изучение динамики цен реализации на томаты подтверждает вышеизложенное (табл.1).

Разработка технологии возделывания томатов при капельном орошении проводилась поэтапно. Использовался ранее накопленный опыт при выращивании томатов в открытом грунте. Принята наиболее оптимальная схема посадки. Капельные линии на опытном участке расположены через 1,5 метра.

Таблица 1 - Сравнительная оценка производства томатов при капельном орошении в открытом и защищенном грунте

Месяцы года	2002 г.				2003 г.				2004 г.			
	Открытый грунт		Тоннели		Открытый грунт		Тоннели		Открытый грунт		Тоннели	
	тонн	тыс. руб.	тонн	тыс. руб.	тонн	тыс. руб.	тонн	тыс. руб.	тонн	тыс. руб.	тонн	тыс. руб.
Июль	-	-	11,2	194,9	-	-	9,2	151,8	-	-	13	236,6
Август	12,8	74,2	49	284,2	10,5	58,8	41,8	234,1	14	85,4	47	286,7
Сентябрь	55	198	18,7	67,3	49	166,6	20,5	69,7	48,4	183,9	16,1	61,2
Октябрь	3,4	12,9	-	-	6,4	25,6	-	-	9,2	38,6	-	-
Итого	71,2	285,1	78,9	546,4	65,9	251	71,5	455,6	71,6	307,9	76,1	584,5

Расстояние между растениями в ряду 25 см, посадка рассады в одну строчку. Эта схема позволяет провести укрытие растений с наименьшими затратами, а также создает удобства по дальнейшему уходу за растениями. Облегчается проход техники, уменьшается трудоемкость при прополке. Широкие проходы между рядами облегчают сбор томатов.

Самыми перспективными для получения ранней продукции являются сверххранные гибриды и сорта томатов.

После высадки в грунт рассады и ее укрытия от неблагоприятных погодных условий использовали дуги из стальной проволоки сечением 4 мм, которые ставились на расстоянии 1 м друг от друга. Поверх дуг натягивали пленку с шириной рукава 1,5 метра, толщиной 35-40 микрон. Края пленки присыпали землей. Через каждые 8 метров оставляли участки для проветривания тоннеля.

Высадка рассады в тоннели в годы исследований проводилась в зависимости от погодных условий в период с 22 апреля по 5 мая. Определяющим критерием служила утренняя температура почвы на глубине 8-10 см, которая должна стабилизироваться на уровне 12⁰С. После 12-15 мая, когда исчезает угроза заморозков, пленочное покрытие снимали. Очень важно в этот момент адаптировать растения к уже сухому воздуху с достаточно высокими дневными температурами. Для этого в тоннелях проделываются отверстия диаметром 4-6 см по 2-3 шт. на каждое растение. На 2-й день площадь этих отверстий увеличивают в 2 раза. Вечером третьего дня пленочное покрытие снимается окончательно, а дуги выдергиваются.

После этого проводится культивация с окучиванием. Затем незамедлительно проводится профилактическое опрыскивание от болезней и вредителей. В дальнейшем повторные профилактические опрыскивания проводятся через каждые 10 дней.

Против бактериальных болезней проводится 2-х кратная обработка фитолавином: первая сразу после снятия пленки, вторая через 15 дней после первой.

Против грибковых болезней, до массового цветения, обработка ведется оксихомом, а затем системным препаратом «Радомил Голд».

В качестве инсектицидов для борьбы с комплексом вредителей и для профилактики против распространения клеща и уничтожения цикадки, распространяющей вредоносное заболевание столбур, применяются препараты «Актеллик» и «Карате Зеон».

В течение 3-х лет было испытано более 20 сортов и гибридов. Наиболее перспективны крупноплодные, раннеспелые гибриды со сроком вегетации 90-100 дней. Такие как, «Санрайз», «Сайшайн», «Скиф», «Шеди Леди» - семенной фирмы «Нунемс», гибрид «Бобкат» фирмы «Сингента».

Полевые опыты были заложены по плану полного факторного эксперимента. К изучению были поставлены вопросы формирования водного режима (фактор А) и пищевого (фактор В) режимов почвы и их комплексное влияние на рост, развитие и продуктивность растений томатов гибрид «Бобкат».

Схема опыта по водному режиму включает следующие варианты: А₁ – поддержание предполивного порога влажности почвы 80-80-70 % НВ по схеме: 80-80% НВ в период «высадка рассады- плодообразование» и 70% НВ в период «плодообразование- полная спелость»; А₂ - поддержание предполивного порога влажности почвы 70-80-70 % НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады - цветение», 80% НВ в период «цветение - плодообразование» и 70% НВ в период «плодообразование – полная спелость»; А₃ - поддержание предполивного порога влажности почвы 70-90-80 % НВ по схеме: 70% НВ в период «высадка рассады - цветение », 90% НВ в период «цветение – плодообразование» и 80 % НВ в период «плодообразование - полная спелость»;

По питательному режиму томатов было предусмотрено внесение минеральных удобрений дозами, рассчитанными на планируемые урожайности плодов 60, 80 и 100 т/га. Кроме этого проводились регулярные внекорневые подкормки удобрением Кристалон (голубой, белый, красный) в зависимости от фаз развития растений.

Проводя экономический анализ выращивания томатов во временных тоннельных укрытиях с использованием полиэтиленовой пленки, можно сделать следующие выводы: повышается общая урожайность томатов за счет продления срока вегетации; поступление продукции сдвигается на более ранние сроки с наибольшей ценой реализации; дополнительные затраты на производство ранней продукции окупаются прибавкой чистой прибыли от реализации (табл. 2).

Таблица 2 - Показатели эффективности производства томатов с использованием тоннельных укрытий (2002 – 2004 гг.)

№ п/п	Показатели	Открытый грунт	Тоннели	Разница, ед	Разница, %
1.	Урожайность, т	69,6	75,5	5,9	8,47
2.	Средняя цена реализации (руб/кг)	4	7	-	-
3.	Стоимость товарной продукции (тыс.руб.)	278,4	528,5	250,1	89,83
4.	Себестоимость (руб/кг)	1,85	2,4	-	-
5.	Сумма затрат на 1 га, тыс.руб.	128,76	181,2	52,44	-
6.	Чистая прибыль с 1 га, тыс. руб.	149,64	347,3	197,66	-

В среднем за 3 года превышение затрат на 1 га составило 52,44 тыс. рублей, а доход от реализации продукции увеличился на 192,66 тыс. рублей с 1 га. По сравнению с открытым грунтом чистая прибыль на посевах томатов, выращиваемых в тоннельных укрытиях, увеличилась на 132% или в 2,3 раза.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫРЕЯ УДЛИНЕННОГО СОРТА «СОЛОНЧАКОВЫЙ» И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ-МЕЛИОРАНТА

В.П. Максименко

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия;

Э.Б. Дедова, М.П. Чапанова

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

На обширных территориях распространены засоленные земли с низкой продуктивностью. Процессы засоления под влиянием естественных факторов и факторов антропогенного характера особенно интенсивно проявляются в аридных и полуаридных зонах. Деградация почв на таких землях вследствие засоления, осолонцевания или суммарного их влияния является одним из факторов, снижающих эффективность использования земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве. Таким образом, возникает две проблемы: экологическая и производственная. В первом случае засоление почв сопровождается гибелью большинства растений, а во втором, как следствие, снижением продуктивности естественных биоценозов и выходом из сельскохозяйственного оборота орошаемых земель.

Формирование неудовлетворительной мелиоративной обстановки в отдельных случаях связано со строительством и эксплуатацией обводнительно-оросительных систем, которые представлены открытыми каналами в земляном русле без противофильтрационной защиты. На таких системах отсутствует коллекторно-дренажная сеть, а естественное дренирование территории слабое. Кроме этого, мелиоративная обстановка усугубляется использованием для орошения воды с повышенным содержанием солей (от 2 до 6 г/л). В условиях слабого оттока грунтовых вод с систем и высокой минерализации поливной воды (при средней оросительной норме 7000 м³/га) в почву вносится ежегодно от 14 до 40 т/га солей. Орошение в сложных гидрогеологических условиях сопровождается развитием процессов опустынивания при интенсивном подъеме уровня грунтовых вод и вторичного засоления почв. При содержании в них более 1,4 % солей становится нецелесообразным и экологически небезопасным дальнейшее использование таких земель в производстве. Например, в Калмыкии опустынивание захватило большую часть почвенных комплексов восточных регионов республики, где преобладают бурые полупустынные почвы (Черноземельский и Яшкульский районы). На сегодня 4 тыс. га пахотных земель в Калмыкии выведены из сельскохозяйственного оборота [1].

Эффективным способом поддержания плодородия засоленных земель является химическая мелиорация при возделывании сельскохозяйственных культур, толерантных к высокому содержанию солей в почве. Для этого широко используют гипс, глиногипс, фосфогипс (отход суперфосфатной промышленности), хлористый кальций, известняк, серу, сульфат железа (отход лакокрасочной промышленности), сульфат алюминия, полисульфит кальция, дефека-

(отход сахарной промышленности), отходы промышленности, содержащие мелиорирующие вещества, неорганические кислоты (серная, соляная, азотная), а также искусственно создаваемые синтетические и полимерные вещества.

Возможность искусственно синтезировать удобрения-мелиоранты со свойствами, позволяющими путем варьирования компонентного состава приблизиться к моделированию почвенных субстратов, в которых растение обеспечивается длительное время более комфортными условиями развития и которые, используя биологические особенности растений, создают предпосылки для воспроизводства почвенного плодородия.

Формирование же плодородия засоленных почв предполагает биомелиорацию, включающую выращивание видов растений, которые могут продуцировать в условиях повышенного содержания солей в почве и орошения минерализованными водами. Продукционные системы, основанные на применении солетолерантных видов растений, могут использоваться для производства высокобелковых и энергонасыщенных кормов.

Анализ литературных источников и экспериментальных данных показал, что в условиях полупустынной и пустынной зон Калмыкии для восстановления деградированных земель наиболее эффективны приемы биологической мелиорации с применением культур-фитомелиорантов в комплексе с внесением различных удобрений и химических мелиорантов, которые как фактор регулирования продукционного процесса культурных растений и оцениваемые, главным образом, по этому показателю, выполняют одну из основных задач мелиораций - стабилизацию почвенного плодородия.

В качестве культур-мелиорантов могут быть использованы многолетние злаки, которые формируют высокие урожаи при атмосферных засухах и гидроморфном водном режиме, и при этом обладают высоким мелиорирующим эффектом. Одновременно они могут ликвидировать существующий дефицит кормов в республике.

Впервые в пустынных условиях Калмыкии проведены исследования по применению пырея солончакового и комплексного мелиоранта при освоении засоленных земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности рекомендуемого направления в борьбе с опустыниванием в агроландшафтах.

Опыт применения полимеров для повышения плодородия почв изучался в 40-50 гг. XX века в Германии. Например, А.Г. Кульман попытался применить полимер при выращивании кормовых культур. В его опытах была получена 50 % прибавка в урожайности трав (по сену) [1].

По данным исследователей Пензенской ГСХА Е.Н. Кузина, А.Ф. Блинохвотова и Ю.А.Ильвачёва (1999) при внесении в почву полиакриламидного сополимера снижается уплотняющее воздействие поливной воды на почву, увеличивается общая пористость, улучшается структурное состояние почвы и ее аэрация, формируется водопрочная структура. Например, на тяжёлом по гранулометрическому составу выщелоченном чернозёме за ротацию 2-х культур количество водопрочных агрегатов повысилось на 9,4 %, а на серой лесной супесчаной почве – на 4,9 % [2].

Таким образом, анализ литературных данных показывает, что метод использования полимеров как мелиорантов почв не только возможен, но и выгоден как ресурсо- и энергосберегающий способ повышения плодородия почв. Одним из таких химмелиорантов является многофункциональное вспененное карбамидоформальдегидное удобрение-мелиорант [3]. Это экологически чистый продукт, способный аэрировать почву, замедлять вымывание азотных удобрений и проявлять водонакопительный и водоудерживающий эффект.

Удобрение-мелиорант имеет низкую кислотность, проявляет водонакопительный и водоудерживающий эффект, является хорошим воздушным кондиционером и улучшает структуру почвы. Плотность его 8...25 кг/м³, водопоглощение 3000...4000 % от массы субстрата, открытых пор не менее 85 %, содержит 30...32 % связанного азота; 0,2...0,3 % свободного азота; 0,35...0,40 % P₂O₅; 0,0015...0,0020 % K₂O; 0,0035...0,0045 % MgO, а также микроэлементы.

Лабораторные опыты по влиянию комплексного мелиоранта на продуктивность пырея солончакового при орошении проводили: 1-й опыт по четырём вариантам в 4-кратной повторности (I вариант – доза мелиоранта 0 (контроль), II – 1/2,5; III – 1/5; IV – 1/10 объёмных частей почвы) и 2-й опыт – по шести вариантам в 3-кратной повторности, ориентированных относительно более продуктивного (1/2,5) варианта (I вариант – доза мелиоранта 0 (контроль), II – 1/0,6; III – 1/1,25; IV – 1/2,5; V – 1/5; VI – 1/10 объёмных частей почвы). Масса субстрата в сосудах не превышала 2,0 кг. В лабораторных опытах использовали экспериментальные емкости объёмом 2,5 дм³. Почва для заполнения сосудов была взята с опытного участка в СПК «Первомайский» из слоя почвы 0...0,4 м. Посев проводили нормой 100 шт. всхожих семян на 1 сосуд (площадь поверхности почвы сосуда (S) = 0,019 м² (R = 0,0775 м), глубина заделки – 0,02 м. В течение вегетации пырея солончакового поддерживали предполивную влажность почвы на уровне 75 % НВ. Для определения динамики влажности почвы сосуды взвешивали до полива, после полива – через 12 часов и далее через каждые сутки.

Лабораторный опыт показал, что наибольший эффект достигается во II варианте (при дозе внесения мелиоранта в соотношении 1:2,5 – *числитель дозы мелиоранта, знаменатель – объем почвы*). Во втором варианте высота растений пырея солончакового была максимальной 0,21 м (минимальная высота растений отмечена в I варианте (на контроле) – 0,14 м). Максимальная густота травостоя II варианта варьировала от 5071 до 4890 шт/м² (*на контроле этот показатель в среднем составлял 2972 растения/м²*). Накопление биологической массы во II варианте достигло в среднем 0,144 кг/м², что по сравнению с контролем в 1,7 раз больше (табл. 1, рис.1).

В лабораторном опыте отмечено, что доза мелиоранта прямо пропорционально влияла на высоту, густоту и урожайность пырея солончакового, что подтверждают высокие коэффициенты корреляции (r = 0,83...0,98) и полученные регрессионные уравнения (табл. 2.).

Систематический контроль за динамикой расходования влаги из почвы показал, что с увеличением дозы мелиоранта удлиняется межполивной период.

Изменения межполивного периода в сторону увеличения по сравнению с контролем достигали в среднем до пяти суток в варианте с дозой внесения 1/2,5.

Таблица 1 - Биометрические показатели и урожайность пырея солончакового в зависимости от дозы удобрения-мелиоранта

Вариант, доза полимера	Густота травостоя, шт/м ²	Высота растений перед укосом, м	Урожайность пырея солончакового, кг а.с.в./м ²
I вариант (контроль) без мелиоранта	2972	0,14	0,087
II вариант (1/2,5)	4994	0,21	0,144
III вариант (1/5)	5222	0,19	0,108
IV вариант (1/10)	3514	0,17	0,097

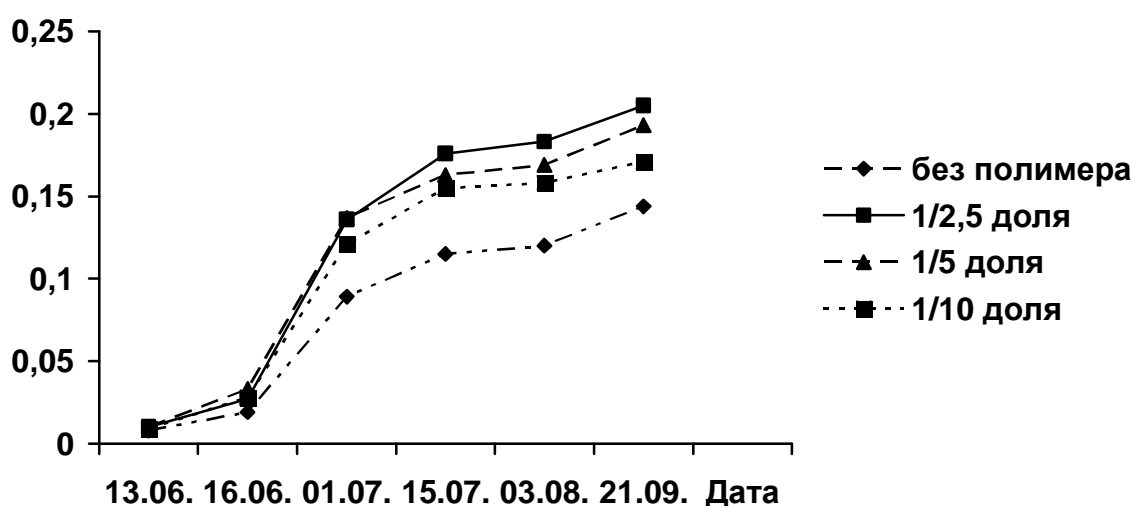


Рисунок 1 - Динамика высоты растений (м) пырея солончакового в зависимости от дозы комплексного мелиоранта

Таблица 2 - Корреляционные зависимости высоты, густоты и урожайности пырея солончакового от вносимых доз мелиоранта

Параметры	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r)
Высота, м	$H = 0,152 + 0,148 X$	0,94
Густота, шт./м ²	$P = 3234,4 + 5377,7X$	0,83
Урожайность, кг а.с.в./м ²	$Y = 8,38 + 14,4 X$	0,98

Для уточнения оптимальной дозы внесения полимерного удобрения был проведен второй лабораторный опыт. Варианты ориентировали по лучшему (1/2,5), выявленному в опыте I. Его приняли центральным и относительно него заложили по два варианта с дифференцированной кратной дозой внесения ме-

лиоранта таким образом, чтобы перекрыть крайние значения предыдущих вариантов на 25 % как в сторону уменьшения (1/5 и 1/10), так и в сторону увеличения (1/1,25 и 1/0,6) мелиоранта. Дозу внесения уменьшали и увеличивали в каждом последующем варианте в два раза относительно предыдущего.

Мелиорант комплексного действия взвешивали перед внесением, слегка уплотнив. Так при внесении мелиоранта дозой 1/10 масса его составляла 10 г, 1/5 – 20 г, 1/2,5 – 40 г, 1/1,25 – 80 г, 1/0,6 – 160 г. Первые всходы были получены через 5...7 суток.

