

Мелкодисперсное дождевание применяется в Центральном районе России только как дополнение к вегетационным поливам, с помощью которых регулируется влажность почвы и восстанавливаются запасы воды в почве, израсходованные в процессе эвапотранспирации. Такой подход принципиально ничем не отличается от подхода к орошению в степных и полупустынных районах страны. Однако климатические условия Центрального района России, где средняя многолетняя норма осадков превышает 500 мм, запасы доступной растениям воды в слое почвы 0-100 см составляют в начале вегетационного периода более 1800-3000 м³/га, а оросительная норма колеблется от 400 до 2000-2500 м³/га, позволяют по-новому управлять мелиоративными процессами в этом районе. Здесь регулировать водное питание растений можно путем воздействия не на влажность почвы, а на процесс эвапотранспирации с помощью мелкодисперсного дождевания. Сущность этого способа орошения состоит в воздействии распыленной водой на обводненность ткани листа, что достигается такой степенью диспергирования воды, при которой капли удерживаются на поверхности листьев до поглощения их растениями. Таким образом, при мелкодисперсном дождевании осуществляется внекорневое водное питание растений. Потери воды на физическое испарение в процессе эвапотранспирации при этом также значительно снижаются. Принципиальное отличие мелкодисперсного дождевания от других способов микроорошения состоит в том, что увлажнение почвы за счет полива не происходит, и запасы воды в почве не увеличиваются, но рационально сохраняются.

Оптимальный водный режим сельскохозяйственных культур обеспечивается за счет исходных запасов воды в почве, естественных осадков выпадающих в период вегетации и внекорневого водного питания растений. Основная проблема мелиорации - создать эффективные ресурсосберегающие экологически безопасные гидромелиоративные системы нового поколения. Для аридных условий, учитывая большую испаряемость и недостаточное количество атмосферных осадков, необходимы поливы большими нормами (дождевание, влагозарядковое орошение, поверхностные поливы, мелкодисперсное дождевание на фоне обычного дождевания и др.), создающие надежный водный запас, при сочетании поливов, создающих благоприятные микро- и фитоклимат (мелкодисперсное дождевание, импульсное дождевание и др.).

В гумидных условиях остро стоит проблема регулирования водного и теплового режимов, так как ежегодно в течение 3-8 и более недель растения страдают от засухи. В таких условиях мелкодисперсному дождеванию принадлежит решающая роль. Во влажных зонах России этот вопрос изучен недостаточно [2].

Однако именно оптимизация теплового и водного режимов растений в системе « почва - растение – атмосфера» существенно влияют на получение гарантированных урожаев в Центральном Нечерноземье России. Максимально возможный КПД составляет около 28 %, однако в агрохозяйственном производстве редко превышает 2 -3 %, т.е. не используется громадный биологический резерв роста продуктивности растений. Наши исследования доказывают, что мелкодисперсное дождевание как самостоятельный способ полива может

быть отнесено к экологически безопасным видам орошения и благоприятным физиолого-экологическим приемам для растений. Именно при данном способе полива используется вышеназванный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы за счет большего роста как биомассы, так и азотфиксации. Нормализовать процесс фотосинтеза в Центральном районе России при ежегодных кратковременных засухах, когда температура растения в течение суток часто превышает оптимальную достигается только охлаждением листового покрова и оптимизации экосреды [9,10]. Тепловой и водный балансы земной поверхности служат главным механизмом при формировании обмена энергии и веществом в ландшафтно-климатических зонах.

Список использованных источников

1. Грамматикати О.Г. Эвапотранспирация и продуктивность использования оросительной воды.- в кн. Управление комплексом факторов жизни растений на мелиорированных землях.- Фрунзе, 1997.-с.150-151.
2. Грамматикати О.Г., Кузнецова Е.И. Сроки определения поливов при мелкодисперсном дождевании / Патент на изобретение № 2113110.- М: 1998.
3. Дубенок Н.Н. Организация полива сельскохозяйственных культур дождеванием. Учебное пособие.- М: РГАУ-МСХА.- 2003.-71 с.
4. Кузин Н.И. Эффективность мелкодисперсного увлажнения в условиях Рязанской области. В. кн. Мелиорация земель южной части Нечерноземной зоны РСФСР. Труды ВНИИ-ГиМ, М: 1986.- с. 28-32.
5. Рассолов Б.К. Мелиорация фитоклимата сельскохозяйственных культур. Гидротехника и мелиорация, 1978.- с. 87-93.
6. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаги.- Л.: Гидрометеиздат. - Т.- 1965.
7. Костяков А.Н. Основы мелиорации. 6 изд. М: 1960.-310 с.
8. Костяков А.Н. Избранные труды . Т.1-2 - Сельхозиздат.- 1961.-124с.
9. Шумаков Б.Б. Развитие гидромелиоративной науки № 3, 1980.- с. 75-80.
10. Шумаков Б.Б., Кузнецова Е.И. Новые концептуальные подходы к управлению процессами формирования продуктивности агроценозов при МДД.- Сб. науч. трудов «25 лет ТГСХА».- Тверь, 1997.- с. 75-80.
11. Повышение плодородия почв в Российской Федерации.- Кузнецова Е.И, Клопов М.И., Доценко С.Г., Верзилин В.В.- Монография.- Ярославль. -278 с. -2011.

УДК 631.347.3

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАПЛИ НА ПОЧВЕННЫЕ АГРЕГАТЫ

М.И. Ламскова¹, М.И. Филимонов¹, А.Е. Новиков², Т.Г. Константинова²

¹ФГБОУ «ВолгГТУ», г. Волгоград, Россия

²ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

В настоящее время мелиоративный комплекс Российской Федерации представлен около 9 млн. га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4 млн. га. В то же время большая часть мелиоративных фондов

создана в 60-80 годы 20-го столетия, около 43 % оросительных систем нуждаются в проведении работ по техническому улучшению, перевооружению и восстановлению.

Как известно, основной целью мелиоративных мероприятий является создание необходимых условий для достаточного и устойчивого производства сельхозпродукции. По мнению большинства специалистов-аграриев среди значимых факторов, влияющих на формирование запланированного урожая, почти 50 % отводится водным мелиорациям.

Таким образом, стабильное производство сельхозпродукции, особенно в засушливых регионах страны, возможно за счёт оросительных мероприятий, эффективность которых зависит от реализуемых способов орошения и применяемой техники полива.

Понятие эффективного полива неразрывно связано с вопросами ресурсо- и энергосбережения, а также экологической безопасности агробиоценозов. Современная техника орошения отличается широким функционалом, позволяющим комбинировать различные, ранее не совместимые, технологические процессы: поливы с дозированным внесением удобрений, гербицидов, пестицидов и т.п.

Одной из актуальных проблем в орошаемом земледелии остаётся ирригационная эрозия. В абсолютном большинстве сельхозугодия имеют уклоны, которые провоцируют поверхностный сток воды – смыв значительной части верхнего наиболее плодородного слоя. Этот процесс усугубляется при поливах высокой интенсивности – дождевании, который получил наибольшее распространение в мировой практике (к примеру, в США около 40 %; в отечественной отрасли - до 70 %). При падении капля воды аккумулирует в себе кинетическую энергию, которую отдаёт почвенному агрегату при соприкосновении. В этот момент энергия воздействия разрушает механическую прочность орошаемой частицы грунта, происходит разрыв структурных связей между почвенными элементами.

Одним из перспективных решений данной проблемы является совершенствование разбрызгивающих рабочих элементов дождевальной техники, в частности применение насадок с дефлектором, который предназначен для дробления воды на капли. Однако дефлектор полностью не решает проблему снижения энергии воздействия капли на почвенные агрегаты.

Энергия, аккумулируемая каплей, главным образом, зависит от её размера. Уменьшение размера капли возможно за счёт введения дефлектора в струю и увеличения давления перед соплом. Однако при повышении давления резко возрастают энергозатраты, а введение дефлектора в струю ограничивает дальность её полета.

Известно, что капля воды, движущаяся в воздухе, имеет устойчивый диаметр (d_k , м) до тех пор, пока внешние силы от давления воздуха, зависящие от коэффициента аэродинамического сопротивления (C_x), не превысят силы внутреннего давления в капле, характеризующиеся коэффициентом поверхностного натяжения ($\alpha_k \approx 0,73$ Н/м при температуре воды 20 °С) [1]:

$$d_k = \frac{\alpha_k}{\rho_v \cdot C_x \cdot V_k^2}, \quad (1)$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг/м³; V_k – максимальная скорость падения капли, м/с.

Из формулы (1) следует, что при прочих равных условиях для уменьшения размера, а соответственно и удельного веса капли (γ_k , Н/м³), достаточно будет уменьшить коэффициент поверхностного натяжения, что возможно осуществить за счёт введения воздуха в водный поток. Таким образом, капля, наполненная воздухом, позволит уменьшить энергию её воздействия на почву.

Сила удара (F_k , Н) падающих капель о почву (энергия воздействия капли) зависит от пути, на котором гасится их кинетическая энергия. При падении капли на почву принято считать, что деформируется только капля и, соответственно, кинетическая энергия капли гасится на пути равном $\frac{1}{2}$ диаметру капли. По этому допущению также предполагается, что масса капли сосредоточена в её центре:

$$\frac{m_k \cdot V_k^2}{2} = F_k \cdot \frac{d_k}{2}, \quad (2)$$

где m_k – масса капли, кг.

Известно [2, 3], давление (P) это сила (F), действующая на единицу площади поверхности, тогда для капли можно записать следующее выражение:

$$P_k = \frac{4 \cdot F_k}{\pi \cdot d_k^2}, \quad (3)$$

где $S_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}$ – площадь поверхности, на которую действует капля при ударе, м².

Выразив из уравнения (3) силу удара и подставив её в уравнение (2), получим, Па:

$$P_k = \frac{4 \cdot m_k \cdot V_k^2}{\pi \cdot d_k^3}. \quad (4)$$

Подставив в уравнение (4) значение массы капли и её составляющих, получим зависимость давления капли на почву от её размера и скорости падения:

$$m_k = W_k \cdot \rho_k; W_k = \frac{\pi \cdot d_k^3}{6}; \rho_k = \frac{\gamma_k}{g},$$

где W_k – объём капли, м³; ρ_k – плотность капли, кг/м³; $g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения;

$$P_k = \frac{2 \cdot \gamma_k \cdot V_k^2}{3 \cdot g}. \quad (5)$$

Введение воздуха в водный поток можно осуществлять либо в общий трубопровод, либо непосредственно в насадку. В качестве примера можно привести, что согласно теории гидравлики дождевальных машин [1], при внезап-

ном сужении в насадке, имеющей острую кромку, образуется вакуум. В сжатом сечении вакуум достигает максимальной величины (0,75-0,8 МПа от давления перед насадкой). При этом дефлекторные насадки обеспечивают хорошее качество дождя, начиная с давления перед насадкой равное 0,05 МПа. Учитывая, что истечение струи происходит в атмосферу, ограничив рабочее давление перед насадкой до 1,0 МПа, можно гарантировать, что насадка будет работать полным сечением и срыва вакуума не будет.

С учётом физики описанного процесса, в ФГБНУ ВНИИОЗ разработана дефлекторная эжекторная насадка (рис. 1), в которой вакуум, образующийся при внезапном сужении, используется для насыщения струи воздухом [4, 5].

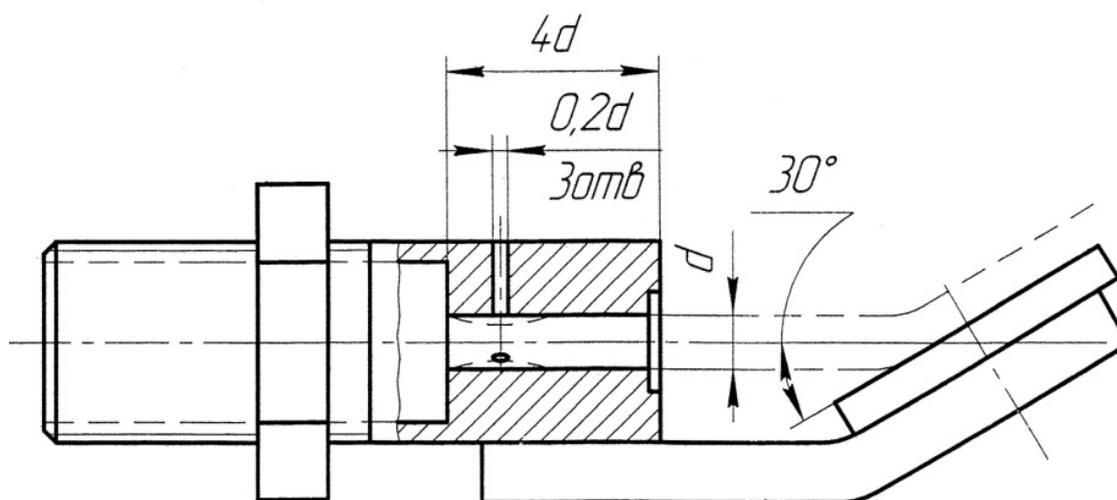


Рисунок 1 - Насадка дефлекторная эжекторная

Разработанная насадка характеризуется следующими показателями:

- проточная часть выполнена с внезапным сужением;
- на расстоянии $0,5d$ от острой кромки входного отверстия насадки имеются радиальные отверстия диаметром $0,2d$, предназначенные для соединения вакуума с атмосферой.

Проведённые исследования [4, 5] показали, что насыщение струи воды, выпускаемой насадкой, воздухом позволяет уменьшить размер капли на 22 % (рис. 2).

Уменьшение размеров капли позволяет достигнуть агротехнически безопасного давления капли при ударе о почву или растения – 10-15 кПа (рис. 3).

Считаем возможным за счёт модернизации дождевальных машин дефлекторными эжекторными насадками повысить коэффициент эффективного полива до 0,75, а продуктивность орошаемого гектара увеличить на 15 %.

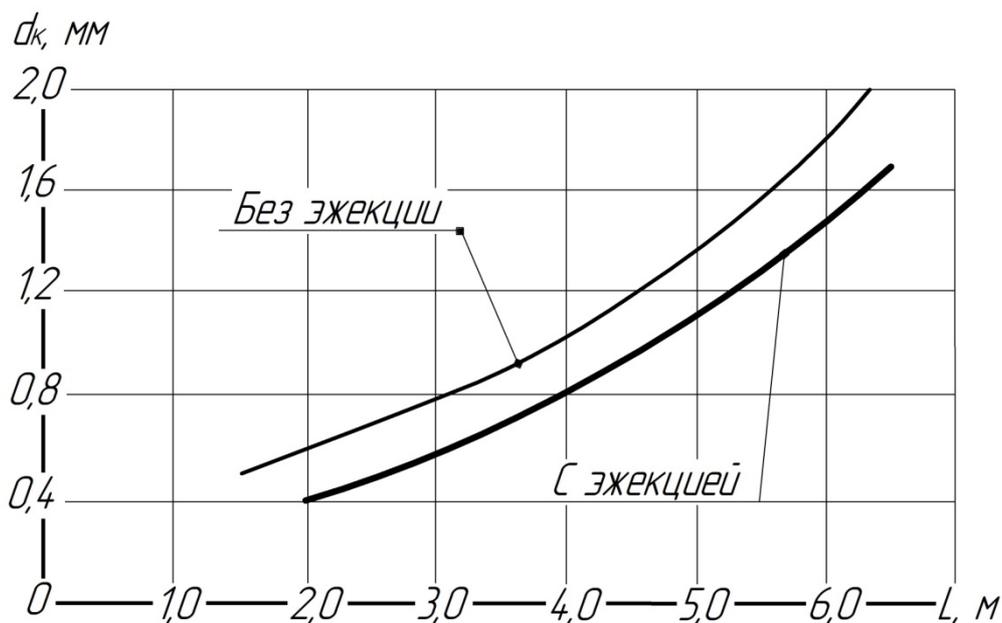


Рисунок 2 - Влияние эжекции на струю дефлекторной насадки:
 L – дальность полёта струи, d_k – диаметр капли

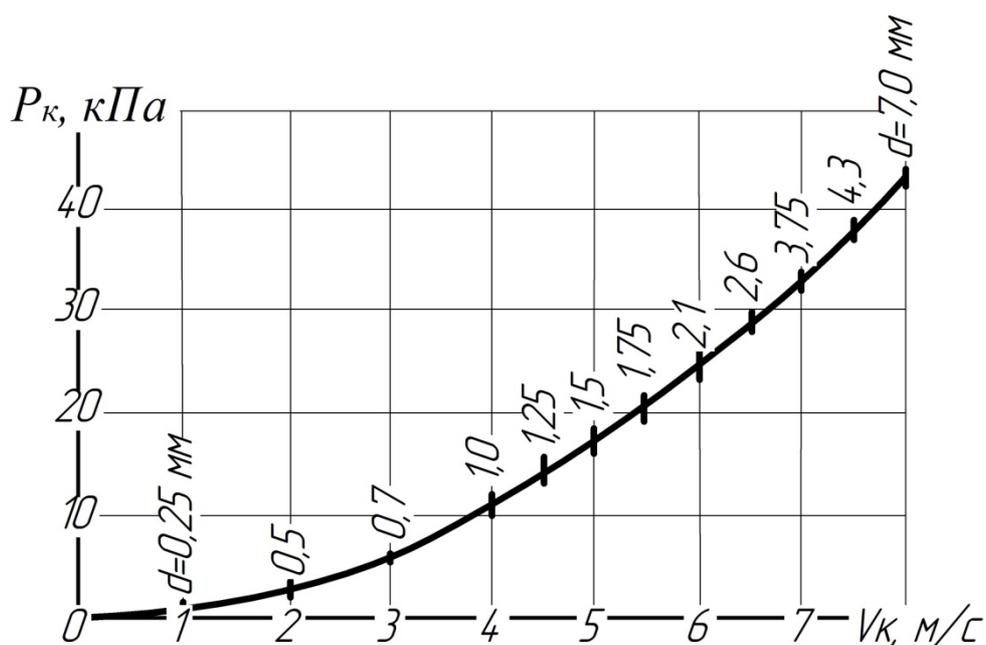


Рисунок 3 - Зависимость давления капли на почву от её размера и скорости падения (уравнение 5)

Список использованных источников

1. Лебедев, Б.М. Дождевальные машины / Б.М. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1977. – 244с.
2. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика. Справочное пособие / Т.М. Башта. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1971. – 672с.
3. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселёв. – М.: Изд-во «Стройиздат», 1965. – 275 с.

4. Пат. 2361681 РФ, МПК В05В 1/18. Насадка дефлекторная эжекторная / Н.А. Безроднов, В.В. Мелихов, Т.Г. Константинова [и др.]; заявитель и патентообладатель ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» РАСХН. – № 2008105845/12, заявл. 15.02.2008; опублик. 20.07.2009. Бюл. № 20.

5. Новиков, А.Е. Модернизация дождевальных машин дефлекторными эжекторными насадками с малоэнергоёмким искусственным дождём / А.Е. Новиков, Т.Г. Константинова, М.И. Ламскова // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – №8. – С. 18-20.

УДК 631.6: 631.4

ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ

В.П. Максименко, В.К. Губин, Л.В. Кудрявцева

ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Засоление почвы является наиболее распространённым явлением деградации земель. На юге страны только в зоне орошения засолено более 1196 тыс.га. Для засоленных земель свойственно повышенное содержание токсичных для растений солей преимущественно содержащих натрий. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур начинается при содержании растворимых солей 0,2...0,3 %, а для более солевыхносильных – 0,3...0,4 % от массы почвы. Наиболее токсичный характер имеет солонцовое засоление земель, на долю которых приходится более 350 тыс. га.

Осолонцованные почвы в связи с наличием плотного слабоводопроницаемого слоя, отличаются низким плодородием. На таких землях из-за слабой фильтрационной способности грунта в понижениях накапливаются дождевые и оросительные воды, под действием которых глубинная фильтрация сопровождается подъемом уровня минерализованных грунтовых вод и накоплению токсичных солей в корнеобитаемом слое почвы.

Солонцовые очаги просыхают медленнее, чем остальное поле, что приводит к запаздыванию проведения сельскохозяйственных работ и ухудшению влагообеспеченности остальной части участка. Солонцовые образования препятствуют проникновению корней растений в почвенный слой, могут содержать вредные соли, бедны продуктивной влагой, что значительно снижает урожайность. Для восстановления плодородия засоленных земель существует комплекс мероприятий, включающих удаление солей натрия путем промывки с отводом промывной воды через дренажную сеть за пределы участка.

В соответствии с требованиями строительных норм и правил, при наличии в пределах мелиорируемой территории засоленных земель, промывка которых не может быть обеспечена при эксплуатации оросительных систем, предусматривается их капитальная промывка. Промывная норма в расчёте на метровый слой превышает 15 тыс. м³/га воды (СНиП 2.06.03-85 п.п. 7.9 и 7.10, 1986).

Одним из способов борьбы с засолением и осолонцованием является глубокое рыхление, способствующее интенсификации процессов удаления солей

из таких почв, как под действием естественных осадков, так и за счет лучшей фильтрации при увеличенных оросительных или промывных нормах. Для повышения эффективности промывки в почву вносят химвелиоранты. Наибольшее применение имеет природный мелиорант – гипс. При гипсовании почвы замещение ионов натрия в ППК на ионы кальция сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, улучшением структуры и водно-физических свойств почвы. Эффект может быть устойчивым при условии, что образовавшийся сульфат натрия - легкорастворимая и токсичная для растений соль - удаляется из корнеобитаемого слоя. Необходимость изъятия сульфата натрия обусловлена тем, что реакция катионного обмена обратима и при появлении карбонатов возможно смещение реакции с образованием нерастворимого карбоната кальция. Поэтому гипсование сочетается с мероприятиями, направленными на увеличение уровня влажности почвы, улучшение ее фильтрационных свойств, обеспечивающих удаление сульфата натрия при промывках за пределы корнеобитаемого слоя с помощью дренажной сети.

Таким образом, наиболее эффективная технология промывки засоленных земель предусматривает проведение глубокого рыхления солонцового слоя, внесение химвелиоранта с последующей промывкой участка водой.

Рыхление солонцового слоя может быть проведено V-образными рыхлителями РГ-05, РГ-0.8, РГ-1.2 и РГ-05М [2, 3, 6, 7], плугом со стойками СибИМЭ [9], солонцовыми рыхлителями РС-1.5, РСН-2.9 [4] и серийно выпускаемыми глубокорыхлителями КПГ-250, КПГ-2-150. Наряду с гипсом при химической мелиорации засоленных земель используют многие виды промышленных отходов, например, фосфогипс - крупнотоннажный отход производства пигментов, фосфорной кислоты, суперфосфата. Кроме гипса он содержит свободные кислоты: серную, ортофосфорную, ортокремневую. При его внесении в почву реакции по вытеснению натрия из ППК происходят не только с участием катионов кальция, но и ионов водорода. В этом случае свободная серная кислота реагирует, аналогично гипсу, с внедрением в поглощающий комплекс ионов водорода.

Наиболее эффективно процесс промывки засоленных земель с использованием химвелиорантов проводится на орошаемых землях с дренажем. На таких землях промывка осуществляется последовательным проведением следующих технологических операций: определение степени их засоленности и дозы химвелиоранта, необходимой для восстановления плодородия почвы; внесение его в сухом виде под вспашку с оборотом пласта, глубокое рыхление с разрушением солонцового слоя почвы; нарезка водораспределительной сети, устройство чеков, подача воды в чеки и отвод промывных дренажных вод [5]. Технология может быть реализована только при наличии водоприемника промывных дренажных вод, в противном случае соли, перемещенные с инфильтрационным потоком промывной воды ниже расчетного слоя почвы, через некоторое время возвратятся с восходящим капиллярным потоком.

Во многих случаях возможность отвода промывных вод отсутствует или требует больших капитальных затрат. В связи с этим представляет интерес ис-

пользование для проведения промывок одного из новых способов подачи и распределения по поверхности промывной воды с использованием системы капельного увлажнения (патент РФ №2273693), что позволяет существенно снизить объёмы использования воды на проведение промывки и отказаться от устройства дренажной сети [1].

Работы по промывке засоленных почв с помощью капельных систем увлажнения включают следующие операции: нарезку на промываемом участке щелей и формирование гребней в средней части межщелевых полос; по верху этих гребней укладывают полимерные трубки с капельницами, затем поверхность межщелевых полос укрывают экраном из полимерной плёнки. После завершения подготовительных работ осуществляют подачу промывной воды через систему капельных трубопроводов. Под действием инфильтрационного потока и капиллярных сил растворимые соли перемещаются к поверхностям вертикальных стенок щелей, где происходит испарение промывной воды с осаждением солей на них. После завершения процесса промывки, механическим способом производят перемещение солей со стенок щелей на дно траншеи, где их покрывают водоотталкивающим материалом. Щели засыпают промытым грунтом валиков, на которых были размещены капельницы, а участок выравнивают.

Щели на поверхности поля выполняют с помощью барового траншекопателя через 1,5...3,0 м на глубину 1,5...2,0 м с ручным формированием гребня в средней части межщелевого пространства. На поверхности гребней размещают полимерные трубки длиной до 200 м. Капельницы на трубопроводе устанавливаются через 0,5...0,8 м по его длине. Поверхность гребней укрывают плёночным экраном. Подачу промывной воды производят расходом, обеспечивающим впитывание воды без образования поверхностного стока. При капиллярном насыщении почвы влагой и отсутствии испарения с поверхности поля капиллярный ток воды с растворёнными в нем солями будет направлен в сторону стенок траншеи. Здесь вода испаряется, а соли накапливаются на поверхности стенок. Промывку продолжают до понижения содержания солей в промываемой почве до безопасного для растений уровня. После завершения промывки плёночный экран снимают, капельные трубопроводы демонтируют, соли с поверхности стенок щелей с помощью барового траншекопателя машины перемещают на дно щели. Соли, собранные в траншее, перекрывают слоем гидрофобного материала, например, отработки ГСМ, подаваемой из автоцистерны. Затем производят засыпку траншеи, перемещая промытый грунт из средней части полос бульдозером. Поле вспахивают и засевают сидеральными культурами. После заделки сидерата поле готово для возделывания других сельскохозяйственных культур. Данная технология может осуществляться в комплексе с глубоким рыхлением и внесением химмелиорантов в сухом или жидком виде.

Для рыхления солонцового слоя перед промывкой можно использовать описанные выше рыхлители. Норму внесения химмелиоранта назначают из расчёта мелиорации метрового слоя почвы. Внесение сухого химмелиоранта на поверхность поля осуществляется до нарезки щелей с помощью серийных машин типа МВУ-8Б, РУМ-8 или АРУП-8 и МВМ-10.

При использовании в качестве мелиоранта серной кислоты её подают в ток промывной воды с помощью гидроподкормщика. Концентрация кислоты в промывной воде не должна превышать 0,8...1,0 %.

В процессе последующей эксплуатации орошение на этом участке следует проводить с использованием малообъемных технологий полива, исключающих глубинную фильтрацию воды и подъем уровня минерализованных вод.

Так как при капельном орошении фильтрация воды происходит преимущественно под действием капиллярных сил, то продолжительность процесса промывки, по сравнению с промывкой затоплением чеков, значительно увеличится, однако при этом сокращается объем промывной воды и исключается возможность смыкания промывного тока с минерализованными грунтовыми водами. Применение предлагаемого способа промывки позволяет повысить экологическую безопасность рекультивации засоленных земель.

Список использованных источников

1. Губин, В. К. Способ рассоления почв [Текст] / В. К. Губин, К. В. Губер, М. Ю. Храбров, В. И. Канардов // Патент РФ № 2273693; С1 МПК А01G 25/00 (2006.01): Заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (RU). - № 2004114903/03, заявл. 18.05.2004, опубл. 10.04.2006. – Бюл. № 10. – 5 с.
2. Казаков, В. С. Рекомендации по глубокому рыхлению почв на орошаемых землях [Текст] / В. С. Казаков, В. И. Бобченко, В. С. Макарова, В. П. Максименко, [и др]. – М.: ВНИИГиМ, 1986. – 39 с.
3. Казаков, В. С. Рекомендации по технологии регулирования водно-солевого режима тяжелых почв на рисовых системах Кзыл-Ординской области [Текст] / В. С. Казаков, В. П. Максименко, С. И. Умирзаков. – М.: ВНИИГиМ, 1989. – 23 с.
4. Кизяев, Б. М. Культуртехнические мелиорации: технологии и машины [Текст] / Б. М. Кизяев, З. М. Мамаев. - М.: Ассоциация ЭкоСт, 2003. - 399 с.
5. Кизяев, Б. М. Режимы комплексных мелиораций земель (рекомендации) [Текст] / Б. М. Кизяев, Л. В. Кирейчева, В. П. Максименко, [и др]; под редакцией Б. М. Кизяева. – М.: РАСХН, 2000. – 63 с.
6. Максименко, В. П. Комплекс машин для глубокого рыхления почвы с внесением животноводческих стоков [Текст] / В. П. Максименко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 10. – С. 11–13.
7. Максименко, В. П. Способ мелиорации земель [Текст] / В. П. Максименко, Б. М. Кизяев, П. В. Максименко, Т. Л. Волчкова // Патент РФ № 2229780, МПК 7 А 01 В 79/02; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2002116878/12, заявл. 26.06.2002; опубл. 10.06.2004. - Бюл. № 16. – 6 с.
8. СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения». - М.: Госстрой СССР, 1986 г.
9. Яковлев, В. Х. Обработка черноземных и солонцовых почв [Текст] / В. Х. Яковлев // Вестник РАСХН. - 2001. - № 5. - С. 33 - 36.

УДК 633.37:631.67(470.4)

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е.И. Молоканцева, О.В. Головатюк
ФГБНУ «ВНИИОЗ», г. Волгоград, Россия

Одним из основных направлений решения проблемы обеспечения животноводства кормовым растительным белком и биологизации земледелия является расширение ассортимента бобовых культур, повышение эффективности их использования в кормопроизводстве. Перспективным нетрадиционным растением является козлятник восточный, интродуцент, введенный в культуру из природной флоры. В сельскохозяйственном производстве до сих пор нет культур, равных козлятнику восточному по продолжительности продуктивного использования посева (12-15 лет), способности к длительной вегетации, высокому средообразующему потенциалу, стабильной урожайности и качеству продукции [1, 5, 6, 7].

Козлятник восточный для условий Нижнего Поволжья является новой, ранее не возделываемой культурой, разработка технологии его выращивания имеет высокую степень новизны и актуальности, требует научного обоснования и экспериментальной проверки с последующим использованием в производстве. Решению поставленной проблемы и посвящена работа лаборатории многолетних кормовых культур ФГБНУ ВНИИОЗ [3, 4].

Полевые опыты проводятся в ФГУП ОПХ «Орошаемое» на светло-каштановых почвах с содержанием 1,52...1,70 % гумуса, 21...26 мг/кг подвижного фосфора, 220...290 мг/кг обменного калия. Плотность почвы в слое 0,7 м составляет 1,34 т/м³, наименьшая влагоемкость 22,2, порозность – 48,4%.

Агротехника возделывания козлятника состоит из запасного внесения фосфорно-калийных удобрений расчетными дозами под отвальную вспашку на глубину 0,25...0,27 м. Азотные удобрения дифференцированными дозами вносятся под каждый укос.

Посев изучаемых сортов козлятника ранневесенний подпокровный. Норма высева козлятника 6,0, покровного овса – 3,5 млн. всхожих семян на гектар.

Влажность почвы не ниже 80 % НВ поддерживалась вегетационными поливами дождевальными машинами «Мини-Кубань К» и «Мини-Кубань ФШ» нормой 450 м³/га.

Уборку овса проводили в фазу выметывания метелки, козлятника - в фазу бутонизации-начала цветения на зелёный корм, сенаж и сено.

Полевые опыты сопровождались необходимыми наблюдениями и измерениями, которые проводили с соблюдением требований методики полевого опыта [2].

В опытах 2006-2013 гг. по агроэкологическому испытанию сортов козлятника восточного из различных зон страны полнота всходов по сортам значительно не различалась, но заметно изменялась в зависимости от складывающихся метеоусловий в период посев-всходы. Так, в апреле 2007 г. сложились

жесткие условия: средняя температура воздуха составляла 14,2...19,1⁰С, максимальная – 25,2...25⁰ С, минимальная относительная влажность воздуха – 17...41%, количество осадков – 1,9 мм. При этом полнота всходов у сортов достигла 30,2...32,2%. Период посев-всходы в 2006 г. (с 1 по 12 мая) был более благоприятным: средняя температура воздуха не выше 10,9...16,7⁰С, максимальная – 15,2...20,2⁰С, минимальная относительная влажность воздуха – 30...56%, количество осадков – 16,3 мм. Все это обусловило дружное появление всходов, полнота которых по сортам изменялась от 42,5 до 46,0%. Следует отметить, что аналогичная закономерность характерна и для посевов люцерны: 46,7% в 2007 г. и 57,2% - в 2006 г.

Сорта козлятника восточного обладали более низкими, чем люцерна, темпами изреживания посевов, начиная со 2-го года жизни. За 4 года жизни изреживание составляло на посевах козлятника восточного 45,2-56,0, люцерны синегибридной – 82,6%. Несколько меньшим изреживанием характеризовались посевы сортов Магистр, Ялгинский и Бимболат. Изреживание посевов козлятника 5, 6 и 7-го годов жизни изменялось от 1,8 до 3,2% (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика изреживания посевов козлятника восточного и люцерны синегибридной

Культура, сорт	1-й год		2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
	до вы- хода из- под по- крова	за ве- гета- цию						
Козлятник восточный:								
Гале	29,8	35,0	11,3	6,5	3,2	3,0	2,5	2,0
Донецкий 90	25,5	30,0	10,6	6,2	3,5	3,2	2,5	2,0
Магистр	23,5	29,5	8,2	5,0	2,5	2,0	2,0	1,8
Ялгинский	24,0	29,0	9,0	5,0	2,5	2,3	2,0	2,0
Бимболат	27,0	30,0	10,5	6,0	3,0	2,5	2,0	2,0
Люцерна синегибридная								
Надежда	25,5	31,1	15,5	18,6	17,4	-	-	-

Ценность многолетних бобовых заключается в накоплении ими в почве органики, богатой основными элементами питания. В наших опытах корневая масса козлятника восточного последовательно возрастала от 3,90...4,95 в первый до 15,24...18,00 т/га сухих корней на посевах седьмого года жизни (табл. 2).

По накоплению органики преимущество имели сорта козлятника Донецкий 90, Магистр и Бимболат, к концу седьмого года жизни они накапливали корней на 11,3...18,1% больше, чем Гале и Ялгинский. С их корневой массой в почву поступало 200...270 азота, 120...150 фосфора и 200...220 кг/га калия, что в переводе на стандартные туки равнозначно внесению 0,6...0,8 т аммиачной селитры, 0,24...0,30 т суперфосфата и 0,42...0,50 т/га калийной соли.

Таблица 2 - Динамика прироста корневой массы козлятника восточного и люцерны синегибридной

Культура, сорт	Масса сухих корней, т/га						
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
Козлятник восточный							
Гале	3,95	6,98	10,85	11,50	13,50	14,18	15,24
Донецкий 90	4,80	8,12	11,20	12,80	14,85	15,20	17,00
Магистр	4,95	8,94	11,50	12,75	14,90	15,31	17,15
Ялгинский	3,90	6,70	10,05	11,88	13,30	14,10	15,20
Бимболат	4,93	9,02	12,42	13,58	15,12	16,25	18,00
Люцерна синегибридная							
Надежда	5,60	10,02	9,20	7,38	-	-	-

Важным аспектом при агроэкологической оценке видов и сортов многолетних бобовых трав является определение их способности к фиксации атмосферного азота в ризосфере с помощью клубеньковых бактерий. Так как козлятник на наших полях ранее не возделывался и в почве мало спонтанных клубеньковых бактерий, его семена перед посевом обрабатывали специальным штаммом козлятничкового ризоторфина с одновременным опудриванием их молибденом.

Проведенные исследования показали, что самый мощный симбиотический аппарат формируется в ризосфере растений второго и третьего года жизни: от 20,0...83,0 до 31,8...95,2 шт./раст. Максимальное количество клубеньков образуется к фазе начала цветения в первом укосе – 43,0...95,2 шт., минимальное – перед четвертым укосом – 20,0...31,8 шт./раст. При этом количество активных клубеньков с леггемоглобином, способных фиксировать атмосферный азот, не превышает 36...60% от общего их числа. По этому показателю выделился сорт Бимболат, на корнях которого в первом укосе зафиксировано 80,0...95,2, в том числе активных 54,5...57,0 клубеньков на растении, что в 1,1...2,1 раза больше, чем по другим сортам.

Оценивая фотосинтетические показатели посевов козлятника, следует отметить, что максимальная ассимиляционная поверхность формируется на посевах второго и третьего года жизни и составляет 48,5...55,0 тыс. м²/га. На посевах четвертого-пятого годов жизни индекс листовой поверхности снижается на 10,2...14,8, шестого-седьмого – на 20,0...25,0%. Фотосинтетический потенциал молодых посевов козлятника изменялся от 3,05 до 4,10, старовозрастных – от 2,50 до 2,95 млн.м²дней/га, а продуктивность фотосинтеза, соответственно от 5,51...6,12 до 4,95...5,30 г/м²сутки/га.

Козлятник восточный в год посева после выхода из-под покрова формировал один полноценный укос, на посевах прошлых лет – три-четыре укоса. Формирование первого укоса происходило в среднем за 55-60 дней при сумме температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 1200 \pm 25⁰C, второго-третьего укоса – за 30-35 дней при сумме

температур - $900 \pm 20^{\circ}\text{C}$, четвертого – за 40-45 дней - $700 \pm 30^{\circ}\text{C}$.

На посевах второго-седьмого годов жизни в первом укосе козлятник восточный изучаемых сортов формировал 35...40% общей биомассы, во втором – 27...35, третьем – 20...25, четвертом укосе – 10...15%.

Максимально высокой продуктивностью изучаемые сорта козлятника отличались во второй и третий год жизни, обеспечивая получение от 75,3 до 90,5 т/га зеленой массы. Продуктивность посевов четвертого и пятого года снижалась до 63,8...87,0, шестого и седьмого года жизни – до 58,4...69,3 т/га зеленой массы (табл. 3).

Таблица 3 -Динамика формирования зеленой массы козлятником восточным и люцерной синегибридной

Культура, сорт	Зелёная масса, т/га						
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год
Козлятник восточный							
Гале	26,8	78,5	75,3	63,8	60,5	58,4	55,0
Донецкий 90	30,2	85,0	83,8	73,2	65,8	62,0	59,4
Магистр	30,0	90,5	87,0	72,8	64,0	62,8	59,5
Янглинский	26,5	80,2	78,2	67,4	62,2	59,5	56,0
Бимболат	30,0	78,5	88,5	79,4	69,3	65,0	60,0
Люцерна синегибридная							
Надежда	31,0	84,4	65,5	47,0	-	-	-
НСР ₀₅	2,6	6,6	7,1	6,9	7,0	5,4	5,0

Во все годы исследований стабильное преимущество по продуктивности имели сорта козлятника восточного Донецкий 90, Магистр и Бимболат. Их урожайность в сумме за 4 укоса была на 11,3...17,5% выше, чем по сортам Гале и Ялгинский.

При определении кормовых достоинств изучаемых сортов козлятника установлено, что количество протеина в сухой массе изменялось от 22,2 до 25,5%, переваримого протеина от 167 до 187 г/кг, кормовых единиц 0,60...0,70, обменной энергии 9,8...10,6 МДж (табл. 4).

Таблица 4 - Питательная ценность сортов козлятника восточного

Сорт	Содержание в сухой биомассе, %				В 1 кг		
	протеин	жир	клетчатка	БЭВ	к.ед.	перевар. протеин, г	ОЭ, МДж
Гале	23,2	3,0	24,3	35,5	0,64	167	9,8
Донецкий 90	25,1	2,9	26,3	32,9	0,66	180	10,5
Магистр	24,0	3,3	27,4	33,0	0,70	173	10,2
Ялгинский	23,8	3,0	25,5	32,5	0,65	171	9,9
Бимболат	25,5	3,2	27,0	33,0	0,69	184	10,6
Надежда	22,5	2,3	21,2	35,7	0,60	162	9,4

Аминокислотный состав растений козлятника свидетельствует о его высокой ценности. Общее количество аминокислот изменялось по сортам от 135,2 до 140,0 г/кг, в том числе незаменимых – от 50,0 до 55,5 г/кг. Содержание критической незаменимой кислоты лизина по сортам Донецкий 90, Магистр и Бимболат составило 7,6...8,0 г/кг.

Возделывание козлятника восточного отличается высокой энергетической и экономической эффективностью. Коэффициент энергетической эффективности (соотношение энергии, накопленной в урожае, к затратам на его формирование) равен 4,5...5,0, рентабельность производства зеленой массы при оптимизации условий водного и питательного режимов почвы составила 67...97%.

Таким образом, козлятник восточный по комплексу хозяйственно-ценных признаков: долголетию, высокой продуктивности, накоплению органики в почве, протеиновой и энергетической насыщенности биомассы является перспективной культурой для возделывания на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Он формирует в первый и второй год урожаи, равные урожаям люцерны, а в третий и четвертый годы жизни – превосходящие их. С возрастом посевов козлятника идет поступательное накопление корневой массы с содержанием 200-270 азота, 120-150 фосфора, 200-220 кг/га калия. По содержанию переваримого протеина биомасса козлятника превосходит люцерну на 3,5...12,5%, обменной энергии – на 3,4...13,6%. Введение этой ценной кормовой культуры в кормопроизводство и орошаемое земледелие региона будет способствовать решению проблемы обеспечения животноводства высокобелковыми кормами, сохранению и приумножению почвенного плодородия.

Список использованных источников

1. Вавилов П.П., Филатов В.И. Интенсивные кормовые культуры в Нечерноземье. – М.: Московский рабочий, 1980.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985.
3. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Молоканцева Е.И. Возделывание нетрадиционных многолетних бобовых трав в Нижнем Поволжье // Вестник РАСХН, 2007. - №6. – С. 55-58.
4. Дронова Т.Н. Перспективы возделывания козлятника восточного на орошаемых землях юга России / Рекомендации. Наука сельскому хозяйству. – Волгоград: ОАО «Альянс», 2010. – С. 71-76.
5. Максименко В.П., Бондаренко А.Н., Волчкова Т.Л. Галега восточная – реальность и перспектива. – М.: ВНИИГиМ, 2005. – 101 с.
6. Симонов С.Н. Галега – новая кормовая культура. – М.: ВИК, 1938.
7. Харьков Г.Д. и др. Возделывание и использование козлятника восточного на корм и семена (рекомендации). – М.: ВИК, 2005.

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ РИСА ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ

А.Б. Неvejeина

ФГБНУ "ВНИИОЗ", г. Волгоград, Россия

В нашей стране все посеы риса практически полностью возделываются на продолжительном затоплении поверхности чеков слоем воды. Обоснованию выбора лучших предшественников под эту культуру при традиционной технологии орошения посвящено немало работ. Подавляющее число их связано с оценкой влияния агротехнической роли чистого и занятого пара, однолетних парозанимающих культур и многолетних трав как основных предшественников в повышении степени аэрации и плодородия почвы, снижении засорённости посевов, влияния этих культур на урожайность риса [1, 5]. По данным И.С. Косенко [5], чистые пары оказались эффективным средством снижения запасов семян сорняков, особенно ежовника.

На орошение затопляемого риса в Российской Федерации в расчете на единицу площади затрачивается намного больше воды, чем на полив других сельскохозяйственных культур и, в частности, на рис с периодическим орошением. Оросительная норма затопляемого риса составляет 12 – 25 тыс.м³ на 1 га и более, что в 3,6 – 7,2 раза больше по сравнению с орошением пшеницы и в 2,4 – 3,8 по сравнению с многолетними травами [3].

В связи с изложенным разработка маловодозатратной технологии орошения риса приобретает особую актуальность. Обуславливается это все возрастающим дефицитом водных ресурсов, высокой капиталоемкостью строительства и эксплуатации специализированных рисовых оросительных систем, предназначенных для создания и поддержания в период вегетации риса слоя воды в чеках, порождающих тем самым ряд экологических проблем.

Учеными Всероссийского НИИ орошаемого земледелия разрабатывается технология возделывания риса, основанная на отказе от полива затоплением, а ориентированная на поддержание водного режима почвы, создаваемого периодическими поливами [6]. Использование такой технологии орошения риса позволяет возделывать эту культуру на оросительных системах общего назначения в полевых и овощных севооборотах при размещении ее по лучшим предшественникам, способствует не только получению планируемой конкурентоспособной урожайности, но и защите растений от сорной растительности, вредителей и болезней, сохранению плодородия почвы.

Целью настоящей работы является получение новых знаний для обоснования выбора предшественников, благоприятно влияющих на водно-физические свойства, фитосанитарное и почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель, рост, развитие и получение планируемой урожайности риса, с использованием рациональных доз внесения удобрений и норм посева при возделыва-

нии по маловодозатратной технологии.

О влиянии предшественников на величину урожая и качество зерна различных культур, поддержание плодородия орошаемых светло-каштановых почв Волгоградской области имеются ряд публикаций. Одни авторы [11] предлагают в качестве предшественников использовать черный пар и пласт люцерны, другие [9] – пропашные культуры, например, картофель, который в период вегетации нуждается в междурядных обработках и внесении удобрений. Поэтому почва приобретает благоприятное сложение с аккумуляцией в пахотном слое питательных веществ.

В Республики Дагестан рекомендуемая доза внесения удобрений под затопляемый рис, в зависимости от предшественников и уровня урожайности изменяется в пределах $N_{90-180}P_{100-120}K_{0-25}$, Ростовской области – $N_{90-180}P_{120-180}K_{45-90}$. Следует отметить, что приведённые данные получены при возделывании риса затоплением в отличающихся от Волго-Донского междуречья почвенно-климатических условиях. Поэтому возникла необходимость определить для этой природной зоны нормы реакции растений на дозы внесения минеральных удобрений по разным предшественникам и нормам посева риса, орошаемого периодическими поливами [7].

Схема наших опытов по обоснованию выбора предшественников и доз внесения удобрений по разным предшественникам для получения планируемой урожайности риса при разных нормах посева включала следующие варианты.

Первый фактор – изучение эффективности использования под посевы риса с периодическими поливами различных предшественников: люцерны, сои, картофеля и бесменный в течение ряда лет посев риса по рису.

Второй фактор – определение доз внесения удобрений по разным предшественникам на получение урожайности 4,5 и 6 т/га зерна.

Третий фактор – обоснование норм посева риса с включением 4 вариантов, 3,4,5 и 6 млн. всхожих семян на 1 га.

Схема размещения изучаемых факторов и вариантов опыта представлена на рисунке 1.

Исследования проводятся на светло-каштановых почвах стационара Волго-Донской в ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ Волгоградской области.

Полевые опыты сопровождаются наблюдениями, учетами и исследованиями, при соблюдении требований методик опытного дела [2, 9].

Потребность в удобрениях на получение планируемой урожайности риса определяли расчетно-балансовым методом И. С. Шатилова - М. К. Каюмова.

По предварительным исследованиям 2012 г. на планируемую урожайность 5 т/га зерна по предшественникам картофелю и сои продуктивность риса сорта Волгоградский, при внесении минеральных удобрений $N_{109}P_{62}K_{75}$ изменялась от 4,72 до 5,07 т/га. Наибольшая урожайность 5,07 т/га получена на предшественнике картофеле, а по предшественнику сое – 4,72 т/га.

В 2013 году в наших исследованиях на Волго-Донском стационаре ГНУ Всероссийского НИИ орошаемого земледелия урожайность риса на фоне внесения удобрений для получения 5,0 т/га зерна по сое составила 5,2 т/га, карто-

фелю – 4,8 т/га.

В 2014 году уборка на полевом опыте риса была успешно проведена 11 сентября. В настоящее время проводится анализ и обработка данных, полученных за прошедший вегетационный период, согласно дозам удобрений под планируемую урожайность.

ПРЕДШЕСТВЕННИК КАРТОФЕЛЬ

									3 млн. всх. зерен
II	I	III	I	III	II	III	II	I	4 млн. всх. зерен
									5 млн. всх. зерен
									6 млн. всх. зерен
NPК₂ (5 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₂ (5 т/га)	NPК₃ (6 т/га)	NPК₂ (5 т/га)	NPК₁ (4 т/га)	

ПРЕДШЕСТВЕННИК РИС

NPК₂	5 млн. всх. зерен
------------------------	-------------------

ПРЕДШЕСТВЕННИК СОЯ

NPК₂	5 млн. всх. зерен
------------------------	-------------------

Рисунок 1 - Схема размещения вариантов опыта на посевах риса с периодическим орошением на стационаре:

Дозы удобрений рассчитаны на получение зерна риса: 4 т/га – **NPК₁**, 5 т/га – **NPК₂**, 6 т/га – **NPК₃**. Нормы посева: 3, 4, 5, 6 млн. всхожих зерен на 1 га

Список использованных источников

1. Агарков В.Д. Агротехнические требования и нормативы в рисоводстве/ В.Д. Агарков, А.Ч. Уджуху, Е.М. Харитонов. – Краснодар: ВНИИ риса, 2006. – 96 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Ерыгин П.С., Натальин Н.Б. Рис. – М.: Колос, 1968. – 328 с.
4. Каюмов М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.
5. Косенко И.С. Достижения в области изучения сорных растений риса в СССР. //Труды Краснодарского института пищевой промышленности, вып. № 7, 1949.
6. Кружилин И.П. Водосберегающая технология орошения риса при периодических поливах// Вестник РАСХН. – 2009. - №3. – С. 39 – 41.

7. Кулешова Л.А. Фосфатный режим темно-каштановых почв под посевами риса в условиях Ростовской области. Труды Кубанского государственного аграрного университета./ Кулешова Л.А., Казакова А.С., Степовой В.И./ 2010. Т. 1. № 23. С. 140-143.

8. Лаврик Л.Ю. Продуктивность картофеля в зависимости от приемов возделывания в лесостепной зоне Саратовского Правобережья: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Саратов, 2009.

9. Плешаков В.Н.

10. Сторожев Д.Н. Эффективность последствия пласта многолетних бобовых трав и его влияние на урожайность яровой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование./Сторожев Д.Н., Куприянов А.В./- 2009. № 1. С. 59-62.

УДК: 631.6: 631.412

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ

А. Н. Николаенко, В. П. Максименко

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Создание инженерных гидромелиоративных систем нового поколения, включающих системы комбинированного и двустороннего регулирования влажности почвы, является основой для сохранения природно-ресурсного потенциала и обеспечения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции. Вместе с тем, эффективность орошения, как один из основных факторов, определяющих стабильность производства растениеводческой продукции в засушливых условиях, определяется качеством поливной воды, которое, как показывает практика, с течением времени не улучшается, а ухудшается. В связи с этим, с одной стороны, становится реальной потребностью применение технологий, обеспечивающих улучшение качества поливной воды, а с другой, необходимо теоретическое обоснование допустимых критериев изменения суммарного содержания солей и их ионного состава в поливной воде, при которых возможно получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур нормативного качества и сохранение плодородия почв на орошаемых землях.

В соответствии с ГОСТ 17.1.2.03-90 оценка качества минерализованных вод осуществляется по агрономическим, экологическим и техническим критериям с целью учета их влияния на растения, плодородие почв и их структурные свойства.

Агрономические критерии определяют качество воды для орошения по ее воздействию на:

- почвы с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения микробиологического режима;

- урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору сельскохозяйственной продукции;

- качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формиро-

вание ее полноценности, доброкачественности и сохранности.

Экологические критерии определяют качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасности санитарно-гигиенической обстановки на данной территории, охраны окружающей среды и получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Технические критерии позволяют определять качество воды для орошения с точки зрения воздействия на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей.

В соответствии с агрономическими, экологическими и техническими критериями качество оросительной воды оценивают комплексно с учетом влияния на почвы, растения и сооружения, подводящие воду от источника до орошаемого поля.

Оросительная вода, имеющая водородный показатель рН 6,5...8, пригодна для полива сельскохозяйственных культур на всех типах почв; допустимо использование воды с рН 6...8,4. Использование воды с рН<6 и рН>8,4 должно быть обосновано.

В соответствии с работами Н.И. Базилевич, Е.И. Панковой, С.Я. Бездниковой [1, 2] и с принятыми ограничениями приведена почвенно-мелиоративная классификация оросительной воды (табл. 1, 2, 3).

Для почвенно-мелиоративной оценки качества оросительной воды по степени опасности развития процессов общего (минерализация воды) и хлоридного (Cl⁻) засоления; натриевого (Na⁺/Ca²⁺) и магниевого (Mg²⁺/Ca²⁺) осолонцевания и содообразования [(CO₃²⁻ + HCO₃⁻) - (Ca²⁺ + Mg²⁺)] почв пользуются таблицей 1.

Таблица 1 - Почвенно-мелиоративная классификация оросительных вод [1, 2]

Класс воды	Минерализация воды, г/л, для орошения почв			Концентрация ионов в оросительной воде, мг-экв/л., при оценке опасности развития процессов осолонцевания			
	С тяжелым гранулометрическим составом и имеющих ППК >30	Со средним гранулометрическим составом и имеющих ППК 15...30	С легким гранулометрическим составом и имеющих ППК >15	Хлоридного засоления Cl ⁻	Натриевого осолонцевания Na ⁺ /Ca ²⁺	Магниевого осолонцевания Mg ²⁺ /Ca ²⁺	Содообразования [(CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻) - (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)]
I	0,2...0,5	0,2...0,6	0,2...0,7	<2	<0,5	<1	<1
II	0,5...0,8	0,6...1	0,7...1,2	2...4	0,5...1	1...1,5	1...1,25
III	0,8...1,2	1...1,5	1,2...2	4...10	1...2	1,25...2,	1,25...2,5
IV	>1,2	>1,5	>2	>10	>2	>2,5	>2,5

Характеристика четырех классов качества воды применительно к почвам с различным механическим составом, емкостью поглощения и их влиянием на почвообразовательные процессы и урожайность сельскохозяйственных культур приведена ниже (табл. 2).

Таблица 2 - Характеристика классов качества воды

Класс воды	Характеристика
I	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. Состав культур не ограничен.
II	Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв; снижение (до 5...10 %) урожайности культур слабой солеустойчивости. Для удаления солей, превышающих их допустимое содержание в почве, требуется умеренный промывной режим орошения при обеспеченной дренированности или специальный комплекс мелиоративных мероприятий
III	Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур: снижение (до 10...25 %) урожайности культур слабой и средней солеустойчивости. Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв. Необходимо регулирование pH оросительной воды, обогащение кальцием. Требуется промывной режим орошения при обеспеченной дренированности территории, интенсивность которого должна быть увязана со свойствами и составом почв. Состав сельскохозяйственных культур ограничен и необходим специальный комплекс мелиоративных мероприятий
IV	Оросительная вода неблагоприятно влияет на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, снижается урожайность (до 25...50 %) культур слабой и средней солеустойчивости. Требуется мелиорация почв и воды. Вода непригодна без предварительного изменения ее качественного состава и без проведения специальных исследований влияния ее на качество сельскохозяйственной продукции, плодородие почв и другие природные факторы

Оптимальное содержание натрия и хлора в оросительной воде при дождевании составляет 3 мг-экв./л, при поверхностном поливе, соответственно 3 и

4, а допустимое – 9 и 10 мг-экв./л. Оптимальное содержание бора в оросительной воде составляет 0,3...1 мг/л, допустимое – 1...3 мг/л в зависимости от бороустойчивости сельскохозяйственных культур и исходных запасов бора в почве. Солеустойчивость сельскохозяйственных культур приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Градация культурных растений по группам солеустойчивости [1, 2]

Группа	Признак	Культура			
		Технические	Кормовые	Овощные и бахчевые	Плодовые и ягодные
1	2	3	4	5	6
1-я	Очень сильноустойчивые, $C_{100} \leq 3,5$ г/л	Ячмень короткоостистый, свекла сахарная, ломкоколосник ситниковый, сафлор, овес, рожь, пшеница	Пырей русский, пырей гребенчатый, трава бермудская, свекла кормовая, ячмень на сено	Спаржа	–
2-я	Сильноустойчивые, $C_{100} \leq 2,5$ г/л	Сорго, пшеница обыкновенная, пшеница твердая, рапс, ячмень Богдана, ячмень яровой, хлопчатник, соя, джугара. кунжут	Житняк, ячмень на фураж, овсяница высокая, пырей сибирский, овес на сено, кострец колючий, донник белый, люцерна сорта Оранжевая 115, волоснец	Тыква, баклажаны, свекла столовая, арбуз	–
3-я	Среднеустойчивые, $C_{100} \leq 1,3$ г/л	Рис посевной, сахарный тростник, пшеница сорта Саратовская 29	Вика посевная, кукуруза на силос, суданская трава, сесбания, просо кормовое, райграс	Патиссон, брюссельская капуста, томат, шпинат, огурец, репа	–

1	2	3	4	5	6
4-я	Слабоустойчивые, $C_{100} \leq 0,8 \text{ г/л}$	Фасоль обыкновенная, горох посевной, бобы, лен культурный, подсолнечник, кукуруза, гречиха, люпин желтый	Клевер гибридный, ползучий, лисохвост луговой, ежа сборная, бобы кормовые, люцерна посевная, тимофеевска луговая	Картофель, перец, горох, редис, чеснок, тыква, турнепс, дыня, лук репчатый, морковь столовая, фасоль обыкновенная, капуста белокачанная, капуста цветная, салат-латук, редька, сельдерей	Персик, инжир, груша, вишня, слива, яблоки, виноград, гранат, чернослив, миндаль, апельсин, сладкий грейпфрут, абрикосы, грецкий орех, клубника, малина, смородина, крыжовник, ежевика

Примечание: C_{100} – минерализация оросительной воды, при которой потенциал урожайности сельскохозяйственных культур составляет 100%.

Приведенные выше данные требуют дальнейшего уточнения в силу того, что они не учитывают условия ионообменных равновесий, формирующихся при слиянии ионных структур в оросительной воде и почвенном растворе. Исследованиями А.Н. Николаенко и А.С. Пельцер, проведенными на основе рассмотрения ионообменных равновесий между катионами оросительной воды и почвенного поглощающего комплекса, предложен новый показатель опасности осолонцевания почв[5]. Этот показатель определяется как химическим составом оросительной воды, так и физико-химическими свойствами почв.

Одна из причин отрицательного воздействия оросительной воды повышенной минерализации на почвы заключается в неблагоприятном соотношении в ней катионов натрия (Na), кальция (Ca) и магния (Mg). При пониженном содержании в воде Ca по отношению к Na происходит внедрение последнего в почвенный поглощающий комплекс (ППК) посредством ионообменных реакций между жидкой и твердой фазами почв, развивается солонцовый процесс. Интенсивность этого процесса определяется превышением концентрации иона Na в оросительной воде над его равновесным значением в поровом растворе (ПР), гидродинамическими условиями, физико-химическими свойствами почвогрунта и может быть оценена количественно [3, 4, 6]. Роль Mg в солонцовом процессе до конца не выяснена, однако, как полагают некоторые исследователи, присутствие его в оросительной воде в количестве, превышающем концентрацию иона Ca, оказывает вредное действие на почву[9].

Опасность осолонцевания почв при орошении минерализованными водами можно оценивать по натриевому адсорбционному отношению – SAR, пока-

зателю, введенному американскими исследователями [8,10], который определяется как:

$$SAR = \frac{C_{Na}}{\sqrt{0,5(C_{Ca} + C_{Mg})}}, \quad (1)$$

где: C – концентрация катионов в воде, мг- экв/л. Чем больше величина этого показателя, тем вероятнее развитие солонцового процесса при орошении почв водой соответствующего катионного состава.

На основе величин этого показателя и устанавливаются градации качества оросительной воды. Однако эти градации не могут быть универсальными, так как SAR не учитывает индивидуальных сорбционных свойств почв. Необходима дополнительная экспериментальная корреляция SAR с долей поглощения почвой иона Na, причем получаемая при этом зависимость будет справедлива в пределах конкретных условий. Кроме того, SAR не учитывает негативного влияния катиона Mg оросительных вод на почвы. Таким образом, при оценке возможности осолонцевания почв необходимо учитывать физико-химические свойства почв, их селективную сорбционную способность по отношению к катионам порового раствора. При этом будем исходить из того, что сдвиг равновесия катионов ППК в сторону увеличения содержания Na и Mg нежелателен, а допустимый предел этого сдвига определяется содержанием катионов ППК, при котором начинают проявляться солонцовые свойства почв.

Неблагоприятное соотношение катионов можно изменять, увеличивая концентрацию Ca в оросительной воде за счет растворения соответствующей соли. Рассмотрим количественную сторону этого явления. Распределение обменных катионов между твердой и жидкой фазами почв может быть описано изотермами ионообменной сорбции. Существует ряд экспериментальных и теоретических изотерм, в той или иной степени удовлетворительно описывающих состояние ионообменного равновесия. Воспользуемся, например, изотермой [7], которая имеет вид

$$N_{i}^{\frac{1}{z_i}} / N_{j}^{\frac{1}{z_j}} = K_{i-j} C_{pi}^{\frac{1}{z_i}} / C_{pj}^{\frac{1}{z_j}}, \quad (2)$$

где C_p – равновесная концентрация катиона в растворе, мг-экв/л, соответствующая содержанию этого катиона в ППК – N , мг-экв/100 г; z – валентность; i, j – типы катионов; K_{i-j} – экспериментальный коэффициент парного ионного обмена.