Наблюдения за влажностью почвы и сроками поливов позволили сделать следующие выводы. На формирование зелёной массы во II варианте потребовалось наименьшее количество воды - 2,5 дм³ / на 1 сосуд, в отличие от контроля - 12 дм³/ сосуд. Продолжительность межполивного периода находилась в прямой зависимости от дозы внесенного мелиоранта.

Вегетационные опыты, в том числе наблюдения за продукционным процессом пырея солончакового, показали, что формирование и развитие надземной массы и корневой системы интенсивнее всего происходят в почвенных субстратах с исследуемым мелиорантом, взятом в дозах 1/5...1/0,6. Так, продуктивность (1,23 кг/м²) сухой массы и густота (2176 шт./м²) пырея солончакового в варианте III (1/1,25) были максимальными (на контроле в среднем продуктивность достигла 0,28 кг/м², а густота 1473 шт/м²). Однако высота растений пырея солончакового достигла своей высшей отметки 0,379 м в IV варианте (1/2,5), а в III варианте была только 0,321 м. Минимальная высота растений отмечена в I варианте (на контроле) - 0,173 м (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3 - Воздействие различных доз полимера на плотность почвы, биометрические параметры и продуктивность пырея солончакового

Вариант, (доза мелиоранта)	Плотность субстрата, кг/м ³	Густота травостоя, шт./м ²	Высота травостоя, м	Продуктивность, кг а.с.в./м ²	Окупаемость азота, кг а.с.в./кг азота
I вариант (0) - контроль	1363	1473	0,173	0,28	-
II вариант (1/0,6)	510	1912	0,315	0,85	-4,9
III вариант (1/1,25)	730	2176	0,321	1,23	0,8
IV вариант (1/2,5)	1073	2018	0,379	1,20	32,1
V вариант (1/5)	1233	2035	0,301	0,63	21,4
VI вариант (1/10)	1313	1912	0,269	0,44	18,0

Новое удобрение-мелиорант оказывает прямое действие не только на водоудерживающие, но и аэрирующие свойства почвы, формируя новый почвенный субстрат. При этом, установлена обратная корреляционная зависимость ($r = - 0,97$) изменения плотности почвы от количества внесенного удобрения-мелиоранта (табл. 4). Математическая обработка опытных данных подтвердила существование прямой корреляционной зависимости между биометрическими

показателями и продуктивностью пырея солончакового и вносимыми дозами полимерного удобрения, отмеченную ещё в лабораторном опыте №1.

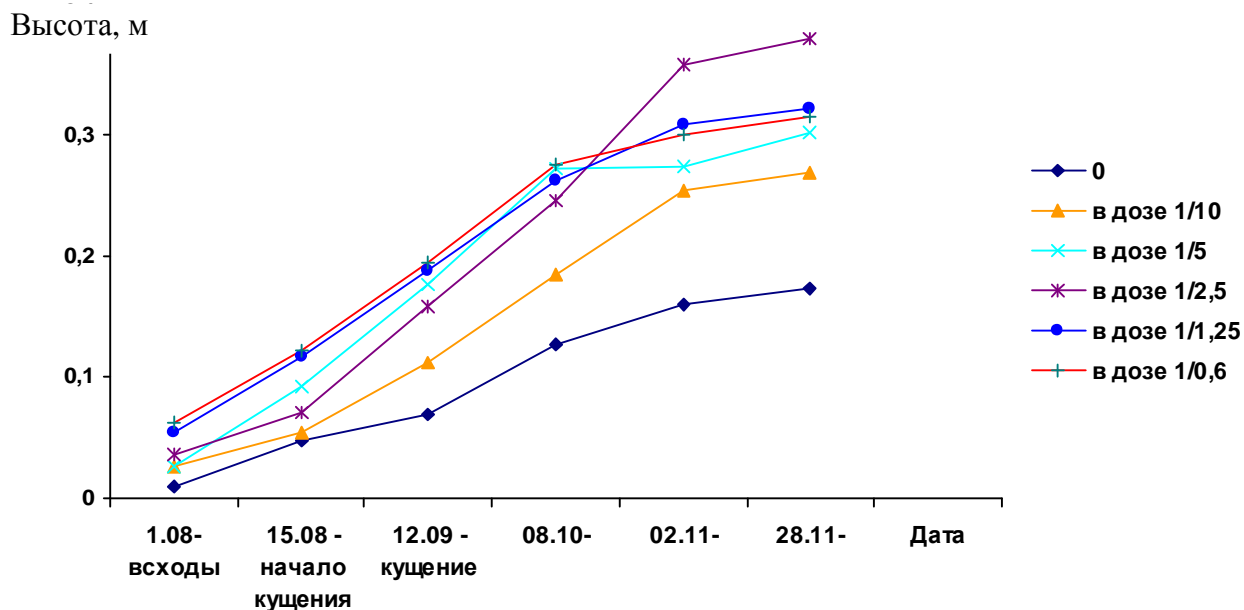


Рисунок 2 - Динамика высоты (м) пырея солончакового в лабораторном опыте

Результаты лабораторного опыта № 2 не опровергают предположения и выводы 1-го опыта о положительном влиянии карбамидоформальдегидного удобрения комплексного действия в дозе 1/2,5 (40 % от объёма мелиорируемой почвы) на повышение продуктивности исследуемой культуры:

Таблица 4 - Корреляционные зависимости высоты, густоты и урожайности пырея солончакового от вносимых доз удобрения-мелиоранта во втором опыте

Параметры	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r)
Высота, м	$Y = 0,24 + 0,16 X$	0,65
Густота, шт./м ²	$Y = 1726,3 + 655 X$	0,77
Урожайность, кг а.с.в./га	$Y = 3,81 + 12,5 X$	0,90
Плотность почвы, г/см ³	$Y = 1,33 - 0,56X$	-0,97

По результатам биометрических наблюдений за развитием пырея солончакового в зависимости от дозы вносимого мелиоранта была сделана оценка эффективности проводимого мероприятия по затратам азота на прирост единицы продукции. Выяснено, что при внесении 1/2,5 дозы удобрения-мелиоранта, удельные затраты единицы азота на прирост единицы массы абсолютно сухого вещества (а.с.в.) пырея солончакового в фазу кущения составили в первом опыте 20, а во втором – 32 кг а.с.в./кг азота. Дальнейшее увеличение количества мелиоранта сопровождается не только снижением биометрических показателей и показателей продуктивности, но и уменьшением эффективности использования азота.

Заключение

1. Одним из важных путей при разработке фитомелиоративных систем и технологий рекультивации антропогенно деградированных ландшафтов Калмыкии является внедрение комплекса мелиоративных мероприятий, позволяющих создать устойчивые и высокопродуктивные агроландшафты.

2. Результаты лабораторных исследований по применению комплексного удобрения-мелиоранта в целях регулирования пищевого режима почвы и создания более благоприятных условий произрастания сельскохозяйственных культур, показали, что продуктивность пырея сорта «Солончаковый» обеспечивается на уровне $0,10...0,14$ кг а.с.в./м², что в 1,7 раза больше, чем в вариантах опыта без применения мелиоранта. При этом происходит снижение плотности почвы в зависимости от дозы внесённого мелиоранта с 1,37 до 0,73 г/см³.

3. Возделывание культуры с использованием комплексного мелиоранта имеет не только экологическую, но и производственную значимость, обеспечивая высокую продуктивность засоленных земель и эффективность использования азотных удобрений. При этом возможно использование оросительной воды повышенной минерализации для регулирования водного режима почвы, что также имеет существенное значение, особенно, на начальном этапе возделывания культуры в пустынных условиях.

Литература

1. Кульман А.Г. Искусственные структурообразователи почвы. – М.: Колос, 1982. – 158 с.
2. Кузина Е.Н., Блинохватова А.Ф., Ильвачёва Ю.А. Полимерная мелиорация // Земледелие. – М. - 1999. - № 1. - С. 23.
3. Мелкозеров В.М., Нагорный Л.Д., Олейник В.В. и др. Вспененное карбамидоформальдегидное удобрение и способ его получения. – Патент РФ № 2230719, С1, 7 С 05 С 9/02 от 04 августа 2003 г. - БИПМ № 17 от 20.06.2004.

УДК 635.64:631.67: 631.8

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ КУКУРУЗЫ ПРИ ПОЛИВЕ ДМ «ФЕРМЕР-КУБАНЬ-ЛК-1»

А.В. Майер

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия

Высокая потенциальная продуктивность кукурузы и отзывчивость в засушливых условиях на поливы определили необходимость проведения исследований, направленных на разработку рациональных режимов орошения и минерального питания, обеспечивающих на посевах среднеранних гибридов формирование 5...9 т/га урожайности зерна при поливе малогабаритной дождевальной техникой.

Почвенный покров опытного участка представлен в основном светлокаштановыми почвами различной степени солонцеватости. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями в виде делювиальных суглинков буровато-палевой окраски, с тонкопористым строением. Гранулометрический состав почв преимущественно средне- и тяжелосуглинистый. Плотность

сложения расчетного слоя почвы $1,30 \text{ т/м}^3$, наименьшая влагоемкость 24,2 % от массы сухой почвы. Емкость поглощения невысокая, сумма поглощенных оснований достигает 28,5 мг/экв. на 100 г почвы. В составе обменных катионов 70–80 % приходится на кальций. Процент натрия в сумме поглощенных оснований колеблется от 1,5 до 3,0 %. По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и средним – обменным калием. Содержание легкогидролизуемого азота составляет 0,37...0,43 мг/кг почвы. Количество доступного фосфора не превышает 0,29...0,46 мг/кг почвы, а обменного калия – достигает 95...105 мг/кг почвы.

Способ посева кукурузы широкорядный, предшественник – яровая пшеница. На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия и микроклимат были идентичными. Для исключения влияния почвенных разностей была соблюдена трехкратная повторность каждого варианта. Общая площадь опытного участка 2,6 га, учетная площадь единичной деланки 200 м^2 . Поливы проводились дождевальными машинами «Фермер-Кубань-ЛК-1».

Схемой опыта по водному режиму были предусмотрены пять уровней водообеспечения посевов:

A0 – поддержание предполивного порога влажности почвы 70 % НВ в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна;

A1 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «выметывание метелки...молочно-восковая спелость зерна»;

A2 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна»;

A3 – дифференцированный по фазам развития кукурузы водный режим почвы, 70-80-70 % НВ, в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна при поддержании предполивного уровня влажности 80 % НВ в течение периода «7-й лист...молочно-восковая спелость зерна»;

A4 – поддержание постоянного в течение вегетации уровня предполивной влажности почвы 80 % НВ в слое 0,4 м до выметывания метелки, в слое 0,6 м – далее до наступления фазы восковой спелости зерна.

На каждом из вариантов по изучению водного режима почвы были заложены исследования по фактору режима минерального питания. Программой исследований предусматривалось четыре уровня минерального питания кукурузы: $N_{90}P_{40}K_{100}$, $N_{140}P_{60}K_{160}$, $N_{190}P_{80}K_{220}$, $N_{240}P_{100}K_{280}$.

При расчете доз минеральных удобрений учитывали нормативы выноса элементов питания с урожаем. Для всесторонней оценки результатов исследова-

ний по общепринятым методикам на всех вариантах опытов проводили фенологические наблюдения, определяли влажность почвы, суммарное и среднесуточное водопотребление, основные показатели фотосинтетической деятельности растений, роста и развития кукурузы.

Наблюдениями в 2002...2004 гг. установлено улучшение условий водного и минерального питания растений в определенных сочетаниях оно способствует статистически достоверному повышению показателей фотосинтеза кукурузы, активизирует все процессы роста и развития.

Наибольшие значения площади листовой поверхности 45,1...51,0 тыс. м²/га и фотосинтетического потенциала 2340...2634 тыс. м² сут/га, кукурузы были отмечены в варианте, где поливы проводились при снижении влажности почвы до 80 % НВ в течение всего периода вегетации (табл. 1). В варианте дифференцированного водообеспечения, 70-80-70 % НВ, при поддержании порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в период от 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна, сформированная максимальная площадь листьев составляла 40,1...44,1 тыс. м²/га, а значения фотосинтетического потенциала изменялись в пределах 2224...2472 тыс. м² сут/га. Сокращение продолжительности периода поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в варианте А2 (80 % НВ – в период 11-й лист... молочно-восковая спелость зерна) обусловило формирование площади листовой поверхности кукурузы на уровне 35,3...40,7 тыс. м²/га, а в вариантах поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 70 % НВ и дифференцированного, 70-80-70 % НВ (80 % НВ в период от выметывания до молочно-восковой спелости зерна) в среднем за годы исследований сформированная к этому периоду величина площади листьев не превышала 34,7 тыс. м²/га при накопленных значениях фотосинтетического потенциала соответственно 2120...2357, 1956...2174 и 2000...2223 тыс. м² сут/га.

Улучшение условий водного питания растений до определенного уровня повышало продуктивность работы ассимилирующего аппарата. Наименьшими значениями продуктивности фотосинтеза 6,4...7,2 г/м² в сут во все годы исследований характеризовались посеvy кукурузы в варианте, где поливы в течение всего периода вегетации проводились при снижении влажности почвы до 70 % НВ. Повышение уровня предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период «выметывание метелки...молочно-восковая спелость зерна» увеличивало численные значения продуктивности фотосинтеза в среднем на 0,4...0,5 г/м² в сут. Увеличение продолжительности периода поддержания предполивного уровня влажности почвы в варианте А2 (80 % НВ – в период 11-й лист... молочно-восковая спелость зерна) способствовало повышению активности работы листьев уже на 0,6...0,7 г/м² в сут в сравнении с вариантом поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 70 % НВ. Наибольшими значениями продуктивности фотосинтеза посевов в опыте характеризовался вариант, где предполивная влажность почвы на уровне 80 % НВ поддерживалась в течение периода от образования 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна. Численные значения продуктивности фотосинтеза на этом варианте водного режима

Таблица 1 - Показатели продуктивности кукурузы при различных сочетаниях условий водного и минерального питания

В зависимости от водного режима почвы								В зависимости от уровня минерального питания				
Уровень рального кг мид	Вариант режима	Фотосинтече скайвы тыс сут потенциал	Продуктив ность фотосинтеза, г сут м	Сухая Т га биомасса	Урожайность р на	Δ У на каждом агрофоне (сред- нее за 2002-2004 гг.)		Вариант режима	Водного почвы Доза минеральных удобрений д в, га	Урожайность р на	Δ У на каждом фоне режимов орошения	
						г га зе	%				г га зе	%
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	A0	1956	6,4	12,6	5,0	-	-	A0	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	5,0	-	-
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	A1	2000	6,8	13,7	5,3	0,3	6,0	A0	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	5,9	0,9	18,1
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	A2	2120	7,0	14,9	5,4	0,4	8,9	A0	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	6,2	1,2	25,0
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	A3	2224	7,1	15,9	5,4	0,4	8,6	A0	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	6,3	1,3	26,9
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	A4	2370	6,9	16,5	5,3	0,3	6,0	A1	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	5,3	-	-
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	A0	2058	6,7	13,9	5,9	-	-	A1	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	7,0	1,7	31,5
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	A1	2105	7,2	15,1	7,0	1,1	18,1	A1	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	7,9	2,6	48,1
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	A2	2231	7,4	16,5	7,2	1,3	22,3	A1	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	8,8	3,5	65,7
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	A3	2341	7,5	17,5	7,3	1,4	23,6	A2	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	5,4	-	-
N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	A4	2494	7,3	18,2	7,4	1,5	24,9	A2	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	7,2	1,8	33,9
N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	A0	2166	7,2	15,6	6,2	-	-	A2	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	9,1	3,7	67,9
N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	A1	2215	7,7	17,0	7,9	1,7	26,9	A2	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	9,2	3,8	70,9
N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	A2	2348	7,9	18,6	9,1	2,9	46,2	A3	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	5,4	-	-
N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	A3	2464	8,0	19,7	9,2	3,0	48,9	A3	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	7,3	1,9	35,7
N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	A4	2625	7,8	20,4	9,2	3,0	48,9	A3	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	9,2	3,8	71,4
N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	A0	2174	7,2	15,7	6,3	-	-	A3	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	9,4	4,0	74,5
N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	A1	2223	7,7	17,1	8,8	2,5	39,8	A4	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	5,3	-	-
N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	A2	2357	7,9	18,7	9,2	2,9	46,7	A4	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	7,4	2,0	38,2
N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	A3	2472	8,0	19,9	9,4	3,1	49,3	A4	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	9,2	3,9	72,7
N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	A4	2634	7,8	20,6	9,3	3,0	48,3	A4	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀	9,3	4,0	74,6

почвы в среднем за годы исследований составляли 7,5...8,0 г/м² в сут. Важно отметить, что в варианте поддержания постоянного порога предполивной влажности почвы 80 % НВ продуктивность фотосинтеза снижалась в сравнении с вариантами дифференцированного водообеспечения. Зависимость продуктивности фотосинтеза от уровня обеспечения растений элементами минерального питания также не является линейной. В вариантах внесения минеральных удобрений дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀ численные значения продуктивности фотосинтеза кукурузы не превышали 6,4...7,1 г/м² в сут и были наименьшими в опыте. Внесение минеральных удобрений на планируемые уровни урожайности зерна кукурузы 7 и 9 т/га (N₁₄₀P₆₀K₁₆₀ и N₁₉₀P₈₀K₂₂₀) увеличивало эффективность работы листьев соответственно до 6,7...7,5 и 7,2...8,0 г/м² в сут. Дальнейшее увеличение дозы внесения минеральных удобрений до N₂₄₀P₁₀₀K₂₈₀ не способствовало росту активности работы листового аппарата кукурузы, численные значения продуктивности фотосинтеза в среднем за годы исследований составили 7,2...8,0 г/м² в сут.

Улучшение условий водного и минерального питания растений на 4...7 суток увеличивало продолжительность вегетирования кукурузы, на 0,52...0,67 м увеличивалась средняя высота растений, на 10,5...26,2 % возрастало количество сухой органической массы, накопленной посевами в сравнении с наименьшими в эксперименте уровнями управляемых факторов. Как результат непрерывного продукционного процесса существенно изменялась урожайность кукурузы на зерно. Прибавка урожайности кукурузы на зерно в сравнении с контролем по водному режиму почвы составила 0,3...3,1 т/га (НСР₀₅ – 0,16 т/га), по режиму минерального питания – 0,9...4,0 т/га (НСР₀₅ – 0,14 т/га). На основании совместного анализа основных показателей развивающегося агрофитоценоза кукурузы с уровнем формирующегося урожая зерна методами корреляции и регрессии установлены зависимости и подобраны математические уравнения, с наибольшей эффективностью (R² = 0,72...0,83) описывающие установленные зависимости.

Исследование зависимости уровня формируемой урожайности зерна кукурузы во взаимосвязи с количественными показателями накопленной посевами за вегетацию органической массы позволило аппроксимировать ее уравнением регрессии вида:

$$Y = 8,4113 \cdot \ln(x) - 16,12$$

где x – сухая биомасса посевов кукурузы, т/га.