Для описания равновесия трехкатионной системы, содержащей Na, Ca, Mg, как показано нами ранее [5], достаточно двух уравнений типа (2) и условия постоянства емкости обмена:

$$N_{Na} / (N_{Ca})^{\frac{1}{2}} = K_{Na-Ca} C_{pNa} / (C_{pCa})^{\frac{1}{2}}; \quad (3)$$

$$(N_{Mg} / N_{Ca})^{\frac{1}{2}} = K_{Mg-Ca} (C_{pMg} / C_{pCa})^{\frac{1}{2}}; \quad (4)$$

Если концентрация ионов Na, Ca и Mg в воде равна C_{Na} , C_{Ca} , C_{Mg} , то при промывном режиме орошения можно положить $C_{pNa}=C_{Na}$, $C_{pMg}=C_{Mg}$ и, подставив эти значения в уравнения (3), (4), выразить значения равновесной концен-

трации Ca, определенной относительно ионов Na – $C_{\rho Ca}(Na)$ из уравнения (3) и $Mg - C_{\rho Ca}(Mg)$ из уравнения (4), тогда получим:

$$C_{\rho Ca}(Na) = \frac{N_{Ca} C_{Na}^2 K_{Na-Ca}^2}{N_{Na}^2}, \quad (5)$$

$$C_{\rho Ca}(Mg) = \frac{N_{Ca} C_{Mg} K_{Mg-Ca}^2}{N_{Mg}}, \quad (6)$$

где: N – исходное содержание соответствующих катионов в ППК.

Каждая из этих формул определяет концентрацию Ca в воде, необходимую для сохранения исходного равновесия катионов в ППК. Если из двух значений, определяемых по формулам (5) и (6), выбрать максимальное, то это значение будет характеризовать концентрацию Ca в оросительной воде, ниже которой будет происходить увеличение содержания катионов Na или Mg, либо того и другого одновременно за счет вытеснения иона Ca из ППК. Допустимый предел уменьшения содержания Ca в оросительной воде будет определяться соотношением катионов ППК, при котором проявляются солонцовые свойства почв. Назовем такое состояние почвы критическим. Согласно экспериментальным данным такое состояние для большинства почв проявляется, когда поглощенный Na составляет 10% от емкости ППК, а концентрация Mg и Ca в растворе равны. Пренебрегая содержанием калия (K), найдем содержание Ca и Mg в ППК, соответствующее критическому состоянию. Из условия постоянства емкости обменных катионов следует:

$$1 = \frac{N_{Na}^{kp} + N_{Ca}^{kp} + N_{Mg}^{kp}}{Q}, \quad (7)$$

где N^{kp} – содержание катионов ППК, соответствующее критическому состоянию почвы, при котором проявляются ее солонцовые свойства.

Подставляя в формулу (7) $N_{Na}^{kp}/Q = 0,1$ и используя соотношение (4), в котором вместо равновесных концентраций Mg и Ca положим $C_{Mg} = C_{Ca}$, получим:

$$N_{Ca}^{kp}/Q = 0,9 / (1 + K_{Mg-Ca}^2); \quad N_{Mg}^{kp}/Q = 0,9 K_{Mg-Ca}^2 / (1 + K_{Mg-Ca}^2).$$

Тогда равновесные концентрации Ca, соответствующие критическому состоянию почвы, $C_{Mg}^{kp}(Mg)$, согласно формулам (5) и (6), будут равны:

$$C_{\rho Ca}^{kp}(Na) = \frac{90 K_{Na-Ca}^2 C_{Na}^2}{Q (1 + K_{Mg-Ca}^2)}; \quad (8)$$

$$C_{Ca}^{kp}(Mg) = C_{Mg} \quad (9)$$

Таким образом, равновесные концентрации Ca, соответствующие исходному и критическому состоянию почв, включают в себя как физико-химические характеристики почвы, так и концентрационные характеристики катионного состава раствора и могут быть приняты за состояния, относительно которых можно производить оценку оросительной воды. Из двух этих равновесных состояний за начало отсчета принимается то, которое соответствует наибольшему значению равновесной концентрации Ca. Это позволит применять данный подход для почв, с солонцовыми свойствами. Разница значений максимальной рав-

новесной концентрации Са, определяемой формулами (5), (8) и (6), (3.9), и фактической концентрации Са в оросительной воде дает недостаток Са в оросительной воде, определяемый относительно ионов Na – $\Delta C_{Ca}(Na)$ и Mg – $\Delta C_{Ca}(Mg)$:

$$\Delta C_{Ca}(Na) = \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), \dots, C_{\rho Ca}^{kp}(Na)\} - C_{Ca} \quad (10)$$

$$\Delta C_{Ca}(Mg) = \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Mg), \dots, C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} - C_{Ca} \quad (11)$$

Максимальное из полученных значений может служить характеристикой оросительной воды. Обозначим этот показатель ДК (дефицит Са оросительной воды):

$$DK = \text{Max} \{\Delta C_{Ca}(Na), \dots, \Delta C_{Ca}(Mg)\} \quad (12)$$

Физико-химический смысл этого показателя состоит в том, что он равен концентрации иона Са или его соли в мг • экв/л, которую необходимо добавить к оросительной воде, чтобы при орошении почвы с заданными физико-химическими характеристиками (N_{Na} , N_{Ca} , N_{Mg} , K_{Na-Ca} , K_{Mg-Ca}) не происходило увеличения содержания Na и Mg в ППК, т.е. равновесие не сдвигалось в сторону проявления солонцовых свойств почв.

Рассмотрим, каким соотношениям характеристик воды и почвы соответствуют различные значения показателя. Для определенности рассмотрим почвы без солонцовых признаков. При $DK \leq 0$ оросительная вода содержит ион Са в достаточном количестве и при орошении такой водой не происходит ухудшение водно-физических свойств почв. При этом для концентрации Са в оросительной воде выполняется соотношение:

$$C_{Ca} \geq \text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), \dots, C_{\rho Ca}(Mg)\} \quad (13)$$

При $DK > 0$ происходит сдвиг равновесия в сторону увеличения содержания ионов Na или Mg в ППК, предельное значение которого определяется критическим состоянием, при котором проявляются солонцовые свойства почвы. Концентрация Са в оросительной воде при этом удовлетворяет соотношению:

$$\text{Max} \{C_{\rho Ca}(Na), C_{\rho Ca}(Mg)\} > C_{Ca} > \text{Max} \{C_{\rho Ca}^{kp}(Na), C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} \quad (14)$$

При дальнейшем увеличении показателя ДК будет развиваться солонцовый процесс. Этой области значения показателя соответствует изменение концентрации иона Са в оросительной воде в пределах:

$$0 < C_{Ca} \leq \text{Max} \{C_{\rho Ca}^{kp}(Na), C_{\rho Ca}^{kp}(Mg)\} \quad (15)$$

Для того чтобы воду, соответствующую условию (15), сделать пригодной для орошения, в ней необходимо увеличить концентрацию иона Са. Минимальная концентрация Са, рассчитанная по иону Na – $C_{\mu}(Na)$ и по иону Mg – $C_{\mu}(Mg)$ (каждая равна разности между соответствующим критическим значением равновесной концентрации Са и концентрацией Са оросительной воды), дает минимальное количество мелиоранта, рассчитанное по соответствующему иону.

$$C_{\mu}(Na) = C_{\rho Ca}^{kp}(Na) - C_{Ca}, C_{\mu}(Mg) = C_{\rho Ca}^{kp}(Mg) - C_{Ca} \quad (16)$$

Максимальное из полученных значений – C_{μ} будет удовлетворять условию (16) по обоим ионам и равно минимальному количеству мелиоранта, которое необ-

ходимо добавить в оросительную воду для предотвращения развития процесса осолонцевания почвы при орошении водой данного состава:

$$C_{\mu} = \text{Max}\{C_{\mu}(\text{Na}), C_{\mu}(\text{Mg})\}. \quad (17)$$

В таблице 4 приведены данные по катионному составу различных оросительных вод, условно обозначенных «оросительная», «смешанная» и «дренажная».

Таблица 4 - Состав катионов оросительной воды

Вода	Концентрация катионов, мг-экв/л		
	Na ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺
Оросительная	5,0	10,0	5,8
Смешанная	12,0	11,0	10,8
Дренажная	21,0	6,3	14,2

В таблице 5 приведены исходный состав ППК двух типов почв, а также усредненные по диапазону изменения общей концентрации растворов значения коэффициентов ионного обмена $K_{\text{Na-Ca}}$, $K_{\text{Mg-Ca}}$.

Таблица 5 - Физико-химические характеристики орошаемых почв

Почва	Исходный состав ППК, мг-экв/100 г				Коэффициент ионного обмена	
	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Q	$K_{\text{Na-Ca}}$	$K_{\text{Mg-Ca}}$
Серозем	0,61	2,52	2,48	5,61	0,039	1,005
Чернозем	1,00	23,00	3,00	28,00	0,125	0,847

На основе этих данных проведен расчет показателя осолонцевания D_K и C_{μ} . Результаты расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Показатели осолонцевания D_K и C_{μ} минерализованной воды для серозема (числитель) и чернозема (знаменатель)

Вода	Показатель, мг-экв/л							
	$C_{\rho\text{Ca}}(\text{Na})$	$C_{\rho\text{Ca}}(\text{Mg})$	$C_{\rho\text{Ca}}^{kr}(\text{Na})$	$C_{\rho\text{Ca}}^{kr}(\text{Mg})$	$\Delta C_{\text{Ca}}(\text{Na})$	$\Delta C_{\text{Ca}}(\text{Mg})$	D_K	C_{μ}
Оросительная	0,3	6,0	0,4	5,8	-9,7	-4,0	-4,0	-4,2
	9,0	31,9	0,9	5,8	-1,0	21,9	21,9	-4,2
Смешанная	1,5	11,1	2,3	10,8	-9,3	0,1	0,1	-0,2
	51,8	59,4	5,4	10,8	40,8	48,4	48,4	-0,2
Дренажная	4,5	14,6	7,0	14,2	-0,9	8,3	8,3	7,9
	158,5	78,1	16,5	14,2	152,2	71,8	152,2	10,2

Из приведенных данных видно, что орошение дренажной водой приводит к осолонцеванию почвы. При этом минимальная доза мелиоранта C_{μ} , которую необходимо добавить в воду, равна 10,2 и 7,9 мг-экв/л для чернозема и серозе-

ма, соответственно.

Предложенный подход дает количественную оценку качества оросительной воды с учетом физико-химических свойств почв и позволяет рассчитывать дозу мелиоранта, необходимую для добавления в оросительную воду для предотвращения развития осолонцевания при орошении почв. При этом требуемая доза мелиоранта зависит не только от катионного состава оросительной воды, но также и от ионообменных свойств орошаемых почв.

Список использованных источников

1. Базилевич, Н. И., Панкова Е.И. Методические указания по учету засоленных земель [Текст] / Н. И. Базилевич, Е. И. Панкова. - М.: Ин-т В. В. Докучаева, 1968. - 91 с.
2. Безднина, С. Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки [Текст] / С. Я. Безднина. - М.: РОМА, 1997. – 185 с.
3. Кавокин, А. А. О численном расчете некоторых физико-химических процессов в водонасыщенных почвогрунтах [Текст] / А. А. Кавокин, А. Н. Николаенко // Генезис и мелиорация засоленных почв Казахстана: сборник трудов КазАН ССР. - Алма-Ата: «Наука» Казахской ССР, 1979. – С. 11 - 17.
4. Кавокин, А. А. К оценке скорости ионообменной сорбции натрия и кальция в почвах [Текст] / А. А. Кавокин, А. Н. Николаенко // Почвоведение. – 1981. - № 11. – С. 71 - 75.
5. Николаенко, А. Н. Изучение кинетики сорбции иона кальция из раствора солонцевой почвой методом радиоактивной индикации [Текст] / А. Н. Николаенко, А. С. Пельцер // Известия ТСХА. – 1983. Вып. 3. С.180 - 182.
6. Николаенко, А. Н. Математическая модель многокомпонентного солепереноса в почвах с учетом кинетики межфазных процессов [Текст] / А. Н. Николаенко // Почвоведение. – 1987. - № 5. – С. 128 - 133.
7. Никольский, Б. П. Законы обмена ионов между твердой фазой и раствором [Текст] / Б. П. Никольский, В. И. Парамонова // Успехи химии, т.8, вып. 10. - Изд-во «АкадемиянаукСССР». – 1939. – С. 14 – 17.
8. Richards, L. A. Diagnosis and Improvement of Soline and Alkali Soils [Текст] / L. A. Richards // Agriculture Handbook (USDA). -1954. - № 60.
9. Szabolch, I. Salt Balanse and Salt. [Текст] / I. Szabolch, K. Darab // Trans. 9-th Int. Conf. of Soil Sci. VI. – Adelaide. – Australia. - 1955.
10. Wilcox, L. V. Determination of the Quality of Irrigation Water [Текст] / L. V. Wilcox // Agric. Inform. Publ. (USDA Wash.). – 1958. - № 197. - P. 47 - 57.

УДК 635.21:631.67.5

ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕГО СРОКА ПОСАДКИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ЮГЕ РОССИИ

В.И.Ольгаренко

ФГБНУ "РосНИИППМ", г. Новочеркасск, Россия

Мелиоративная деятельность основывается на законах природы, обеспечивая возрождение и поддержание необходимых природно-мелиоративных процессов, позволяющих интенсифицировать биологический круговорот воды и минеральных веществ с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом интенсивность процессов должна соизмеряться с воз-

возможностями природного объекта и опираться на принципы обеспечения экологической устойчивости объекта.

Картофель – очень пластичная культура, способная давать урожай почти во всех почвенно-климатических зонах России. Урожайность картофеля летнего срока посадки в производственных условиях может достигать 20-25 т/га, а в некоторых случаях и 30-35 т/га, и более. В настоящее время, в условиях Юга России, средняя урожайность остается на очень низком уровне (15-20 т/га). По данным сортоиспытательных станций – это значительно ниже потенциала культуры, что свидетельствует о недостаточной постановке производства картофеля на научную основу [1].

Новая концепция экологических мелиораций особенно обращает внимание на то, чтобы антропогенное вмешательство не выходило за рамки экологически допустимых отклонений от природных ритмов развития. В свою очередь рациональное водопользование также требует обоснования режимов орошения для конкретных почвенно-климатических условий.

Одним из путей эффективного решения данной проблемы является разработка режимов орошения, питания и ресурсосберегающей экологически безопасной технологии возделывания картофеля летней посадки на пойменных землях Нижнего Дона [2].

Для решения поставленных задач были проведены исследования на полях ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области в 2012 и 2013 гг.. Почвенный покров района представлен лугово-черноземными почвами, среднемощными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Слой 0-60 см почв не засолен, не осолонцован и не подвержен процессам ощелачивания.

В среднем по участку наименьшая (полевая) влагоемкость для 0-60 см слоя составляет 27,7 %, а для слоя 0-100 см – 26,3 %, то есть по всему метровому профилю почв влага свободно проникает вглубь. Плотность твердой фазы почвы в слое 0-60 см в среднем 1,31 г/см³. Сквозность вышеупомянутого грунта – 49,7 %.

Вегетационный период в 2012 году характеризовался как засушливый, гидрометрический коэффициент, отражающий отношение температуры и осадков (ГТК), равен 0,81, в период вегетации выпало 162,8 мм осадков. Влажность воздуха – 51,0 %.

Вегетационный период в 2013 году характеризовался как засушливый, ГТК = 0,63, в период вегетации выпало 122,1 мм осадков. Влажность воздуха – 53,3 %.

Грунтовые воды на участке орошения залегают на глубине более 3,0 м. Обеспечение азотом и подвижным фосфором среднее, калием в слое 0-0,3 м – высокое.

Режим орошения и урожайность картофеля изучались при широком диапазоне дифференциации оросительных норм. За контрольный вариант была принята оросительная норма, определенная на основании уравнения водного баланса орошаемого поля А. Н. Костякова [2] при изменении влажности в рас-

четном (60 см) слое почвы: вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, контроль («М»); вариант № 2 – увеличение оросительной нормы по отношению к контрольному варианту на 20 % («1,2 М»); вариант № 3 – снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М»); вариант № 4 – снижение на 40 % («0,6 М»). Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Урожайность картофеля летней посадки при дифференцированных режимах орошения, 2012 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, слой 0,6 м («М») контроль	35,9	36,4	36,3	36,2	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	36,1	36,9	37,2	36,73	+0,5	1,5
Вариант № 3 – «0,8 М»	34,2	33,1	34,7	34,00	-2,2	6,0
Вариант № 4 – «0,6 М»	18,4	21,1	19,2	19,57	-16,6	48,9
НСР _{0,05}	-	-	-	2,2	-	-

Таблица 2 – Урожайность картофеля летней посадки при дифференцированных режимах орошения, 2013 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1 – (0,8-1,0) НВ, слой 0,6 м («М») контроль	37,8	38,3	37,6	37,9	0	0
Вариант № 2 – «1,2 М»	37,1	38,6	38,4	38,03	+0,13	0,3
Вариант № 3 – «0,8 М»	36,2	34,9	36,6	35,9	-2,0	5,2
Вариант № 4 – «0,6 М»	20,4	21,9	21,2	21,16	-16,74	41,2
НСР _{0,05}	-	-	-	2,4	-	-

Анализ данных показывает, что увеличение оросительной нормы на 20 % (вариант № 2 – «0,8 М») от нормативного уровня (вариант № 1) практически не влияет на урожайность картофеля (1,5 % и 0,3 %). Снижение оросительной нормы на 20 % («0,8 М») уменьшает урожайность на 6,0 % и 5,2 %; снижение на 40 % («0,6 М») – на 48,9 % и 41,2 % за 2012 и 2013 годы соответственно.

Таким образом, снижение оросительной нормы на 20 % от нормативной величины (вариант № 3) незначительно уменьшает урожайность картофеля и его можно рекомендовать как «рациональный», обеспечивающий экономию водных ресурсов.

По мнению В. И. Панасина [3], при быстром росте масштабов антропогенного влияния на окружающую среду – почву, воздух, поверхностные и грунтовые воды, производство экологически здоровой продукции растениеводства, безвредной как для человека, так и животных, становится все более сложной и актуальной проблемой.

Для изучения влияния воздействия минеральных удобрений на урожайность картофеля был проведен опыт с шестью вариантами. За контрольный вариант была принята доза удобрений, рассчитанная по методике М. К. Каюмова [4], на урожайность 30 т/га – N₁₃₀P₁₅₀K₉₀ (вариант № 1). Варианты № 2-№ 4 – уменьшение доз внесения удобрений от расчетной с дифференциацией по 15 %. Варианты № 5, № 6 – увеличение доз внесения удобрений с дифференциацией по 15 %. Результаты исследований приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Урожайность семенного картофеля летней посадки при различных дозах удобрений, 2012 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1. Расчетная доза удобрений (Контроль)	35,1	36,3	37,8	36,4	0	0
Вариант № 2. Расчетная доза уменьшена на 15%	32,7	33,4	36,8	34,3	-2,1	5,77
Вариант № 3. Расчетная доза уменьшена на 30%	28,1	26,4	28,3	27,6	-8,8	24,17
Вариант № 4. Расчетная доза уменьшена на 45%	20,4	21,0	22,2	21,2	-15,2	41,76
Вариант № 5. Расчетная доза увеличена на 15%	37,7	36,8	36,8	37,1	+0,7	1,92
Вариант № 6. Расчетная доза увеличена на 30%	41,1	40,4	40,6	40,7	+4,3	11,81
НСР _{0,05}	-	-	-	3,7	-	-

Анализ данных за 2012 и 2013 годы показывает, что снижение расчетной дозы внесения минеральных удобрений на 45,0 % от нормативной уменьшает урожайность на 41,76 % и 39,3 %; увеличение на 30 % – увеличивает урожайность на 11,81 % и 15,1 %.

Таблица 4 – Урожайность картофеля при дифференцированных дозах минеральных удобрений, 2013 г.

Вариант опыта	Повторность			Средняя урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
	первая	вторая	третья		т/га	% от К
Вариант № 1. Расчетная доза удобрений (Контроль)	36,1	37,2	38,6	37,3		
Вариант № 2. Расчетная доза уменьшена на 15%	33,6	32,9	37,9	34,8	-2,5	6,7
Вариант № 3. Расчетная доза уменьшена на 30%	29,0	27,5	29,1	28,53	-8,77	23,50
Вариант № 4. Расчетная доза уменьшена на 45%	21,5	22,3	24,1	22,63	-14,67	39,30
Вариант № 5. Расчетная доза увеличена на 15%	38,9	38,1	38,2	38,4	+1,1	2,95
Вариант № 6. Расчетная доза увеличена на 30%	43,2	42,7	42,8	42,9	+5,6	15,01
НСР 0,05	-	-	-	3,9	-	-

Заключение

Исследованиями установлено, что увеличение оросительной нормы практически не влияет на урожайность картофеля, тогда как ее снижение уменьшает урожайность от 5,2-6,0 % до 41,2-48,9 %. Внесение дифференцированных доз минеральных удобрений показало, что снижение расчетной дозы на 45,0 % от нормативной уменьшает урожайность на 41,76 % и 39,3 %, а увеличение на 30 % – повышает урожайность на 11,81 % и 15,1 %. Предлагаемый рациональный режим орошения и сбалансированный режим питания не только повысят промышленную эффективность производства картофеля, но также обеспечат экологическую безопасность орошения на Юге России.

Список использованных источников

1. Кружилин, И. П. Орошение картофеля в Западной Сибири / И. П. Кружилин, В. П. Часовских. – Волгоград, 2001. – 178 с.
2. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозизд, 1960. – 662 с.
3. Панасин, В. И. Влияние высоких доз минеральных удобрений на уровень накопления нитратов в картофеле / В. И. Панасин, В. В. Широков, Л. Ф. Мизина // Токсикологический и радиологический контроль состояния почв и растений в процессе химизации сельского хозяйства. – М., 1981. – С. 107-113.
4. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур /

М. К. Каюмов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – С. 346 - 368.

УДК 626.862

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЦЕНТРА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

В.С. Печенина, Е.В. Носова

ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Осушительная система предназначена для устранения неблагоприятного воздействия избыточного увлажнения определенного массива земель и создания необходимых условий для выращивания на них сельскохозяйственных культур. Составление проектов осушения минеральных и торфяных почв должно базироваться на материалах, характеризующих: топографию объекта, подлежащего мелиорации; гидрологические, геоморфологические, инженерно-геологические, гидрогеологические, почвенно-мелиоративные условия территории; гидрографию, а также метеорологические условия района; экологические особенности и др.

Проектирование осушительных систем следует начинать с анализа причин заболачивания и установления вытекающих из этих причин методов осушения. Осушительно-увлажнительная система – один из видов осушительной системы. Она состоит из двух частей – осушительной (для отвода избыточной воды) и увлажнительной (для подачи к растениям дополнительной влаги в засушливые периоды) (рис.1). На данном рисунке приведены шесть способов осушения, соответствующих следующим методам осушения: 1 – регулирование склонового стока; 2 – ускорение поверхностного стока; 3 – регулирование потоков русловых вод; 4 – перехват потока грунтовых вод; 5 – снижение напора подземных вод; 6 – регулирование грунтовых вод, а также возможные виды осушительных систем, совмещенных с увлажнительными, в зависимости от типов водного питания, гидрогеологических условий, рельефа и др.

Увлажнительная и осушительная части системы состоят из одноименных элементов: регулирующей, ограждающей и проводящей сети, гидротехнических сооружений и водоприемника-водоисточника. В состав системы входят: дорожная сеть, природоохранные сооружения, эксплуатационная сеть и мелиорируемые земли.

Осушительную систему со всеми ее элементами проектируют так, чтобы она отвечала определенным техническим, гидрологическим, экологическим требованиям. Осушительные системы должны своевременно сбрасывать поверхностные воды в доступные сроки затопления, которые зависят от вида угодья и состава культур; понижать уровень почвенно-грунтовых вод на норму осушения, при которой в корнеобитаемом слое создаются благоприятные водные и воздушные режимы; обеспечивать дополнительное увлажнение почвы; обладать достаточной водоприемной и водоотводящей способностями; обеспечивать возможность проведения полевых работ (обработка почвы и уборка урожая) в лучшие агротехнические сроки; быть технически совершенными и надежными, долговечными при ми-

нимальных ежегодных эксплуатационных затратах.

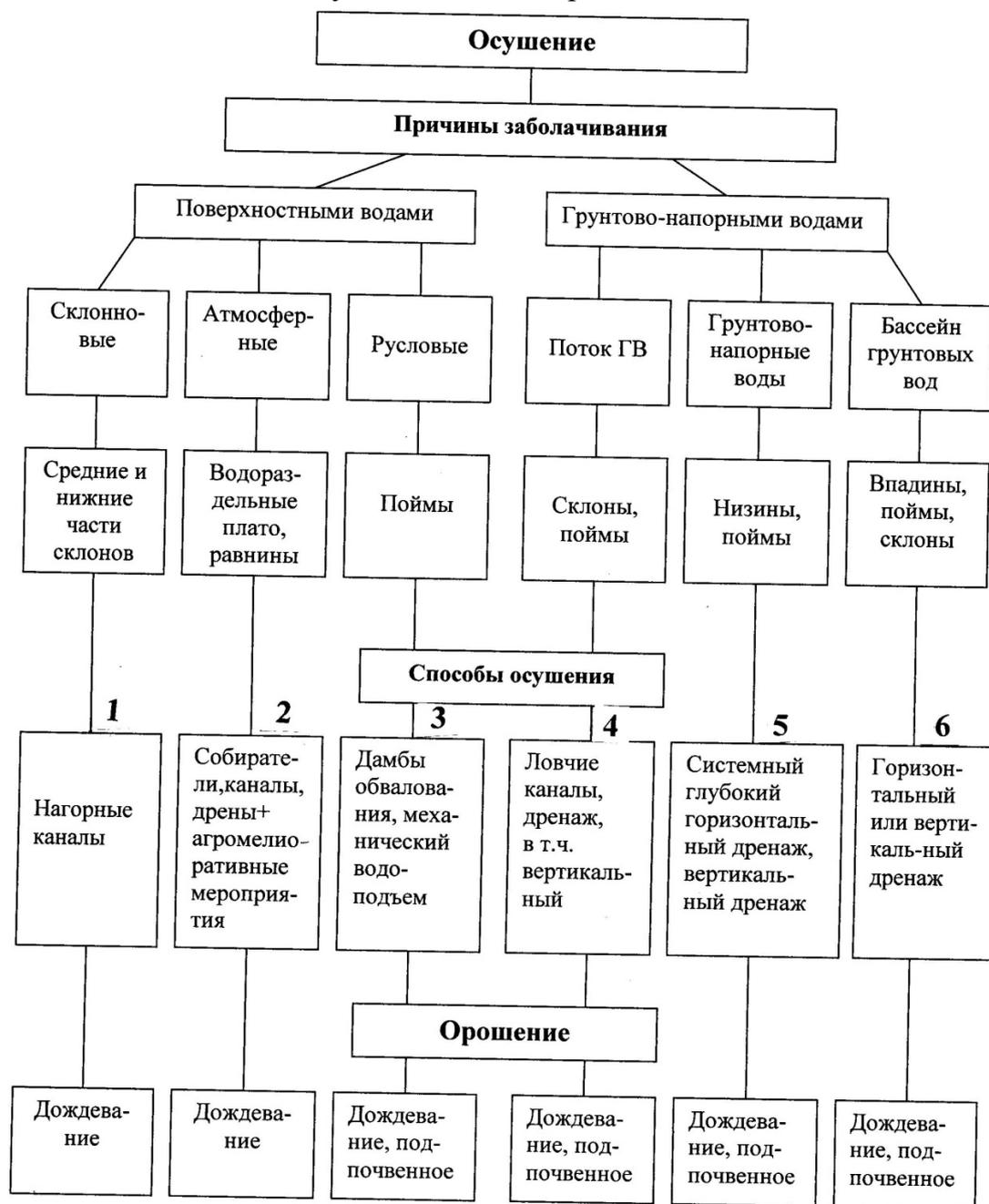


Рисунок 1 - Технология проектирования осушительно-увлажнительных систем

Для центральных и южных районов Нечерноземной зоны РФ характерна неустойчивость увлажнения. В данных условиях строятся осушительно-увлажнительные системы на базе закрытого дренажа в сочетании с дождеванием или подпочвенным увлажнением, позволяющие оперативно управлять водным режимом почв в любые по метеорологическим условиям годы. Наиболее совершенным способом увлажнения является дождевание. Оно используется главным образом для орошения овощей и культурных пастбищ.

Технология проектирования внутрихозяйственной осушительно-увлажнительной системы приведена на рисунке 2.

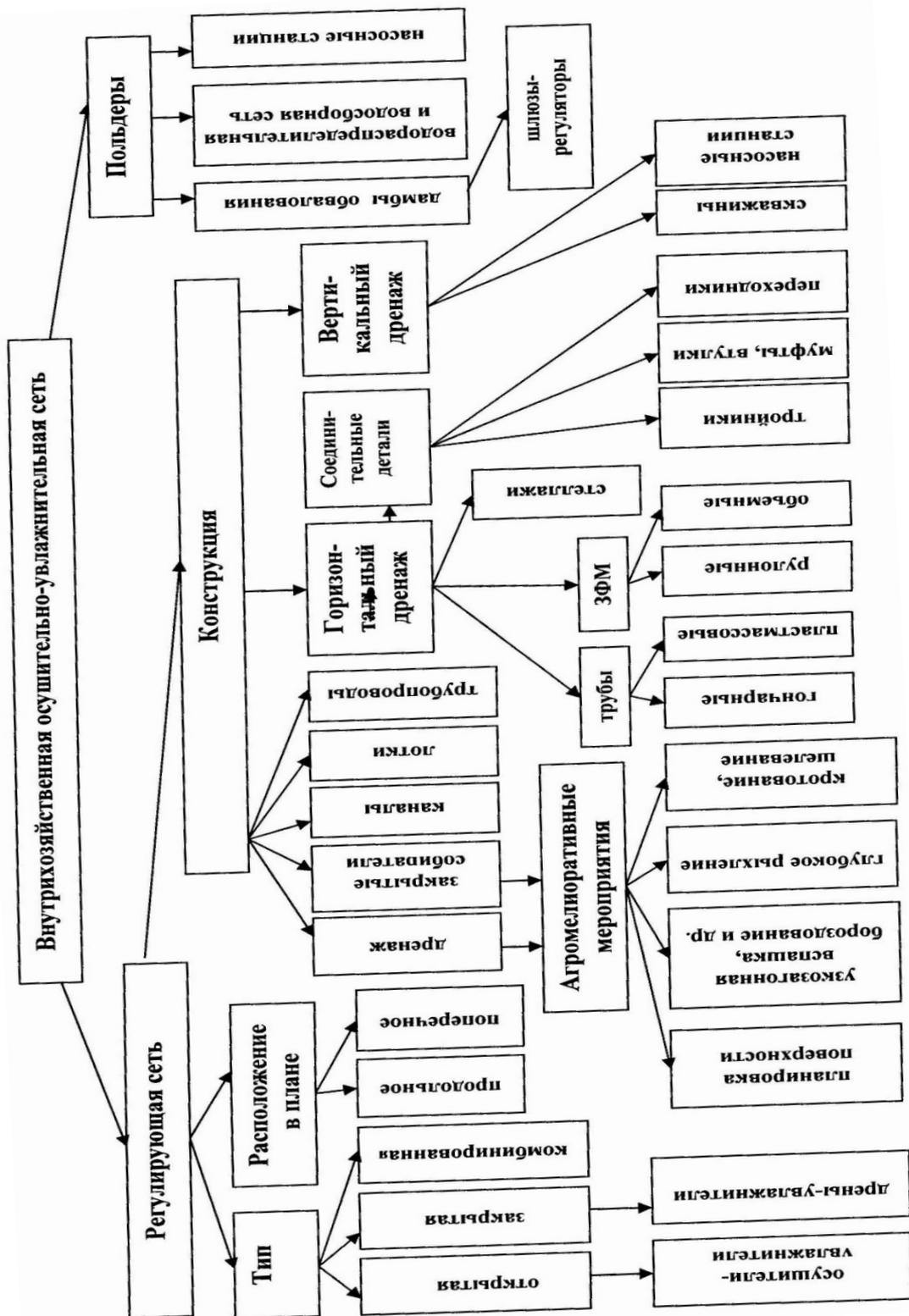


Рисунок 2 - технология проектирования внутрихозяйственной осушительно-увлажнительной сети

Регулирующая сеть – основной элемент системы – может состоять из осушителей, собирателей, дрен и увлажнителей (каналы, поливные трубопроводы и пр.).

Функции осушения и увлажнения могут выполнять одни и те же элементы системы.

По типу регулирующей сети осушительные системы делят на открытые и закрытые, по способу отвода избыточных вод – на самотечные, с механическим водоподъемом и смешанные. Закрытые осушительные системы относят к наиболее рациональному виду осушительных систем одностороннего действия.

Параметры регулирующей сети должны быть рассчитаны на понижение и отвод грунтовых и поверхностных вод, на отвод воды из микро- и макропонижений после снеготаяния и выпадения дождей.

Глубину заложения закрытой регулирующей сети необходимо определять в зависимости от требуемой нормы осушения с учетом влагопроницаемости грунтов по глубине, а на торфяниках также с учетом осадки и сработки торфа.

Закрытую осушительную сеть проектируют в виде дренажа при коэффициенте фильтрации подпахотных слоев – $K_f > 0,05$ м/сут, а при меньшей водопроницаемости указанного слоя почвогрунта – в виде закрытых собирателей. Минимальная глубина заложения дрен должна быть 1,1 м, а закрытых собирателей – не менее 0,8 м. На закрытых собирателях объемные фильтры следует доводить до пахотного слоя. Коэффициент фильтрации объемного фильтра должен быть не менее 1 м/сут.

Регулирующая закрытая осушительная сеть может проектироваться в основном из керамических дренажных, пластмассовых труб, а также кротовых и щелевых дрен.

Регулирующая сеть из керамических дренажных труб должна применяться при осушении минеральных почв, а также мелкозалежных торфяников, когда дрены могут быть уложены в минеральном грунте, подстилающем торф. Регулирующая сеть из пластмассовых труб может применяться повсеместно. Минимальную глубину заложения дрен в торфяниках следует принимать 1,3 м, минимальный диаметр труб для закрытой регулирующей сети – 50 мм, уклон дрен – не менее 0,003.

Регулирующую сеть следует располагать перпендикулярно основному направлению потока поверхностных вод (поперечная схема). При уклонах менее 0,005 допускается располагать закрытые дрены вдоль уклона местности (продольная схема).

Для обеспечения надежной работы закрытого дренажа и повышения его водопримной способности применяют рулонные и объемные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ). Рулонные защитно-фильтрующие материалы получили широкое распространение ввиду высокой технологичности при механизированном способе строительства закрытого дренажа, особенно при поставке на объект полностью подготовленных к укладке пластмассовых дренажных

труб с оберткой ЗФМ.

Естественные или искусственные ЗФМ (гравий, щебень, древесная щепка и т.д.) используют для устройства объемных фильтров в слабопроницаемых грунтах помимо защиты водоприемных отверстий рулонными ЗФМ.

Соединительные детали (тройники, втулки, муфты, переходники) применяют для повышения надежности закрытого дренажа, сокращения затрат ручного труда. Особенно эффективно подсоединение с помощью тройников, так как отпадает необходимость в пробивке отверстий в дренажных трубах.

Закрытая регулирующая сеть не должна пересекать дороги, подземные коммуникации, лесонасаждения.

Подключение закрытой регулирующей сети к коллекторам следует проектировать впритык с использованием соединительной арматуры или внахлестку. При подключении впритык дрены должны сопрягаться с коллекторами под углом 60-90°. Для предохранения закрытого дренажа от заиливания необходимо предусматривать защиту стыков керамических дренажных труб стекловолоконным холстом толщиной не менее 2 мм или другим равноценным по фильтрационным свойствам материалом (мхом, моховым очесом, торфяной крошкой).

Регулирующая сеть из кротовых дрен должна применяться для осушения болот при мощности торфяной залежи более 0,8м и на минеральных землях, сложенных кротоустойчивыми грунтами, при наличии глинистых частиц не менее 30% – как дополнительное мероприятие к материальному дренажу.

Щелевые дрены могут применяться для осушения как беспнистых, так и пнистых болот при степени разложения торфа менее 15 % как дополнительное мероприятие к материальному дренажу.

Кротовые и щелевые дрены следует располагать по поперечной схеме (по направлению наибольшего уклона поверхности) при значительных уклонах под углом к горизонталям с таким расчетом, чтобы их уклон не превышал 0,005. Максимальный уклон кротовых дрен в минеральных грунтах – 0,002; в торфяных – 0,003. Минимальный уклон щелевых дрен – 0,001. Минимальный диаметр кротовых дрен – 120...150 мм.

Засыпку траншей при устройстве закрытых собирателей следует производить фильтрующими материалами (песчано-гравийные смеси, крупнозернистый песок, гравий, щебень, шлак и др.), а также ранее вынутым грунтом с обязательной добавкой 30-35 % гумусированного. Засыпку траншей следует осуществлять до пахотного слоя почвы.

Открытая регулирующая сеть может применяться:

- при осушении сенокосов;
- для предварительного осушения массива перед строительством закрытого дренажа на торфяниках глубиной более 1,5м, при наличии закисного железа более 8% на любых грунтах.

Проводящую сеть проектируют исходя из условий рельефа местности, размещения и размеров полей севооборотов, типа грунтов и дорожной сети. Форма поперечного сечения проводящих каналов зависит от грунтовых условий: в устойчивых грунтах предусматривается трапециевидное поперечное се-

чение с заложением откосов в соответствии с геологическими и гидрогеологическими условиями каналов (ВТР-П-8-76). Глубина проводящих каналов назначается в зависимости от расчетного расхода и глубины впадающих каналов.

При проектировании закрытой проводящей сети в плане коллекторы следует намечать в направлении наибольшего уклона местности, приурочивая их к понижениям рельефа местности.

Техническое совершенствование осушительных систем предусматривает внедрение рациональных режимов и способов осушения, конструкций осушительной сети с применением закрытого дренажа и новых материалов, использование водооборотных и совмещенных осушительно-увлажнительных систем, повышение качества их строительства, ускоренного освоения и окультуривания осушаемых земель.

При строительстве дренажа необходимо: широкое применение гофрированных пластмассовых труб, укладываемых с помощью узкотраншейных и бестраншейных дреноукладчиков с использованием лазеров для придания дренажным линиям заданных уклонов; переход на более глубокий и частый дренаж; применение комплекса агромерелиоративных мероприятий на тяжелых почвах для быстрого удаления поверхностных вод, а также природоохранных мероприятий на осушительных системах.

Технология регулирования водного режима слабопроницаемых тяжело-суглинистых и глинистых почв с $K_{\phi} < 0,05$ м/сут состоит из применения узкотраншейного дренажа с оптимальными параметрами, глубокого рыхления с внесением в корнеобитаемый слой химмелиорантов (известковых соединений, аммиачной селитры, фосфорных соединений и жидкой органики), а также закрытых собирателей глубиной 0,8-1 м.

Технологические схемы регулирования водного, воздушного, теплового и питательного режимов пойменных почв под овощные культуры, а также на культурных пастбищах состоят из осушительно-увлажнительных систем. Основным способом осушения является закрытый дренаж, способами орошения – дождевание и шлюзование.

При осушении минеральных почв применяют три способа строительства дренажа: траншейный, узкотраншейный и бестраншейный.

При траншейном способе строительства прокладка дрен осуществляется многоковшовыми экскаваторами-дреноукладчиками типа ЭТЦ-202Б с шириной траншеи 50 см, при узкотраншейном способе – узкотраншейными экскаваторами-дреноукладчиками типа ЭТЦ-2011, ЭТЦ-2012 с шириной траншеи 25 см.

Технология строительства закрытого дренажа на слабопроницаемых почвах с применением дреноукладчиков марки ЭТЦ состоит из следующих операций: подготовка трассы, установка и нивелирование опорных стоек копирного троса, развозка по трассам дренажных труб, отрывка траншеи с заданным уклоном, укладка труб, защита (ЗФМ) и засыпка дрен на 15-20 см фильтрующими материалами или растительным грунтом, подключение дрен к закрытым коллекторам, контроль качества укладки, обратная засыпка дренажных траншей. При использовании лазерных указателей уклона, имеющихся у экскаватора-

дреноукладчика ЭТЦ -2011, отпадает необходимость в разбивке пикетажа и нивелировании трассы.

Узкотраншейный способ строительства дренажа наиболее прогрессивный, ширина траншеи составляет 15-30 см. Технология строительства узкотраншейного дренажа аналогична строительству траншейного дренажа.

При строительстве дренажа из пластмассовых труб узкотраншейными экскаваторами-дреноукладчиками (типа ЭТЦ-2011) укладку дренажных труб следует начинать от коллектора. Бухту труб (длиной 100-150 м) устанавливают на дреноукладчик, конец трубы протягивают через направляющие кольца, спускают в желоб трубоукладчика и выпускают из него на длину 0,5 м для соединения с трубой коллектора. Одновременно с разработкой траншеи пластмассовая труба подается на дно между подстилающей и покровной лентами защитно-фильтрующего материала (ЗФМ), поступающего с катушек, установленных на бункере-укладчике.

Узкотраншейный способ строительства дренажа имеет несомненные преимущества перед траншейным: высокую производительность, малый расход защитно-фильтрующих материалов, простоту контроля за качеством укладки дренажных труб, возможность использования как керамических, так и пластмассовых труб.

В последние годы все большее применение находит бестраншейный способ укладки пластмассовых труб с помощью дреноукладчика МД-12. Дреноукладчики продавливают в грунте щель шириной 20 см и обеспечивают укладку пластмассовых труб диаметром от 50 до 90 мм на глубину до 180 см.

Бестраншейный способ строительства дренажа позволяет значительно повысить производительность труда, снизить стоимость строительства, сохранить растительный слой почвы. Но при выдавливании щели водопроницаемость грунтов вблизи дрены уменьшается, и поэтому бестраншейный способ строительства пластмассового дренажа можно применять в торфяных и минеральных грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,3 м/сут.

В качестве фильтрующих засыпок при строительстве дренажа применяют крупнозернистый песок, песчано-гравийную смесь, щебень, гравий и другие материалы. Для обеспечения надежной работы дренажа на слабопроницаемых грунтах применяются рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ) или пластмассовые трубы с фильтрующей оболочкой.

Применение мероприятий по организации поверхностного стока при осушении слабопроницаемых почв обязательно.

В качестве агромелиоративных мероприятий производится рыхление осушаемых слабопроницаемых почв с $K_f < 0,1$ м/сут на глубину 0,6-0,8 м или кротование на глубину не менее 0,6 м, последнее применяется в кротоустойчивых почвогрунтах.

Глубокое рыхление на переувлажненных тяжелых почвах применяют только на фоне закрытого дренажа в комплексе с планировкой и другими мероприятиями по организации поверхностного стока (устройство водоотводящих колодцев в понижениях рельефа и др.).

Комплекс мелиоративных работ с глубоким рыхлением рекомендуют выполнять в следующей последовательности: проведение культуртехнических мероприятий (удаление древесно-кустарниковой растительности, пней, валунов, засыпка ям, планировка); строительство осушительной сети; внесение извести на кислых почвах; вспашка на глубину гумусового слоя (20...30 см); дискование тяжелой дисковой бороной в 1...3 следа или фрезерование; планировка; глубокое рыхление; внесение удобрений.

В комплекс работ может также входить глубокое рыхление с внесением химических мелиорантов, к которым относятся известь, минеральные и жидкие комплексные удобрения и различные полимерные соединения (карбамидные смолы и др.).

Глубина рыхления зависит от глубины залегания и мощности слабопроницаемых почвенных горизонтов. Она должна быть на 20..30 см меньше минимальной глубины заложения дрен.

Осушительно-увлажнительные системы для возделывания овощных культур располагаются в центральной и прирусловой поймах, в водном питании принимают участие грунтовые воды и атмосферные осадки.

Осушительно-увлажнительная система представляет собой комплекс сооружений, который обеспечивает удаление избыточных вод с осушаемых земель и увлажнение их в засушливые периоды. Осушительно-увлажнительные системы в отличие от осушительных систем могут иметь следующие дополнительные элементы: водоподводящие магистральные, распределительные, оросительные трубопроводы и каналы с сооружениями на них; специальные регулирующие сооружения на закрытой и открытой осушительной сети; дождевальные машины и установки; насосные станции; водоисточники с водозаборными сооружениями

На мощных торфяниках рекомендуется применять осушительно-увлажнительную систему, состоящую из закрытого дренажа и устройств для дождевания, такая система применима для севооборота всех типов. В целях обеспечения оптимальных норм осушения для овощных культур в вегетацию рекомендуется закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м с расстояниями между дренами 20-25 м, которые впадают в закрытые коллекторы.

Мелиоративные мероприятия на осушаемых пойменных почвах приведены в таблице 1. Диаметры керамических дрен – 50 мм, пластмассовых – 63 мм, уклоны дрен – 0,005-0,007. Диаметры коллекторов определяются расчетом и, в основном, составляют 100-200 мм. Глубина каналов проводящей сети составляет 2,5-3 м.

Особенности проектирования и строительства осушительных систем на притеррасных болотах обусловлены близким стоянием грунтовых вод к поверхности болота, наличием на глубине закладки дрен сапропелевых отложений, содержанием в почвенно-грунтовых водах большого количества закисных соединений, опасных для заиления дренажа.

Притеррасные болота грунтово-напорного водного питания требует более интенсивного осушения, что достигается увеличением глубины закладки дрен и

уменьшением расстояний между дренами, а также применением самоизливающихся скважин за счет естественного напора.

Таблица 1 - Основные мелиоративные мероприятия на осушаемых пойменных почвах

Почвы	Тип водного питания	Расположение по рельефу	Сельскохозяйственное использование	Мелиоративные мероприятия
Т О Р Ф Я Н Ы Е				
Низинные мощные $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Грунтовое	Центральная пойма	1. Овоще-кормовой; 2. Овоще-кормовой интенсивного использования	1. Закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м с расстояниями между дренами 20-25 м, открытая проводящая сеть. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,6-1,8 м, увлажнительная сеть для дождевания.
	Грунтово-напорное	Притеррасная пойма	Лугово-кормовой	Закрытый дренаж глубиной 1,8-2,5 м, расстояния между дренами 10-12 м
Низинные маломощные $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Грунтовое	Центральная пойма	1. Лугово-кормовой; 2. Травопольно-пропашной; 3. Культурное пастбище	1. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м с расстояниями между дренами 15-20 м. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м, увлажнительная сеть для подпочвенного увлажнения. 3. Закрытый дренаж глубиной 1,3-1,5 м, увлажнительная сеть для дождевания.
М И Н Е Р А Л Ь Н Ы Е				
Среднесуглинистая $K_{\phi} = 0,1 - 0,5$ м/сут	Смешанное Атмосферное	Пойма	1. Овощной; 2. Культурные пастбища; 3. Лугово-пропашной;	1. Закрытый дренаж глубиной 1,3м с расстояниями между дренами 15-18м, устройства для дождевания. 2. Закрытый дренаж глубиной 1,0-1,3м

Примечание: Расстояния между дренами определяются расчетом или по данным объектов-аналогов.

Рекомендуется для длительной и эффективной работы дренажа на притеррасных болотах, подстилаемых на глубине кладки дренажных труб сапропелевыми отложениями, трубы укладывать на стеллажи на гравийную подстилку, положенную на дно траншеи слоем 25-30 см. Целесообразно также уложенные

на гравийную подстилку трубы присыпать сверху слоем гравия 20-25 см.

Увлажнительная сеть применяется в основном закрытая, состоящая из: магистрального трубопровода, транспортирующего воду от водозабора до увлажняемого участка; распределительных трубопроводов, распределяющих воду между полевыми трубопроводами, из которых забирают воду дождевальными машинами и установками.

Поливы проводят с помощью дождевальных машин и установок, которые в зависимости от создаваемого напора и дальности полета струи делятся на низконапорные, короткоструйные, с напором воды 10-20 м и радиусом действия струи 5...6 м; средненапорные, среднеструйные, с напором воды 30...40 м и дальностью струи 20...30 м; высоконапорные, дальнеструйные, с напором воды 50...80 м и дальностью струи 50...80 м.

Из машин и установок широкое применение получили дождевальные агрегаты ДДА-100МА, ДДА-100М. Применяют многоопорные машины и установки ДКШ-64 «Волжанка», ДМ «Фрегат», «Кубань-ЛК», а также комплекты оборудования ирригационные КИ-50, КИ-25, КИ-10, КИ-5, «Радуга» и др., дальнеструйные машины ДДН-70, ДДН-100, поливные машины «Агрос».

Интенсивность дождя не должна превышать скорости впитывания воды в почву во избежание образования луж или водной эрозии. При поливах на тяжелых почвах она должна быть не более 0,06...0,15 мм/мин, на средних – 0,25...0,45 мм/мин. Крупность капель – не более 1...2мм.

Основные системы увлажнения дождеванием на осушаемых землях следующие:

- с закрытой осушительной и открытой увлажнительной сетью для увлажнения дождеванием машинами ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70 и ДДН-100;
- с закрытой осушительной сетью и стационарной или передвижной сетью трубопроводов, в том числе с применением гибких водоводов для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70 и ДДН-100, «Агрос»;
- с систематической сетью открытых каналов для увлажнения дождевальными машинами ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100;
- с закрытой осушительной сетью и дождеванием дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка», «Фрегат», «Кубань-ЛК», «Мини-Кубань», «Мини-Фрегат»;
- совмещенные закрытые осушительно-увлажнительные системы для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70, ДДН-100.

Подача воды в такие системы, а также замедление или прекращение сброса воды из регулирующей сети осуществляется шлюзами-регуляторами, которые устраивают на осушительных каналах. Глубину магистральных каналов принимают в пределах 1,5-3 м, уклон – не менее 0,0002. Длина транспортирующих собирателей – до 2,5-3 км; расстояния между ними при поливе дождеванием назначают с учетом использования дождевальной техники: при увлажнении с помощью машины ДДА-100М расстояния должны быть кратными 120 м, при применении машины ДДН-70 – кратными 90 м, для машин типа «Волжанка», «Фрегат», «Кубань-ЛК» в зависимости от принятой модификации, ми-

нимальная ширина магистральных и других проводящих каналов по дну 0,3-0,5 м, минимальная скорость воды в канале 0,3 м/с.

На мелкозалежных торфяниках с коэффициентами фильтрации более 0,7-1,0 м/сут при их использовании под культурные пастбища и высокопродуктивные сенокосы целесообразно применять осушительно-увлажнительные системы с подпочвенным увлажнением.

Вода в осушительные коллекторы подается под напором насосной станции. Управление водой в системе может быть автоматизировано.

Перспективны совмещенные закрытые осушительно-увлажнительные системы для увлажнения дождеванием машинами ДДН-70, ДДН-100 и водооборотные мелиоративные системы.

К совмещенным осушительно-увлажнительным системам относятся системы на базе закрытого дренажа и шлюзования, на базе закрытого дренажа и дождевания. В этих системах закрытые коллекторы осушительной сети используют в качестве распределителей для подачи воды на увлажнение. В таких системах дренажные коллекторы в период избытка влаги работают как осушительные, отводя воду в транспортирующую сеть, а в засушливые периоды – как увлажнительные: насосной станцией вода через каналы подается в закрытые коллекторы распределителей, из которых через открытые смотровые колодцы подается в дрены или собирается дождевальными машинами.

Таким образом, предложена усовершенствованная технология проектирования ОУС для центрального и южного районов Нечерноземной зоны РФ, которая позволит улучшить водно-воздушный режим переувлажненных почв и повысить урожайность с/х культур на 20 и более %, а также производительность труда на 15-20 %.

Список использованных источников

1. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение // Справочник под редакцией академика РАСХН Б. С. Маслова. – М.: «Ассоциация ЭКОСТ», 2001. – С. 606.
2. Печенина, В. С. Научно обоснованное районирование способов осушения агроландшафтов гумидной зоны Европейской части РФ [Текст] / Научно обоснованные рекомендации // В. С. Печенина, А. П. Соломина, Е. Б. Стрельбицкая, Е. В. Носова, Н. В. Айриян. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – С. 30.
3. Печенина, В. С. Технология глубокого рыхления с внесением химмелиорантов на осушаемых землях [Текст] / В. С. Печенина, Е. В. Носова. // Мелиорация: этапы и перспективы развития / Материалы междунар. науч.- производств. конференции. – М.: Изд.ВНИИА, 2006. – С. 123-131.

УДК 631.8

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ АГРОЛАНДШАФТОВ

Т.Ю. Пуховская, В.Ю. Павлов

ФГБНУ "ВНИИГиМим. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

В наше время одной из важнейших характеристик агроландшафта счита-

ется его устойчивость, обеспечиваемая, помимо прочего, научно обоснованным подходом к применению удобрений.

Известно, что одностороннее применение только органических или минеральных удобрений не может решить весь комплекс задач по воспроизводству почвенного плодородия. В связи с этим актуальным становится применение удобрений, содержащих как органическую, так и минеральную составляющие и сочетающих в себе достоинства органических и минеральных удобрений.

Применение только минеральных удобрений приводит к деградации почвенного покрова – повышается почвенная кислотность, увеличиваются потери гумуса в результате его минерализации, ухудшаются почвенная структура и защитные функции почвы. Благоприятное воздействие на вышеперечисленные показатели оказывают вносимые органические субстраты, среди которых достаточно перспективными являются сапропель и торф, значительные запасы которых имеются на территории нашей страны.

Сапропель обладает высокой водоудерживающей и низкой фильтрационной способностью. При взаимодействии с почвой он улучшает почвенную структуру, придает ей комковатость, рыхлость, увеличивая воздухопроницаемость [5]. Состав и структура сапропелей вполне позволяет использовать их для воспроизводства почвенного плодородия. Основными причинами их сравнительно невысокой эффективности является недостаточная питательная ценность. Так азотистые вещества представлены в основном труднодоступными для питания растений высокомолекулярными соединениями, прочно связанными с гуминовыми веществами. Содержание доступного фосфора очень низкое, а калия ничтожное, что приводит к необходимости внесения очень высоких доз удобрения при его использовании в чистом виде (Хохлов, 1991).

Различные виды торфа имеют высокое содержание органического вещества, но эффективность его применения ограничивается долгим сроком его минерализации. В торфе мало растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ [4, 5]. Кроме того, применение высоких доз торфа приводит к повышению почвенной кислотности. Поэтому использование торфа на удобрение в чистом виде малоэффективно и экономически не оправдано.

Торф и сапропель имеют недостаточное содержание легкодоступных питательных веществ. Для оптимизации содержания элементов минерального питания в смесь внесены минеральные удобрения. Помимо поступления в почву органического вещества и основных элементов питания растений (NPK) органоминеральное удобрение предполагает действие и других факторов повышения плодородия почвы. Так сапропели содержат в своем составе кремний, являющийся биофильным элементом, участвующим в ряде физиологических и биохимических процессов. Кроме того, от содержания аморфного кремнезёма в почве зависит формирование органоминеральных комплексов гумусовых веществ. Содержание легкоподвижного кремния в виде аморфного кремнезёма в сапропеле невысоко, поэтому по предложению профессора Л.В.Кирейчевой в состав многокомпонентного органоминерального удобрения добавлен аморфный диоксид кремния (аэросил А-300).

Многокомпонентное органоминеральное удобрение обеспечит формирование процессов гумусообразования и снижение барьера трансформации гуминовых веществ сапропеля в гумус почвы. Высокое содержание извести в сапропеле формирует устойчивую буферную систему ГВ-СаСО₃, что обеспечивает устойчивость почвы к неблагоприятным изменениям рН, снижение гидролитической кислотности, увеличение ёмкости катионного [2]. Наличие высокой сорбционной ёмкости карбонатного сапропеля и увеличение активных центров сорбции при внесении аморфного кремнезёма обеспечивают инактивацию неорганических и органических поллютантов.

Состав приготовленной в соответствии с этими требованиями смеси приведён в таблице 1.

Таблица 1 - Состав удобрительной смеси с учетом влажности торфа и сапропеля на 1 тонну смеси

Компонент органоминерального удобрения	Содержание на 1 т смеси с учетом влажности	Содержание в смеси, %
Сапропель (50% влажности), л	725	58
Торф (55% влажности), л	725	32,2
Хлористый калий (63,1% К ₂ О)	10	1
Суперфосфат (6% N, 26% P ₂ O ₅)	18	1,8
Аммиачная селитра (34,4% N)	20	2
Аэросил (А-300), кг	50	5

Для оценки эффективности действия органоминеральной удобрительной смеси (ОМУ) на растения нами был заложен модельный вегетационный опыт с ячменем (*Hordeum L.*) в качестве тестовой культуры. Он проводился по стандартной методике [1], на дерново-подзолистой супесчаной почве (рН-7,2, К₂О-65 мг/кг, Р₂О₅- 165 мг/кг, гумус 1,04 %) в пластиковых сосудах объемом 500 мл. В каждый сосуд помещалось по 540 г воздушно-сухой почвы, которая перемешивалась с органическими и минеральными удобрениями. В каждый сосуд высевалось по 5 семян ячменя на глубину 1см. Растения выращивались в условиях естественного фотопериода, освещенности и температуры. Повторность опыта трехкратная. Сосуды размещались рандомизированно в 1 ряд. Полив производился по массе до влажности, соответствующей 70% ПВ. Уборка урожая проводилась через 36 дней после посева. После высушивания зеленая масса взвешивалась.

Схема опыта:

Вариант 1. Контроль - почва без удобрений;

Вариант 2. Минеральные удобрения – аммиачная селитра + суперфосфат + хлорид калия N₇₀P₇₀K₇₀;

Вариант 3. Торфо-сапропелевая смесь 5 т/га;

Вариант 4. Торфо-сапропелевая смесь 10 т/га;

Вариант 5. Многокомпонентное органоминеральное удобрение 5 т/га.

Всходы появились 21.03.14. В ходе наблюдений нами было отмечено, что всходы на варианте 5 (ОМУ) опережали в своём развитии растения на других вариантах опыта (рис.1).



Рисунок 1 - Растения в разных вариантах вегетационного опыта после 5-дневного развития

После уборки урожая было проведено определение величины надземной фитомассы растений ячменя (табл. 2).

Таблица 2 - Общая величина надземной фитомассы растений ячменя за период опыта (в сухом виде)

Варианты опыта	Зеленая масса, г/сосуд	Прирост, %	НСР
1. Контроль (без удобрений)	0,87	0	-
2. N70P70K70	1,01	16	0,2
3. Торфо-сапропелевая смесь 5т/га	0,73	-16	0,17
4. Торфо-сапропелевая смесь 10 т/га	0,97	11	0,32
5. ОМУ	1,25	44	0,35

По результатам модельного опыта мы видим преимущества варианта с органоминеральным удобрением (ОМУ) (вариант 5) в воздействии на скорость роста и развития растений ячменя по сравнению с другими вариантами. Вели-

чина зеленой массы растений здесь наибольшая. Прибавка зеленой массы от внесения ОМУ составляет 44 %.

Другие варианты по данному показателю уступают варианту 5. Минеральные удобрения, как и следовало ожидать, способствовали приросту надземной фитомассы ячменя по сравнению с контролем. Внесение же органических удобрений в сочетании с аэросилом А-300 в дозе, соответствующей 5 т/га, не оказало благоприятного воздействия на растения. Причём характер этого воздействия зависит от дозы данной органической смеси. При увеличении вдвое (доза соотв. 10т/га) наблюдается удобрительный эффект, сопоставимый с воздействием минеральных удобрений.

Вариант с ОМУ имеет статистически достоверную разницу по сравнению с контролем. Учитывая то, что влияние отдельных компонентов смеси (варианты 2, 3 и 4) по урожайности уступали варианту с ОМУ, мы можем предположить, что воздействие ОМУ на растения ячменя в тестовом опыте является не следствием действия отдельных компонентов, а результатом взаимодействия органических веществ сапропеля и торфа с аморфным кремнеземом и минеральных удобрений нового многокомпонентного удобрения, то есть наблюдается синергетический эффект.

В продолжение наших исследований сотрудниками ВНИИГиМ совместно с Мещерским филиалом был заложен полевой опыт на участке Тинки-2 ОПХ Полково Рязанского района. Результаты данного опыта в целом подтверждают результаты нашего исследования.

Таким образом, предлагаемое ОМУ является комплексным органоминеральным удобрением, содержащим в качестве матрицы органоминеральные кремнийсодержащие соединения, полученные в результате взаимодействия органических веществ карбонатного сапропеля и торфа с аморфным кремнеземом с добавлением минеральных удобрений.

Удобрение имеет близкую к нейтральной реакцию (рН – 6,7), содержит в своем составе 44,4 % органического вещества, а также азот (2 %), фосфор (1,6%), калий (1,4 %), и микроэлементы, является источником кремния. Удобрение предназначено для основного внесения под сельскохозяйственные культуры, для улучшения состояния деградированных земель и городских почв при посеве газонов.

Список использованных источников

1. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука. 1968. 266 с.
2. Л.В.Кирейчева, О.Б.Хохлова Сапропели и их использование в качестве удобрений и мелиорантов для повышения продуктивности земледелия /Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием “СИСТЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ В ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ” 17-19 сентября 2013г. Владимир, 2013
3. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение. Автореф. докт. д., 2008.- 34 с.
4. Хохлов В. А. Торф // Органические удобрения: Справочник. М.: Агропромиздат. 1988. с.61-65
5. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и

регуляторы роста растений. Майкоп., 2005.- 404 с.

УДК 631.95

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СПЕКТРОМЕТРА СПЕКТРОСКАН В АГРО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МОНИТОРИНГОВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ПОЧВ

Т.Ю. Пуховская*, **А.В. Пуховский****

* ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия;

**ФГБОУВО "РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева", г. Москва, Россия

Необходимость сохранения и восстановления земельного фонда страны в условиях повывисшейся в результате хозяйственной деятельности техногенной нагрузки требует применения информационных технологий для эффективного управления мелиоративными режимами и обоснованного выбора мероприятий по предупреждению и ликвидации уже имеющегося загрязнения почв тяжелыми металлами.

Основой информационного обеспечения реализуемых экологических проектов и программ является первичная информация о состоянии почвенного покрова в условиях загрязнения ТМ, получаемая по результатам мониторинга.

Среди контролируемых показателей состояния почв – индикаторов, выделяют две группы: химические (прямые), содержание ТМ в почве и поливной воде (при орошении) и педохимические (косвенные) показатели, характеризующие важнейшие химические свойства почв - гумус, кислотно-основные свойства (кислотность на осушаемых землях и щелочность на орошаемых землях), гранулометрический состав, ёмкость катионного обмена.