Таким образом, улучшение условий водного и минерального питания растений, активизируя динамику продукционного процесса кукурузы, способствует в определенных пределах повышению урожайности зерна изучаемой культуры. Установлена тесная корреляционная зависимость урожайности зерна кукурузы от уровня обеспеченности регулируемых в опыте факторов. Исследование зависимости методами регрессионного анализа позволило представить ее полиномиальным уравнением второй степени вида:

$$Y = -2,3 + 0,002 \cdot X_1 - 4,3E-07 \cdot X_1^2 + 0,013 \cdot X_2 - 2E-05 \cdot X_2^2 + 4E-06 \cdot X_1 \cdot X_2$$

где X₁ – уровень водообеспечения посевов кукурузы, м³/га;

X₂ – уровень минерального питания, кг д.в./га.

Зависимость урожайности кукурузы на зерно от уровня водного и минерального питания растений приведена на рисунке 1.

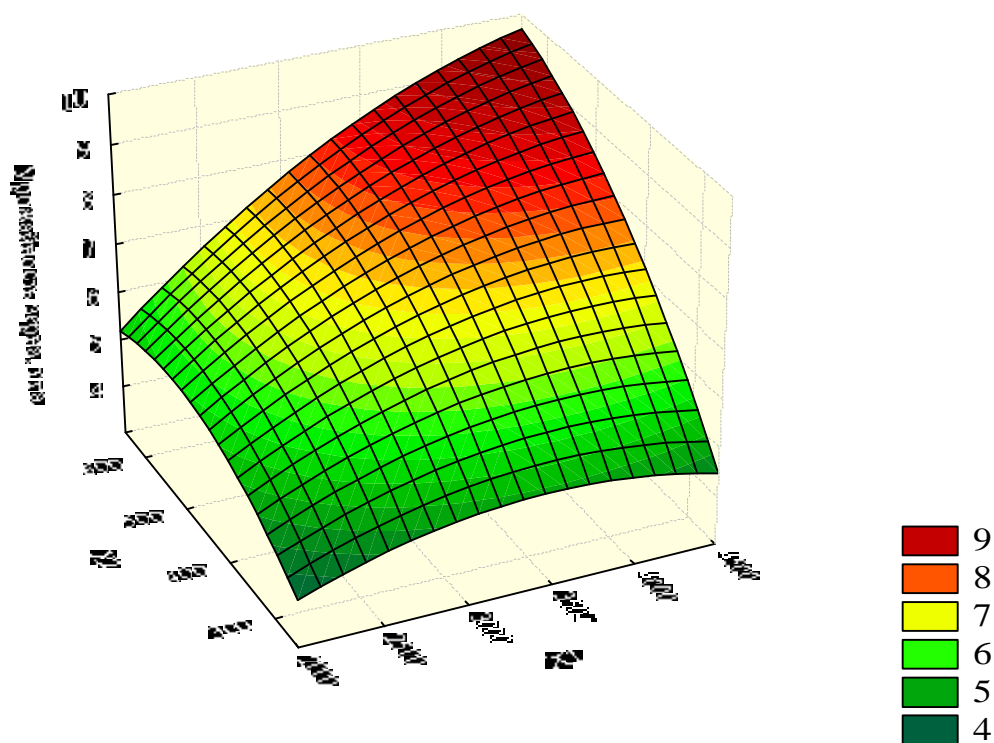


Рисунок 1 - График зависимости урожайности кукурузы на зерно от уровня водного и минерального питания растений

Коэффициент детерминации полученной зависимости, $R^2 = 0,94$, позволяет практически использовать формулу для подбора выгодных сочетаний водного и минерального питания растений.

Планируемая урожайность кукурузы на зерно на уровне 7 т/га обеспечивается внесением минеральных удобрений дозой $N_{140}P_{60}K_{160}$ при поддержании постоянного порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ или дифференцированно, 70-80-70 % НВ при разной продолжительности поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ. Наиболее выгодные с точки зрения затрат минеральных удобрений и воды на формирование урожая при таком уровне планируемой урожайности являются варианты дифференцированного водообеспечения 70-80-70 % НВ при поддержании порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в периоды «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна» и «7-й лист...молочно-восковая спелость зерна».

Получение урожайности зерна кукурузы на уровне 9 т/га связано с необходимостью внесения минеральных удобрений дозой $N_{190}P_{80}K_{220}$ в сочетании с поддержанием предполивного порога влажности почвы по схеме вариантов А2 и А3 (дифференцированные) или постоянно в течение вегетации на уровне 80 % НВ. Наименьшее количество водных ресурсов на формирование урожая кукурузы затрачивалось в вариантах дифференцированного водообеспечения при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в течение периода «11-й лист...молочно-восковая спелость зерна» и «7-й лист...молочно-

восковая спелость зерна», 463 и 460 м³/т соответственно. Такие же удельные затраты воды формировались при поддержании водного режима почвы по схеме варианта А3 в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой N₂₄₀P₁₀₀K₂₈₀, однако затраты минеральных удобрений при таком сочетании возрастали на 14 кг д.в./т, что не позволяет характеризовать вариант как эффективный.

Суммарное водопотребление кукурузы возрастает с улучшением условий водного и минерального питания растений (табл. 2).

Таблица 2 - Водопотребление кукурузы

Показатель	Вариант водного режима почвы	Доза внесения минеральных удобрений, кг д.в./га			
		N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	N ₁₄₀ P ₆₀ K ₁₆₀	N ₁₉₀ P ₈₀ K ₂₂₀	N ₂₄₀ P ₁₀₀ K ₂₈₀
Суммарное водопотребление, м ³ /га	А0	3820	3860	3940	3980
	А1	3940	4000	4100	4140
	А2	4020	4090	4200	4260
	А3	4030	4120	4250	4310
	А4	4170	4260	4390	4450
Коэффициент водопотребления, м ³ /т	А0	770	653	635	632
	А1	742	573	521	470
	А2	744	565	463	461
	А3	748	564	460	459
	А4	780	577	475	477

В вариантах, где порог предполивной влажности почвы 70 % НВ поддерживался в течение всего периода вегетации культуры, а минеральные удобрения вносили дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀, численные значения суммарного испарения влаги посевами кукурузы не превышали 3610...4100 м³/га. Повышение уровня предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период от выметывания метелки до фазы молочно-восковой спелости зерна увеличивало суммарное водопотребление в среднем на 120 м³/га или 3,1 %, а при поддержании порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение вегетационного периода объем потребляемой влаги возрастал на 9,2 %. При поддержании дифференцированных порогов предполивной влажности почвы 70-80-70 % НВ по схеме вариантов А2 (80 % НВ – в период «11 лист...молочно-восковая спелость») и А3 (80 % НВ – в период «7 лист...молочно-восковая спелость») величина суммарного испарения влаги кукурузой возрастала на 5,2...5,5 % в сравнении с контролем (вариант А0 – 70-70-70 % НВ).

В вариантах с более высоким уровнем минерального питания улучшение условий водообеспечения растений кукурузы увеличивало суммарное потребление влаги посевами в большей степени. Так, повышение уровня предполивной влажности почвы с 70 % НВ (вариант А0) до 80 % НВ (вариант А4) при внесении минеральных удобрений дозой N₉₀P₄₀K₁₀₀ увеличивало суммарное во-

допотребление кукурузы на 9,2 %, при внесении $N_{140}P_{60}K_{160}$ – на 10,4 %, $N_{190}P_{80}K_{220}$ – на 11,4 %.

Доля поливной воды в структуре приходной части водного баланса существенно изменялась в зависимости от метеоусловий вегетационного периода и уровня предполивной влажности почвы, поддерживаемой в соответствии со схемой опыта. Наибольшая доля оросительной влаги, 90,9 %, составляла в острозасушливом 2002 году в варианте поддержания предполивной влажности почвы 80 % НВ. В 2003 и 2004 годах, более обеспеченными атмосферными осадками, доля поливной воды в формировании приходной части водного баланса снижалась соответственно до 52,5 и 62,2 %. Наименьшая доля оросительной влаги, 43,1 %, в формировании приходной части водного баланса отмечена в варианте поддержания порога предполивной влажности почвы 70 % НВ в течение всего периода вегетации. Таким образом, за счет оросительных мелиораций восполняется превалирующая часть потребляемой на формирование урожая кукурузой влаги.

Поддержание постоянного порога предполивной влажности 70 % НВ в разные по обеспеченности климатическими ресурсами годы обеспечивается проведением 2...6 поливов по 380...640 м³/га. Повышение порога предполивной влажности почвы до 80 % НВ в период от выметывания метелки до молочно-восковой спелости зерна кукурузы связано с необходимостью проведения не более одного полива нормой 250 м³/га, 1...4 полива по 380 м³/га и 3...4 полива нормой 420 м³/га. Увеличение продолжительности периода поддержания предполивного уровня влажности почвы 80 % НВ от момента образования 11-го листа до молочно-восковой спелости зерна способствовало увеличению числа поливов по 250 м³/га (от 1...3), при сокращении числа поливов нормой 380 м³/га от 0...2. В целом за вегетацию для поддержания такого уровня предполивной влажности почвы требовалось провести 5...10 поливов оросительной нормой 1930...3830 м³/га. Для обеспечения дифференцированного водообеспечения кукурузы, 70-80-70 % НВ, при поддержании предполивного уровня 80 % НВ в течение периода от 7-го листа до молочно-восковой спелости зерна требуется проведение 5...11 поливов нормами 250...640 м³/га. Поддержание предполивного уровня влажности почвы 80 % НВ в течение всего периода вегетации в разные по обеспеченности климатическими ресурсами годы связано с необходимостью проведения от 6 до 13 поливов оросительной нормой 2180...4270 м³/га.

Анализ количественных показателей поливного режима кукурузы свидетельствует о его существенной изменчивости в различные по обеспеченности климатическими ресурсами годы. Изучение закономерностей изменения суммарного и среднесуточного испарения воды посевами показало существенное влияние погодных условий, складывающихся в период вегетации культуры. Доля дисперсии среднесуточного испарения воды посевами кукурузы, объясненная влиянием фактора погоды достигает 17,4 %, что требует внесения существенных коррективов при проектировании поливных режимов.

Анализ экспериментального материала и полученной зависимости показывает, что повышение уровня обеспеченности растений кукурузы элементами

минерального питания смещает точку наиболее эффективного использования влаги на формирование урожая зерна в сторону большей водообеспеченности, хотя и до определенного предела. В вариантах поддержания порога предполивной влажности почвы 80 % НВ в течение всего периода вегетации затраты потребляемой посевами воды на единицу продукции возрастали на всех изучаемых в опыте уровнях минерального питания. Важно также отметить, что повышение доз внесения минеральных удобрений до $N_{240}P_{100}K_{280}$ не способствовало существенному повышению эффективности использования влаги на формирование урожая зерна кукурузы гибрида РОСС-272 АМВ среднераннего срока созревания.

В силу ряда биологических особенностей, кукуруза положительно реагирует на внесение достаточно больших доз минеральных удобрений существенной прибавкой урожая. Однако длительное применение высоких доз минеральных удобрений, особенно азотных, приводит к повышению содержания нитратов в продуктивных частях растений, что может служить причиной отравления как животных, так и людей. Анализ численных значений содержания нитратов в зерне кукурузы подтвердило существенное влияние на этот показатель условий водного и минерального питания растений. Наименьшее количество нитратов в зерне кукурузы накапливалось при внесении минимальной в опыте дозы минеральных удобрений, $N_{90}P_{40}K_{100}$, в сочетании с поддержанием постоянного порога предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ. Снижение водообеспеченности посевов и повышение уровня минерального питания во все годы исследований увеличивало содержание нитратов в хозяйственно-ценной части урожая кукурузы. По результатам полевого эксперимента установлена закономерность и подобрана математическая форма описания зависимости содержания нитратов в зерне кукурузы при разных сочетаниях уровней водного и минерального питания растений:

$$Y = 78,1 - 1,09 \cdot X_1 + 1,75 \cdot X_2 + 0,005 \cdot X_1^2 + 0,02 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,68 \cdot X_2^2$$

где Y – содержание нитратов в зерне кукурузы, мг/кг;

X_1 – доза внесения минерального азота, кг д.в./га;

X_2 – урожайность кукурузы на зерно, т/га.

Коэффициент детерминации исследуемой зависимости $R^2 = 0,87$.

В пределах уровней факторов, установленных схемой опыта, содержание нитратов в зерне кукурузы изменяется от 14,2 до 123,9 мг/кг, что существенно ниже предельно допустимой концентрации для зернофуража, 300 мг/кг.

С энергетической точки зрения наиболее эффективными в опыте являлись сочетания внесения минеральных удобрений дозой $N_{190}P_{80}K_{220}$ при поддержании дифференцированных вариантов водообеспечения – А2 и А3. Численные значения коэффициента энергетической эффективности при таких сочетаниях факторов соответственно составил 2,64 и 2,67. Внесение минеральных удобрений дозой $N_{240}P_{100}K_{280}$ с энергетической точки зрения не обосновано, численные значения коэффициента энергетической эффективности при таком уровне минерального питания снижались.

Важно отметить, что поддержание порога предполивной влажности почвы на уровне 80 % НВ в течение всего периода вегетации кукурузы положи-

тельного эффекта не давало, коэффициент энергетической эффективности в сравнении с дифференцированными вариантами снижался на всех уровнях минерального питания.

Экономическая оценка эффективности возделывания кукурузы показала высокую окупаемость инвестиций в производство зерна этой культуры на орошаемых землях Волгоградской области. Расчеты свидетельствуют, что получение урожайности зерна кукурузы гибрида РОСС 272 АМВ на уровне 5...9 т/га в условиях орошения является экономически обоснованным и позволяет получать на каждый рубль вложенных затрат 0,38...1,03 р. чистого дохода.

Литература

1. Соколов А.С. Полив с - х культур ДМ «Фермер-Кубань-ЛК-1»// Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства//Сб.науч. тр. Рязань. – РГСХА, 2003. – вы. 7 часть II. – С.103-104.
2. Майер А.В. Водопотребление кукурузы при орошении // Научные технологии в мелиорации// Материалы международной конференции. – М. – ВНИИГиМ, 2005. - С. 130-134.

УДК 631.587:633.853.52

ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ

М.Н. Лытов

Волгоградский комплексный отдел ГНУ ВНИИГиМ, Волгоград, Россия;

В.В. Кравченко, С.Б. Адьяев

Калмыцкий филиал ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Россия

В современной практике производства риса на рисовых оросительных системах республики Калмыкия практически реализуется севооборот, который можно назвать «полубогарным». В нем периодически меняется экологическая обстановка для вредоносных организмов, в связи с чем улучшается фитосанитарное состояние полей; активно работают окислительные процессы; в больших объемах применяются агротехнические приемы борьбы с сорняками; представлена возможность с большей продуктивностью возделывать культуры богарного земледелия, в том числе – накопителей органики и биологического азота.

Производство сои в промежуточной после возделывания риса культуре перспективно в плане повышения рентабельности рисовых севооборотов и повышения плодородия почвы. Это происходит за счет накопления биологического азота и возможности внесения значительного количества органического вещества в виде соевой соломы, которая особенно ценна тем, что сбалансирована по азоту и не приводит к дополнительной фиксации этого элемента из почвы микроорганизмами. Основной проблемой возделывания сои в засушливых условиях региона на богаре являются жесткие условия водного питания, которые в отдельные острозасушливые годы препятствуют формированию хозяйственно-ценной части урожая и приводят к преждевременной гибели растений.

Средние многолетние запасы продуктивной влаги на богаре в условиях республики Калмыкия, в метровом слое почвы, на начало сева сои составляют 92 мм. Запасы продуктивной (от влажности устойчивого завядания до наименьшей влагоемкости) влаги в метровом слое почвы на уровне 117 мм обеспечиваются в 30 % случаев, на уровне 125 мм – в 20 % случаев, на уровне 153 мм – в 5 годах из столетнего ряда. Остаточные после риса запасы продуктивной влаги в почве отличаются высокой устойчивостью и в годы исследований изменялись для слоя 1 м от 169 до 177 мм. Высокие запасы почвенной влаги, потенциально доступной растениям сои при возделывании ее в промежуточных после риса посевах определяют возможность формирования иного продукционного процесса в сравнении с типичным богарным или орошаемым земледелием.

Экспериментальная часть исследований выполнялась в 2002-2004 годах на землях рисовой оросительной системы ОПХ «Харада» Октябрьского района республики Калмыкия. По количеству атмосферных осадков, выпавших за вегетационный период сои, 2002 год характеризовался как острозасушливый (35 мм), 2003 год – как средnezасушливый (81 мм), в 2004 году осадки поступили в среднемноголетнем объеме (93 мм). По результатам гранулометрического анализа образцов почвы опытного участка характеризуются среднесуглинистым составом. Плотность пахотного слоя 1,25-1,29 т/м³, скважность 47,3-49,0 %, наименьшая влагоемкость составляет 25,0-28,3 % от массы сухой почвы. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН = 6,5-7,4), обеспеченность легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором низкая, обменным калием – высокая.

Опыт проводили по трехфакторной схеме с сортами очень раннего (ВНИИОЗ-86 – С1), раннего (ВНИИОЗ-76 – С2) и среднераннего (Волгоградка-1 – С3) сроков созревания (фактор С). Минеральные удобрения (фактор А) вносили дозами N₁₅P₂₅ (планируемая урожайность зерна 1,5 т/га – В2), N₄₅P₆₅ (2,0 т/га – В3), N₇₅P₁₀₀ (2,5 т/га – В4) с применением и без обработки бактериальными удобрениями (ризоторфином). Контроль – естественное плодородие почвы при посеве инокулированными семенами и без обработки нитрагином.

Исследования показали, что водный режим почвы оказывает определяющее влияние на рост, развитие и продуктивность сои при возделывании в промежуточной после риса культуре. В свою очередь, агротехнические приемы возделывания сои, особенно – удобрение, минеральное или бактериальное, оказывают существенное влияние на динамику изменения влажности почвы, определяя тот или иной уровень водообеспеченности растений в разные фазы развития.

В таблице 1 отображены данные по влажности почвы в слое 0,8 м при различных сочетаниях исследуемых в опыте факторов в периоды ветвления, начала цветения и начала формирования бобов. Объемы активных влагозапасов почвы в эти периоды позволяют прогнозировать дальнейшее развитие растений, урожай и качество зерна сои.

Из таблицы видно, что к началу ветвления растений сои, запасов почвенной влаги еще достаточно для активного роста и развития растений, они не лимитируют интенсивность протекания физиологических процессов. На участках,

где был посеян сорт сои ВНИИОЗ -86, очень раннего срока созревания влажность почвы в слое 0,8 м изменялась в пределах 79,4-80,4 % НВ. Статистически значимого влияния фактора питательного режима растений в этот период не отмечено. На участках, где были посеяны сорта более поздних групп созревания, наступление фазы начала ветвления было отмечено позднее, чем по сорту ВНИИОЗ-86, что определило более иссушенное состояние почвы в этот период. Например, в посевах сорта ВНИИОЗ-76 раннего срока созревания к началу ветвления влажность почвы в слое 0,8 м составила 78,9-79,4 % НВ, а на участках, где высевали сорт Волгоградка 1, среднераннего срока созревания – 76,8-77,3 % НВ. Таким образом, уже в период ветвления растений в вариантах посева сортов сои более поздних групп спелости почва иссушалась в большей степени, чем при посеве сорта ВНИИОЗ-86, очень раннего срока созревания.

Таблица 1 - Динамика запасов влаги в почве (слой 0,8 м) при возделывании сои в рисовых чеках, 2004 г.

Сорт	Обработка нитраги- ном	Внесено ми- неральных удобрений, кг д.в./Га	Влажность почвы, % НВ, в период			
			ветвле- ния	начала цветения	начала форми- рования бобов	начала созрева- ния
ВНИИОЗ-86, очень ранний	-	–	80,4	73,7	72,1	63,7
		N ₁₅ P ₂₅	80,4	71,3	69,0	59,
		N ₄₅ P ₆₅	79,9	68,7	65,6	56,1
		N ₇₅ P ₁₀₀	79,4	64,9	61,8	53,0
	+	–	80,4	72,6	70,6	61,6
		N ₁₅ P ₂₅	80,1	69,8	66,7	57,2
		N ₄₅ P ₆₅	79,6	66,7	62,5	53,3
		N ₇₅ P ₁₀₀	79,4	64,1	61,0	53,0
ВНИИОЗ-76, ранний	-	–	79,4	66,4	61,8	52,3
		N ₁₅ P ₂₅	79,1	62,0	57,1	48,1
		N ₄₅ P ₆₅	78,9	57,9	53,0	44,3
		N ₇₅ P ₁₀₀	78,6	55,5	50,3	41,7
	+	–	79,4	65,6	61,0	51,5
		N ₁₅ P ₂₅	79,1	62,0	56,6	47,6
		N ₄₅ P ₆₅	78,9	58,1	53,2	44,8
		N ₇₅ P ₁₀₀	78,9	57,6	52,7	44,3
Волгоградка-1, среднеранний	-	–	77,3	57,9	54,8	48,7
		N ₁₅ P ₂₅	76,8	54,5	51,7	45,3
		N ₄₅ P ₆₅	76,8	49,9	47,3	41,7
		N ₇₅ P ₁₀₀	76,8	47,8	45,7	40,4
	+	–	77,3	57,9	54,8	48,7
		N ₁₅ P ₂₅	76,8	49,9	47,3	41,7
		N ₄₅ P ₆₅	76,8	49,3	47,0	41,4
		N ₇₅ P ₁₀₀	76,8	47,8	45,7	40,4

К началу периода цветения сои влажность почвы в посевах сортов ВНИИОЗ-76 и Волгоградка 1, раннего и среднераннего срока созревания понижалась до критического уровня. В посевах сои сорта ВНИИОЗ-76 на участках без внесения минеральных удобрений влажность почвы в слое 0,8 м составляла 65,6-66,4 % НВ и в определенной степени обеспечивала протекание физиологических процессов, а в посевах сорта Волгоградка 1 к началу периода цветения влажность почвы также в неудобренных вариантах снижалась до 57,9 % НВ. В посевах сорта ВНИИОЗ-86, очень раннего срока созревания, на участках без внесения минеральных удобрений влажность почвы в слое 0,8 м составила 72,6-73,7 % НВ, что обеспечило протекание фазы в более благоприятных условиях.

Существенное влияние на объемы сохранившихся влагозапасов почвы в этот период оказывает уровень минерального питания и применение бактериальных удобрений. Например, в посевах сорта ВНИИОЗ-86 при посеве не инокулированными семенами, внесение минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ способствовало более динамичному иссушению влажности почвы в сравнении с неудобренными вариантами. Влажность почвы к началу цветения составила 71,3 % НВ, что на 2,4 % НВ меньше, в сравнении с участками вариантов без внесения минеральных удобрений. При внесении минеральных удобрений дозой $N_{45}P_{65}$, влажность почвы в слое 0,8 м снизилась до 68,7 % НВ, а при внесении $N_{75}P_{100}$ – до 64,9 % НВ.

При посеве инокулированными семенами с повышением доз внесения минеральных удобрений влажность почвы, определенная на момент начала цветения, снижалась, но с несколько другой динамикой. Например, даже на неудобренных вариантах при посеве сои семенами, обработанными нитрагином почва оказалась на 1,1 % НВ более иссушенная, чем при посеве не инокулированными семенами. При внесении минеральных удобрений дозами $N_{15}P_{25}$ и $N_{45}P_{65}$ и обработке семян нитрагином эта разница возросла до 1,5-2,1 % НВ, а при внесении $N_{75}P_{100}$ – не превышала 0,8 % НВ. Эта динамика характерна для инокулированных вариантов и тесно взаимосвязана с закономерностями формирования органической массы в посевах: при инокуляции наиболее динамично растения сои развиваются в сочетании с внесением минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ и $N_{45}P_{65}$, а без обработки нитрагином – при внесении $N_{75}P_{100}$.

К началу формирования бобов влажность почвы в слое 0,8 м снижалась еще в большей степени и на вариантах, где были посеяны сорта раннего и среднераннего срока созревания – до критического уровня. Например, в посевах сорта Волгоградка-1 в зависимости от условий минерального питания влажность почвы к этому моменту составляла 45,7-54,8 % НВ. При такой влажности наблюдалось массовое осыпание бобов, а также существенно тормозился процесс налива бобов, вследствие чего при любых сочетаниях минерального и биологического питания урожайность зерна сои этого сорта была крайне низка.

В посевах сорта ВНИИОЗ-86 очень раннего срока созревания влажность почвы в слое 0,8 м к началу формирования бобов составляла 61,0-72,1 % НВ. С повышением доз внесения минеральных удобрений динамика иссушения почвы существенно возрастала: при посеве неинокулированными семенами к началу формирования бобов влажность почвы снижалась с 72,1 до 61,8 % НВ, при

инокулированном фоне – с 70,6 до 61,0 % НВ. Таким образом, при повышении уровня минерального питания и применении бактериальных удобрений, вследствие более динамичного развития органической массы растений и нарастания эвапотранспирации, почва к моменту наступления критических фаз развития сои оказывается более иссушенной. Вместе с тем при улучшении питательного режима растений вода на формирование урожая расходуется более экономно. Динамика этих процессов при возделывании сои в промежуточной после риса культуре определяет хозяйственный результат производства – урожайность зерна.

Урожайность сои в посевах сои раннего (ВНИИОЗ-76) и среднераннего (Волгоградка-1) срока созревания во все годы исследований формировалась на низком уровне и слабо изменялась при варьировании уровней применяемых агротехнических приемов (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайность зерна сои при возделывании в рисовых севооборотах

Сорт	Обработка нитраги- ном	Внесено ми- неральных удобрений, кг д.в./га	Урожайность, т/га, в годы			
			2002	2003	2004	Средняя
ВНИИОЗ-86, очень ранний	–	–	0,55	0,75	0,70	0,67
		N ₁₅ P ₂₅	1,00	1,35	1,28	1,21
		N ₄₅ P ₆₅	1,35	1,82	1,72	1,63
		N ₇₅ P ₁₀₀	1,35	1,84	1,77	1,65
	+	–	0,72	0,95	0,90	0,86
		N ₁₅ P ₂₅	1,33	1,72	1,66	1,57
		N ₄₅ P ₆₅	1,42	1,88	1,75	1,68
		N ₇₅ P ₁₀₀	1,38	1,86	1,74	1,66
ВНИИОЗ-76, ранний	–	–	0,38	0,50	0,47	0,45
		N ₁₅ P ₂₅	0,62	0,8	0,76	0,73
		N ₄₅ P ₆₅	0,81	1,12	1,02	0,98
		N ₇₅ P ₁₀₀	0,80	1,08	1,02	0,97
	+	–	0,47	0,64	0,6	0,57
		N ₁₅ P ₂₅	0,65	0,97	0,92	0,85
		N ₄₅ P ₆₅	0,80	1,08	1,02	0,97
		N ₇₅ P ₁₀₀	0,78	1,05	1,00	0,94
Волгоградка-1, среднеранний	–	–	0,25	0,33	0,31	0,30
		N ₁₅ P ₂₅	0,42	0,54	0,51	0,49
		N ₄₅ P ₆₅	0,45	0,64	0,61	0,57
		N ₇₅ P ₁₀₀	0,42	0,60	0,57	0,53
	+	–	0,28	0,37	0,35	0,33
		N ₁₅ P ₂₅	0,45	0,64	0,61	0,57
		N ₄₅ P ₆₅	0,45	0,64	0,61	0,57
		N ₇₅ P ₁₀₀	0,4	0,60	0,57	0,52

Так, в посевах сорта ВНИИОЗ-76 средняя за годы исследований урожайность зерна сои изменялась от 0,45 до 0,98 т/га, увеличиваясь при внесении минеральных удобрений на 0,28-0,53 т/га. При этом доза внесения удобрений не имела существенного значения. В посевах сорта Волгоградка-1 (среднераннего срока созревания) урожайность формировалась на еще более низком уровне (0,30-0,57 т/га), а эффект от применения минеральных удобрений не превышал 0,19-0,27 т/га.

В посевах сои очень раннего срока созревания (ВНИИОЗ-86), средняя за годы исследований урожайность сои на участках, где минеральные и бактериальные (нитрагин) удобрения не применялись, составила 0,67 т/га, что на 0,22-0,37 т/га выше в сравнении с сортами ВНИИОЗ-76 и Волгоградка-1. Внесение минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ без применения нитрагина повышало урожайность зерна на 0,45 т/га, а повышение дозы удобрений до $N_{45}P_{65}$ и $N_{75}P_{100}$ обеспечивало формирование 1,35 т/га зерна, что на 0,80 т/га больше, чем на контроле. Таким образом, в посевах без применения нитрагина, наиболее эффективно внесение минеральных удобрений дозой $N_{45}P_{65}$. Прибавка в сравнении с вариантами внесения минеральных удобрений дозой $N_{15}P_{25}$ составила 0,42 т/га, а в сравнении с вариантом внесения $N_{75}P_{100}$ недобор урожайности составил 0,02 т/га, что не является статистически достоверным ($НСР_{05} = 0,15$ т/га). Отсутствие эффекта от внесения минеральных удобрений дозой $N_{75}P_{100}$ объясняется лимитирующим значением водных ресурсов. В начальные периоды развития растения растут и накапливают органическую массу более динамично на участках, обеспеченных элементами минерального питания. Вместе с тем мощная органическая масса, накопленная растениями, определяет существенную интенсификацию эвапотранспирации и более динамичное иссушение почвы, в результате чего в наиболее ответственные фазы формирования урожая соя в большей степени испытывает дефицит водообеспечения. Это приводит к замедлению протекания физиологических процессов, стимулирует опадание цветков и бобов с растения, ингибирует налив бобов, что в комплексе снижает потенциальную продуктивность.

При обработке семян сои бактериальным удобрением в вариантах без применения минеральных удобрений урожайность составила 0,72 т/га; эффект от применения нитрагина составил 0,17 т/га. Наиболее существенно, на 0,61 т/га, в вариантах с применением бактериального удобрения урожайность сои возрастала при внесении $N_{15}P_{25}$. Дальнейшее повышение доз внесения минеральных удобрений на фоне обработки семян сои нитрагином не обеспечивало существенного роста продуктивности посевов.

Исследования показали, что возделывание сои в промежуточной после риса культуре, эффективно при использовании сортов очень ранней группы спелости, обеспечивающих прохождение наиболее ответственных периодов формирования урожая при относительно достаточном обеспечении водой растений, которая определяется влажностью почвы. Удобрение сои в рисовых севооборотах, как минеральное, так и бактериальное, стимулирует рост и продукционный процесс растений до определенного момента. Без применения нитрагина эффективно вносить минеральные удобрения дозой не более $N_{45}P_{65}$ (есте-

ственно, поскольку доза рассчитана на планируемый уровень урожайности 2,0 т/га зерна, то количество вносимых удобрений будет существенно зависеть от уровня естественного плодородия почвы). При обработке семян сои бактериальными удобрениями минеральные удобрения целесообразно вносить дозой $N_{15}P_{25}$, рассчитанной на формирование 1,5 т/га зерна.

УДК 628.36 : 628.387.3

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТРАВ

В.С. Меркурьев, Т.А. Михалева

ВНИИ «Прогресс», Ст. Купавна, Россия;

А.В. Шуравилин

РУДН, Москва, Россия

Животноводческие стоки являются одним из видов органических удобрений. Однако последствие их многолетнего использования на орошение, а именно влияние на урожайность и качество кормовых культур изучено недостаточно. В связи с этим в 2001-2003 гг. были проведены опыты в племсовхозе «Нароосановский» Московской области, где изучалось влияние трехлетнего (вариант 2), десятилетнего (вариант 3) и двадцатилетнего (вариант 4) орошения многолетних трав животноводческими стоками. В контрольном варианте 1 орошение не проводилось.

Результаты исследований показали, что удобрительное орошение животноводческими стоками оказало положительное влияние на урожайность многолетних трав. За основной период эксплуатации полей орошения в последние годы в хозяйстве применяется двухукосный режим использования многолетних трав. Первый укос трав на зеленую массу проводился в фазу начала колошения. Продолжительность отрастания трав после зимнего возобновления составляла примерно 50-55 дней. Ко второму укосу приступали при высоте вегетативных побегов не менее 40 см, и второе скашивание осуществляли в третьей декаде августа. Наибольшая урожайность многолетних трав в среднем за три года была получена при внесении стоков в течение 20 лет – 48,3 т/га зелёной массы, что было больше контроля на 28,7 т/га или на 147,2%. Внесение животноводческих стоков в течение 10 лет (вариант 3) повышало урожайность по сравнению с контролем на 115%, а в варианте, где стоки вносились в течение 3 лет – на 69,2% (табл. 1). Следовательно, по мере увеличения периода внесения животноводческих стоков последствие их на урожайность зелёной массы трав стабильно повышалась.

Наиболее высокая урожайность зелёной массы трав по годам исследований была получена в относительно влажном 2003 году. При многолетнем внесении стоков (в течение 20 лет) она составляла 50, 24 т/га, что было больше контроля на 95,3%. В засушливом 2002 году урожайность многолетних трав на зелёную массу была наименьшей из всех в рассматриваемые годы исследований.

Таблица 1 - Урожайность зелёной массы многолетних злаковых трав в зависимости от длительности внесения животноводческих стоков, т/га

Вариант опыта	2001 г.			2002 г.			2003 г.			за 2001 – 2003 г.		
	1 укос	2 укос	всего	1 укос	2 укос	всего	1 укос	2 укос	всего	среднее	прибавка	
											т/га	%
1	13,2	7,15	20,35	8,97	3,67	12,64	16,20	9,52	25,72	19,54	-	-
2	22,3	13,15	35,82	20,76	8,07	28,83	23,03	13,53	36,56	33,07	13,53	69,2
3	26,67	14,41	41,03	25,53	14,09	39,62	26,58	19,25	45,83	42,16	22,62	115,8
4	30,01	18,4	48,41	29,84	16,41	46,25	29,64	20,60	50,24	48,30	28,76	147,2
НСР ₀₅	3,84	2,65		4,16	2,24		3,02	1,17				

Распределение урожая многолетних трав по укосам свидетельствует, что наибольшая доля от общей урожайности приходится на первый укос (58- 73%).

В зависимости от урожайности многолетних трав изменялся вынос питательных веществ. При определении площадей утилизации годового объёма животноводческих стоков важным моментом является знание коэффициента использования питательных веществ из животноводческих стоков. Данный показатель определяется культурой, типом почв, почвенно-климатическими условиями возделывания сельскохозяйственных культур, объёмом внесения животноводческих стоков и сбалансированностью биогенных элементов в стоках.

Коэффициент использования питательных веществ из животноводческих стоков при одинаковом объёме их внесения по вариантам удобрительного орошения нормой 300 м³/га повышался (табл.2).

Таблица 2 - Вынос питательных веществ урожаем и коэффициенты их использования из животноводческих стоков на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2001-2003 гг.)

Номер вар-та	Варианты опыта	Урожайность зелёной массы, т/га	Вынос питательных веществ, кг/га			Коэффициент использования, %		
			N	P	K	N	P	K
1	Контроль (без внесения стоков)	19,54	42,5	17,9	58,8	-	-	-
2	Внесение стоков в течение 3 лет	33,07	88,6	26,2	106,2	25,6	6,5	24,4
3	Внесение стоков в течение 10 лет	42,16	104,8	33,2	136,6	34,6	12,1	40,1
4	Внесение стоков в течение 20 лет	48,30	142,8	44,4	174,9	55,7	21,0	59,8

Так, при внесении в почву животноводческих стоков в течение трёх лет (2001-2003 гг.) коэффициенты использования азота, фосфора и калия были наименьшими из рассматриваемых вариантов и в среднем составляли 25,6%; 6,5% и 24,4% соответственно. Наибольший коэффициент использования пита-

тельных веществ был получен в варианте с внесением стоков в течение 20 лет: 55,7%, 21,0% и 59,8% соответственно по азоту, фосфору и калию. Таким образом, с увеличением длительности внесения стоков от 3 до 20 лет коэффициент использования из поступивших в почву животноводческих стоков возрос в 2,2 раза по азоту, в 3,2 раза по фосфору и в 2,4 раза по калию. Такая закономерность объясняется ростом урожайности многолетних трав при многолетнем удобрительном орошении животноводческими стоками и большим выносом питательных веществ урожаем.

Многолетнее внесение животноводческих стоков способствовало получению кормов с высокой питательной ценностью (табл.3).

Таблица 3 - Зоотехнические свойства многолетних трав при длительном внесении животноводческих стоков

Вариант опыта	Сухое вещество, %	В % к сухой массе					Содержание в 1 кг корма, к.е.
		сырой протеин	жир	клетчатка	сахар	зола	
2002 г.							
1	28,1	7,4	2,6	33,47	6,1	8,1	0,59
2	25,9	9,1	3,1	32,95	4,4	8,7	0,61
3	25,3	11,7	3,4	30,25	3,4	9,1	0,61
4	24,6	13,5	3,8	28,58	2,2	9,6	0,61
НСР ₀₅	1,5	1,3	0,3	1,62	0,94	0,92	0,05
2003 г.							
1	27,4	6,9	2,9	32,95	6,2	7,9	0,60
2	25,3	9,8	3,7	32,09	4,2	8,5	0,60
3	24,9	11,9	3,9	31,14	3,5	9,3	0,61
4	24,0	13,1	4,2	29,46	2,3	9,8	0,62
НСР ₀₅	1,4	0,9	0,4	1,47	4,1	0,8	0,05
Среднее за 2002-2003 гг.							
1	27,7	7,1	2,7	33,21	6,1	8,0	0,595
2	25,6	9,4	3,4	32,52	4,3	8,6	0,605
3	25,1	11,8	3,6	30,70	3,4	9,2	0,610
4	24,3	13,3	4,0	29,02	2,2	9,7	0,615

Из положительных изменений зоотехнического состава кормовой массы при многолетнем внесении животноводческих стоков следует отметить увеличение содержания протеина, жира, золы и снижение содержания клетчатки и сахаров. Содержание в сухом корме кормовых единиц было практически стабильным с некоторой тенденцией их повышения при многолетнем внесении животноводческих стоков. При многолетнем внесении животноводческих стоков (20 лет) по сравнению с контролем содержание сырого протеина увеличилось в 1,9 раза, сырого жира – в 1,5 раза и золы – в 1,21 раза, но в то же время содержание сухого вещества в корме уменьшилось в 1,14 раза, клетчатки – в 1,14 раза, а сахара – в 2,8 раза.