В данной работе рассматривается возможность применения рентгено-флуоресцентных спектрометров СПЕКТРОСКАН в осуществлении экспрессного контроля загрязнения ТМ почвы и других объектов агроэкосистемы, а также определения важнейшей почвенной характеристики, обеспечивающей её устойчивость к загрязнению – емкости катионного обмена.

Рентгено-флуоресцентный метод анализа (РФА) традиционно используется для экспрессного многоэлементного определения общего содержания тяжелых металлов во многих отраслях народного хозяйства.

Определение валового содержания химического элемента в почве является необходимым, особенно при изучении изменения состояния любого химического элемента при длительном воздействии какого-либо фактора - антропогенного или природного, а также при первичном обследовании почв в целях мониторинга. Именно поэтому особенно привлекательным выглядит возможность РФА - прямого, без использования реактивов, определения тяжелых металлов в почвах и других сходных по составу объектах (осадках сточных вод и других седиментах). Такой анализ для ОСВ и, начиная со среднего уровня загрязнения, для почв можно провести даже в условиях передвижной лаборатории, но при общем сравнении результатов прямого определения методом РФА с

данными стандартизованных методов, основанных на неполном кислотном вскрытии почв, возникают проблемы. К их числу относятся систематическое смещение результатов РФА относительно других более распространенных методов, и недостаточно высокая точность РФА для определения ТМ в незагрязненных и слабозагрязненных почвах.

Для широкого внедрения РФА принципиально то, чтобы наряду с возможностью экспрессного определения ТМ в сфере технологического контроля (например, ОСВ и компостов на их основе), для их сертификации и применения в сельхозугодиях, т.е. в сфере государственного надзора и контроля (Закон РФ об обеспечении единства измерений), обеспечить сопоставимость данных со стандартизованными методами.

Одним из методов, позволяющих улучшить условия определения низких содержаний токсичных элементов в почвенных пробах, является метод анализа сухого остатка от выпаривания почвенных экстрактов. Этот подход позволяет достичь единства измерений в области определения тяжелых металлов путем унификации методов экстракции для РФА и широко используемого метода атомно-абсорбционного анализа. Но выпаривание кислотного экстракта обычно дает гигроскопичный остаток, к тому же коррозионно-опасный. И если первое обстоятельство создает неудобство, то второе подвергает недопустимому риску дорогостоящую аппаратуру. Нам удалось решить проблему с гигроскопичностью выпаренного остатка за счет химического модифицирования, что позволило разработать методику для спектрометров СПЕКТРОСКАН (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr), пригодную как для анализа валового содержания, так и кислоторастворимых форм ТМ. Использование метода внутреннего стандарта позволяет учесть матричные эффекты при определении валового содержания и кислоторастворимых форм тяжелых металлов и мышьяка и проводить анализ по единой градуировочной функции для проб различного состава (1, 2).

Емкость катионного обмена (ЕКО) определяет реакцию и буферные свойства почвы и поэтому этот показатель имеет первостепенную важность при оценке устойчивости почв к загрязнению тяжелыми металлами. Но низкая экспрессность и сравнительно высокая трудоемкость стандартных методов определения ЕКО ограничивают их применение, особенно, в детальном картографировании. Нами изучалась возможность использования РФА для определения ЕКО на основе насыщения ППК стронцием с его последующим определением методом рентгено-флуоресцентного анализа. В основе данной методики определения ЕКО лежит тот же принцип насыщения почвы раствором двухвалентного катиона, что и в гостированной методике (ГОСТ 17.4.4.01). В нашем случае это стронций, так как этот элемент хорошо определяется рентгено-флуоресцентным методом и его естественным содержанием в почве можно пренебречь или учесть его предварительным измерением необработанной почвы.

Методика эксперимента. Высушенную до воздушно-сухого состояния и измельченную почву массой 0,5 г помещали в пробирки, для удаления ионов водорода из ППК добавляли 3 мл 1 М раствора ацетата натрия, взбалтывали,

отстаивали, надосадочную жидкость удаляли. Затем добавляли 3 мл 2 % (по стронцию) раствора хлорида стронция, тщательно перемешивали, отстаивали, удаляли надосадочную жидкость и повторяли обработку 3 раза. После этого суспензию переносили на фильтр, дважды промывали на фильтре дистиллированной водой. Осадок отжимали на фильтре и помещали в кювету спектрометра СПЕКТРОСКАН, разравнивали шпателем из титана и проводили измерение в соответствии с ОСТ в режиме количественного анализа с экспозицией 10 секунд на аналитическую линию при анодном напряжении 40 кВ.

Таблица 1 - Сопоставление измеренных и аттестованных значений ЕКО в ОСО почв

Стандартные образцы	ЕКО атт.	ЕКО	ЕКО атт.-ЕКО
18410	7,33	6,54	0,79
18505	4,6	3,86	0,74
18601	8,46	7,98	0,48
18604	29,9	29,09	0,81
18705	15,1	14,79	0,31
18806	9,19	8,69	0,5
19110	28,1	28,86	-0,76

Для проверки правильности методики использовали отраслевые стандартные образцы почв с аттестованными агрохимическими показателями (табл. 1).

Уравнение регрессии и значение коэффициента (рис.1) показывают, что предлагаемый метод дает практически несмещенное и достаточно точное значение ЕКО, хотя и несколько уступает в точности классическому методу. При этом затраты на проведение по предлагаемому методу намного меньше, что достигается за счет снижения массы пробы и уменьшения расхода на реактивы и утилизацию токсичных отходов. Некоторое огрубление результатов может произойти из-за небольшой навески, если она окажется непредставительной, но этого можно избежать хорошим усреднением и тонким измельчением почвенного образца. В оценке предлагаемого метода также следует учесть значительное повышение экспрессности и производительности, сокращении необходимых для работ площадей и других затрат.

При небольшой модификации метода, если насыщать почву раствором стронция без предварительной нейтрализации ППК ацетатом, можно получить еще одну почвенную характеристику – сумму поглощенных оснований, преимущественно состоящих в кислых почвах из суммы катионов кальция и магния. Проверка показала, что этот метод также неплохо согласуется со стандартными методиками, существенно снижая время и затраты на определение (табл.2).

Предлагаемые методики использованы при проведении вегетационных опытов, а также опробованы нами для изучения пространственного распределения почвенно-агрохимических характеристик в ДПО РГАУ-МСХА.

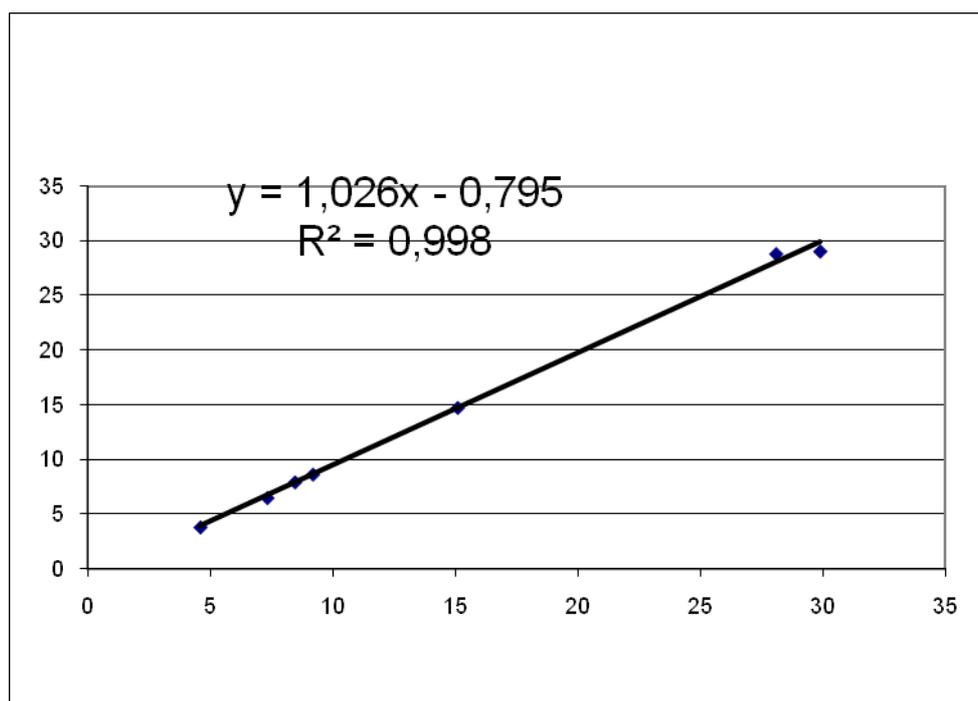


Рисунок 1 - Зависимость ЕКО от аттестованного значения

Таблица 2 - Определение суммы поглощенных оснований, мг-экв/100 г

Стандартные образцы	Ca+Mg атт.	Ca+Mg	разность
18410	3,03	3,22	0,19
18505	1,50	1,63	0,13
18601	5,36	5,60	0,24
18604	22,2	22,41	0,21
18705	12,1	12,26	0,16
18806	6,97	7,05	0,08
19110	20,6	21,2	0,6

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Рентгено-флуоресцентное определение тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) с использованием портативных спектрометров СПЕКТРОСКАН представляется перспективным техническим решением для организации технологического и государственного контроля загрязнения ОСВ и компостов на их основе, а также почв сельхозугодий, где они используются.

2. Разработана методика определения емкости катионного обмена и суммы поглощенных оснований с применением РФА. Принцип метода сходен с классическим. Он основан на насыщении ППК ионами стронция. Для определения суммы обменных оснований почва насыщается нейтральным раствором соли стронция, для определения ЕКО-буферным, с последующим прямым определением методом РФА. Результаты измерений по предлагаемой методике хорошо коррелируют с аттестованными значениями. Предлагаемая методика более экономна и экспрессна, чем общепринятые методы.

Список использованных источников

1. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю. Рентгено-флуоресцентный анализ в агроэкологическом мониторинге. М.: МГУ Природобустройства, 2010.-250 с.
2. Патент на изобретение RUS 2437083 16.09.2010. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю., Смирнов М.О., Сычев В.Г. Способ рентгено-флуоресцентного определения кислоторастворимых форм металлов в почве.
3. Пуховский А.В., Пуховская Т.Ю., Сафонов А.В. Методология и результаты исследования пространственной неоднородности агрохимических характеристик почвы в длительном полевом опыте. Агро XXI.- 2009, N 10-12. - с. 25-26
- 4.ГОСТ 17.4.4.01-84. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена.

УДК 626.8+631.674

НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОБЪЕКТА «ЗАВИДОВО»

П.И. Пыленок

Мещерский филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Рязань, Россия

В сложившихся условиях деградации гидромелиоративных систем (ГМС), построенных во второй половине прошлого столетия, а также усиления аридизации климата гумидной зоны России возникла практическая необходимость восстановления части ранее осушенных болотных ландшафтов для обеспечения, прежде всего, пожарной безопасности, экологической надежности и предотвращения дальнейшей деградации ГМС. Одной из причин, ускоривших практическое решение данной проблемы, послужили аномально засушливые условия 2010 г., приведшие к лесным и торфяным пожарам и повлекшим гибель людей.

Научно-обоснованная концепция восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» в результате строительства системы гидротехнических сооружений и выполнения других мероприятий с целью сохранения сложившейся инфраструктуры и поддержания естественного биоразнообразия разработана с учетом современных экологических требований к оценке уровня экологического состояния природных объектов, гидрологических и других природно-мелиоративных условий.

Объект представляет собой торфяное месторождение площадью 2483 га в границах Московской области (Клинский район) и Тверской области (Конаковский район), качество дренажных и поверхностных вод которого характеризуется превышением ПДК по железу общему (до двух раз) и нефтепродуктами (до 2...4 раз). На объекте выделяется четыре участка:

1. Торфяное месторождение Завидовское (у пос. Новозавидовский);
2. Торфяное месторождение Чистый мох (у пос. Туркмен);
3. Северный участок торфяного месторождения №203 в 3 км на ЮЗ от Выгол;
4. Южный участок торфяного месторождения №203 в 6 км на ЮЗ от

Выголи.

В концепции предусматривается, что при восстановлении (ренатурализации) болотных экосистем, нарушенных в результате осушения для целей торфодобычи, в качестве главной цели ставится обеспечение экологической устойчивости ландшафтов и пожарной безопасности в отношении лесных и торфяных объектов.

Основным методом ренатурализации осушаемых болотных массивов выбрана подача недостающего для обеспечения процесса заболачивания количества воды путем субирригации и (или) поверхностного затопления.

В качестве способа ренатурализации предлагается перераспределение по территории и во времени гидрологических ресурсов водосборов с помощью использования существующей осушительной сети и создания специальной рециклинговой системы гидротехнических сооружений и искусственных водных объектов путем сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения).

Для достижения главной цели определены базовые принципы обеспечения экологической устойчивости.

1. *Принцип адекватности.* Система гидротехнических сооружений и других мероприятий, направленных на восстановление осушаемого болотного ландшафта должна функционально соответствовать функциям биосферы, т.е. быть адекватной природным закономерностям окружающей природной среды. В результате реализации комплекса мероприятий по восстановлению болотной экосистемы должна сформироваться новая природно-техногенная система, имитирующая функции биосферы и обеспечивающая более эффективное использование болотных биоэнергетических ресурсов.

2. *Принцип совместимости.* Элементы и сооружения проектируемой гидромелиоративной системы (ГМС) следует создавать с учетом природно-антропогенной совместимости. Элементы территории восстановленной болотной экосистемы должны быть органически взаимосвязаны и представлять единую систему, согласованную со строением природных комплексов и заповедной деятельностью.

3. *Принцип пространственного и видового разнообразия.* В соответствии с данным принципом проектирование комплекса восстановления болотных экосистем должно быть направлено на достижение максимального пространственного и видового разнообразия. Чем сложнее и разнообразнее будет структура ренатуризуемого болотного ландшафта, тем выше его устойчивость и способность противостоять различным внешним воздействиям. Такой ландшафт будет обладать более высокой способностью к самовосстановлению и самоочищению.

4. *Принцип оптимизации структуры и соотношения элементов ландшафта.* При структурировании восстанавливаемого болотного ландшафта следует грамотно выбрать место и определить площади элементов экологического каркаса, состоящего в данном случае из лесо-кустарниковых компонентов, лугово-болотных урочищ, водных объектов, а также отдельных таксонов редких и ох-

раняемых видов растительности и экологических ниш для представителей животного мира.

5. *Принцип первоочередного использования возобновляемых природных ресурсов в целом и водных ресурсов в частности.* Исходя из этого принципа, приоритет первоочередного использования принадлежит речному стоку (внутри ГМС – дренажному стоку), возобновляемость которого составляет 45,1%, затем ресурсам почвенной влаги, возобновляемость которых составляет 32,5%.

Технические решения. В качестве общих технических решений предлагается создание:

- Комплекса гидротехнических сооружений, включающих дамбы ограждения и дамбы обвалования, шлюзы-регуляторы, водоподпорные и водопропускные сооружения, мелиоративные каналы, эксплуатационные сооружения.

- Водооборотных гидромелиоративных систем рециклингового типа, включающих каскадные каналы-накопители и пруды-накопители поверхностных и дренажных вод, оборудованные автоматическими устройствами для впуска и выпуска дренажных вод, обеспечивающие экологическую эффективность и пожарную безопасность болотных экосистем и прилегающих территорий;

- Комплекса предотвращающих, ограничивающих и компенсирующих мероприятий по регулированию водного режима болот и прилегающих к ним территорий с помощью гидромелиоративных, агромелиоративных, ландшафтно-мелиоративных, биологических и иных способов.

Разовый объем водоподачи для обводнения, которой зависит от биологических и водно-физических свойств торфа, может быть определен по формуле:

$$V = \mu(H_o - H_\sigma) = \mu\Delta H, \quad (1)$$

где V – объем воды вытекающей из почвы под действием сил гравитации на единицу площади, м; μ - суммарный коэффициент водоотдачи в долях единицы; H_o – глубина залегания уровня грунтовых вод от поверхности земли на участках осушения, м; H_σ – глубина залегания уровня болотных вод от поверхности земли в естественном состоянии, м.

Для оценки потребности в воде для целей ренатурализации необходимы значения водоотдачи торфа и данные о снижении уровня грунтовых (болотных) вод (ΔH) под действием осушения. Коэффициент суммарной водоотдачи низинных торфов составляет 0,05...0,24 [2]. В специальных определениях в торфяных лизиметрических монолитах на Вожской осушительной системе суммарная водоотдача по нашим данным составляет 0,2...0,25.

Используя эти данные и учитывая, что норма осушения по Б.С. Маслову (1980) и В.Я. Черненко (1984) для трав принята равной 0,5...0,7 м, для лесов 0,3...0,5 м (Сабо и др., 1981), выполнены расчеты объемов воды для ренатурализации осушаемых болот, осуществляемой путем субиригации, которые составляют 1400...2400 м³/га для полного обводнения и 400...1400 м³/га при восстановлении грунтовых вод до нормы лесосушения. В случае поверхностного затопления приведенные значения должны быть увеличены на объем слоя зато-

пления. Размер этого увеличения определяется путем умножения площади затопления на среднюю глубину слоя затопления.

Чтобы установить водноресурсные возможности увлажнения или затопления осушаемых торфяно-болотных почв предлагается использовать выполненное нами ранее (Пыленок, 2011) гидрологическое обоснование гидромелиоративных рециклинговых технологий, которое позволяет оценить надежность внутренних водных ресурсов не только для целей увлажнения, но и для пожарной безопасности мелиорируемого агроландшафта. Для расчетов было предложено выделять три типа гидромелиоративного рециклинга: оперативный, сезонный и многолетний. Соответствующие расчетные зависимости приведены в работах [9,10,11].

Технологии. По нашим данным [11] следует выделять следующие технологии ренатурализации болот:

1. Засыпка существующих каналов регулирующей и проводящей сети;
2. Подача воды в каналы проводящей (регулирующей) сети из внешних источников (непрерывное или циклическое шлюзование):
 - а) с устройством глухих земляных перемычек на каналах;
 - б) с использованием подпорно-регулирующих сооружений;
3. Поверхностное (лиманное) затопление по системе каналов, борозд и чеков;
4. Управление водным режимом болот методом шлюзования с использованием внутренних водных ресурсов водосбора;
5. Рециклинговые технологии управления водным режимом с созданием каскадных каналов-накопителей и/или прудов-накопителей дренажных вод с использованием исключительно внутренних водных ресурсов водосбора [6].

По первым трем технологиям происходит практически двойное удорожание затрат, поскольку окончательно обесцениваются прошлые затраты в осушение болот. Поэтому они целесообразны только в исключительных случаях, например, для обеспечения безопасности жизнедеятельности при отсутствии других вариантов. Кроме того, по второй технологии требуются значительные объемы земляных работ. Высокие затраты воды снижают достоинства технологий № 2 и №3. Технология затопления может быть использована на болотах котловинного типа с выровненной поверхностью и небольшими уклонами. В частности на объектах «Северный участок торфяного месторождения №203 в 3 км на ЮЗ от Выголи» и «Южный участок торфяного месторождения №203 в 6 км на ЮЗ от Выголи».

Реализация других технологий требует или восстановления существующих гидротехнических сооружений на сети (№4), которые в большинстве своем разрушены, или создание новых (№5).

Наиболее прогрессивной, но наименее разработанной является рециклинговая технология. Отметим, что технологии осушения основаны на принципе *слияния* водных потоков (осушитель – собиратель – транспортирующий канал), а технологии орошения на принципе *разделения* (бифуркации) водных потоков (транспортирующий канал - распределительный - увлажнительный). Логично,

чтобы гидромелиоративный рециклинг объединил в себе оба упомянутых принципа. С учетом этого была разработана и запатентована конструкция такой системы (Пыленок и др., бюл.№21, 2004), состоящая из каскадно расположенных каналов-накопителей, каждый из которых в истоковой части оснащен регулятором уровня воды нижнего бьефа, что обеспечивает водоподачу при снижении в нем уровня воды (рис. 1). В устьевой части канала для разделения его с нижерасположенным модулем устраивается земляная перемычка с водовыпуском донного типа (на выходе которого – регулятор нижнего бьефа) и отводящий канал с регулятором уровня воды в верхнем бьефе.

По такому же принципу могут быть устроены водоемы-накопители, обвалованные карты-накопители дренажных и поверхностных вод, вода из которых может использоваться выработанных торфяников.

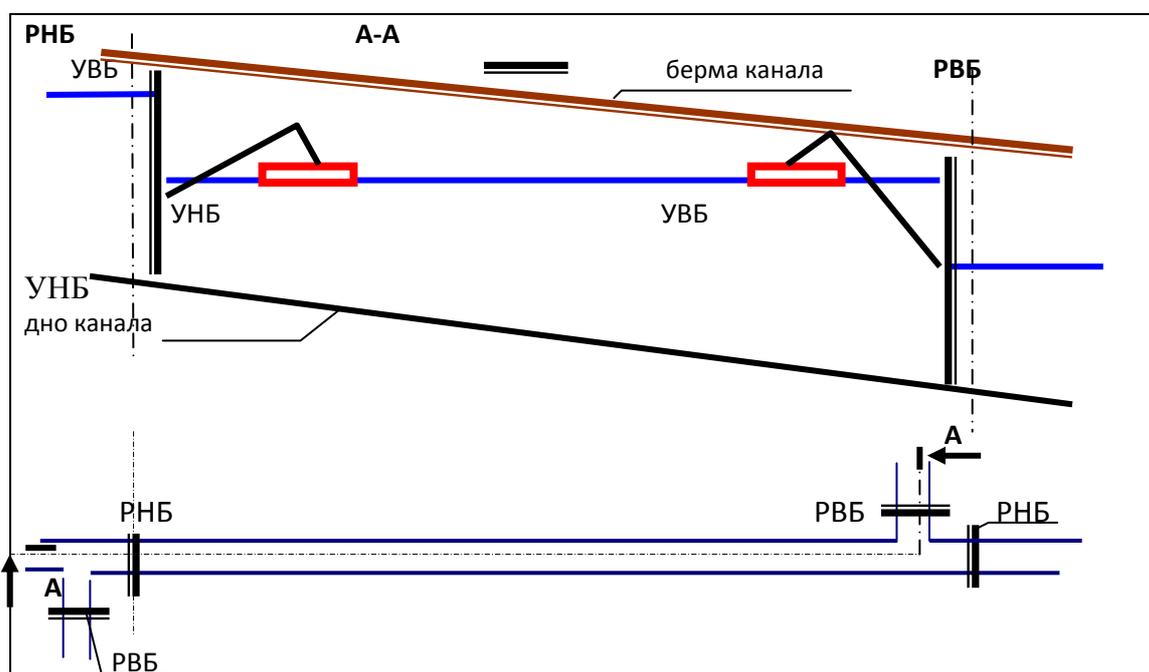


Рисунок 1 - Канал-накопитель дренажных вод:

УВБ - уровень верхнего бьефа; УНБ - уровень нижнего бьефа; РВБ – регулятор верхнего бьефа; РНБ - регулятор нижнего бьефа

Природоохранные мероприятия. Состав природоохранного комплекса следует определять на основе прогнозных расчетов изменения экологической ситуации в мелиорируемом агроландшафте при его ренатурализации. В этом комплексе предлагается выделять три группы:

- *предотвращающие* технологии и мероприятия, направленные на причинные факторы влияния и полностью их устраняющие или многократно снижающие (например, паспортизация участков с их сравнительной оценкой и выделением участков покрытых древесной растительностью для целей сохранения растительных ресурсов и создания экологических ниш для фауны; устройство лесополос из лиственных пород (береза, тополь и т.п.) перпендикулярно господствующим ветрам летнего пожароопасного сезона);

- *ограничивающие*, направленные также на причинные факторы, но лишь частично ограничивающие их действие (например, адаптивный режимы осушения лесных участков с нормой осушения 0,3-0,5 м от поверхности; культивирование болотных растений эрикоидного типа: багульник болотный, кассандра, или хамедафна болотная, растений семейства вересковых (Ericaceae s. l.); нанесение защитной пленки из растительных масел или других экологически безопасных веществ на водную поверхность болота; создание экологических коридоров для миграции сухопутных видов фауны с затопляемой территории на сухоходольные прилегающие земли;

- *компенсирующие*, которые направлены на следственные проявления антропогенного влияния и полностью или частично компенсируют их негативные последствия (например, повышение влагоемкости почв внесением химмелиорантов, узкозагонная вспашка поперек склонов, снегозадержание; ландшафтные мелиорации, замена гидрофильных луговых сообществ в подзоне уменьшения влажности почв на ксерофитные агроценозы, или лесные, коренное улучшение лугов, омоложение лесов и др).

Целевые критерии. В результате реализации проекта восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» предполагается формирование устойчивого экологического каркаса, включающего собственно болотные комплексы, водные объекты и лесные фитоценозы.

В группе мелиоративно-гидрологических показателей следует выделить площади затопления и высоту слоя воды над поверхностью торфа, в различных гидрометеорологических условиях; для облесенных участков – допустимые сроки весеннего затопления и норму осушения.

Для водных объектов – минимальную глубину воды, при которой быстро развиваются процессы эвтрофирования, ведущие к ухудшению качества воды и зарастанию водоемов, а также соответствие объемов воды для осуществления затопления и для целей пожаротушения.

В сфере экологии и охраны окружающей среды – соответствие определенному уровню экологического нормирования, коэффициенты экологической устойчивости, наличие соответствующих мероприятий по охране флоры и фауны. Уровень экологического состояния болотных экосистем должен соответствовать показателю «норма» и не выходить за границы показателя «риск».

Ожидаемая эффективность. Реализация проекта восстановления болотных экосистем объекта «Завидово» не сулит прямых материальных выгод, которые могут быть определены в денежном выражении, вместе с тем он обеспечит получение экологического эффекта и эффекта предотвращения ущерба в окружающей природной среде от возникающих пожаров, сохранения лесов и торфонакопления.

Реализация концептуальных положений в проекте и строительстве обеспечит следующие эффекты:

1. Воспроизводство торфа;
2. Увеличение прироста леса на мелиорируемых и прилегающих землях;
3. Снижение поверхностного стока и предотвращение ветровой и водной

- эрозии;
4. Уменьшение выноса продуктов эрозии и степени загрязнения ими водоемов;
 5. Улучшение качества поверхностных вод;
 6. Повышение экологической устойчивости;
 7. Снижение рисков возникновения пожаров и повышение гидрологического обеспечения их тушения.

Список использованных источников

1. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). – М.: Агропромиздат, 1990. – 60 с.
2. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
3. Маслов Б.С., Минаев И.В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. - 271с.
4. Маслов Б.С., Минаев И.В. Осушительные системы XXI века. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 80 с.
5. Определение расчетных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83.
6. Осушение и освоение земель/Труды Мещерской зональной опытно-мелиоративной станции. – М.: Московский рабочий, 1972. - 348 с.
7. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Способ мелиорации переувлажненных сельскохозяйственных земель.//Патент РФ №2233074, Бюл. №21, 2004.
8. Пыленок П.И., Бородычев В.В., Салдаев А.М. Осушительно-увлажнительная мелиоративная система.//Патент РФ №2233075, Бюл. №21, 2004, №5, с.35-38.
9. Пыленок П.И. Водооборотные мелиоративные системы в условиях субгумидной зоны//Мелиорация и водное хозяйство, 2004.
10. Пыленок П.И. Эволюция гидромелиоративной парадигмы в зоне избыточного и неустойчивого увлажнения//Инновационные технологии в мелиорации. Материалы международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – С. 146 - 151.
11. Пыленок П. И. Ренатурализация осушенных болот: гидрологические предпосылки и технологии [Текст] / П. И. Пыленок // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. - №1. – С. 38 – 42.

УДК 633.2.582.972.581

КАМФОРΟΣМА ЛЕССИНГА (*CAMPHOROSMA LESSINGII*) – ЦЕННОЕ КОРМОВОЕ РАСТЕНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Ч.А. Пюрвенов, Н.З. Шамсутдинов

ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Многолетними исследованиями Всероссийского научно-исследовательского института кормов имени В.Р. Вильямса и Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Калмыцкого научно-исследовательского института сельского хозяйства и других научных учреждений подобраны перспективные виды кормовых

растений для обогащения состава растительности пастбищ и восстановления их продуктивности. Одним из таких перспективных, исключительно ценных пастбищных растений является полукустарничек камфоросма Лессинга (*Camphorosmalessingii* Litv.) из сем. *Chenopodiaceae* (1-5).

Сено из камфоросмы Лессинга характеризуется довольно высокой питательностью и энергонасыщенностью - оно содержит в 1 кг 0,61 корм. ед., 8,60 МДж обменной энергии - и высоким содержанием сырого протеина и сырого жира (табл.1). Очень высокой питательностью отличаются листья и особенно плоды камфоросмы. Так, листья содержат 18,4% сырого протеина, 10,2% сырого жира, 11,33 МДж обменной энергии и 1,05 корм. ед. в 1 кг сухого вещества, а плоды соответственно 42,6%, 18,0%. 14,94 МДж ОЭ и 1,84 корм.ед.

Таблица 1 - Биохимический состав сена камфоросмы Лессинга в фазе плодоношения (% от абс. сух. вещества)

Сено и его компоненты	Сырая зола	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	ОЭ, МДж в 1 кг СВ	Корм. ед. в 1 кг СВ
Сено	7,05	13,3	5,80	32,6	41,2	8,60	0,61
Листья + бутоны	10,4	18,4	10,20	20,3	41,1	11,33	1,05
Побеги	4,70	6,1	1,90	37,0	50,3	8,33	0,57
Плоды	4,20	42,6	18,0	7,89	27,3	14,98	1,84

Таким образом, осенью сухая масса камфоросмы Лессинга является одним из лучших нажировочных кормов для овец и других видов животных.

Учитывая высокие кормовые свойства, экологическую устойчивость к засухе и засоленности, проведены полевые опыты с целью подбора перспективных форм камфоросмы Лессинга для использования в технологиях восстановления продуктивности деградированных полупустынных пастбищ. Для опыта было отобрано 10 образцов камфоросмы Лессинга, собранных на территории Астраханской области и Республики Калмыкия.

Фенологические наблюдения за посевами показали, что всходы появляются в конце апреля – начале мая, бутонизация отмечена в первых числах (2-3) августа, цветение - с середины августа, массовое плодоношение приходится на октябрь месяц. Конец вегетации – середина-конец ноября. Вегетационный период составляет 219-222 дня. Даже под снегом укороченные розеточные побеги остаются зелеными, являясь источником зеленого корма.

Полевая всхожесть камфоросмы колебалась в пределах от 41 до 46%; это достаточно высокий показатель, который связан с высокой полноценностью семян и своевременной их уборкой в оптимальные сроки.

В первый год жизни плотность растений камфоросмы составляла от 17,4 до 20,6 тыс. шт./га в зависимости от условий происхождения образца. В последующие годы плотность растений снижается, но к седьмому году составила от 12,8 до 16,3 тыс. шт./га.

В зависимости от возраста и происхождения образцов выживаемость растений составила на втором году жизни 96-98%, третьем – 94-97, четвертом – 90-96, пятом – 75-89, шестом – 73-87 и седьмом году – 70-84%. Основная гибель растений приходилась на зимний период. В целом камфоросма отличалась довольно высокой выживаемостью всходов и растений. В среднем по 8-ми образцам плотность и выживаемость растений камфоросмы снижались от первого года к седьмому на 25%.