В химическом составе многолетних трав при внесении животноводческих стоков отмечены существенные изменения, особенно при многолетнем удобрительном использовании стоков (табл. 4).

Таблица 4 - Влияние многолетнего внесения животноводческих стоков на химический состав многолетних злаковых трав, % сухого вещества

Варианты опыта	Азот общий	Калий (K ₂ O)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Кальций (Ca)	Магний (Mg)	$\frac{Ca}{P}$	$\frac{K}{Ca+Mg}$
2002 г.							
1	1,18	1,42	0,29	0,64	0,26	2,20	1,58
2	1,45	1,74	0,36	0,62	0,25	1,72	2,00
3	1,87	2,24	0,41	0,60	0,22	1,46	2,73
4	2,16	2,59	0,44	0,53	0,21	1,20	3,50
НСР ₀₅	0,21	0,30	0,05	0,07	0,06		
2003 г.							
1	1,10	1,32	0,33	0,68	0,30	2,06	1,34
2	1,57	1,88	0,35	0,62	0,26	1,77	2,13
3	1,89	2,27	0,42	0,58	0,24	1,38	2,77
4	2,09	2,51	0,46	0,51	0,23	1,11	3,39
НСР ₀₅	0,26	0,24	0,06	0,06	0,05		
Среднее за 2002 – 2003 г.							
1	1,14	1,37	0,31	0,68	0,28	2,19	1,42
2	1,51	1,81	0,35	0,62	0,26	1,77	2,06
3	1,88	2,26	0,41	0,59	0,23	1,44	2,75
4	2,13	2,55	0,45	0,52	0,22	1,16	3,44

В урожае трав при 20-ти летнем внесении стоков по сравнению с контролем отмечается увеличение содержания калия – в среднем в 1,9 раза, фосфора – с 0,31 до 0,45%. Содержание магния снижается от 0,28% на контроле до 0,22% в варианте 4 и кальция от 0,68 до 0,52%, но по вариантам опыта все химические вещества были близкими к оптимальным величинам. Отношение Ca:P в контроле в среднем составляло 2,19, а при длительном внесении стоков (20 лет) оно снизилось до 1,16, а соотношение K:(Ca+Mg) было наибольшим при многолетнем внесении стоков (вар. 4) – 3,44, что больше контроля в 2,4 раза. Однако в целом рассматриваемые отношения по всем вариантам были благоприятными для корма злаковых трав.

Таким образом, корма, возделываемые на полях орошения с проведением удобрительных поливов, по химическому составу соответствовали качеству кормов в контроле (без внесения стоков).

В целом биохимический состав кормов при орошении животноводческими стоками по большинству показателей улучшается, за исключением содержания нитратов. Полученные данные (табл. 5) показали, что содержание нитратов в зелёной массе мало изменялось в зависимости от длительности внесения стоков и находилось на уровне 487 мг/кг в контроле и 660 мг/кг при ежегодном внесении животноводческих стоков в течение 20 лет. В целом, животноводческие стоки повышали содержание нитратов в зелёной массе на 3,5 – 35,5%, изменяясь в зависимости от длительности внесения стоков. Следовательно, внесение животноводческих стоков заметно не ухудшало качественные показатели зелёной массы по содержанию нитратов. Общее высокое содержание нитратов как в контроле (без стоков), так и в опытных вариантах (внесение стоков 2–3

года, 10 и 20 лет) обусловлено, по-видимому, большим содержанием в почве и их доступностью для многолетних трав. Однако необходимо отметить, что во всех вариантах опыта, в том числе и в контроле, показатели нитратов в зелёной массе были несколько выше ПДК в среднем за 2 года – 487 - 660 мг/кг (ПДК для зелёной массы принято 500 мг/га). Это свидетельствует о том, что перед скармливанием животным зелёную массу следует подвергать предварительной обработке и смешивать с другими кормами. Как правило, эти корма закладываются на сенаж и в процессе хранения происходит снижение содержания нитратов.

Таблица 5 - Влияние многолетнего удобрительного орошения животноводческими стоками на содержание нитратов в кормовой массе многолетних трав, мг/кг

Номер варианта	Годы исследований		Среднее
	2002	2003	
1	489	485	487
2	501	507	504
3	551	543	547
4	643	677	660

Следует отметить, что токсичность нитратов в кормовых культурах существенно зависит от сбалансированного рациона, и она резко снижается при обеспеченности животных углеводами, аскорбиновой кислотой и каротином.

При удобрительном орошении животноводческими стоками наибольшую опасность в накоплении урожая вредных веществ представляют микроэлементы и тяжёлые металлы. Надземные органы растений довольно чутко реагируют на повышение концентрации микроэлементов в почве, увеличивая их содержание в тканях растений.

Многочисленными исследованиями установлена избирательная способность растений к поглощению ионов микроэлементов: дефицитные – интенсивно поглощаются корнями, избыточные – энергично задерживаются. Совместными действиями обоих процессов в растениях поддерживается необходимый элементарный химический состав.

В то же время растения не в состоянии переносить очень высокие концентрации микроэлементов, не способны полностью исключать проникновение избыточного их количества, выше которых у них обнаруживается угнетение, снижение продуктивности и качества кормов.

Результаты по содержанию микроэлементов и тяжёлых металлов в кормовой продукции приведены в таблице 6.

Из данных таблицы следует, что многолетнее внесение животноводческих стоков по сравнению с контролем повышало содержание микроэлементов и тяжёлых металлов: Cu – с 0,84 до 1,08; Zn – с 3,5 до 5,3; Pb – с 0,34 до 0,48; Mn – с 3,8 до 5,7; Mo – с 0,18 до 0,34; Co – с 0,06 до 0,15 мг/кг. Однако их количество не превышало максимально допустимых уровней.

Таблица 6 - Содержание микроэлементов и тяжёлых металлов в зелёной массе многолетних трав, мг/кг сухого вещества за 2002 г.

Номер варианта	Микроэлементы и тяжёлые металлы									
	Cu	Zn	Pb	Fe	Mn	Cd	Mo	Cr	Ni	Co
1	0,84	3,5	0,34	69,4	3,8	0,01	0,18	0,08	0,14	0,06
2	0,97	4,2	0,39	75,7	4,9	0,02	0,27	0,12	0,19	0,12
3	1,03	4,7	0,43	78,2	5,3	0,02	0,31	0,14	0,21	0,14
4	1,08	5,3	0,48	85,6	5,7	0,02	0,34	0,15	0,22	0,15
МДУ	30	50		100		0,3	3,0	0,5	3,0	

Таким образом, для повышения урожайности и качества многолетних злаковых трав на зелёную массу при двухукосном их возделывании в качестве органических удобрений рекомендуется вносить подготовленные животноводческие стоки КРС по норме азота по 150 м³/га под каждый укос. Последствие многолетнего их влияния, повышая урожай многолетних трав, не снижает его качество.

УДК 631.6

ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В НИЗОВЬЯХ р.АМУДАРЬИ

А.Н.Морозов

ОАО Гидропроект, Москва, Россия

Ю.И.Широкова

НПО САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Литолого - геоморфологическое строение осадочных отложений, заполнивших замкнутые природные котловины в низовьях Амударьи, обуславливает крайне затруднённые условия подземного оттока грунтовых вод. За счет слабой естественной дренированности территории, вызванной очень малыми уклонами поверхности (0,0001 – 0,0002), при достаточно высокой влагопроводности (в горизонтальном направлении) сильно водопроницаемых прослоек песков и супесей, происходит передача гидростатического давления в грунтовых водах от рек и каналов, поливаемых и промываемых полей (подпор и выпор грунтовых вод) к близлежащим территориям. Формирование режима грунтовых вод происходит непосредственно под влиянием фильтрации из реки и крупных каналов и тесно связано с колебаниями уровней воды в них, а на орошаемых землях (под влиянием орошения и промывок), имеет четко выраженный сезонный характер.

Из-за особенностей литологического строения почвогрунтов и большой протяженности каналов в земляном русле, при транспортировании воды происходят значительные фильтрационные потери. При плохом техническом состоянии проводящей сети каналов и водоотводящих систем, нарушениях поливного

режима и отсталой технике полива, на значительной части низовьев Амударьи мелиоративное состояние орошаемых земель - неблагоприятное.

В качестве примера, рассмотрим проблемы Хорезмской области, типичной для низовий.

Здесь построено 2411,7 км магистральных и межхозяйственных каналов, в том числе 258,5 км в бетонной одежде, из которых 31 % требует ремонта. Внутрихозяйственных каналы имеют протяженность 13493 км, (из них только 150,3 км в бетонной одежде и 340,8 км лотковые оросители), 29,9 % бетонированных и лотковых оросителей и 20 % внутрихозяйственных каналов в земляном русле, находятся в неудовлетворительном состоянии. КПД магистральных и межхозяйственных каналов в Хорезмской области составляет 0,83, а внутрихозяйственных оросительных систем - 0,72.

По сравнению с другими областями Узбекистана, удельные показатели водозабора и водоотведения в Хорезмской области рекордно высоки (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 - Водозабор и водоотведение по Хорезмской области за ряд лет (данные Министерства сельского и водного хозяйства)

Годы	Орошаемая площадь, тыс. га	Водозабор		Водоотведение		Удельные показатели, тыс.м ³ /га		
		Объём млн. м ³	Минерализация, г/л	Объём млн.м ³	Минерализация, г/л	Водозабор	Водоотведение	Безвозвратное водопотребление
1990	259,6	4493	0,9	2740	3,7	18	11	7
1991	258,5	4673	0,9	3194	3,0	19	13	6
1992	259,1	5213	0,8	3835	2,7	21	15	6
1993	261,8	5104	0,9	3907	2,7	20	15	5
1994	267,1	5114	0,9	4009	2	21	16	5
1995	270,8	4361	0,9	3105	2,3	17	12	5
1996	255,3	4920	0,8	3786	2,7	19	15	4
1997	253,0	4237	0,9	3106	2,7	17	12	5
1998	251,4	5795	0,9	3898	2,7	23	15	7,5
1999	251,2	5363	0,8	4129	2,2	19	14	5
2000	275,3	3289	0,9	1659	3,3	12	6	6
2001	275,9	2184	0,8	895	2,8	8	3	5
2002	276,2	4060	0,9	2870	2,1	15	11	4
2003	276,4	4701	0,9	3136	2,4	17	11	6
2004	276,5	4760	0,8	3081	2,0	17	13	4

Причиной такого положения являются посевы влаголюбивой культуры риса, занимающего в отдельные годы до 40 тыс. га орошаемой площади. Потребная оросительная норма риса достигает 30 тыс. м³/га и более. Сбрасываемая с рисовых полей вода, с помощью откачки насосами из коллекторов, пода-

ется обратно на поля. Таким образом, ясной картины реальной водоподачи и водоотведения представить невозможно. По данным отчетности Гидрогеолого-мелиоративной экспедиции это достаточно высокие цифры: водоподача 17 - 21 тыс. м³/га, а водоотведение 10-15 тыс. м³/га.

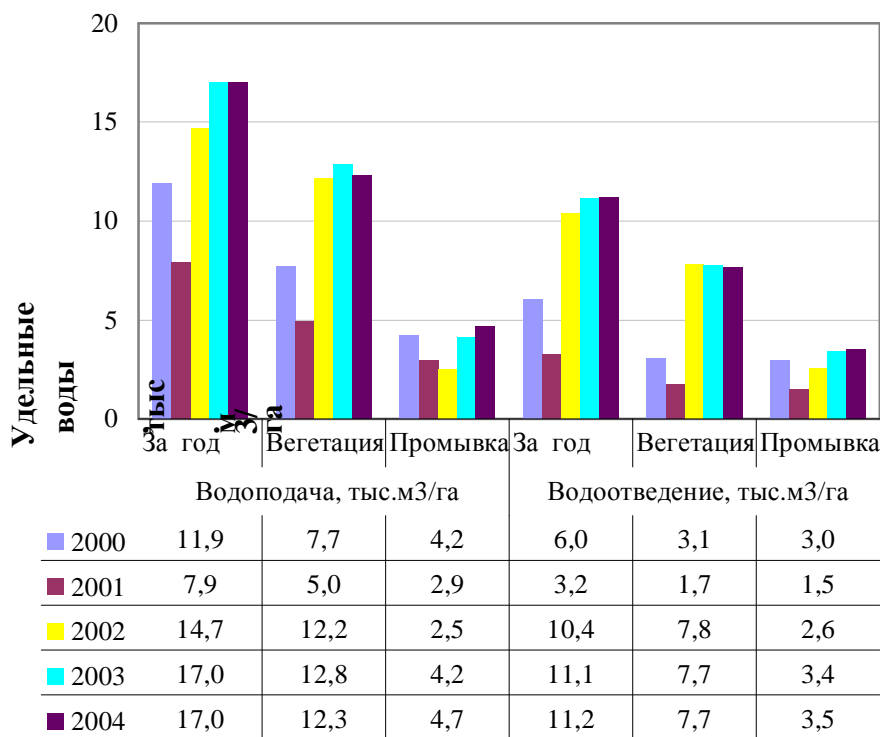


Рисунок 1 - Удельные затраты воды на орошение и промывку.
Формирование водоотведения

Данные рисунка 1 показывают очень высокое водоотведение в вегетацию, что можно объяснить: близким исходным расположением грунтовых вод; потерями воды при бороздковом поливе хлопчатника; технологией полива риса (со сбросами воды с полей), а также организационными причинами, то есть, наблюдается низкая эффективность использования воды.

В результате выращивания риса, подпора коллекторов, массовых промывок земель весной (при недостаточной дренированности, плохом естественном оттоке грунтовых вод с территории при неудовлетворительном состоянии коллекторов), грунтовые воды в Хорезме почти круглый год находятся близко к поверхности (рис. 2). Отток их (даже на соседние территории) невозможен, в связи высоким коэффициентом земельного использования. Положение уровня грунтовых вод в Хорезмской области – самое высокое по Республике Узбекистан.

Близкие грунтовые воды очень «выгодны» для выращивания риса, но совершенно неприемлемы для выращивания хлопчатника (рис.3).

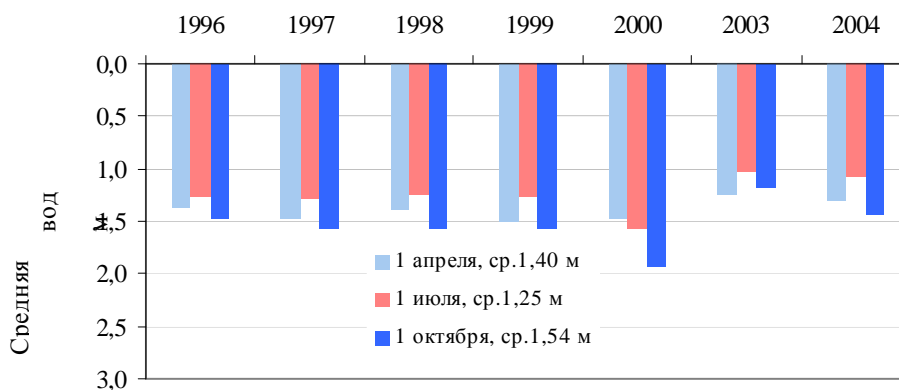


Рисунок 2 - Изменение положения грунтовых вод в Хорезмской области

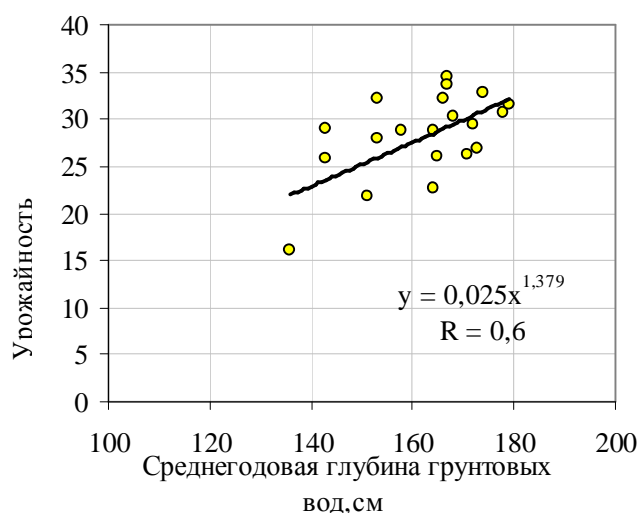


Рисунок 3 - Влияние среднегодовой глубины грунтовых вод на урожайность хлопка в Хорезме

Близкое расположение грунтовых вод существенно влияет на режим поливов хлопчатника. Хотя по почвенным особенностям Хорезма требуется большее количество поливов, в практике это не соблюдается, а земледельцы уже много лет применяют субиригацию, используя грунтовые воды для покрытия потребности в воде растений хлопчатника (на 40 - 60 %). Несмотря на то, что грунтовые воды в Хорезме преимущественно имеют минерализацию 3 - 4 г/л, такая практика вызывает процессы, как сезонного, так и многолетнего соленакопления в почвах (рис. 4 и 7), поскольку подземные воды имеют более высокую минерализацию. Усиленное расходование грунтовых вод на испарение приводит к сильному засолению почв, угнетению растений и потерям урожая сельскохозяйственных культур (рис. 5).

Проведенные полевые опыты по изучению водно-солевого режима в Хорезме показывают, что в условиях близкого стояния грунтовых вод, ниже слоя 0 - 60 см, почва насыщена свыше ППВ в течение всей вегетации (рис. 6 и 7). При этом (помимо солевого стресса) растения хлопчатника постоянно находят-

ся в условиях дефицита почвенного воздуха, что не способствует нормальным биологическим процессам.