Растения камфоросмы первого года жизни к концу вегетационного периода достигли 12,7-18,8 см высоты. К третьему году жизни высота растений камфоросмы находилась в пределах 31,0-36,2 см. В последующие годы вегетации высота растений незначительно возрастала и к концу седьмого года составляла от 36,2 до 38,7 см. После окончания вегетации генеративные побеги усыхают на две трети по длине. В целом все представленные образцы камфоросмы хорошо росли и развивались. Резких различий среди испытываемых популяций не обнаружено. Разница в росте между образцами составляла 2,5-3,5 см. В среднем по 8-ми образцам прирост побегов камфоросмы составил в первые три года 11,1 см.

Корневая система камфоросмы сильно разветвленная и достаточно мощная. В условиях светло-каштановой почвы в первый год жизни корни ее проникают на глубину 76-81 см. На четвертом году жизни корневая система углубляется до 190 см. Главный корень в слое 27-32 см разветвляется на 7 дополнительных корней, уходящих на глубину 124-130 см, делясь на более мелкие и заканчивающиеся в этом горизонте. В верхнем горизонте на глубине 12-34 см в разных горизонтальных направлениях отходят 8 вспомогательных корней, которые используют влагу весенних атмосферных осадков. Таким образом, корневая система камфоросмы на 4-й год жизни достигает 190 см глубины, а высота надземной части находится в пределах 38-40 см. Соотношение надземной и подземной части составляет 1:4.

Камфоросма в условиях культуры является довольно высокоурожайным кормовым растением. В условиях аридной зоны Поволжья урожайность ее в первый год вегетации колебалась от 3,6 до 5,2 ц/га сухой кормовой массы в зависимости от происхождения (табл. 2). Урожайность камфоросмы в зависимости от возраста, метеорологических условий, площади питания и приемов агротехники уже со второго года вегетации составляла 6,8-10,1 ц/га, третьего – 13,8-16,1, четвертого – 13,9-16,9, пятого – 15,4-19,7, шестого – 16,4-19,3 и седьмого – 16,1-19,0 ц/га сухой поедаемой кормовой массы.

Среди испытываемых образцов наивысшей продуктивностью (19,0 ц/га на 7-й год жизни) отличался экотип из Астраханской области (район п. Начало), наименьшей – из Астраханской области Икрянского района (16,1 ц/га – 7-й год жизни). Выявлено, что в первые 2 года нарастание урожая происходит более медленно, чем в последующие (соответственно 4,9-7,9 ц/га и 14,5-17,6 ц/га сухой массы).

Таблица 2 - Продуктивность камфоросмы Лессинга по годам в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия

Происхождение образцов камфоросмы Лессинга	Поедаемая сухая кормовая масса, ц/га							Среднее за 7 лет
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	6-й год	7-й год	
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, незасоленные почвы	4,5±0,3	7,6±0,8	14,4±1,8	13,9±0,8	15,9±3,1	16,4±2,4	16,1±2,1	12,7
Астраханская обл., Приволжский р-он, светло-каштановые, суглинистые, средnezасоленные почвы	4,9±0,7	9,6±0,5	15,1±1,6	14,3±1,7	16,3±2,2	16,8±1,3	16,9±1,7	13,4
Астраханская обл., Приволжский р-он, светло-каштановые, суглинистые, слабозасоленные почвы	4,1±0,5	7,7±1,0	14,0±1,9	15,8±1,4	19,7±1,8	19,3±1,9	18,8±0,9	14,2
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, засоленные солонцовые почвы	3,8±0,4	6,9±1,2	13,9±2,1	14,1±0,6	16,1±0,9	16,5±1,2	17,0±3,1	12,6
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые почвы	5,2±1,0	10,1±0,4	15,1±1,8	16,0±0,5	17,7±1,7	18,3±0,7	18,2±1,9	14,4
Астраханская обл., Икрянский р-он, светло-каштановые, гипсовые, слабозасоленные почвы	3,6±1,2	6,8±0,5	13,8±1,3	14,6±1,3	15,4±1,5	16,9±1,6	16,7±1,8	12,5
Астраханская обл., р-он п. Начало, светло-каштановые, суглинистые, засоленные почвы	5,3±0,9	9,7±1,3	16,1±1,2	16,9±1,5	18,0±1,8	18,7±0,9	19,0±0,7	14,8
Среднее	4,9	7,9	14,6	15,1	17,0	17,6	17,5	13,5

Результаты семенной продуктивности камфоросмы, собранной в различных почвенно-климатических условиях, представлены в таблице 3.

Первый год вегетации особи камфоросмы плодоносят единично – 18-21%. Во второй год жизни урожайность семян достигает 0,3-0,4 ц/га. В последующие годы семенная продуктивность ее увеличивается. На шестой год масса семян стабилизируется и колеблется в зависимости от образца от 1,01 до 1,18 ц/га.

Одним из приемов повышения семенной продуктивности камфоросмы являются мероприятия по уходу за посевами и борьба с сорной растительностью.

Таблица 3 - Семенная продуктивность различных образцов камфоросмы Лессинга

Происхождение образцов камфоросмы Лессинга	Урожайность, ц/га семян				Среднее за 4 года
	3 год	4 год	5 год	6 год	
Астраханская область, Икрянский район	0,81±0,02	0,94±0,04	1,06±0,1	1,18±0,08	0,99
Астраханская область, Приволжский район	0,70±0,03	0,85±0,05	0,98±0,06	1,14±0,06	0,92
Астраханская область, район п. Начало	0,72±0,01	0,81±0,05	0,89±0,07	1,06±0,04	0,87
Калмыкия, район г. Лагань	0,63±0,01	0,74±0,03	0,85±0,1	1,01±0,05	0,81

Таким образом, камфоросма Лессинга является ценным пастбищным растением для восстановления продуктивности деградированных полупустынных пастбищ. Наиболее продуктивным экотипом среди испытанных образцов, устойчивым к засолению и засухе, является пустынно-луговой экотип из района п. Начало Астраханской области, который в среднем за 7 лет, включая первый год жизни, сформировал 14,8 ц/га сухой кормовой массы, что в 4-5 раз превышает урожайность природных пастбищ.

Список использованных источников

1. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Биогеоценология восстановления и повышения продуктивности пастбищных экосистем. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – №3. – С. 37-38.
2. Шамсутдинов З.Ш. Смена парадигм в селекционной стратегии кормовых культур. Кормопроизводство. – 2007. – №5. – С. 24-27.
3. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов на аридных территориях России. Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – С. 21-24.
4. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Учение Н.Т. Нечаевой о пустынных пастбищах. Аридные экосистемы. – 2010. – Т. 16. – №. 42. – С. 11-29.
5. Shamsutdinov N., Shamsutdinov Z. Halophytes Utilization for Biodiversity and Productivity of Degraded Pastures Restoration in Arid Regions of Central Asia and Russia // Biosaline Agriculture & High Salinity Tolerance. Ed.: Chedly Abdelly, Munir Ozturk, Muhamed Ashraf and Claude Grignon. – Birkhauser Verlag/Switzerland, 2008. – P. 293-240.

УДК 631.671:631.43:556.01

СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА

А.Д. Рябцев, Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева

РГП Казгипрорводхоз, г. Алматы, Казахстан;

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Республика Казахстан расположена в Центральной Азии в центре Евразийского материка и занимает девятое место в мире по размеру своей территории, то есть 2.72 млн. км²[1].

Для Казахстана характерно большое разнообразие климатических условий, резко выраженная континентальность со значительными колебаниями температур, сухость воздуха, малое количество атмосферных осадков.

Территория Казахстана ограничивается с юга изолинией суммы температур (выше +10°C) 4600°C (метеостанция Шардара), с юга-запада - 3600°C (метеостанция - Актау), с запада - 2200°C (метеостанция - Уральск), с севера - 1700°C (метеостанция Петропавловск), с северо-востока - 2600°C (метеостанция Семей), с востока - 2800°C (метеостанция Зайсан) и с юго-востока 3200°C (метеостанция Жаркент), а в горной части в зависимости от вертикальной зональности температура уменьшается до 700°C (метеостанция Мынжылки).

Для северной части Казахстана в целом характерно незначительное поступление солнечной энергии ($R=146.6-159.2$ кДж/см²), максимальное же значение оно достигает на юге республики ($R=241.3-286.6$ кДж/см²), постепенно снижаясь до 153.4 кДж/см² в горных степях страны.

Почвенный покров Казахстана имеет четко выраженную зональность и высотную поясность.

Ресурсы поверхностных вод Казахстана в средний по водности год составляют 100.5 км³, из которых только 56.5 км³ формируются на территории республики. Остальной объем 44.0 км³ поступает из сопредельных государств: Китая – 18.9 км³; Узбекистана – 14.6 км³; Кыргызстана – 3.0 км³; России – 7.5 км³.

По водообеспеченности Казахстан занимает одно из последних мест среди стран СНГ. Удельная водообеспеченность равна 37 тыс. м³ на км² и 6.6 тыс. м³ на одного человека в год.

Земельный фонд Казахстана – 272.5 млн. га, из них 222991.8 тыс. га – сельскохозяйственные угодья, в том числе 33897.7 тыс. га пашни, 1707.6 тыс. га залежей, 105.6 тыс. га многолетних насаждений, 7676.1 тыс. га сенокосов, 179514.8 тыс. га пастбищ, 184.7 тыс. га приусадебной земли и 8435.8 тыс. га леса, что в определенной степени определяют экологическую стабильность ландшафтных систем региона.

Анализ истории развития орошаемых земель в период 1960-2010 гг. в Казахстане показал, что в период 1960-1985 гг. для обеспеченности продовольственной конкурентоспособности страны в мире были освоены не только высокопродуктивные, но и малопродуктивные земли, требующие больших материальных ресурсов, то есть площадь орошаемых земель увеличилась 2.5 раза, и охватила все водохозяйственные бассейны. Только после распада СССР во всех союзных республиках, и в том числе в Казахстане, площадь орошаемых земель сократилась от 2.5 до 1.2 млн. га [1].

При этом нормы водопотребности сельскохозяйственных культур стали в 1.5-2.0 раз больше, чем испаряющая способность природной системы. Вынос солей с горной части на равнину составил в современных условиях 72.79 млн.т

в год. Увеличилось и поступление солей с атмосферными осадками с 28.88 до 57.76 млн. т в год. Общее поступление солей на равнинную часть территории увеличилось с 101.67 до 130.55 млн.т в год или в 1,4 раза, что естественно отразилось на геохимическом режиме региона и в первую очередь на орошаемых землях.

В результате увеличилась интенсивность геологического круговорота воды и химических веществ в сравнении с естественным в 500 раз, что привело к изменению почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель, особенно в Арало-Сырдаринском, Шу-Таласском и Балхаш-Алакольском водохозяйственных бассейнах Казахстана, где площадь средне- и сильно засоленных почв в сравнении с 1960 годом к 2010 году увеличились от 25 до 60 %. Это в определенной степени повлияло на эколого-мелиоративную устойчивость, а также на уровень техногенного нарушения и эколого-экономическую стабильность агроландшафтов.

Таким образом, вместо нормы транспирационной способности растений появились биоклиматические, мелиоративные и мелиоративно-промывные нормы водопотребности сельскохозяйственных культур, ставшие причиной создания водоемких систем орошения в СССР и в том числе в Казахстане, то есть научный прогресс не смог сформировать механизм разработки высокоэффективных и экологически приемлемых ресурсосберегающих технологий и технологических схем орошения [2].

Начиная с середины XX века масштабы и сила воздействия антропогенной деятельности в результате мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане настолько возросли, что обусловленные ими изменения экологических условий природной системы, и в том числе ландшафтов, достигли глобального уровня. Сюда относятся изменение климата, истощение и ухудшение водных и земельных ресурсов, деградация почвенного покрова, потери устойчивости и стабильности агроландшафтов. Значительные нагрузки на почвенный покров геосистем привели к трансформации естественных почвенных процессов и ее деградации, то есть изменились направления почвообразовательного процесса от сероземного к сероземно-луговому, луговому, лугово-болотному [3-4].

Деградационные изменения привели к нарушению эволюции геосистем и в ряде случаев потере ресурсо- и средовоспроизводящей функции ландшафтов Казахстана.

Общая тенденция современного развития природопользования и природообустройства в мире заключается в создании условий для стабильного управления биологическим и геологическим круговоротами воды и химических веществ в природной системе при антропогенной деятельности. Однако во второй половине XX века в связи с чрезмерным увеличением антропогенной нагрузки на агроландшафты планеты ограничения экологического характера стали играть определяющую роль в развитии системы «человек-природа». Для устойчивого развития природно-социальных систем стала очевидной необходимость установления гармоничных взаимоотношений между всеми компонентами окружающей природной среды и в перспективе – совместная их эволюция.

Поэтому, при мелиорации сельскохозяйственных земель всестороннего анализа природно-деятельностой системы как среды обитания человека, включающих биоклиматические оценки, как важного компонента жизнедеятельности, характеризующих комфортность природно-климатических условий, которые обеспечивают целенаправленную деятельность в условиях современного производства, являющиеся одним из важных аспектов системы природообустройства, которые требуют разработки новых принципов, методов и технологий адаптивно-ландшафтной мелиорации, обеспечивающих экологическое нормирование использования природных ресурсов, являются одной из основных проблем системы природопользования [5-7].

Для разработки теоретико-методологическую базу адаптивно-ландшафтного земледелия и мелиорации в Казахстане, обеспечивающих экологическое нормирование предельно-допустимого уровня использования природных ресурсов и принципов идеологии устойчивого развития требует необходимости решения следующих задач:

- комплексная оценка эколого-ресурсного потенциала природной системы как материального средства производства сельскохозяйственной продукции и жизнедеятельности человека;

- разработка и выбор интегральных критериев для оценки экологической продуктивности ландшафтов и биоклиматической комфортности природной системы для производственной деятельности человека;

- всесторонняя оценка деятельности мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане и их реализация, разработка методологического обеспечения, включающих модель биологического и геологического круговоротов воды и химических веществ, почвообразовательного процесса, оценки уровня техногенного нарушения, устойчивости и стабильности орошаемых агроландшафтов;

- разработка модели адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Казахстане, обеспечивающих эколого-ландшафтную устойчивость природной системы и создание кластеров адаптивного сельскохозяйственного производства с учетом экологических нормативов и требований среды обитания человека;

- разработка модели адаптивно-ландшафтной мелиорации по водохозяйственным бассейнам Казахстана на основе совершенствования принципов нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий и ресурсосберегающих технологий орошения, отвечающих техническим требованиям системы безотходных технологий производственного процесса;

- разработка системы управления адаптивно-ландшафтной мелиорации на основе регулирования направленности и интенсивности почвообразовательного процесса орошаемых агроландшафтов на основе закона эволюции.

При этом на основе их разработанные концепция, принципы и технологии адаптивно-ландшафтного земледелия и мелиорации должны стать методологической и информационно-аналитической базой экологического нормирования использования природно-ресурсного потенциала Казахстана, а также планируемой переработки нормативно-технической документации по регламентации мелиорации сельскохозяйственных земель.

Таким образом, на основе современных методологических принципов экологического обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель, на техногенно-нарушенных природных системах путем разумного дозирования мелиоративных нагрузок и обеспечения сбалансированного соотношения тепла и влаги, создать условия целенаправленного регулирования почвообразовательного процесса соответственно законам эволюции.

В этом случае, поэтапное улучшение энергетического баланса почвообразовательного процесса, синтез и разрушение органического вещества, усиление гумификации или ослабление минерализации, целенаправленное регулирование большого геологического и малого биологического круговоротов можно обеспечить с помощью комплекса мелиоративных, водохозяйственных и агротехнических мероприятий, руководствуясь благоприятными гидротермическими режимами орошаемых земель.

Для обеспечения экологической устойчивости ландшафтов при орошении сформированы принципы обоснования адаптивно-ландшафтной мелиорации и на основе разработанных моделей для оценки экологической емкости природной системы и техноемкости агроландшафтов определены зоны развития мелиорации сельскохозяйственных земель, то есть территория Казахстана разделена на две зоны, отличающиеся друг от друга социально-экономическими условиями, то есть зоны развития адаптивно-ландшафтной мелиорации с помощью государственных программ поддержки и с поддержкой частного инвестирования на основе коммерческой деятельности и введения нового понятия – нижнего предельно-допустимого уровня нормы водопотребности ($O_p^{ниж}$) – транспирации растений (T), обеспечивающей формирование биомассы и верхнего предельно допустимого уровня водопотребности ($O_p^{верх}$) - экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий ($O_p^э$), обеспечивающей целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях, которые следуют положить в основу разработки ресурсосберегающих технологий и технологической схемы орошения в перспективе [1; 4; 6].

На основе оценки экологической значимости составляющих элементов водного баланса орошаемых земель разработаны модели системы интегральных критериев, для оценки надежности технологии и технологических схем полива, а также мелиоративных систем, обеспечивающих создания высокоэффективных, безопасных и безотходных инновационных и позволяющих регламентировать технических средств и технологического комплекса для мелиорации сельскохозяйственных земель в перспективе.

Таким образом, разработанная система экологического нормирования предельно-допустимого уровня использования водных и земельных ресурсов Казахстана, базирующаяся на принципе адаптивно-ландшафтной мелиорации и разработанных моделей для определения транспирации растений и экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий, оценки экологиче-

ской значимости составляющих элементов водного баланса орошаемых земель и системы интегральных критериев, для оценки надежности технологий и технологических схем полива, а также мелиоративных систем, обеспечивает создания высокоэффективных, безопасных и безотходных инновационных производственных процессов и позволяет регламентированные технические средства и технологический комплекс для мелиорации сельскохозяйственных земель.

Список использованных источников

1. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 538 с.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане // Водное хозяйство Казахстана, 2006. - №1(13).- С. 7-10.
3. Рябцев А.Д., Мустафаев Ж.С. К проблеме эколого-экономического возрождения в низовьях реки Сырдарья // Водное хозяйство Казахстана, 2005. - №1(5).- С. 15-19.
4. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее. – Тараз, 2012. – 354 с.
5. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбаев Т.С., Сабденалиев А.М. Принципы создания экологически безопасных ресурсосберегающих технологий орошения агроландшафтов (Аналитический обзор) - Тараз, 2008. – 36 с.
6. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Козыкеева А.Т., Кененбаев Т.С., Сабденалиев А.М. Основные принципы нормирования водопотребности агроландшафтов // Водное хозяйство Казахстана, 2009.- №2. - С. 3-12.
7. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. - Тараз, 2007. - 218 с.

УДК 631.674.2:626.8(470.47)

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ЛИМАННОГО ОРОШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛМЫКИИ

М.А. Сазанов

Калмыцкий филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г.Элиста, Россия

Системы лиманного орошения (СЛО), находящие широкое распространение на Северном Кавказе, в Среднем и Нижнем Поволжье, а также в Казахстане являются надежными источниками получения качественных кормов для животных. На территории Калмыкии в настоящий период в эксплуатации находится свыше 37 тыс.га инженерных лиманов, из которых ежегодно используется только 21-27 тыс.га. Продуктивность их пока невысока. Сбор сена не превышает 40 тыс.т. Многие участки нуждаются в реконструкции [1-3].

Программой развития мелиорации сельскохозяйственных земель на территории республики предусмотрено к 2020 году довести площадь используемых лиманов до 56,1 тыс.га и валовой сбор сена – до 140 тыс.т. В целях достижения этих показателей необходимо провести реконструкцию имеющихся участков на площади 21,1 тыс.га, в том числе ремонт каналов – 343 км, ремонт земляных валов – 64,1 км и ремонт ГТС – 385 шт., а также строительство новых систем – 8,0 тыс.га [1,5].

В соответствии с общепринятыми классификациями [6, 7, 15] выделяется 9 основных типов лиманов, из которых в республике нашли применение пока только три. Основную часть (более 95 %) составляют инженерные многоярусные СЛЮ в замкнутых понижениях рельефа местности с подпиткой от каналов двух крупных оросительно-обводнительных систем – Сарпинской и Черноземельской, далее следуют лиманы комбинированного питания – от каналов ООС и местного паводкового стока и лиманы с подпиткой от сбросных вод из водохранилищ и прудов (табл.1).

Как показала практика строительства и эксплуатации систем лиманного орошения, основные их массивы на территории России представлены в конструктивном отношении элементами, разработанными в 50-70-е годы прошлого столетия. Стандарты того времени были рассчитаны на использование вод местного поверхностного стока с одноразовым затоплением, а нормативный уровень водообеспеченности СЛЮ принимался в пределах 25-50 %. Негативным примером этого является Калмыкия. В начале 60-х гг. здесь были построены крупные инженерные СЛЮ с обеспечением за счет вод местного стока с восточного склона Ергенинской возвышенности (около 40 тыс.га). По причине бессистемного строительства водоемов (прудов и водохранилищ), уже через 5-10 лет возник постоянный дефицит воды и данные площади были переведены в разряд богарных сенокосов. Практически все эксплуатируемые в настоящий период лиманные системы имеет ежегодную подпитку от каналов ООС, но по конструкции, позволяют осуществлять только затопление грузными нормами.

Поэтому произошло формирование заливных сенокосов с преобладанием многолетних злаковых трав (пырея ползучего и бекмании обыкновенной), выдерживающих слой воды в течение 25-40 суток.

Экологически безопасные и высокопродуктивные системы лиманного орошения должны обладать, на наш взгляд, следующими свойствами:

- адаптивно вписываться в природные циклы и режимы;
- способствовать формированию устойчивых и высокопродуктивных агроэкосистем;
- обеспечивать возможность выращивания широкого набора естественной растительности и с.-х. культур, за счет оптимизации водного режима (проведение как одноразовых поливов грузными нормами, так и вегетационных поливов – в зависимости от текущих потребностей растений во влаге) при расчетном уровне водообеспеченности не ниже 75 %;
- иметь возможность оперативного регулирования почвенно-мелиоративной и гидроэкологической обстановки, за счет создания дренажно-сбросных сетей и применение технологий химической и биологической мелиорации;
- унификацией и типовой стандартизацией основных элементов и конструкций с применением более дешевых синтетических материалов;
- полной автоматизацией процесса полива и сброса излишней воды;
- организацией оперативной системы мониторинга за эколого-мелиоративной обстановкой и техническим состоянием конструкций с исполь-

зованием современных дистанционных и компьютерных технологий.

Таблица 1 – Общая классификация лиманов и степень их распространения на территории Калмыкия

№ п/п	Название лиманов	Водоисточник	Глубина затопления	Число ярусов	Способ забора и подачи воды	Наличие (степень использования), тыс.га
1.	Лиманы замкнутых понижений	Склоновый и паводковый местный сток	Мелкого и среднего затопления (до 0,7 м)	Одно- и многоярусные	Самотечный	-
2.	Лиманы потяжин и лощин	То же	То же	То же	То же	-
3.	Лиманы водораздельных плато	То же	То же	То же	То же	-
4.	Лиманы на пологих склонах	То же	То же	То же	То же	-
5.	Пойменные лиманы	То же	Мелкого (до 0,5 м) и глубокого (>0,7 м) затопления	Многоярусные	То же	-
6.	Лиманы на пойменных и надпойменных террасах	То же	Глубокого (>0,7 м) затопления	То же	То же	-
7.	Лиманы, питаемые сбросными водами из водохранилищ и прудов	То же		То же	То же	0,5 (0)
8.	Лиманы, питаемые водами оросительно-оросительных систем	Оросительные и сбросные воды каналов ООС	Мелкого затопления (до 0,5 м)	То же	Самотечный и механический	35,9 (25,7)
9.	Лиманы комбинированного питания	Каналы ООС и местный паводковый сток	То же	То же	То же	1,3 (1,3)
	Итого:					37,7 (27,0)

В условиях Калмыкии для покатых склонов местности можно рекомендовать следующие существующие конструкции систем лиманного орошения, позволяющие использовать для затопления воды местного паводкового стока, воды оросительно-обводнительных систем и морские воды:

1. Система лиманного орошения по широким и длинным полосам, предложенная институтом «Востоксибгипроводхоз» [12], которая позволяет производить самотечную подачу воды из водоподводящего канала в отдельные ячейки (полосы) шириной до 200 м и длиной до 2000 м, образованные земляными валиками, которые нарезаются перпендикулярно горизонталям местности. Для равномерного распределения поливной воды перпендикулярно валикам нарезаются пологие безуклонные ложбины глубиной 0,1-0,15 м (через 50-100 м), позволяющие изливать воду широким потоком. В конце системы располагается дренажно-сбросной канал. Имеются водоподающие и водосбросные сооружения, обеспечивающие процесс регулирования подачи и сброса воды. На данной СЛЮ создаются условия для организации периодических вегетационных поливов нормами 700-900 м³/га, что обеспечивает возможность выращивания широкого набора с.-х. культур.

2. Оросительная система с использованием местного стока, предложенная ФГНУ «РосНИИПМ» [9]. Для проведения поливов местным стоком весной во время паводков она оборудована рядами поперечных водоудерживающих земляных валиков, размещенных параллельно горизонталям местности, а для осуществления затопления при недостатке местного стока и возможности использования сбросных вод с оросительно-обводнительных систем, имеется распределительный закрытый трубопровод с запорной и разводящей аппаратурой (узлами водораспределения, задвижками и водовыпусками-водоспусками). Для забора воды из каналов используются насосные станции. На данной СЛЮ обеспечивается возможность организации периодических поливов.

3. Оросительная система с использованием воды Каспийского моря [11], разработанная учеными ЮжНИИГиМ, предназначена для размещения на пологосклоновых прибрежных песчаных землях и работает за счет использования нагонно-сгонных явлений. Во время ветрового нагона волны (моряны) вода по широким ложбинообразным оросителям-сбросам поднимается против уклона и подается внутрь участков (ярусов), обвалованных земляными дамбами, через водовыпуски двойного действия, распределяется самотечным путем и ее излишки опять сбрасываются в море. В случае недостаточной для самотечного затопления высоты нагона, предусмотрена возможность затопления сбросными водами оросительно-обводнительных систем, для чего по верху данного участка прокладывается канал. Данная конструкция позволяет обойтись без дорогостоящих водозаборных сооружений и насосных станций. Ее рационально использовать на побережье Каспийского моря на юге Калмыкии, так как опресненная вода его северо-западной части имеет минерализацию не более 3 г/л. Здесь же по руслу р. Кума проходит коллектор, сбрасывающий в море дренажный и хозяйственный сток с территории Ставропольского края. Все это позволяет выращивать широкий набор культур. Однако следует учитывать, что на Каспии

наблюдаются явления резкого подъема уровня, когда его отметки повышаются до 3 м и выше. Поэтому при проектировании СЛО этого типа следует предусмотреть строительство более мощных оградительных дамб с высотой не менее 3,5 м и их укрепление с наружной стороны железобетонными плитами, что позволит противостоять разрушению самой оросительной системы и быть частью общего комплекса мероприятий по борьбе с затоплением и подтоплением территорий на побережье Каспия.

Серьезной проблемой на территории Калмыкии является засоление почв. Этот негативный процесс наблюдается и на землях лиманного орошения, особенно на системах, расположенных в замкнутых понижениях. Нами проводятся исследования по разработке специальных конструкций СЛО, позволяющих осуществлять рассоление и организовать периодические поливы с учетом поясности лиманов и возможности выращивания культур с различной степенью устойчивости к продолжительности стояния воды.

При реконструкции систем лиманного орошения и при их эксплуатации, в целях удешевления этих работ, рекомендуется шире применять вместо железобетонных сооружений конструкции из мягких синтетических оболочек или мембран [10, 13,14].

В целях упрощения и удешевления эксплуатации систем лиманного орошения, а также более строгого регулирования процессов подачи и сброса воды, желательно автоматизировать процесс затопления путем оборудования всех водовыпусков затворами-автоматами гидравлического действия [4,8].

Проведенные нами исследования позволили осуществить ранжирование всех возможных видов и типов гидротехнических сооружений и устройств, которые могут применяться на СЛО (табл.2).

Таким образом, совершенствование конструкций систем лиманного орошения и, агротехнологий на лиманных землях, с учетом конкретных природных особенностей, позволит существенно увеличить производство кормов и улучшить эколого-мелиоративную обстановку на территории Калмыкии.

Таблица 2 – Классификация основных видов сооружений и устройств на системах лиманного орошения

№ п/п	Основные типы сооружений и устройств	Разновидности сооружений и устройств	Материалы и типовые решения				
			земля или земляное русло	противо-фильт-рац. облицовка	трубчатые регуляторы-переезды	трубчатые регуляторы	мягкие конструкции
1.	Сооружения для аккумуляции местн. поверх. стока	Плотины прудов и водохранилищ с водосбросными сооружениями донного и башенного типа	+	+			
2.	Сооружения для подачи и отвода воды	Магистральные водоподающие каналы (МК)	+	+			
		Сбросные каналы для отвода излишков воды (УС)	+				
		Участковые каналы двусторон.действ. для распр. и отвода воды	+				
3.	Сооружения и устройства для регулирования водораспределения	Оградительные валы (дамбы)	+				
		Подпорные дамбы	+				
		Разделительные (водоудерживающие) валы ярусов	+				+
		Распределительные (регулирующие) валы	+				
		Направляющие валы	+				
		Водообходы					
		Водораспределительные канавки и коллекторы	+				
		Щелевой и кротовый дренаж	+				
		Ложбины и полосы	+				
4.	Сооружения для регулирования водоподачи	ГТС для подачи воды из межхозяйствен. каналов в МК					
		Перепады на МК и УС		+			+
		Быстротоки на МК и УС		+			
		Подпорные сооружения на МК			+		+
		Водовыпуски из МК в участковые каналы			+		
		Водовыпуски в дамбах и валах лиманов			+	+	+
		Водовыпуски из лимана в сбросной канал			+		
Водовып. из УС в аккумулятор сбросн. вод (озеро, пруд, вдхр.)			+		+		
5.	Устройства для подачи и отвода воды	Насосные станции (передвиж и стац.) для подачи и отвода воды					
		Водопроводы трубчатые					+

Список использованных источников

1. Бородычев В.В. Состояние и перспективы развития лиманного орошения в Калмыкии [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Мелиорация и водное хозяйство.- 2013-№1-С.2-5.
2. Бородычев В.В. К вопросу повышения продуктивности орошаемых лиманных сенокосов в Республике Калмыкия [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высш. проф. образование – Волгоград: ВГАУ.-2013-№4(32)-С.67-73.
3. Бородычев В.В. Эколого-мелиоративная обстановка и меры ее оптимизации на системах лиманного орошения в Калмыкии [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Вестник РАСХН.- 2014-№3-С.19-20.
4. Дементьев В.Г. Орошение: Учебник [Текст].- М.: Колос, 1979.- 303 с.
5. Концепция развития систем лиманного орошения в аридной зоне Калмыкии [Текст] / М.А. Сазанов, Э.Б. Дедова и др.- М.: ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, 2012- 76 с.
6. Костяков А.Н. Основы мелиорации: Учебник. – Изд. 6-е, доп. и перераб. [Текст] – М.: Сельхозгиз, 1960. – 662 с.,
7. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник [Текст] / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.
8. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации: Учеб.пособие [Текст] / Я.В. Бочкарев, Е.Е.Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
9. Пат.2467561, Российская Федерация, МПК (7) А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием местного стока / Щедрин В.Н, Гостищев В.Д., Кузьмичев А.А. и др. – Заявка № 2011101196/13 от 12.01.2011. Оpubл.20.07.2012 // Бюл. № 26 (II ч.) – 6 с.
10. Сазанов М.А. Использование мягких конструкций гидротехнических сооружений в системах лиманного орошения [Текст] / М.А Сазанов // Водохозяйственный комплекс бассейна р.Терек: управление, мониторинг водных объектов, предотвращение вредного воздействия вид и задачи на перспективу: Сб.ст.Всеросс.науч.-практ.конф. – Грозный: Изд-во Чечен.гос.ун-та, 2009. – С. 148-152.
11. Сенчуков Г.А. Конструкция оросительной системы с использованием Каспийской воды [Текст] / Г.А. Сенчуков, Г.Г. Шилер // Мелиорация и водное хозяйство.- 1996 - № 3 – С. 30-31.
12. Тютюкин В.Ф. Система лиманного орошения по широким и длинным полосам [Текст] / В.Ф. Тютюкин // Лиманное орошение: Сб.науч.тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1984. – С. 173-178.
13. Штокалов Г.А. Техника водорегулирования на лиманах весеннего наполнения с помощью сооружений из мягких конструкций [Текст] / Г.А. Штокалов // Техника и способы полива с.-х.культур. Том XV, вып.1 (Сб. статей) – Новочеркасск: НИМИ, 1978.- С.62-66.
14. Штокалов Г.А. Схема установки и принцип работы мягких сооружений на системах лиманного орошения [Текст] / Г.А. Штокалов // Повышение эффективности использования орош.земель и прогрессивной техники полива (Сб. статей) – Новочеркасск: НИМИ, 1980.- С.141-149.
15. Шумаков Б.Б. Гидромелиоративные основы лиманного орошения [Текст] // Б.Б. Шумаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 216 с.