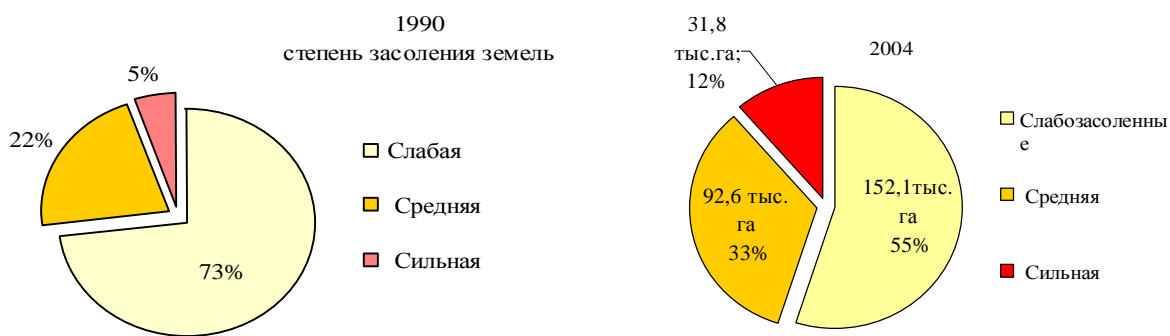


Рисунок 4 - Изменение распространения засоления в Хорезмской области осенью с 1990 по 2004 год (по данным Министерства Сельского и Водного хозяйства)

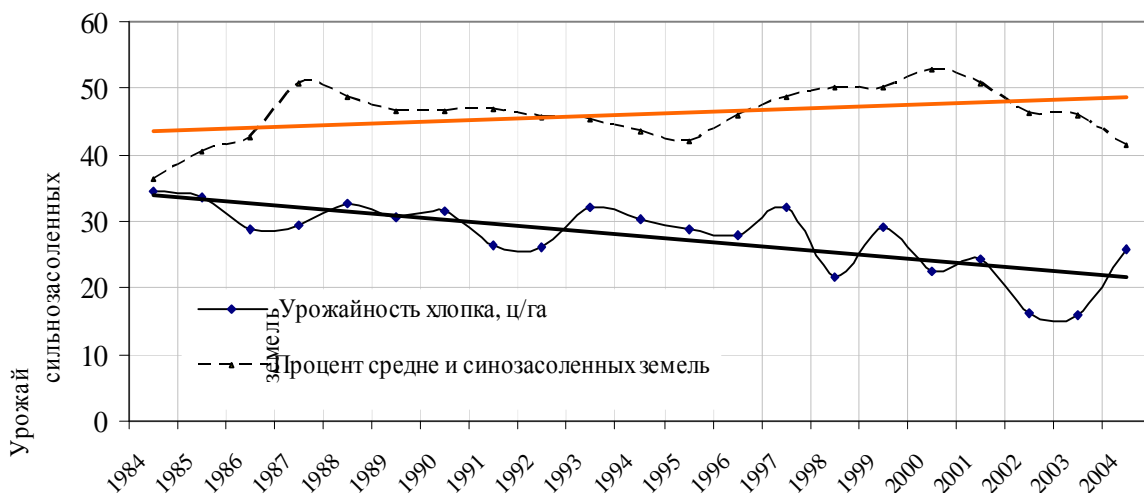


Рисунок 5 - Динамика распространения засоленных земель и урожайности хлопка в Хорезмской области

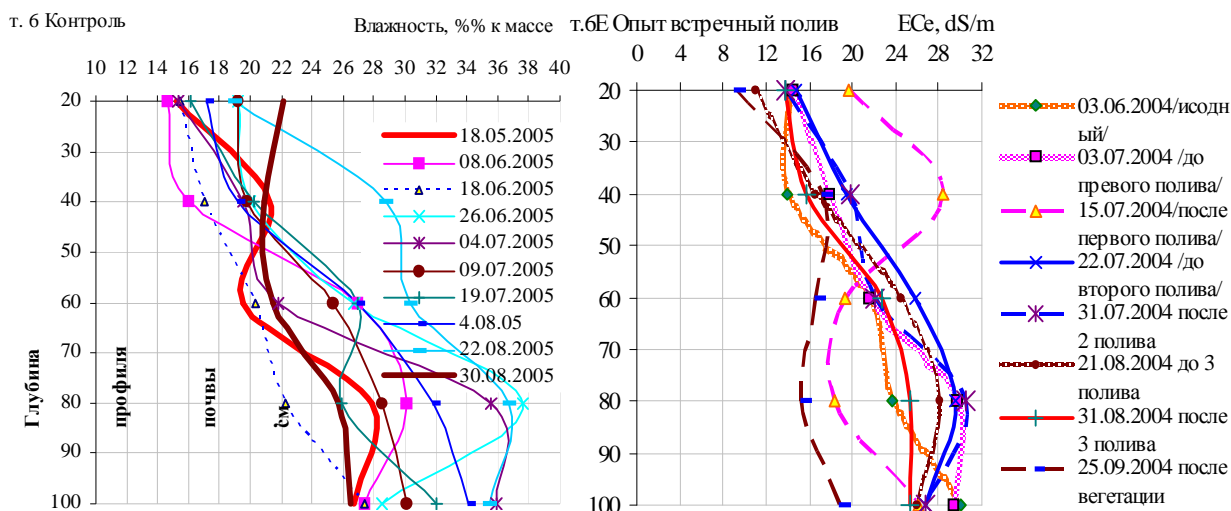


Рисунок 6 - Профили влажности и засоленности почвы в условиях Хорезма (опыты аспиранта Г. Полуашовой)

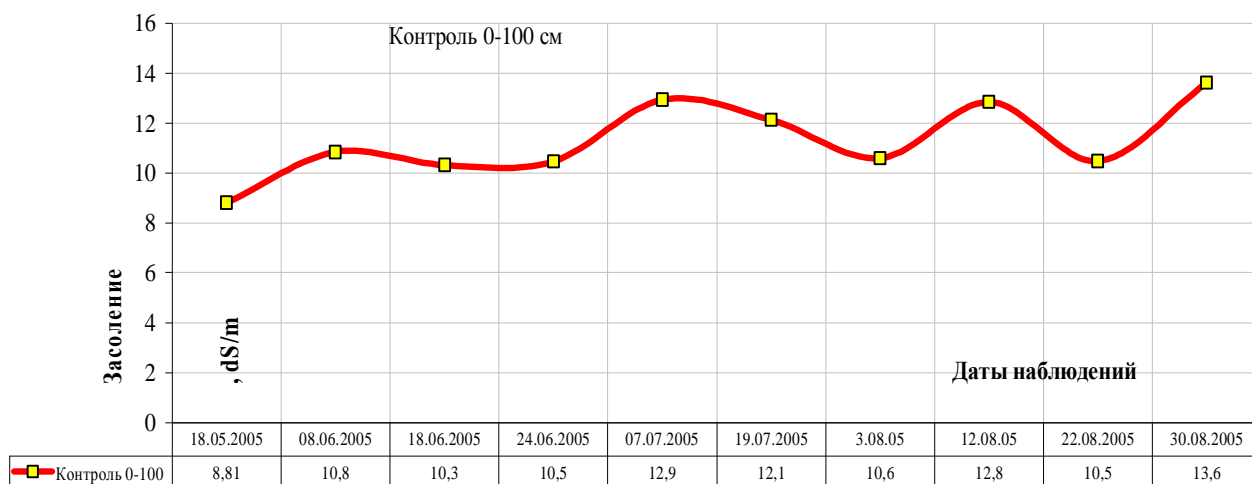


Рисунок 7 - Динамика засоления почвы на опытном участке в Хорезмской области в 2005 году.

Несмотря на проводимые промывки, в условиях неудовлетворительной работы дренажных систем, борьба с засолением (которое быстро реставрируется при высоком испарении) продолжается весь вегетационный период.

Такая ситуация вызвана еще и тем, что дренажные системы в низовьях не работают на 30 - 50 % от общей протяженности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для нормализации ведения орошаемого земледелия в низовьях р. Амударьи требуются специфические решения в управлении водно-солевым режимом, отличные от тех, которые применялись при освоении орошаемых массивов (Голлодная, Каршинская и Джизакская степи).

Эти решения могут заключаться в следующем:

- оптимизация структуры посевных площадей, севооборотов и отделение рисовых массивов от хлопковых;
- выявление технических и организационных недостатков гидромелиоративных систем в водораспределении и водоотведении по отдельным ирригационным системам Хорезмской области. Проведение в перспективе работ по снижению потерь воды в проводящей сети (повышение КПД каналов, путем реконструкции и модернизации, в том числе и применения облицовок), а также мер по улучшению водоотведения для обеспечения реального снижения уровней грунтовых вод;
- определение технологии поверхностного полива и приемов водосбережения, подходящих для специфических условий Хорезма, а также перспективы применения фермерами прогрессивных технологий (дождевание, капельное орошение и др.).

Для разработки стратегии использования водных и земельных ресурсов в низовьях р. Амударьи, и в том числе – в Хорезмской области, имеет смысл создать специальную группу из ведущих ученых и специалистов.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА НА ЗЕМЛЯХ ДРЕВНЕГО ЗАСОЛЕНИЯ

В.Г. Насонов, А.А. Абиров

НПО САНИИРИ, Ташкент, Республика Узбекистан

Огромные равнинные пространства Центральной Азии характеризуются практически отсутствием естественной дренированности, поэтому орошение этих земель требует осуществления мероприятий по борьбе с засолением почв (дренаж, промывки, соответствующая агротехника). Однако на этих землях после многих лет борьбы с засолением, независимо от государства, культурного уровня населения, технического уровня гидромелиоративных систем (ГМС), наблюдаются практически одинаковый процесс роста засоления почв (рис.1-5, табл.1-3).

Интенсификация процессов засоления почв, проявившаяся в конце «советской эпохи» в бассейне Аральского моря (БАМ), отмечалась рядом серьезных исследователей. Однако данные об общей площади засоленных орошаемых земель БАМ или площади засоления отдельных оазисов не могут дать достаточно четкой картины динамики этих процессов, необходимой для выявления их причин. Для этого целесообразно рассмотреть динамику засоления почв на исходно засоленных землях старого и нового орошения, оснащенных усовершенствованными видами дренажа и расположенных в разных государствах региона. Анализ показывает, что на массивах, расположенных в предгорных прогибах и на равнинах Туранской плиты и имеющих разные усовершенствованные виды дренажа, наблюдаются сходные негативные тенденции (рис.4,5, табл.1-3).



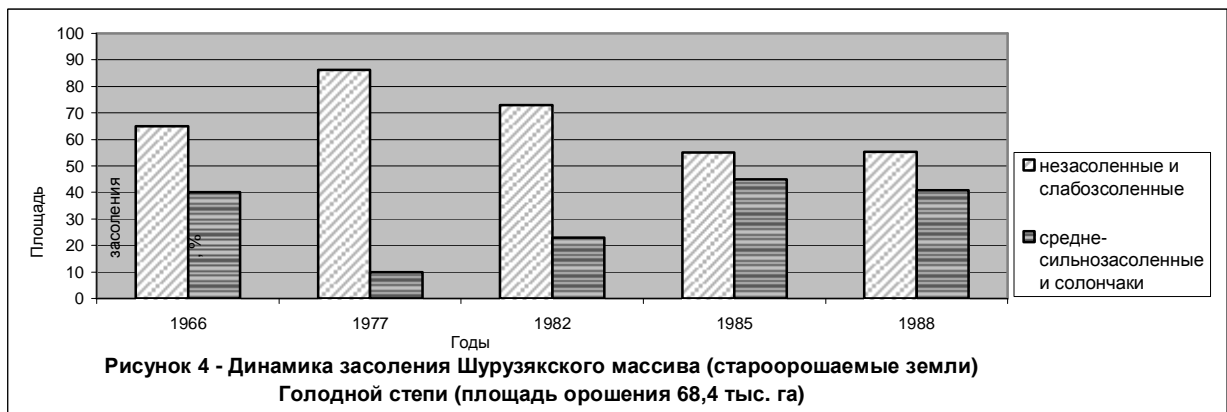


Таблица 1 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи Центральный массив)

Год	Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади		
	Незасоленные и слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и более
1975 ¹	71,2	11,9	16,9
1985 ¹	44,2	33,0	22,8
1988 ⁵	49,1	41,3	9,60
1990 ¹	72,6	17,5	9,90

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁵ - данные института «Узгипроводхоз»

Таблица 2 - Динамика засоления земель Пахтааральского массива (Южный Казахстан)

Степень засоления	1952-1956	1965-1967	1977	1981	1982	1983	1986
	гг. %	гг. %	г. %	г. %	г. %	г. %	г. %
Незасоленная и слабая	71,8	43,4	95,8	89,0	56,0	55,0	58,3
Средняя	13,0	24,0	-	10,3	16,0	16,0	25,7
Сильная	11,8	10,0	4,2	0,7	24,0	21,0	15,0
Солончаки	2,80	21,0	-	-	4,0	8,0	1,0
Неудобья, озера и болота	0,60	0,3	-	-	-	-	-

Таблица 3 - Динамика засоления новоорошаемых земель Голодной степи (Юго-восточный массив 1-ой очереди орошения)

Год	Площадь орошения по степени засоления, % от общей площади		
	Незасоленные и слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и более
1975 ⁶	55,7	22,6	21,7
1985 ¹	39,3	35,2	25,7
1988 ⁶	15,0	54,6	30,4

¹ - данные института «Узгипрозем»

⁶ - данные института «Средазгипроводхлопок»

Эти данные свидетельствуют о том, что резкое снижение темпа засоления почв, наблюдаемое с начала 70-х годов, сменилось, вне зависимости от давности орошения и технического уровня ГМС, процессами интенсивного

засоления. При этом увеличение засоления началось с начала 80-х годов практически во всех государствах.

Существуют различные варианты объяснения причин сложившейся ситуации, среди которых наиболее распространенным является следующий: резкий рост засоления является следствием прежде всего недостаточного финансирования работ по эксплуатации современной интенсивной коллекторно-дренажной сети (КДС) с начала 1990-х годов. Однако, хотя снижение финансирования действительно имеет место, приведенные данные показывают, что интенсивное засоление проявилось еще в советское время, когда эти работы и мероприятия по мелиоративному улучшению земель, финансировались наиболее полно. Недостаточное же финансирование работ по эксплуатации КДС в постсоветскую эпоху лишь ускорило уже интенсивно идущие процессы засоления.

Иногда рост сильного и среднего засоления орошаемых почв объясняют недостаточной протяженностью дренажа и повышением коэффициента использования земли. Как правило, это имеет место на орошаемых землях Туркменистана и Каракалпакстана. Не рассматривая детально обоснованность таких утверждений, укажем лишь, что на землях с очень интенсивным дренажем идут такие же процессы засоления (рис.4, 5, табл.1-3), лишь с меньшей интенсивностью.

Таким образом, многолетние комплексные мероприятия по борьбе с засолением орошаемых земель, такие как строительство и эксплуатация КДС в сочетании с промывными поливами и агротехникой, не обеспечили на большей части равнин Турана благоприятный водносолевой режим почв.

Часто процессы засоления почв пытаются объяснить низкой работоспособностью построенной КДС, хотя в большинстве орошаемых оазисов в водоприемники выносятся огромное количество солей. В зависимости от природных условий и дренированности с орошаемых земель может отводиться от 15 до 40 т/га солей, а за десятки лет вынос солей может превысить 1000 т/га. Расчеты, выполненные в начале 1960-х годов показали, что для того, чтобы рассолить земли Чарджоуского оазиса на глубину 10 м., необходимо вынести с них 614 т/га солей. В настоящее время их вынесено значительно больше (без учета солей, вносимых с оросительной водой), однако площадь сильно- и средnezасоленных земель даже утроилась. Сходная ситуация наблюдается в Хорезмском оазисе, с которого за последние 50 лет отведено солей более 1500 т/га, причем 900 т/га - без солей, вносимых с оросительной водой. Этого было бы достаточно для коренного рассоления сильнозасоленных почвогрунтов мощностью 10м, однако площадь сильно- и средnezасоленных земель в оазисе удвоилась. Такие явления возможны лишь в том случае, когда в объеме солей, отводимых дренажем, значительную часть составляют соли, выносимые из глубоких водоносных горизонтов, а в дренаж поступает небольшая их часть из зоны аэрации. Это подтверждается материалами исследований на опытно-производственных участках, где с помощью гидродинамических сеток и полойной минерализации грунтовых вод изучалась кинематическая структура движения подземных вод в междуренье. Из этих материалов следует, что соли

к дренам поступают главным образом из глубоких слоев почвогрунтов по всей их толще, охарактеризованной пьезометрами, и, вероятно, до регионального водоупора, и только 10-15 % солей выносятся из зоны аэрации (Меришенский М.С., Батулин Г.Е.)

Отсюда следует очень важный вывод о том, что на исходно засоленных землях общий вынос солей с дренажным стоком не может являться показателем эффективности мелиоративных систем. Необходимо дифференцировать вынос солей из верхнего слоя (зона аэрации и приповерхностный слой грунтовых вод) и глубоких водоносных слоев. О том, что общий вынос солей с дренажным стоком не может быть оценкой эффективности дренажа, отмечалось давно, и даже предложена зависимость для количественной оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и вовлечения солей из геологического круговорота по общему стоку.

Несмотря на эти, казалось бы, очевидные положения эффективность дренажа до настоящего времени оценивается по общему объему солевого стока, и не существует общепринятой оценки выноса солей дренажем из зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод.

Таким образом, КДС не способна совместно с орошением и промывками предотвратить или хотя бы снизить интенсивность процессов засоления почв и выносит огромные массы солей в водоемы и водотоки (табл.4). В некоторых случаях отмечается даже рост засоления (табл.5).

Таблица 4. Миграция солей на орошаемых землях бассейна р.Амударья в период 1970-1995гг.

Водохозяйственный район	Масса солей за 1970-1995 г., млн.т		Показатель миграционной способности*		
	Поступление	Отвод	Среднее за 1970-1995 гг.	1975 г.	1995 г.
Таджикистан	82,5	101,9	1,2	1,27	1,03
Сурхандарьинский	47,3	68,4	1,4	1,20	1,90
Каракумский	141,8	453,2	3,2	2,81	2,40
Турмен.прибрежный	63,9	147,9	2,3	2,02	2,08
Каршинский	54,9	151,6	2,8	2,67	3,60
Бухарский	96,5	182,1	1,9	1,60	1,82
Хорезмский	112,9	251,8	2,2	2,40	2,10
Дашогузский	143,3	112,8	0,8	0,95	0,65
Каракалпакстан	204,7	261,5	1,3	0,79	1,28
ИТОГО:	947,8	1714,8	1,8	-	-

Примечание: * - отношение выносимых с КДС солей к солям, вносимым с оросительной водой.

В настоящее время только по бассейну Амударьи ежегодно выносятся свыше 100 млн.т солей, которые утилизируются в пустынных понижениях или сбрасываются в реки. Аналогичная ситуация наблюдается и в бассейне Сырдарьи. Соли, выносимые с орошаемых массивов выше по течению, практически полностью поступают с оросительной водой к нижерасположенным землепользователям.

Таблица 5 - Динамика выноса солей с некоторых орошаемых оазисов среднего и нижнего течения рек Сырдарья и Амударья, тыс.т

Наименование области	Г о д			
	1985	1995	1997	1999
Кашкадарьинская	3725,26	10811,4	8019,01	16614,0
Хорезмская	8110,00	8097,62	10297,23	12173,0
Дашогузская (Туркменистан)	4600,00	6471,73	5931,29	7836,8
Джизакская	4093,03	4318,50	4821,90	5126,0
Сырдарьинская	6417,41	3886,50	6293,50	6984,0
Каракалпакстан	8633,03	6166,72	7794,65	9240,0

В результате речная вода стала мощнейшим по сравнению с другими источником поступления солей на орошаемые земли, что требует соответствующей корректировки промывного режима орошения. Это, в свою очередь, приведет, при сложившейся практике регулирования водно-солевого режима почв, к увеличению выноса солей за пределы орошаемого массива и новому росту минерализации речной воды. Таким образом, созданся «порочный» круг миграции солей в бассейнах рек, способствующий росту засоления почв.

Поскольку одной из важнейших причин ухудшения качества воды в реках является активизация выноса солей с орошаемых массивов дренажной сетью, то наряду с общими мероприятиями по регулированию качества воды в реках приоритетным является уменьшение выноса солей с дренажным стоком прежде всего за счет прекращения их выноса из глубоких водоносных горизонтов.

Однако при проектировании выбор и обоснование параметров дренажа проводился и проводится вообще без учета возможного выноса солей из зоны аэрации и приповерхностного слоя грунтовых вод, а также вовлечения солей из геологических запасов в активную геохимическую миграцию. В конкретных проектах вынос солей из зоны аэрации и глубоких водоносных горизонтов при работе дренажа ранее также не рассматривался, не говоря уже о разработке технических решений, предотвращающих или уменьшающих солевывнос. В нормативных документах такие требования вообще отсутствуют.

Сложившаяся ситуация в отношении методов обоснования дренажа на засоленных землях противоречит современным представлениям о том, что почвы и грунтовые воды являются единой геодинамической системой, в раз-

ных частях которой накопление солей определяется их круговоротом в зоне активного водообмена до ближайшего регионального водоупора.

В гидрогеологическом отношении зона активного водообмена на равнинных пространствах Турана расположена в мощной толще неоген-четвертичных отложений. При большой литологической пестроте отложений и отсутствия выдержанных водоупорных пород тесная единая гидравлическая связь существует по всему разрезу. Региональным действительным водоупором для всей территории являются морские мергелистые глины и мергели эоцена или алевроито-глинистые отложения олигоцена, за исключением некоторых эродированных участков, где аллювиальные отложения залегают непосредственно на мезозойских отложениях.

Равнины Туранской плиты начиная с конца палеогена развивались в климатических условиях, близких к аридным, и свойственных им процессов континентального засоления или лагунных и прибрежных фаций высыхающих древних морей. Поэтому отложения того времени унаследовали от прошлого большое количество водорастворимых солей и гипсов. Это касается и предгорных прогибов, сопрягающих горное обрамление с Туранской плитой. Так, для Голодной степи мощными очагами древнего соленакопления явились Мирзачульская впадина и Тузканинское понижение, где мощность только четвертичных отложений составляет более 300м с запасами солей более 3×10^4 т/га. Как правило, это рассеянные в рыхлых отложениях реликтовые соли, являющиеся донорами солей зоны гипергенеза и почвы. При орошении и дренаже этот донорский процесс резко усиливается. Основным механизмом переноса солей является движение водных растворов к дренам.

Существуют и другие источники поступления солей: соленые воды седиментационных бассейнов, галогенные формации мезозоя и палеогена, разгружающиеся в вышележащие горизонты через впадины, занятые солончаками. При разведке нефтегазоносных структур (Газлинское, Питнякское и т.д.) выявлены скрытые очаги разгрузки в аллювии Сырдарьи и Амударьи. Еще один источник – это скрытая рассеянная разгрузка артезианских бассейнов в неоген четвертичные отложения, если судить по возрастающим артезианским напорам с глубиной.

Существенное влияние на миграцию солей оказывают геохимические барьеры: испарительные, термодинамические, геогидрохимические и даже гидравлические, выводящие соли из активной гидродинамической зоны или меняющие ионный состав растворов. Существование таких барьеров или использование их механизмов в проектах КДС не рассматривается, что приводит обычно к их разрушению, хотя знание и использование геохимических барьеров могло бы существенно уменьшить вынос солей дренажем в водоприемники.

При обосновании дренажа на землях древнего засоления необходимо учитывать еще одно очень важное обстоятельство Согласно многочисленным прогнозам развития водных ресурсов в БАМ, в перспективе объемы выделения водных ресурсов на орошение будут снижаться. В наибольшей степени это коснется среднего и нижнего течения рек, поэтому необходимо обеспе-

чить снижение удельных затрат оросительной воды прежде всего за счет ее затрат на регулирование водно-солевого режима, если принять, что биологические потребности растений в воде должны непременно удовлетворяться.

Таким образом, возникла новая ситуация: исторически сложившая практика регулирования водно-солевого режима и обоснования дренажа вошла в противоречие с существующими возможностями окружающей среды и требует корректировки, хотя еще недавно (60-70 гг. XX столетия) она давала прекрасные результаты. В современных условиях и на перспективу дренажная система на землях, подстилающихся отложениями с древним засолением, должна отвечать следующим требованиям:

- дренаж должен отводить соли главным образом из зоны аэрации и небольшого приповерхностного слоя грунтовых вод, не вовлекая в миграционные процессы соли, находящиеся в геологическом круговороте;

- дренаж в сочетании с другими приемами регулирования водно-солевого режима должен обеспечить снижение удельных затрат воды.

Эти требования в определенной степени противоречивы, и, казалось бы, мало осуществимы, если исходить из сложившейся практики обоснования параметров дренажа: понижение уровня грунтовых вод в зависимости от их минерализации при создании промывного режима. Однако, если учесть, что проблема засоления корнеобитаемого слоя будет решена благодаря опреснению приповерхностного слоя грунтовых вод за счет дренажа и промывного режима орошения, то эти противоречия легко устраняются. Анализ кинематики фильтрационного потока, формирующегося при работе дренажа и орошении, показывает, что глубина активной гидродинамической зоны определяется величиной инфильтрационного питания и глубиной заложения дренажа. В самом худшем случае, она равна примерно междренному расстоянию. Это позволяет считать, что, варьируя расстояния между дренами и глубиной заложения дренажа, можно существенно уменьшить глубину зоны влияния дренажа, ограничиваясь только требуемой зоной опреснения.

Однако для регулирования глубины влияния дренажа существующие методы расчета дренажа и связанные с ним прогнозы минерализации, основанные на предпосылке Дюпюи-Форхгеймера, не пригодны. Для этого необходимо определение в любой точке междренья и в любой момент времени концентрации легко растворимых солей при заданных параметрах дренажа. Поскольку движение солей осуществляется под влиянием конвективного переноса и гидродинамической дисперсии, зависящих от скорости фильтрации воды, то математически расчетная модель расчета дренажа будет включать по крайней мере два уравнения в частных производных.

Объединяя уравнение неразрывности с обобщенным законом Дарси для насыщенно-ненасыщенных сред в модификации Ричардса (1931 г.) можно записать в следующей форме: общее уравнение фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (область G(O, A, B, C, D, F, E) - на рис.6):

$$\frac{\partial q}{\partial t} = C(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K(H) \frac{\partial H}{\partial y} \right] + f(x, y, t) \quad (1)$$

где θ – объемная влажность;

$C(H) = \frac{\partial q}{\partial t}$ - коэффициент удельной влагоемкости;

$f(x, y, t)$ - интенсивность отбора влаги корневой системой растений;

$K(H)$ – коэффициент фильтрации породы как функция матричного потенциала ψ (в ненасыщенной зоне $\psi < 0$, в зоне полного насыщения $\psi \geq 0$).

При $\psi = 0$ $K(\psi) = K_0$;

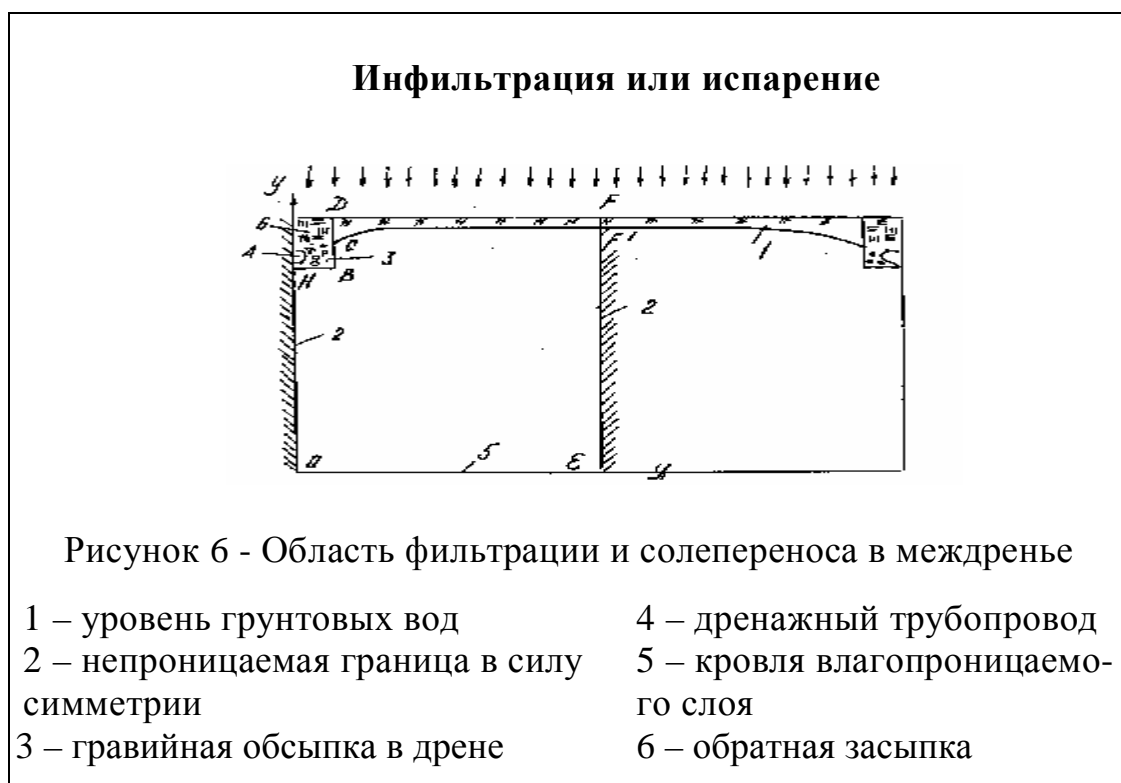
K_0 – коэффициент фильтрации насыщенного грунта;

$H(x, y, t)$ – гидродинамический напор, определяемый по $H(x, y, t) = \psi + Y$.

Ниже уровня грунтовых вод:

$$\psi > 0; \frac{\partial q}{\partial t} = 0; C(H) = \mu^*; \theta = \theta_m;$$

где μ^* - коэффициент упругой водоотдачи.



Объединяя уравнение сохранения массы жидкости и растворенных в ней веществ с законом Фика с учетом дополнительного механизма переноса солей фильтрующимся потоком, получим объединенное уравнение движения и сохранения массы вещества для плоского в разрезе двумерного потока насыщенно-ненасыщенной зоны G(O, A, B, C, D, F, E - на рис.б):

$$q^* \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{yy} \frac{\partial c}{\partial y} \right) - \frac{\partial V_x c}{\partial x} - \frac{\partial V_y c}{\partial y} + \lambda_w C \quad (2)$$

где $\frac{\partial N}{\partial t} = g$; $f(c.N.G.L)$ - уравнение кинетики массообмена между раство-

ренными в воде веществами и твердой фазой грунтов;

N – весовое содержание вещества в твердой фазе;

γ, L, Γ - постоянные величины.

Для процессов растворения уравнение кинематики имеет вид:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -g(C_m - C)h(C_t) \quad (3)$$

где C_m - предельная растворимость солей;

$\eta(C_t)$ - функция Хевисайда;

γ - константа растворения;

$V_{x,y}$ - скорость фильтрации в направлении x, y ;

D_{xy} - коэффициент гидродинамической дисперсии.

Для ненасыщенной зоны при орошении существенное влияние могут оказать сорбционные процессы, описываемые уравнением изотермы сорбции. Для сорбционных процессов изотермы сорбции для почвогрунтов представляются обычно линейной изотермой Генри или нелинейной изотермой Ленгмюра. Для почвенных процессов иногда используют эмпирические усложнения теоретических изотерм.

Коэффициент гидродинамической дисперсии имеет очень важное значение при обосновании модели конвективно-диффузионного переноса солей. Хотя, по параметрам гидродисперсии существуют обширные экспериментальные работы, однако в работах, посвященных процессам солепереноса при мелиорации засоленных земель, используются разные формы коэффициента гидродисперсии. Для уточнения коэффициента диффузии воспользуемся представлениями о коэффициенте фильтрационно-конвективной диффузии о как аксиально-ассиметричном тензоре, согласно которым:

$$D_{ij} = (I_1 - I_2) (V_i \cdot V_j) / |V| + I_2 |V_i| d \quad (4)$$

где $\gamma_1; \gamma_2$ - соответственно продольный и поперечный параметры рассеивания пористой среды;

d - символ Кронекера;

V_{ij} - локальная скорость фильтрации.

Если учесть особенности движения солей в междренье, то в областях, удаленных от дрен, их движение будет крайне медленным. Диффузия будет осуществляться только молекулярным путем. Конвективно-фильтрационный эффект будет пренебрежимо мал. Поэтому в выражение (4) следует добавить коэффициент молекулярной диффузии в грунтах:

$$D_m = x n D_m^o \quad (5)$$

где D_m^o - коэффициент молекулярно-конвективной диффузии в воде;

n - пористость почвогрунтов;

x - параметр, характеризующий извилистость путей фильтрации в грунте.

Учитывая изложенное, аппроксимации коэффициентов конвективной диффузии для насыщенной среды примем в следующем виде:

$$D_x = D_m + I_2 |V| + (I_1 - I_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (6)$$

$$D_y = D_m + I_2 |V| + (I_1 - I_2) \frac{V_x \cdot V_y}{|V|} \quad (7)$$

$$|V| = \left| \sqrt{V_y^2 + V_x^2} \right|$$

Система уравнений (1)-(2) решается при различных граничных условиях на дренах, поверхности земли и подстилающего слоя. В междренье рассматриваемая насыщенно-ненасыщенная зона (рис.6) в силу симметрии потока может быть уменьшена до области G(O, A, B, C, D, F, E). Сформулируем краевые условия для этой зоны.

Для уравнения (1) начальное условие:

$$H(x, y, 0) = H_0(x, y), \quad (x, y) \in G^x; \quad (8)$$

граничные условия:

$$\left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{AO} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{CD} = 0; \quad \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{Fe} = 0; \quad (9)$$

$$-x_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial x} \right|_{BC} = \left[X_1(y, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - I_1(y, t)) \right]_{BC}; \quad (10)$$

$$-x_1 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{AB} = \left[X_1(x, t)^{\alpha_1} (H^{-H_0} - I_3(x, t)) \right]_{AB}; \quad (11)$$

$$x_2 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{DF} = \left[X_2(x, t) (H^{-H_2} - I_2(x, t)) \right]_{DF}; \quad (12)$$

$$x_3 K(H) \left. \frac{\partial H}{\partial y} \right|_{oe} = \left[X_3(x, t)^{\alpha_3} (H^{-H_3} - I_3(x, t)) \right]_{oe}; \quad (13)$$

где α - сопротивление дрены;

H_0 – уровень в дрене.

Когда на соответствующих участках границы области фильтрации задаются условия второго или третьего рода, то:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 1;$$

При задании условий первого ряда на этих же границах:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0;$$

При $\xi_2 = 1$; $X_2 = 0$, тогда при $\lambda_2 > 0$ задается инфильтрация, а при $\lambda_2 < 0$ - испарение.

В случае $\xi_3=1$ и $X_3=0$ задается условие оттока в подстилающий пласт.

Решение общего уравнения фильтрации в насыщенно-ненасыщенной зоне (1) при условиях (8)–(13) позволяет найти в любой точке междренья составляющие скорости фильтрации:

$$V_x = -K \frac{\partial H}{\partial x}; \quad V_y = -K \frac{\partial H}{\partial y}; \quad (14)$$

Расходы воды через границы области фильтрации найдем по уравнению:

$$q(t) = \int V_n(t) a \lambda \quad (15)$$

где $V_n(1)$ – вектор скорости, направленный по внешней нормали к рассматриваемому участку границы.

Сформулируем краевые условия для рассматриваемой насыщенно-ненасыщенной области, при которых решается уравнение солепереноса (2).

Начальные условия:

$$C(x, y, 0) = \bar{C}_o(x, y) \quad (x, y) \in G \quad (16)$$

$$B(x, y, 0) = \bar{B}_o(x, y) \quad (17)$$

где $C_o(x, y)$ - начальное содержание растворенных солей в воде в междренье;

$B_o(x, y)$ – начальное содержание растворимых солей в твердой фазе в зоне аэрации и ниже УГВ.

Граничные условия:

$$\frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{AO} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{CD} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{Fe} = 0 \quad (18)$$

$$x_1 D_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \Big|_{BC} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{BC}; \quad (19)$$

$$x_1 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{AB} = \left[X_1(y, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{AB}; \quad (20)$$

$$x_2 D_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \Big|_{DF} = \left[X_2(x, t) V_y (\bar{C} - C^+) \right] \Big|_{DF}; \quad (21)$$

$$x_3 D_y \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{oe} = \left[X_3(x, t) V_y (C - C_2) \right] \Big|_{oe}; \quad (22)$$

где ξ_1, ξ_2, ξ_3 и X_1, X_2, X_3 принимают значения, аналогичные изложенным выше.

При $\xi_1 = \xi_2 = 1$ на дрене и на поверхности земли выполняется условие Бреннера; при $\xi_1 = 0$ на дрене выполняется упрощенное условие.

Для решения системы уравнений солевлагопереноса используется конечно-разностная аппроксимация системы уравнений (1)–(2), а все полученные конечно-разностные аналоги этой системы решаются с помощью итерационного неявного метода переменных направлений.

Выбор параметров дренажа осуществляется по результатам распределения солей для различных вариантов междренных расстояний, глубин заложения и величин инфильтрации и соответствия этих результатов изложенным выше требованиям к дренажной системе. Таким образом, определение параметров дренажа на землях с сильно засоленными подстилающими отложениями существенно отличается от расчета дренажа на исходно незасоленных землях.

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ С ВНЕСЕНИЕМ ХИММЕЛИОРАНТОВ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

В.С. Печенина, Е.В. Носова

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В нечерноземной зоне Российской Федерации площадь переувлажненных земель составляет более 13 млн.га, из них слабопроницаемые минеральные почвы составляют более 60%.

Для повышения эффективности работы закрытого дренажа на тяжелых почвах применяются глубокое рыхление и кротование. Глубокое рыхление значительно улучшает водно-физические свойства осушаемых почв, усиливает работу дренажа и на 15-20% увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. Глубина рыхления – 60-80см, при наличии отдельных водонепроницаемых прослоев может быть – 50-60см. Эффективное действие глубокого рыхления – 3-4 года.