ХАРАКТЕР РОСТА И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОЛЯНКИ ВОСТОЧНОЙ (*SALSOLA ORIENTALIS*) И КОХИИ ПРОСТЕРТОЙ (*KOCHIAPROSTRATA*) В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ*

В.В. Санжеев², Н.З. Шамсутдинов¹, В.Н. Нидюлин¹

¹ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

²ФГБНУ "ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса", г. Лобня, Россия

Повышение кормовой продуктивности аридных пастбищ – важная задача, которая может быть решена путем введения в культуру и селекцию новых кормовых растений из природной флоры аридных областей России и других стран [1, 3, 4]. К числу новых кормовых растений, пригодных для улучшения полупустынных пастбищ Северо-Западного Прикаспия, относятся солянка восточная (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.) и кохия простертая (*Kochiaprostrata* (L.) Schrad.) [1, 3, 4]. В условиях полупустынного ксеротермического режима в формировании устойчиво высоких урожаев кормовой и семенной продуктивности важное значение имеет характер роста и формирования корневых систем [5, 6].

Материалы и методы

Раскопки корневых систем проводили в условиях полупустынной зоны (Яшкульский район Республики Калмыкия, п. Эрмели в 2009-2011 гг. Климат зоны – резко континентальный, засушливый (ГТК 0,3-0,5). Годовая амплитуда температуры воздуха достигает 70-75°C. Среднегодовое количество осадков колеблется от 200 до 220 мм.

Материалом служили 1-3-х-летние растения солянки восточной и кохии простертой. В своих исследованиях по изучению корневых систем мы использовали траншейный метод [2].

Результаты исследований

Солянка восточная (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.). Для раскопки отбирали типичные для популяций особи растений. Особое внимание уделялось изучению динамики роста корней в первый год вегетации.

Результаты раскопок показывают, что уже в первый год вегетации солянка восточная формирует сравнительно мощную и глубоко проникающую корневую систему (табл. 1). В фазе розетки (15 мая) корни солянки восточной проникают в почву на глубину 41 см, в фазу бутонизации – на 77,5 см и в фазу цветения – на 102,5 см, при этом длина корней превышает высоту надземной части в 4-7 раз.

К концу первого года жизни корни солянки восточной проникают на глубину 167 см, распространяясь в горизонтальном направлении на 55-65 см (рис.1).

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№12-05-00818-а и 14-44-01011 р_юг_а)

Таблица 1 - Динамика развития корневой системы солянки восточной первого года вегетации (коллекционный питомник 2009 г. посева)

Фенологическая фаза	Дата	Высота надземной части, см	Глубина проникновения корней, см
Всходы. Семядольные листочки	6 апреля	0,6	2,2±0,2
Появление 2-х настоящих листьев	20 апреля	1,2	13,3±0,9
Фаза розетки	15 мая	10	41,3±1,45
	28 мая	12	66,3±1,20
Бутонизация	23 июня	12	77,5±2,5
Цветение	12 июля	15	102,5±1,5
Осыпание семян	7 декабря	29	167

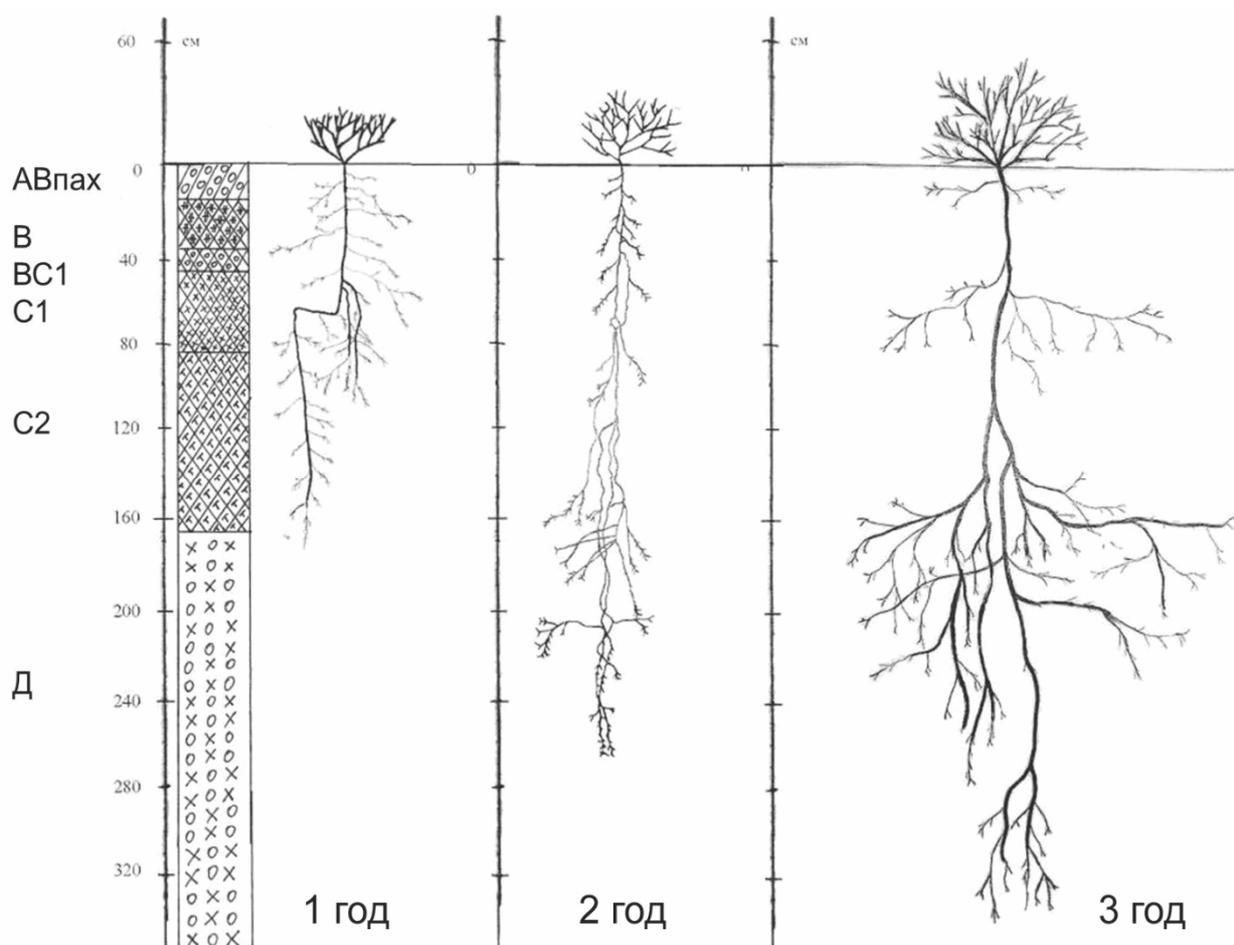


Рисунок 1 - Корневая система солянки восточной в первые 3 года вегетации (2009-2011 г.):

Обозначения почвенных слоев: АВ_{пах} (0-14 см), В (14-32 см), ВС₁ (32-42 см), С₁ (42-63 см), С₂ (63-132 см), Д (132-200 см). Яшкульский район Республики Калмыкия

В слое АВ_{пах} примерно на глубине 3 см в сторону отходит короткий корень 2-го порядка; в слое С₁ на глубине 43 и 49 см отходят другие два корня 2-го порядка, опускающихся немного в сторону, а затем вертикально вниз на глубину 73 и 88 см. Почва в слое 0-14 см сухая, относительно рыхлая, затем постепенно уплотняется до глубины 63 см (слой С₂). В слое 63-132 (С₂) почва постепенно становится рыхлой и более влажной. Главный корень на глубине 67 см резко сворачивает горизонтально в сторону и вверх примерно на 26 см до глубины 60 см. Затем опускается вертикально вниз до глубины 167 см. Здесь почва снова уплотняется, но остается достаточно влажной. На рисунке видно, что главный корень четко выражен и отвесно опускается вниз. На глубине 115 см в буром, влажном, тяжелосуглинистом слое С₂ от главного корня отходят два корня, которые более или менее вертикально углубляются в почву.

В верхнем 100-см слое расположено большое количество мелких корней толщиной 0,1-0,8 см, отходящих в радиальном направлении. В глинисто-буром, влажном, средне-тяжелосуглинистом уплотненном, бесструктурном слое Д, на глубине 150-220 см боковые корни разветвляются, причем некоторые разветвления располагаются в горизонтальном направлении.

В конце ноября 2011 года были проведены раскопки трехлетнего куста солянки восточной (рис. 1). Состояние растения было хорошее, высота 49 см, ширина кроны 62×54 см. Главный корень отвесно спускается вниз до 109 см. На этом уровне (слой С₂) почва становится рыхлее и немного влажнее. Главный корень на уровне 127-141 см (граница слоев С₂-Д) ветвится на два, каждый из которых, в свою очередь, ветвится на три корня. Все эти корни ветвятся на более мелкие, распространяясь вглубь до 280 см, а в горизонтальном направлении более чем на 180 см. Главный корень на уровне 272 см разветвляется на два более мелких, которые, постепенно утончаясь, углубляются до 310 см. От этих двух корней вниз до 341 см и немного в бок отходят тончайшие белые корешки. Почва в слое 300-340 см рыхлая и влажная.

Кохияпростертая (*Kochiaprostrata* (L.) Schrad.). Результаты раскопок корней растений кохии простертой первого года жизни представлены в таблице 2.

В начальные фазы развития, глубина проникновения корней кохии превышала высоту надземной части в 4,9-5,7 раза, а начиная с фазы бутонизации до созревания семян – в 2,2-2,7 раза. Таким образом, к концу первого года вегетации корневая система кохии довольно развита, главный корень проникает на глубину 178 см, а боковые распространяются в горизонтальном направлении на 148 см (рис. 2).

Глубина проникновения корня в почву – 178 см. (рис. 2). На протяжении 25 см диаметр корня составляет 2,5 см, на глубине 30 см он становится равным 1 см, далее происходит равномерное сужение толщины корня. На протяжении 18 см, считая от поверхности почвы, от главного корня отходят в большом количестве тонкие корешки, располагающиеся в почве почти параллельно ее поверхности и создающие в верхнем горизонте значительную корневую массу. На

глубине 25-30 см от главного корня отходят боковые корни первого порядка в количестве 8 штук. Сначала они располагаются под углом 35° к поверхности почвы, по мере отхода от центрального корня направление их меняется почти на вертикальное. Эти корни достигают глубины 148 см и оканчиваются, как и центральный корень, корневыми чехликами. С глубины 40-60 см на центральном и корнях последующих порядков образуется множество мелких корешков, пронизывающих значительный объем почвогрунта и интенсивно поглощающих влагу и растворенные в ней биогенные элементы.

Таблица 2 - Показатели роста и развития корневой системы кохии простертой каменистого экотипа (2008 г.) в первый год вегетации

Фаза вегетации	Дата раскопки	Высота надземной части, см	Глубина проникновения корневой системы, см	Ширина горизонтального распространения корня, см	Отношение длины корня к высоте надземной части
Два настоящих листочка	20.03	2,8	16	–	5,7
Розетка	15.04	9,6	47	17	4,9
Ветвление	21.05	22,5	78	45	3,4
	20.06	33,7	111	64	3,2
Бутонизация	25.07	52,3	130	86	2,4
Цветение	20.08	65,4	145	109	2,2
Созревание плодов	20.09	65,9	164	135	2,5
	25.10	65,5	178	148	2,7

Таким образом, в описываемых условиях, корневая система кохии простертой первого года вегетации построена по универсальному типу и приспособлена для максимального использования почвенных ресурсов. На второй год вегетации корневая система кохии продолжает развиваться и углубляется до 280 см, а в горизонтальном направлении до 220 см при отсутствии рядом стоящих растений.

Характерной особенностью является наличие двух ярусов ветвления: первый – на глубине 70 см; второй – 135 см. На корнях разных порядков наблюдается множество мелких корешков, которых особенно много на участках корней, расположенных в более влажных горизонтах.

Раскопка корневой системы кохии простертой в возрасте трех лет показала, что на бурых почвах опытного участка корни этого полукустарничка проникают на глубину до 401 см, формируют сильноразветвленную систему корней, использующих влагу и питательные элементы массива почвы объемом до 15 кубических метров. Безусловно, такая хорошо развитая и глубоко проникающая в почву корневая система кохии в полупустынных условиях Северо-Западного Прикаспия происходит в первые три года вегетации.

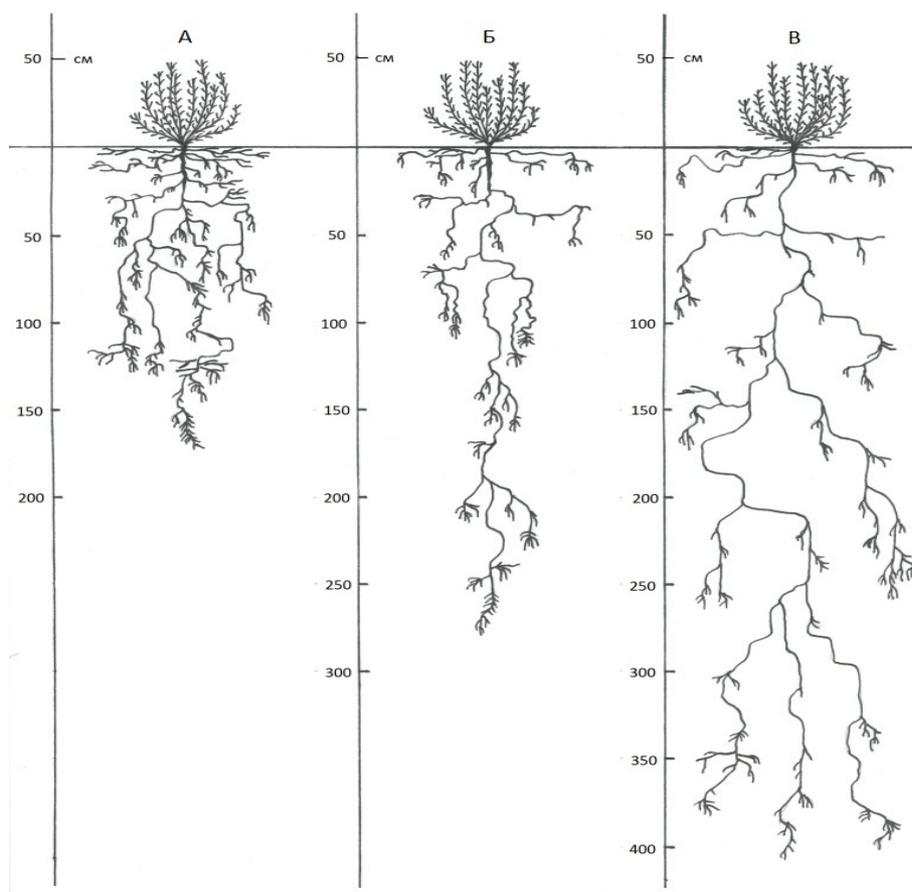


Рисунок 2 - Корневая система кохии простертой (каменистый экотип) 1-го (А), 2-го (Б) и 3-го (В) годов вегетации на бурых полупустынных почвах Северо-Западного Прикаспия. Яшкульский район Республики Калмыкия. Объединенный Прикаспийский опорный пункт ВНИИ кормов и ВНИИГиМ

Таким образом, в полупустынной зоне на бурых почвах Северо-Западного Прикаспия у солянки восточной и кохии простертой формируются мощная, глубоко проникающая корневая система универсального типа, хорошо адаптированная к использованию скудных запасов почвенной влаги. Такой характер развития и формирования корневых систем имеет важное значение в рациональном и более полном использовании водно-минеральных ресурсов среды и формировании относительно высоких урожаев кормовой и семенной продуктивности.

Список использованных источников

1. Санжеев В.В., Шамсутдинов Н.З. Изучение образцов солянки восточной (*Salsolaorientalis*) в Северо-Западном Прикаспии. – Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 30-31.
2. Шалыт М.С. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника / под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. – М.–Л., 1960. – С. 369-447.
3. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М. Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Экологическая реставрация опустыненных земель на основе новых сортов кормовых галофитов. – М., 2009. – 295 с.

4. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: Эдель-М, 2000. – 399 с.
5. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы). – М., 2005. – 404 с.
6. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Использование галофитов для устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства в аридных районах России и Центральной Азии. Аридные экосистемы. – 2003. – Т.9. – № 19-20. – С. 22-27.

УДК 532.525:631.347

ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ПОЛИВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С.А. Тарасьянц, К.А. Дегтярева, Ю.С. Вакуленко

ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск, Россия

В настоящее время в РФ наблюдается воспроизводство скота и птицы на животноводческих предприятиях. Наиболее прогрессивно птицеводство и животноводство развивается в Белгородской, Курской, Волгоградской и Ростовской областях, Ставропольском и Краснодарском краях, при этом большое количество ценного удобрения – навоза и птичьего помета вывозится на близлежащие территории, что приносит вред сельскому хозяйству и окружающей среде.

Наиболее распространенными способами удаления навоза является механический, имеющий ряд серьезных недостатков [1]. В последнее время широкое распространение получает удаление навоза с помощью гидравлических систем. Затраты труда на удаление гидросмывом более чем на 50% ниже, по сравнению с механическим способом, кроме того при гидравлическом способе автоматически производится предварительная подготовка смеси воды и стоков для удобрительных поливов с помощью различных видов оросительных систем от локальных способов с малыми оросительными нормами (до 500 м³/га) до крупных дождевальных систем с высоконапорным закрытым трубопроводом и оросительными нормами до 2-3 тыс. м³/га. При возрастающем дефиците водных и энергетических ресурсов для удобрительных поливов применяются локальные способы орошения с внесением с водой питательных элементов, смеси животноводческих стоков, минеральных удобрений в зону корневой системы каждого растения, которые представлены в основном капельными низконапорными системами (рис.1) [2]. Капельные системы, наряду с достоинствами, имеют и недостатки, относящиеся, в основном, к необходимости тщательной очистки оросительной воды и смеси воды с минеральными удобрениями. К преимуществам локальных низконапорных систем следует отнести низкие энергозатраты, увеличенные проходные размеры водовыпусков, возможность внесения с поливной водой растворенных органических удобрений, в том числе продуктов жизнедеятельности скота и птицы. Кроме локальных низконапорных

систем возможно использование высоконапорных сетей для крупных хозяйств

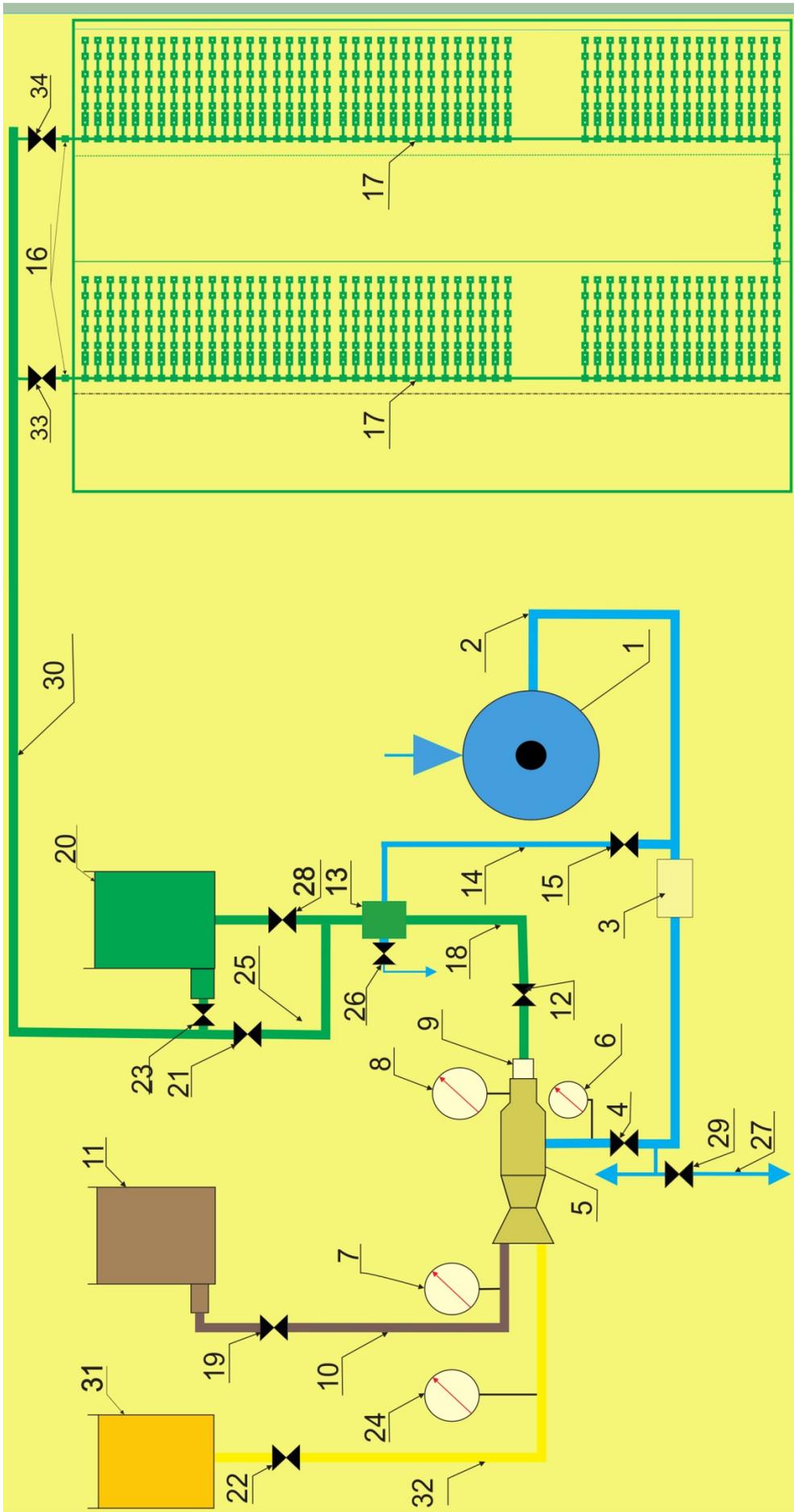


Рисунок 1 – Схема локальной низконапорной оросительной сети с установкой для удобрительных поливов животноводческими стоками (птичьим помётом) и минеральными удобрениями (Патент №2448450 РФ МПК A01C23/04):

1 - центробежный насос; 2 - напорный трубопровод подачи рабочей воды в смеситель; 3,9 - расходомеры; 4,12,15,19,21,22,23,26,28,29,33,34 - затворы; 5 - смеситель; 6,7,8,24 - манометры; 10 - трубопровод подачи птичьего помета в смеситель; 11 - емкость с перемолотым птичьим пометом; 13 - фильтр; 14 - трубопровод промывки фильтра; 16 - распределительные трубопроводы; 17 - водовыпуски; 18 - трубопровод подачи смеси в низконапорную емкость; 20 - низконапорная емкость; 25 - трубопровод подачи поливной воды в сеть; 27 - сбросной трубопровод; 30 - распределительный трубопровод; 31 - емкость с минеральными удобрениями; 32 - трубопровод подачи

с вводом животноводческих стоков во всасывающие трубопроводы центробежных насосов (рис.2).

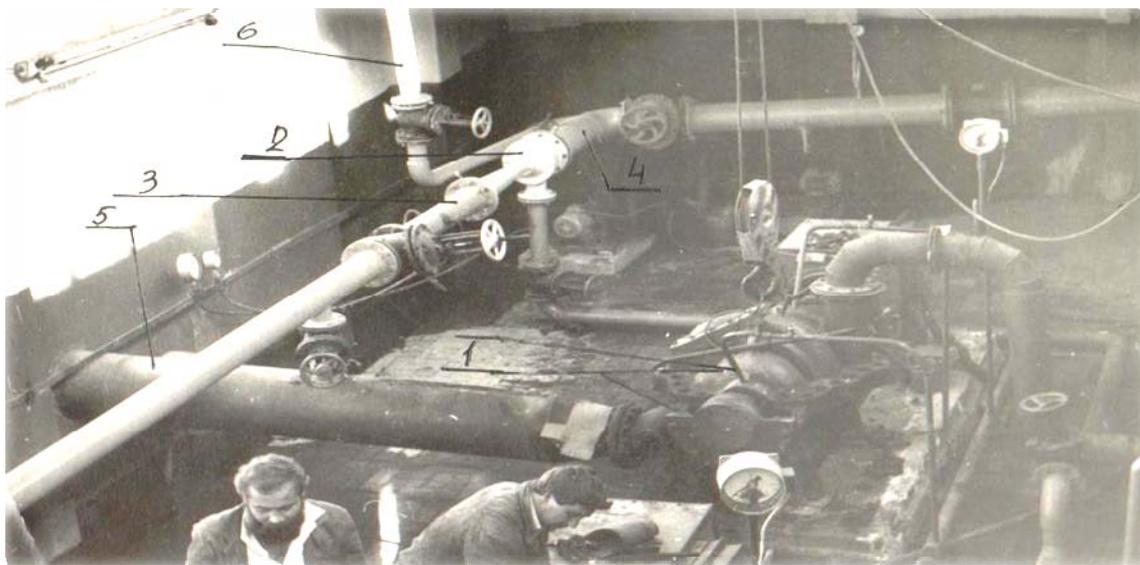


Рисунок 2 – Насосная станция совхоза Коммунар Ставропольского края с вводом животноводческих стоков и минеральных удобрений во всасывающие трубопроводы центробежных насосов:

1 – центробежные насосы; 2 – струйный смеситель; 3 – напорный трубопровод струйного насоса; 4 – всасывающий трубопровод смесителя; 5 – всасывающий трубопровод центробежного насоса; 6 – трубопровод подачи минеральных удобрений

В системах орошения животноводческие стоки, птичий помёт и минеральные удобрения смешивают с поливной водой в необходимых пропорциях, для чего используются водоёмы-смесители, инжекторы для ввода удобрений в оросительную сеть, эжекторы [3].

Способы смешения и внесения усложняют технологию выращивания сельскохозяйственных культур, вследствие чего, использование стоков в жидком виде ограничено и практически отсутствует в вегетационный период. В настоящей работе для смешения всех видов органических удобрений как для низконапорных, так и высоконапорных систем предлагаются струйные смесители.

Для разработки современной технологии внесения помёта и стоков решались следующие задачи:

- разработка технологического процесса подготовки животноводческих стоков и птичьего помёта для удобрительных поливов;
- выявление оптимальных параметров струйных смесителей и влияния удобрительных поливов на урожайность сельскохозяйственных культур;
- разработка теоретических основ расчёта низконапорной оросительной сети и элементов смесителя при удобрительных поливах с/х культур смесью поливной воды, животноводческих стоков, птичьего помёта и минеральных удобрений.

При решении поставленных задач разработаны, спроектированы, и внедрены в производстве две технологические схемы подготовки смеси.

Локальная низконапорная сеть (рис. 1) включает в себя все положительные качества капельного орошения – контур увлажнения создается в зоне распространения основной массы корней, применима в условиях неровного рельефа, во всех климатических зонах и на всех типах почв, удобрительная смесь подается на площадь питания растений, отсутствует глубинная фильтрация стока. При использовании низконапорной сети исключается необходимость тщательной очистки смеси, сложности конструкции капельниц и всей системы в целом. Водовыпуски могут быть простыми отверстиями с диаметром 1-1,2 мм в полиэтиленовых трубопроводах или специально изготовленными и вмонтированными в трубопровод, при этом расходы водовыпусков равны расходам капельниц (4-8 л/ч). В данной схеме может быть использовано естественное превышение уровня воды, над поверхностью почвы (1-1,5 м).

К недостаткам рассматриваемых низконапорных систем относится ограниченная длина поливного трубопровода (до 70 м), от которого зависит расход в водовыпусках, при увеличении длины расход в начале, середине и конце ряда может изменяться на 7-10%.

Используя схему локальной низконапорной сети, имеется возможность подготовки смеси в четырех режимах: при поливах птичьим пометом, животноводческими стоками, минеральными удобрениями и одновременно полив смесью животноводческими стоками, минеральными удобрениями и воды.

Удобрительный полив животноводческими стоками или птичьим пометом через низконапорную емкость производится следующим образом: вода от насоса 1 подается в смеситель 5, одновременно в смеситель подается из бака 11 животноводческие стоки или птичий помет. Компоненты смешиваются в необходимых пропорциях в смесителе 5, и по трубопроводу 18 через фильтр 13 смесь подается в низконапорную емкость 20, из которой по трубопроводам 30 и 16 поступает в водовыпуски 17.

Удобрительный полив животноводческими стоками или птичьим пометом с добавлением минеральных удобрений производится аналогично: вода от насоса 1 подается в смеситель 5, одновременно в смеситель подаются по трубопроводу 10 из бака 11 животноводческие стоки (птичий помет) и по трубопроводу 32 из бака 31 минеральные удобрения. Все компоненты смешиваются в необходимых пропорциях в смесителе 5, и по трубопроводу 18 через фильтр 13 смесь подается в низконапорную емкость 20, из которой по трубопроводам 30 и 16 поступает в водовыпуски 17. В системе предусмотрена промывка фильтра обратным потоком чистой воды. Контроль сопротивления в фильтре осуществляется с помощью манометра 8.