Глубокое рыхление применяется на поверхностно-переувлажненных минеральных почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава с коэффициентами фильтрации менее 0,1 м/сут, а также на суглинистых почвах с коэффициентами фильтрации подпахотных горизонтов 0,1-0,3 м/сут, осушаемых закрытым дренажем. Глубина рыхления должна быть на 20-30см меньше минимальной глубины заложения дрен. Глубокое рыхление следует выполнять при влажности почвы в зоне рыхления 60-80% наименьшей влагоемкости, а в подпахотном – 90-100%. Эксплуатационное глубокое рыхление выполняют в процессе основной обработки поля: на глинистых почвах – через 3-4 года, на тяжело- и среднесуглинистых – через 2-3 года.

Сплошное глубокое рыхление выполняют при уклонах поверхности в пределах 0,01-0,03 через 0,8м. Полосовое рыхление с расстояниями между полосами 1,2-5м применяется на участках с уклонами более 0,03. Направление рыхления должно быть перпендикулярно дренажным линиям.

Для выполнения глубокого рыхления применяются рыхлители пассивного и активного действия. Наиболее распространенными в настоящее время являются рыхлители пассивного действия РУ-65-2,5; РК-1,2; РНТ-0,8Б; РНГ-2-60; РГ-0,8 и рыхлители активного действия ВР-80.

Глубокое рыхление не рекомендуется на землях грунтового и грунтово-напорного водного питания при наличии мощных рудяковых или карбонатных горизонтов в зоне рыхления, а также крупных камней диаметром более 30...40см.

Глинистые почвы с содержанием более 45% частиц 0,002мм мелиоративному глубокому рыхлению не подлежат; рыхление не рекомендуется на площадях с уклонами менее 0,3 и более 10%.

В технологии обработки почвы глубокое рыхление должно быть одной из последних операций во избежание уплотнения прорыхленной почвы при работе сельскохозяйственной техники. Агромелиоративные приемы, включающие

глубокое рыхление, выполняются в следующей последовательности: вспашка; дискование в 1-2 следа; планировка поверхности; внесение извести (на кислых почвах) и минеральных удобрений; глубокое рыхление; дискование в 1-2 следа. Рыхление выполняется челночным, загонным способом или с перекрытием (рис. 1).

Рисунок 1 – Схемы рыхления грунта двухстоечным рыхлителем:
а) челночная, б) загонная, в) перекрытием

Челночная схема применяется при широкой поворотной полосе, загонная – при ограниченной поворотной полосе, схема с перекрытием – при невозможности разворота за границами участка. Ширину загона определяют согласно техническим характеристикам тракторов – тягачей и в соответствии с шириной захвата рыхлителей; составляет она обычно 24...36 м.

Поле разбивается на загоны, границы которых отмечаются створами кольщиков, трасса первого прохода намечается створом вех. Рыхлитель устанавливают на трассу первого прохода и заглубляют рыхлящие лапы, машинист выдерживает курс первого прохода по вешкам или по ориентиру, а в дальнейшем, в зависимости от выбранной схемы движения агрегата – по предварительной разметке участка.

Существенное улучшение водно-физических свойств осушаемых слабопроницаемых почв достигается при внесении одновременно с глубоким рыхлением химических мелиорантов.

Химмелиоранты (структурообразователи) на осушаемых слабопроницаемых почвах при их внесении в разрыхленные пахотные горизонты обеспечивают более эффективную работу осушительной сети и создание благоприятных условий для развития корневых систем сельскохозяйственных культур. Химмелиоранты должны повышать и сохранять продолжительное время водопроницаемость почв, не должны обладать токсическим воздействием на почву, растения, почвенные микроорганизмы и дренажные воды. Глубокое рыхление с одновременным внесением химмелиорантов рекомендуется выполнять только на осушаемых закрытым дренажем площадях.

К наиболее изученным и рекомендуемым к применению сыпучим химме-

лиорантам относятся известь, фосфорные, калийные и азотные соединения; к жидким химвеществам – жидкие комплексные удобрения.

Применение в качестве химвещества извести

Известь применяется в качестве химвещества на кислых почвах, имеющих реакцию рН от 3,5 до 6,5. Карбонатные и силикатные формы известковых материалов применяются на более легких почвах, оксидная форма – на тяжелых почвах. На слабопроницаемых почвах рекомендуется смесь, состоящая из трех долей CaCO_3 и одной доли CaO .

Известкование не только снижает кислотность почвы, но и улучшает азотное и фосфорное питание растений в результате как разложения органического вещества, так и перехода труднодоступных фосфатов железа и алюминия в более доступные фосфаты кальция. На известкованных почвах повышается доступность калия и ряда микроэлементов, устраняется вредное действие алюминия и марганца. Известкование повышает эффективность вносимых удобрений и способствует ускорению окультуривания кислых почв.

Нормы внесения извести рассчитывают на нейтрализацию полной гидролитической кислотности в расчетном слое почвы по формуле:

$$D_p = 5 \Gamma H A,$$

где D_p - расчетная норма CaCO_3 , т/га;

Γ - гидролитическая кислотность, мг-экв/100г почвы;

H - мощность известкуемого слоя, м;

A - плотность почвы, г/см³.

При отсутствии данных о гидролитической кислотности нормы внесения CaCO_3 определяются по величине рН почвы в соответствии с данными таблицы 1.

Таблица 1 - Нормы внесения извести (CaCO_3) при глубоком рыхлении, т/га

Почва	Горизонты, см	Кислотность, рН		
		Меньше 4,5	4,5 - 5	5,1 – 5,5
Среднесуглинистая	0 – 20	6,9	5,6	4,4
	0 – 40	13,8	11,2	8,8
	0 – 60	20,4	17,4	13
Среднесуглинистая	0 – 20	8,1	6,9	5,6
	0 – 40	16,2	13,8	11,2
	0 – 60	24,2	20,4	16,8
Среднесуглинистая	0 – 20	9,4	8,5	7,2
	0 – 40	18,8	17	14,4
	0 – 60	30	24,4	20,8

Для внесения пригодны все виды извести, при первом внесении рекомендуются нормы извести не менее 10 т/га. Диаметр фракций известковых материалов не должен превышать 0,5мм.

Дозы внесения извести и органических удобрений при глубоком рыхлении определяют, исходя из данных агрохимических обследований. Примерные

нормы внесения извести и удобрений приведены в таблице 2 в зависимости от степени окультуренности почв.

Таблица 2 - Нормы внесения извести

Тип почвы, степень окультуренности	Мощность гумусированного слоя, см	Потенциальная кислотность, рН	Рекомендуемые дозы, т/га	
			Извести	Органических удобрений
Дерново-подзолистые, глеевые, суглинистые и глинистые неосвоенные	8 – 12	3,8-4,5 сильная	10 – 15	60 – 80
Слабо окультуренные	15 – 20	4,2-4,5 сильная	8 – 12	50 – 60
Старопахотные окультуренные	22 – 25	4,5-5 сильная и средняя	6 – 9	40 – 50
Оподзоленные и оглеенные суглинистые, старопахотные окультуренные	30 – 35	4,6-5,5 сильная и слабая	3 – 6	30 – 40

Глубокое внесение извести одновременно с рыхлением выполняют агрегатом РНГ-80 конструкции ДальНИИГиМ или рыхлителем РГ-0,8 с устройством для внесения порошкообразных химмелиорантов.

При отсутствии специальных рыхлителей глубокое внесение извести может выполняться по следующей технологии: берется половина нормы извести, разбрасывается по поверхности, запахивается на глубину 20-25см; затем на вспаханное поле вносится вторая половина, после чего известь заделывается бороной или культиватором и проводится глубокое рыхление почвы или кротование.

Для глубокого внесения извести с двойным оборотом пласта на глубину до 50см применяется следующая технология: производится глубокая вспашка плантажным плугом на глубину до 0,5м; вносится на поверхность 0,5 дозы извести и заделывается дисковой бороной; производится обратная вспашка плантажным плугом на глубину до 0,5м с выносом гумусового слоя на поверхность; вносится вторая половина дозы извести и заделывается дисковой бороной. Такая технология рекомендуется только при возможности внесения больших доз органических удобрений.

При глубоком рыхлении предусматривается глубокое внесение не только извести, но и удобрений в целях стимуляции глубокого укоренения растений и стабилизации почвы в разрыхленном состоянии. Улучшение водно-воздушного режима слабоводопроницаемых почв путем глубокого внесения в подпахотные горизонты извести особенно эффективно в регионах с обилием атмосферных осадков, где широко распространены кислые почвы подзолисто-болотного типа.

Глубокое рыхление почвы с внесением извести способствует уменьшению плотности, увеличению пористости и водопроницаемости, нейтрализации

кислотности, в 2-3 раза увеличивает сумму поглощенных оснований, что обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур, а также усиливает деятельность бактерий и микроорганизмов. Количество водопрочных агрегатов увеличивается на 3-10%.

В зависимости от физико-механических свойств известковых материалов, условно разделяющих на пылевидные и слабо-пылящие, существуют 2 технологические схемы внесения и две системы машин, применяемых для этой цели. Одна из этих схем рекомендуется для применения известковых пылевидных материалов (известковой муки, сланцевой золы, цементной пыли и металлургических шлаков), другая – для не пылящих известковых удобрений (слабо-пылящей известняковой муки, известняковой муки из отходов, известкового туфа, озерной извести, доломитовой природной муки).

Поверхностное внесение пылевидных известковых материалов выполняют машинами АРУП-8 и РУП-8 по прямоточной и перегрузочной технологическим схемам. При выборе технологической схемы внесения извести необходимо учитывать ряд факторов, в частности, расположение завода-поставщика от зоны внесения, расстояние от железнодорожных путей, состояние автодорог, наличие машин для транспортировки и внесения извести.

При организации работ по прямоточной технологии машины АРУП-8 и РУП-8 загружают известью на складе, транспортируют и вносят на поле. Прямоточная технология с использованием автомобиля-разбрасывателя АРУП-8 экономически целесообразна на расстояниях транспортировки известковых пылевидных материалов до 70км, а для тракторных разбрасывателей РУП-8 – до 6км. Если расстояния перевозки превышают указанные, то применяют перегрузочные технологии.

Применение в качестве химмелиорантов фосфорных удобрений

На почвах с недостаточным содержанием фосфора (менее 20 мг на 100г почвы) рекомендуется одновременно с глубоким рыхлением внесение суперфосфата в подпахотные горизонты нормой 90-120 кг/га действующего вещества. Глубина внесения суперфосфата назначается в соответствии с содержанием фосфора по почвенным горизонтам. Внесение фосфора способствует закреплению структуры почвенных агрегатов и улучшает водно-физические свойства и питательный режим почвы. Сроки действия суперфосфата, вносимого одновременно с рыхлением, составляет 4-5 лет.

Содержание действующего вещества в простом суперфосфате составляет 14-20,5%, в двойном – 42-49%, в фосфорной муке – 19-22%. При хранении эти вещества не слеживаются.

Расчет нормы внесения фосфорных удобрений в физическом весе выполняется по формуле:

$$H = 100D/C,$$

где H – количество удобрения в физическом весе для внесения с учетом содержания действующего вещества, кг/га;

D – принятая норма внесения действующего вещества, кг/га;

C – содержание действующего вещества, %.

В качестве химмелиоранта на тяжелых почвах можно применять смесь окиси кальция и фосфогипса в соотношении 2:1, вносимого одновременно с глубоким рыхлением. Ориентировочные нормы внесения химмелиоранта: 1,4-3% от массы сухой почвы (10-12 т/га окиси кальция и 5-6 т/га фосфогипса). Внесение одновременно с глубоким рыхлением этих химических веществ должно осуществляться с учетом следующих положений: удобрения применяются только на бедных по содержанию фосфора и калия почвах; вносятся они однократно; ограничивающим норму внесения минеральных удобрений фактором является отсутствие их выноса с дренажными водами.

Применяются следующие технологии (схемы) глубокого внесения фосфорных соединений:

1) Поверхностное разбрасывание, запашка, дискование, глубокое рыхление рыхлителем РУ-65.

2) Глубокое внесение специальными рыхлителями и агрегатами РМГ-80 (ДальНИИГиМ), РГ-0,8А (ВНИИГиМ) со спецустройством.

3) Внесение фосфорных соединений на глубину 30-40см глубокорыхлителями и удобрениями КПГ-2,2 и др.

По первой схеме для поверхностного основного внесения применяют кузовные разбрасыватели с центробежными рабочими органами. В зависимости от грузоподъемности бункера для агрегатирования разбрасывателей применяют тракторы тяги 9-50 кН. Для поверхностного внесения удобрений применяют разбрасыватели РУМ-5, РУМ-8, КСА-3, МХА-7 и др.

По второй схеме для глубокого внесения фосфорных соединений с одновременным рыхлением применяют специальные рыхлители. К рыхлителям, позволяющим одновременно с рыхлением вносить в почву химические мелиоранты, относятся рыхлители РГ-0,8А, РМГ-80 и агрегат конструкции ВНПО «Союзводполимер».

ВНПО «Союзводполимер» был разработан агрегат для внесения жидких химических мелиорантов на базе 2-стоечного рыхлителя с пассивными рабочими органами. Агрегат для внесения пылевидных химических мелиорантов состоит из трактора К-701, цистерны-полуприцепа и рыхлителя. Полуприцеп одноосный с пневматической загрузкой и выгрузкой химического мелиоранта. Пылевидные химические мелиоранты через питательное устройство сжатым воздухом распыляются в подпахотном слое почвы.

Рыхлитель РМГ-80 позволяет проводить глубокое рыхление с одновременным внесением в почву сыпучих химических мелиорантов. Рыхлитель агрегируется с трактором Т-100МГП и состоит из 2 стоек, оснащенных съемными наконечниками с открылками. На тыльной стороне каждой стойки шарнирно закреплены трубопроводы с соплами, расположенными на 2-ух уровнях, обеспечивающих ярусное внесение химических мелиорантов. Подают химические мелиоранты пневматически с помощью вентилятора и воздуховода. Количество вносимых химических мелиорантов регулируют изменением размеров высевной щели в бункере. Распределение химических мелиорантов по глубине регулируется дроссельными заслонками.

По третьей схеме применяются средства механизации, объединяемые в 3

основные группы: специализированные, комбинированные и универсальные. По способу агрегатирования с энергетическими средствами эти машины могут быть навесными, полунавесными и прицепными.

Глубокорыхлители удобрители КПП-2,2 и ГУН-4,4 наряду с обработкой почвы одновременно внутрпочвенно вносят удобрения. Их характеристики приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Техническая характеристика машин для внутрпочвенного внесения минеральных удобрений

№№ пп	Показатель	Марка машины		
		КПП-2,2	ГУН-4,4	МКП-4
1	Рабочая ширина захвата, м	2,2	4,25	4
2	Сменная производительность, га/ч	1,6	4	3,6
3	Глубина внесения удобрений, см	10-30	16-30	10-25
4	Агрегируется с трактором класса, кН	30	50	30
5	Вместимость бункера, м ³	0,45	1	0,8
6	Рабочая скорость, км/ч	10	10	7-9

Глубина и нормы внесения в качестве химвелиорантов азотных, калийных и комплексных удобрений зависят от запасов питательных веществ в почвенном профиле и содержания действующего вещества в удобрениях. Характеристика азотных, калийных и комплексных удобрений приведена в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика минеральных удобрений

Наименование удобрения	Содержание действующего вещества, %	Физическое состояние	Состояние при хранении
А з о т н ы е			
Аммиачная селитра	34	гранулы	слеживается
Карбамид (мочевина)	46	гранулы	не слеживается
Сульфат аммония	20,5	кристаллы, гранулы	не слеживается
Сульфат аммония	16	кристаллы	слеживается
К а л и й н ы е			
Хлористый калий	58-62	кристаллы, зерна	не слеживается
Калийная соль	30-40	кристаллы	слеживается при длительном хранении
К о м п л е к с н ы е			
Нитрофоска	12:12:12 – 16:16:16	гранулы	не слеживается
Нитроаммофоска	15:15:15 – 18:18:18	гранулы	не слеживается

По результатам исследований норму глубокого внесения калия на осушаемых суглинистых почвах при рыхлении следует принимать 120-150 кг/га, азотных удобрений – не более 90-120 кг/га действующего вещества. Под куль-

турами с преобладанием бобовых видов растений норма внесения азотных удобрений уменьшается до 30-60 кг/га действующего вещества, в чистых посевах бобовых культур азотные удобрения не вносятся. Неприемлемы для оструктуривания жидкие формы азотных удобрений: аммиак, аммиачная вода, синтетический водный аммиак. Эти вещества могут оказывать угнетающее действие на почвенную фауну.

Технология внесения калийных и азотных удобрений аналогична технологии внесения фосфорных соединений.

Рекомендуемые способы улучшения основных свойств осушаемых слабопроницаемых почв с внесением химмелиорантов наиболее эффективны в комплексе с биологическим оструктуриванием почвы.

При применении в качестве химмелиорантов минеральных удобрений с глубоким рыхлением наибольшее оструктуривающее воздействие на почву производят следующие виды многолетних трав: клевер, люцерна, эспарцет, коострец безостый, рапс, сурепица, люпин. В первые годы освоения осушаемых тяжелых почв рекомендуется выращивать на них травосмеси из вышеперечисленных трав или смеси из однолетних культур.

Применение в качестве химмелиорантов жидких комплексных удобрений

Жидкие комплексные удобрения – хорошо растворимая нейтральная жидкость (рН=6,7) с плотностью 1,39-1,4 г/см³, в состав которой входят: N – 10%, P₂O₅ – 34%. Внесение ЖКУ в качестве мелиоранта производится в разрыхленный слой почвы на глубину до 40-50см, рекомендуемые нормы внесения – до 1500кг/га.

Вносить жидкие комплексные удобрения целесообразно при влажности почвы ниже предела раскатывания (до 0,7-0,8 НВ) при низких положениях уровня почвенно-грунтовых вод. При этом все питательные вещества сохраняются в почве и не выносятся с дренажным стоком, что не оказывает отрицательного воздействия на окружающую среду.

При внесении ЖКУ в подпахотные горизонты почвы общая и капиллярная пористость увеличивается на 3-10%, объемная масса уменьшается на 10%, обеспечиваются условия более глубокого проникновения корней растений. Глубокое внесение ЖКУ продлевает сохранность почвенной структуры и увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур.

Для внесения ЖКУ в почву применяется агрегат на тракторе К-700, К-700А, состоящий из рыхлителя и устройства для внесения жидких химмелиорантов.

ЖКУ подается в подпахотные слои почвы из контейнера емкостью 3,6м³ через заборное устройство и питательные трубки насосов. Для внутрипочвенного внесения ЖКУ можно использовать комбинированный агрегат на базе плоскореза КПП-2,2.

Для транспортировки и внесения ЖКУ можно использовать машины грузоподъемностью 2,5; 4,5 и 9т и соответствующие им марки ПЖУ-2,5; ПЖУ-5 и ПЖУ-9. Эти машины обеспечивают поверхностное внесение жидких минераль-