В рассматриваемой оросительной системе в зависимости от схемы и площади орошения, оборудования и видов удобрений могут быть использованы несколько конструкций струйных смесителей. Наиболее простой, применяемой в мелких фермерских хозяйствах, может быть использован смеситель с центральным подводом. В таком смесителе могут смешиваться два компонента. В случае необходимости увеличения количества смешиваемых элементов и напора на участке рекомендуется использование более усложненной схемы смеше-

ния использованной в откормсовхозе «Коммунар» Красногвардейского района Ставропольского края (рис. 2). Смесь животноводческих стоков и поливной воды вводится во всасывающие трубопроводы центробежных насосов. В качестве смесителя использован кольцевой двухповерхностной струйный смеситель с повышенными энергетическими характеристиками [3]. Используя вышеописанные технологические схемы возможно решение проблемы смешения с необходимым качеством смеси в простоте конструкции элементов смесителей.

Список использованных источников

1. Андреев, Н.Г. Использование жидкого навоза на орошаемом культурном пастбище в Мичуринском комплексе по откорму скота / Н.Г. Андреев, В.К. Лаврищенко, В.В. Белкин // Животноводство. – 1973. – №4. – 14 с.

2. Тарасьянц, С. А. Использование водоструйных насосов для смешения навоза с водой./ С. А. Тарасьянц. – Новочеркасск, 1982. – 17 с.

3.А.С. №1620693. Струйный насос. / С.А. Тарасьянц и др. ; Заявка № 4662480 приоритет изобретения от 12 января 1989 г.

УДК 631.67

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИТОКЛИМАТА ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ

М.Ю. Храбров, В.К. Губин, Н.Г. Колесова, Л.В. Кудрявцева
ФГБНУ "ВНИИГиМ им.А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Сущность исследуемой проблемы состоит в том, что в условиях зоны недостаточного увлажнения нашей страны в последние годы почти ежегодно наблюдается атмосферная засуха, характеризующаяся температурой воздуха более 30⁰С и его низкой влажностью (менее 30%). Во время атмосферной засухи даже при достаточной влажности почвы растения страдают из-за температурного стресса. Различные культуры по-разному реагируют на атмосферную засуху. Так, например, у зерновых культур, если атмосферная засуха совпадает с периодом цветения, урожайность резко снижается из-за пустозерности, когда часть зёрен в колосьях не завязывается. Если атмосферная засуха приходится на период налива зерна, то потери урожая вызываются неполнотой налива – щуплостью зерна. Продолжительная атмосферная засуха может переходить в засуху, при которой растения испытывают недостаток в почвенной влаге. Во время засухи температура воздуха 40-45⁰С является критической для всех видов пшеницы. При этом поверхность почвы может нагреваться выше 50⁰С. При такой температуре происходит ожог тканей растений. Высокая температура почвы вызывает формирование интенсивного восходящего потока воздуха, выносящего частички почв с образованием пыльного тумана. Такая засуха может уничтожить урожай полностью [1,7].

Проблема усугубляется тем, что в последние годы отмечается увеличение продолжительности засушливого периода, а орошение традиционными способами (дождеванием или по бороздам и полосам) оказывается недостаточно эф-

фективным в борьбе с засухой.

Одним из перспективных способов борьбы с атмосферной засухой на данный момент является мелкодисперсное дождевание. Экспериментально установлено, что мелкодисперсное дождевание посевов нормами 0,8–1 м³/га во время атмосферной засухи позволяет значительно снизить ущерб. Периодическое опрыскивание растений водой с интервалом 1–2 часа в термически напряжённое время суток, когда температура воздуха превышает 25⁰С, позволяет снизить влияние температурного стресса на растения и повысить урожайность на 20% [2].

Для осуществления мелкодисперсного дождевания применяют различные оросительные системы - передвижные и стационарные. Примером передвижной системы является агрегат ДДА-100 М, оснащенный комплектом оборудования. Это оборудование включает: центробежный насос ЗК-6 с всасывающей и напорной линиями, трубопровод и подвесной полимерный шланг, который оборудован 175 центробежными форсунками (патент РФ № 2172583) .

Недостатком такого оборудования является большая металлоёмкость и непроизводительные затраты воды на заполнение и поддержание её уровня в распределительной сети, а также большие затраты горючего на проведение опрыскивания.

Для проведения мобильного аэрозольного опрыскивания посевов могут использоваться серийно выпускаемые опрыскиватели ОП-450, ОВТ-1, ОН-400, которые имеют ёмкость с оросительной водой, насосы высокого давления и вентиляторы, обеспечивающие подачу мелкодисперсного аэрозоля. В настоящее время саратовской фирмой «Пегас-Агро» налажен выпуск опрыскивателя «Туман -1» (СХА-5), обеспечивающего подачу аэрозоля на расстояние 100м в безветренную погоду и до 200м по ветру расходом 14–20 л/мин. Рабочая скорость опрыскивателя достигает 40 км/час [3].

Регулировать микроклимат в более широком диапазоне позволяют стационарные системы мелкодисперсного орошения. Разработка таких систем была начата ещё во второй половине прошлого века, в 70-ые годы итальянская фирма «Джи-э-Джи» разработала способ орошения тонкораспылённым климатизирующим дождём.

Система для реализации этого способа включала водораспределительную сеть, обеспечивающую подвод воды к мачтам высотой 15м. На верху этих мачт размещался блок распылителей воды, выполненный в виде 6 м-ой штанги с 12 насадками. Каждая насадка через сопло диаметром 1,5–2 мм подавала расход порядка 0,025 л/с, суммарный расход одной мачты при напоре 1атм составлял 0,32 л/с. Площадь, орошаемая с одной мачты, 0,5 га при дальности распыления воды 30-70 м в зависимости от направления и скорости ветра [4].

ФГНУ ВНИИ «Радуга» разработан стационарный комплект системы мелкодисперсного дождевания КАУ-1, который рассчитан на увлажнение 1га. Этот комплект включает 36 дождевателей, установленных на мачтах высотой 5м через расстояние 17-20 м. Общий расход комплекта 3,2 л/с, длительность подачи воды регулируется и может составлять до 40 мин [5].

Система мелкодисперсного дождевания, разработанная в УкрНИИОС, включает 1000 дождевальных насадок, установленных на 1 га по схеме 4x2,5 м. Удельная протяжённость трубопроводной сети при этом достигает 2213 м/га при диаметре трубопровода 29 мм [6].

В подавляющем большинстве случаев в засушливых районах РФ аэрозольное орошение рассматривается как дополнительный способ орошения, применяемый на фоне влагозарядковых весенних поливов или во время вегетации в сочетании с традиционными поливами для регулирования микроклимата и предотвращения температурного стресса.

Системы комбинированного регулирования влажности почвы по сравнению с традиционными системами обладают большими возможностями для оптимизации условий произрастания сельскохозяйственных культур, а именно поддержания благоприятного водно-воздушного и пищевого режимов почвы, температуры и влажности приземного воздуха.

Такие системы комбинированного регулирования влажности почвы и фитоклимата поля следует отнести к системам нового поколения, которые должны придти на смену наиболее распространённым в настоящее время дождевальным системам или системам поверхностного орошения по бороздам и полосам.

Комбинированное орошение позволяет сочетать гибкое регулирование запасов влаги в почве с созданием оптимальных для растения условий температуры и влажности приземного слоя воздуха. Причём для каждой природно-хозяйственной зоны принимается наиболее прогрессивная техника полива путём создания систем, работающих в различных режимах в соответствии с фазами развития и биологическими особенностями растений.

Системы комбинированного орошения дают возможность полностью устранить неблагоприятное воздействие атмосферной засухи на растения, что невозможно сделать при орошении только одним методом (капельным орошением, поливом по бороздам, подпочвенным орошением и т. д.). За счёт изменения продолжительности опрыскивания и продолжительности перерывов между ними обеспечивается поддержание микроклимата посевов в оптимальных пределах даже в жаркие сухие дни вегетационного периода. Применение комбинированных способов орошения способствует увеличению урожайности, а также снижению расхода воды по сравнению с орошением только одним традиционным способом [8].

Существует значительное количество способов комбинированного орошения, в том числе:

1. Сочетание системы капельного орошения и увлажнения воздуха с помощью спринклеров, обеспечивающих мелкокапельное распыление воды (диаметр капли до 2 мм). Опытами установлено, что при выращивании виноградных саженцев применение этого способа значительно увеличивает их приживаемость [9];

2. Сочетание мелкодисперсного дождевания с традиционными способами орошения (капельное орошение, дождевание, полив по бороздам).

Различными авторами установлена эффективность данного способа оро-

шения в аридных регионах страны на целом ряде культур. Так, при возделывании картофеля, гречихи, капусты, кукурузы на силос, люцерны, огурцов, озимой и яровой пшеницы, сахарной свеклы, хмеля в большинстве случаев выявлено значительное преимущество комбинированного орошения по сравнению с традиционным способом орошения, заключающееся в экономии поливной воды, а также увеличении урожайности [8, 11];

3. Сочетание локального увлажнения почвы (при капельном или подкоровом дождевании) с аэрозольным увлажнением крон деревьев. Использование данного способа предусматривает проведение частых поливов, а в засушливые периоды – ежедневного многократного увлажнения, когда оптимальным является полив в течение 5 мин. При межполивном периоде – 40-75 мин;

4. Сочетание полива дождеванием с импульсно-капельным способом орошения при использовании общей трубопроводной сети. При необходимости система способна работать как в режиме дождевания, так и импульсно-капельного орошения;

5. Сочетание обычного дождевания с аэрозольным орошением. В жаркие и засушливые дни применение аэрозольного увлажнения способствовало снижению температуры воздуха на 2...7 °С, при этом относительная влажность воздуха повышалась на 5...22 %. Дополнительный чистый доход от применения такого режима орошения составил 356...840 руб./га [10].

Наибольшее распространение получило комбинированное использование дождевальных машин, в первую очередь сочетание дождевания и полива по бороздам. При этом полив по бороздам производится в ветреную погоду, когда нет возможности осуществлять полив дождеванием. Для этого дождевальные машины оборудуют специальными водовыпусками в борозды (патент РФ № 2215403).

На базе дождевальных машин ведётся активная разработка устройств, обеспечивающих сочетание дождевания с мелкодисперсным опрыскиванием посевов. Такие дождевальные машины используют в первую очередь с целью снижения температурного стресса во время засухи.

На усовершенствованную конструкцию дождевально-опрыскивающего агрегата во ВНИИГиМ получен ряд патентов РФ.

Изобретение по патенту RU №2173043, позволяет осуществлять несколько режимов дождевания при помощи одного агрегата, а также повысить эффективность защиты растений от температурного стресса путём нанесения водно-воздушной пены, образующейся в результате добавления поверхностно-активных веществ в оросительную воду. Дополнительный трубопровод с центробежными разбрызгивателями подключен к водозаборной линии второго насоса, которая через насос-дозатор сообщена с дополнительной емкостью для поверхностно-активного вещества. Водопроводящий пояс фермы снабжен компрессором и с помощью патрубков с кранами сопряжен с водовыпускными отверстиями центробежных разбрызгивателей.

При установке насадок МДД на передвижные дождевальные установки обработка посевов возможна лишь 2-3 раза в день с интервалом в 2 часа. Такие

дождевальные машины используются в режиме опрыскивания для создания благоприятного микроклимата в период острой засухи. Однако, это явно недостаточно для поддержания постоянных условий оптимальной температуры и влажности приземного слоя почвы.

Более существенное влияние на формирование микроклимата поля могут оказывать стационарные системы комбинированного орошения.

У каждой культуры во время вегетации есть периоды особо высокой чувствительности к недостатку влаги в окружающей среде. Так урожайность сельскохозяйственных культур значительно уменьшается, если обводненность тканей растений понижена в период формирования органов плодоношения [1, 3].

Вследствие этого, при использовании комбинированного орошения с целью экономии воды и ресурсов (водных, энергетических и материальных) необходимо учитывать как микроклимат посева, так и критические периоды выращиваемой культуры по отношению к недостатку влаги в почве и надземном слое воздуха. Так, начало проведения мелкодисперсного увлажнения для большинства сельскохозяйственных культур приходится на стадию «бутонизация-цветение» [17].

При использовании малообъемного орошения (по сравнению с традиционными способами) достигается значительная экономия водных, земельных, энергетических, материальных, трудовых и временных ресурсов, что позволяет отнести системы, сочетающие различные способы малообъемного орошения, к разряду ресурсосберегающих [18].

Технологии комбинированного малообъемного орошения целесообразно применять в регионах, климатические условия которых характеризуются наличием в течение вегетационного периода не менее 20 дней с температурой воздуха выше 25 °С, относительной влажностью – 50 % и ниже, а также в районах, где наблюдаются часто повторяющиеся атмосферные засухи [10, 17].

В последние годы проводились исследования способов комбинированного регулирования фитоклимата поля, сочетающего капельное орошение участка и одновременное опрыскивание растений из насадок мелкодисперсного дождевания. Оросительная система для осуществления этого способа включает: водоисточник, энергетическую установку с насосной станцией, водоподводящий трубопровод и подключённые к нему с помощью регулирующей арматуры поливные трубопроводы с водовыпусками капельной подачи воды и дополнительные поливные трубопроводы с мелкодисперсными распылителями. Применение такой системы даёт возможность производить опрыскивание растений с различной периодичностью и, соответственно, полностью исключить опасность температурного стресса у растений. При этом использование капельного орошения обеспечивает значительное сокращение поливной нормы благодаря увлажнению только 25...30% площади поля при поддержании благоприятного водно-воздушного режима в корнеобитаемом слое почвы (патент РФ №2322047).

Эффективность применения как мелкодисперсного дождевания, так и комбинированного орошения в значительной мере зависит от своевременности

его проведения. Для этой цели наиболее часто используют температуру приземного слоя воздуха выше 25 °С. Данный рубеж носит достаточно условный характер и требует уточнения путём проведения специальных исследований и разработки методик. Так, например, О.Г. Грамматикати и Е.И. Кузнецова предложили назначать проведение мелкодисперсного опрыскивания при перепаде температур в системе лист/воздух 1-3 °С (патент РФ №2113110).

Более детально представлены режимы комбинированного орошения, сроки его проведения в изобретении, защищённом патентом РФ № 2464776, выданном на «Способ регулирования фитоклимата в агрофитоценозах при капельном орошении и система для его осуществления». В этом патенте авторы предлагают ряд формул, позволяющих рассчитать время проведения мелкодисперсного опрыскивания посевов, продолжительность подачи воды капельным способом и мелкодисперсным дождеванием. Расчёты осуществляются по результатам измерения температуры и влажности почвы и приземного воздуха.

Основным недостатком рассмотренных выше технологий регулирования фитоклимата является значительный разрыв между определением параметров микроклимата поля и проведением мелкодисперсного опрыскивания растений. Таким образом, происходит запаздывание с проведением обработки, что не может не сказаться на её эффективности.

Эти особенности комбинированного орошения для достижения наибольшего эффекта делают необходимым формирование устойчивой обратной связи в системе поле - оросительная система в режиме текущего времени. Анализ патентной информации ведущих стран показывает, что именно это направление наиболее активно разрабатывается в мире.

Все разрабатываемые в настоящее время оросительные системы ориентированы на широкое использование компьютерных технологий управления оросительной техникой с применением различных датчиков, установленных на поле. Как правило, эти датчики передают информацию в режиме текущего времени по беспроводной сети на центральный управляющий компьютер. Этот компьютер, используя базу данных и рабочие программы, выдаёт команды на контроллеры, управляющие работой клапанов и насосного оборудования (Патенты европейского патентного ведомства EP №№1872651 A1; 2201834 A1; 2215906 A1; 2243353 A1; Заявки WOISWO 2010051652 A1; WO 2010009016 A1; Патент США US 7792612).

Аналогичные системы управления мелкодисперсными системами патентуются и в России (Патенты RU№ 20989464; №2463773; №2492626).

Таким образом, в настоящее время основным направлением дальнейшей разработки систем комбинированного орошения, предназначенных для регулирования фитоклимата поля, является создание многофункциональной системы, обеспечивающей возможность поддержания оптимальной температуры и влажности почвы и приземного слоя воздуха в течение всего вегетационного периода сельскохозяйственной культуры за счёт мониторинга параметров фитоклимата поля в режиме текущего времени.

Список использованных источников

1. Ионова Е.В. «Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых» (обзор)/ Зерновое хозяйство России, 2011г., № 2(14), с 37.
2. Шуравилин А.В., Кибека А.И. Мелиорация, «ИКФ «ЭКМОС» М.2006г, с 428 – 430.
3. Проспект фирмы «Пегас-Агро», интернет, сайт: www.tuman-agro.ru 2014 г.).
4. Проспект фирмы ДЖИ-э-ДЖИ (итал.), «Новый способ орошения: орошение тонко-распылённым климатизирующим дождём», Реджо Эмилия, 1974 г. с 38.
5. Проспект фирмы «Радуга», интернет, сайт: incot.ru/www/docs/exh, 2014).
6. Справочник «Орошение», Т. 6, М. «Агропромиздат», 1985 г., с147).
7. Баданова К.А. Влияние суховея на растения в условиях оптимального водоснабжения. В кн.: «Водный режим растений и их продуктивность», издательство «Наука», М., 1968, с.256-260.
8. Дочев Д.В., Господинова М. Исследования върху комбинираното микронапояване на праскова, напоителни норми, добив и качество на продукцията «Влияние поливных норм при комбинираном микроорошении насаждений персика на урожай и качество плодов.» (Болгария). Растен. Науки, 1995; Г.32,N 7/8.-С.117-120.
9. Грюнер М.А., Кравченко А.И. Виноградный питомник: комбинированная система орошения «АИК-АГРО», Сельские Зори, 2004, №12, с.35.
10. Гасанбеков Г.Р. Влияние различных способов полива на некоторые водно-физические свойства почвы и урожай кукурузы – В кн. «Технология производства зерна на орошаемых землях Дагестана», 1985.-с.35-38.
11. Усовершенствованные технологии проектирования и конструкции гидромелиоративных систем на основе применения новых конструкций для различных природно-климатических регионов. Отчет о НИР по теме 03.01.03 «Усовершенствовать конструкции гидромелиоративных систем, обеспечивающих комплексное регулирование водного, воздушного, пищевого, солевого и теплового режимов почв для различных природно-климатических регионов», ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, М,2010.
12. Храбров М.Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения. – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, М., 2008.
13. Храбров М.Ю. Дождеватель для комбинированного орошения. «Тракторы и сельскохозяйственные машины», 2007; №9.- с.17-18.

УДК 633.18 (470.4)

ВЫРАЩИВАНИЕ РИСА В ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАЛМЫКИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

М. П. Чапланова, Г. В. Бюрбеева

Калмыцкий филиал ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Элиста, Россия

Площадь риса в настоящее время в Республике Калмыкия превышает 5 тыс. га. В 1970-1980 гг. урожайность зерна риса достигала 5...6 т/га, а в 1995-2010 гг. этот показатель упал до 2,5...3,5 т/га. В то же время при использовании посевами риса 1,5 – 2,0 % КПД значительных ресурсов ФАР полупустынной зоны, потенциальная продуктивность его зерна может достигать 6,54... 8,72 т/га. Резервами повышения продуктивности урожайности риса являются реконструкция коллекторно-дренажной сети, соблюдение промывного поливного режима почв, агрохимическая мелиорация почв, использование новых интенсивных сортов риса [1]. Современныенаучные исследования всё чаще экспериментально подтверждают экологическую целесообразность и высокую эффек-

тивность использования в агротехнике приёмов по регулированию роста и развития растений риса - предпосевную обработку семян и вегетационную обработку растений биологически активными веществами – биостимуляторами роста.

В результате их применения увеличивается высота растений, толщина стенки соломины, площадь листовой поверхности, содержание пигментов в листьях, густота продуктивного стеблестоя; снижается количество стерильных колосков в метелке; увеличивается крупность, содержание крупной фракции и выравненность зерна риса по ширине, скорость роста зерновок риса делением и растяжением клеток, что способствует повышению массы 1000 зерен; увеличивается содержание влаги в созревающем зерне риса, как в неблагоприятные, так и в благоприятные для роста и развития растений годы, что способствует более активному протеканию обменных процессов; увеличивается содержание крахмала в созревающем зерне риса вследствие увеличения фотосинтетического потенциала растений; увеличивается содержание общего и белкового азота, белка и незаменимых аминокислот - лизина, триптофана и глютаминовой кислоты в зернах риса; снижается содержание зерновой примеси, уменьшаются затраты на хранение и увеличивается выход крупы; улучшаются кулинарные свойства рисовой крупы; увеличивается урожайность зерна.

На современном этапе развития аграрной науки получено большое количество синтетических аналогов природных стимуляторов роста - соединений, которые часто обладают высокой физиологической активностью. К таким относятся – Эдагум и Планриз.

Целью наших исследований является совершенствование технологии выращивания риса при использовании биостимуляторов роста на фоне минеральных удобрений.

Опыты проводили в Калмыцком филиале ФГБНУ ВНИИГиМ на землях рисовой оросительной системы ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия, расположенной в северной части Прикаспийской низменности. Почвы бурые полупустынные в комплексе со светло-каштановыми солонцеватыми и лугово-бурными. Бурые полупустынные почвы отличаются малой гумусностью, с содержанием в пахотном слое - 1,04...1,40% гумуса. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы свидетельствуют о низком содержании гумуса – 1,26%, легкодоступного азота – 63,5 мг/кг почвы. Вместе с тем содержание подвижного фосфора и обменного калия повышенное, соответственно 94,1 и 510 мг/кг почвы. Грунтовые воды располагаются на глубине 1,5...2,2 метра, их минерализация составляет 4,2...6,4 г/л. По гранулометрическому составу пахотный слой почвы можно отнести к средним суглинкам, слой 0,2-1,25 м – к тяжёлым суглинкам и слой ниже 1,25 м – к глинам. Плотность сложения почвы в метровом слое с глубиной увеличивается от 1,28 до 1,69 т/м³, а плотность твердой фазы изменяется по слоям от 2,45 до 2,74 т/м³. Емкость поглощения почвы невысокая, в пахотном слое на долю поглощенного натрия приходится 8,1%, а в подпахотном – 7,9...8,7%.

Рис сорта «Боярин» посеяли в соответствии со схемой опыта, которая

включала три варианта: I – предпосевная обработка семян риса и вегетационная обработка посевов риса в фазу «начало кущения» Эдагумом; II – предпосевная и вегетационная обработка Планризом; III - без применения стимуляторов роста (контроль).

С увеличением частоты засушливых лет в Республике Калмыкии возрастает количество заболеваний бурой ржавчиной и листовыми пятнистостями, в том числе септориозом, гельминтоспориозом, возбудители которых положительно реагируют на повышение суммы температур в течение вегетации растений риса. В том числе наблюдается усиление развития почвенных грибов-возбудителей корневых гнилей зерновых культур. Основным методом защиты зерновых от этих болезней является протравливание семян фунгицидами. Этот агротехнический приём позволяет защитить растение на самом раннем этапе его развития.

Но применение гербицидов на рисе в 10 раз дороже, чем применение бактериальных препаратов фунгицидного действия. В то же время гербициды относятся к IV классу опасности, являясь искусственно синтезированным веществом, и с экологической точки зрения загрязняют окружающую среду. Так, к примеру, стоимость 1 л Планриза составляет 90 рублей, при расходе 0,5 л на 1 га, т.е. 45 рублей - на 1 га, Эдагум стоит 200 руб./10 л, то есть 10 рублей - на 1 га, стоимость 1 л гербицида – 300-500 рублей, при расходе 1,5 л/га, т.е. 500-700 рублей – на 1 га. Разница для сельхозтоваропроизводителя весьма ощутима.

В экстремальных климатических условиях устойчивых стрессов в Республике Калмыкия (почвенной и воздушной засухи, резких перепадов температуры), а также при недостатке отдельных элементов питания или их комплекса для достижения потенциала урожайности риса недостаточно применения биостимуляторов роста. На фоне низкого уровня минерального питания гибберелины снижают рост и поглотительную активность корней, а на фоне высокого уровня минерального питания, наоборот, активизируют рост и поглощение [2]. Существуют исследования, доказывающие, что применение минеральных удобрений усиливает действие биостимуляторов [3]. Совместное применение удобрений и биостимуляторов роста увеличивает побегообразование зерновых культур 1,5 раза. Поэтому целесообразнее проводить обработку биостимуляторами на фоне минеральных удобрений.

Сочетание обработки семян и некорневых подкормок растений риса в фазы кущения и трубкования даёт возможность добиться максимального эффекта от применения биостимуляторов, поэтому обработку биостимуляторами роста Планризом и Эдагумом проводили в три этапа – при предпосевной обработке семян риса и вегетационной: в фазу кущения и вымётывания (рис.1).

Норма расхода 0,5...1,0 л на 10 л воды на 1 тонну семян при предпосевной обработке и 0,375...0,600 л на 10 л воды, 300 л рабочего раствора на 1 га, т.е. 15 л Планриза – 1 га. Норма расхода при проведении предпосевной обработки (инкрустации) семян риса биостимулятором Эдагум в дозе 400 мл биостимулятора на 10 л воды на 1 т семян за 1-2 дня до посева для подавления семенной инфекции и активизации ростовых процессов. Для подавления грибной

и бактериальной инфекции вегетационные обработки (опрыскивание) Эдагумом необходимо проводить в фазу кущения в дозе - 400 мл на 50 л воды на 1 га. Опрыскивание растений лучше проводить в ранние утренние (до 10.00) и вечерние (после 18.00) часы, в пасмурную и прохладную погоду при температуре от +13° до +28°С и повышенной влажности воздуха. Рабочие растворы биопрепаратов готовят непосредственно в день применения. Хранить рабочий раствор необходимо не более суток. Наиболее эффективным является мелкокапельный распыл биопрепаратов. Минеральные удобрения в нашем опыте вносили перед посевом риса в дозе $N_{80}P_{30}$.

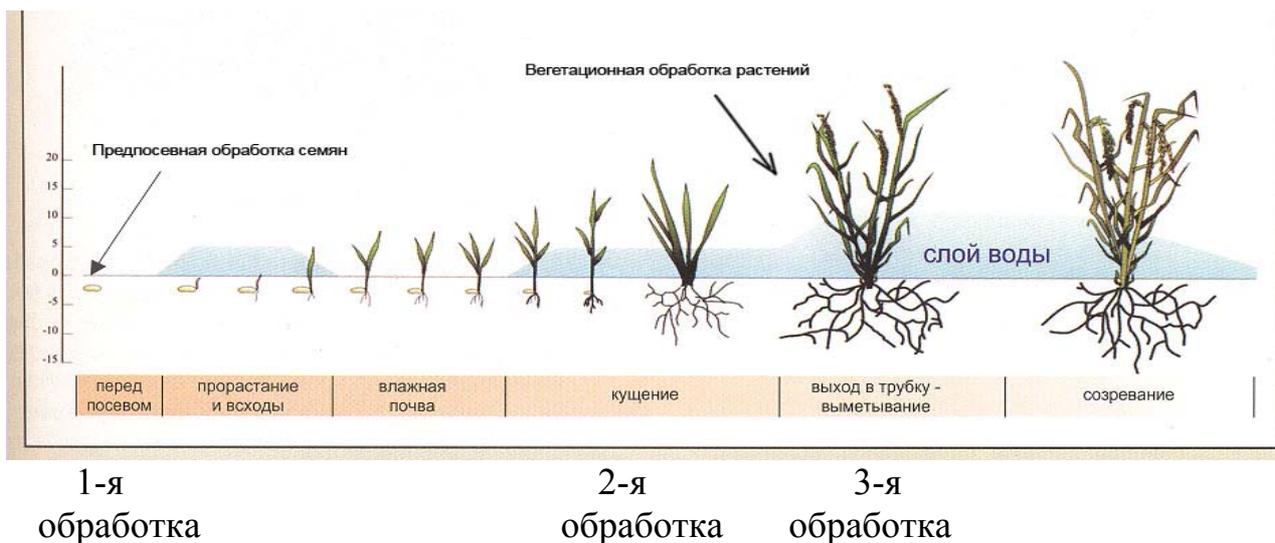


Рисунок 1 – Количество обработок биостимуляторами и необходимые для обработок фенофазы риса

Результаты исследований

Для разработки технологии выращивания риса с использованием минеральных удобрений и биостимуляторов роста были проведены полевые и лабораторные исследования. Установлено, что на опытных делянках содержание и состав водорастворимых солей характеризуется незначительной вариабельностью: в основной корнеобитаемой зоне (0...0,4 м) содержание легкорастворимых солей составляло по вариантам: I – 0,063...0,095 %; II – 0,053...0,146 %; III – 0,084...0,153; в метровом слое почвы – I вариант – 0,063...0,116%; II вариант – 0,053...0,114%; III вариант – 0,070...0,153 %.

По результатам химических анализов водных образцов оросительная вода имела слабую степень минерализации. В период с мая по июнь общая минерализация воды достигала 0,39...0,44 г/л, что соответствует 1 классу качества по классификации ВолжНИИГиМ – вода хорошего качества и I классу - по классификации С.Я. Бездниной. Химизм – в основном гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-магниевый (табл. 1)

Исследования биометрических показателей показали, что густота всходов в I варианте - при обработке Планризом достигала 252 шт./м², а при обработке Эдагумом – 271 шт./м², в контрольном варианте - без обработки семян густота

составила 224-231 шт./м², то есть применение данного агроприёма на фоне минерального питания N₈₀P₃₀ обеспечивало увеличение густоты всходов на 9...17 % по вариантам соответственно.

Таблица 1 - Химический состав оросительной воды на Сарпинской ООС, 2014г.

Дата отбора	Концентрация ионов, г/л/(мг-экв/л)/%мг-экв							Сумма солей, г/л	рН
	CO ²⁻ ₃	HCO ²⁻ ₃	Cl	SO ²⁻ ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Канал Р-1 (оросительная вода)									
Май	-	0,181	0,042	0,077	0,048	0,029	0,022	0,399	8,0
		2,97	1,20	1,60	2,40	2,42	0,95		
		25,7	10,4	13,9	20,8	20,9	8,3		
Июнь	-	0,195	0,063	0,058	0,060	0,014	0,047	0,437	7,6
		3,2	1,8	1,21	3,00	1,17	2,04		
		25,8	14,5	9,7	24,2	9,4	16,4		
Канал ВР-1 (оросительная вода)									
Май	-	0,171	0,035	0,086	0,052	0,024	0,023	0,391	8,0
		2,80	1,00	1,80	2,60	2,00	1,00		
		25,0	9,0	16,0	23,2	17,8	9,0		
июнь	-	0,200	0,056	0,048	0,048	0,014	0,053	0,419	7,6
		3,28	1,60	1,00	2,40	1,16	2,32		
		27,9	13,6	8,5	20,4	9,9	19,7		
Канал ВР-1 (дренажно-сбросная вода)									
Июнь	0,027	0,406	0,646	1,944	0,420	0,168	0,698	4,309	-
	0,90	6,65	18,2	40,5	21,0	14,0	30,35		
	0,7	5,0	13,7	30,5	16,1	10,7	23,2		
август	-	0,303	0,402	1,344	0,080	0,240	0,470	2,839	8,0
		4,97	11,48	28,00	4,00	20,00	20,45		
		5,6	12,9	31,5	4,5	22,5	23,0		

В процессе фенологических наблюдений за ростом риса дружные всходы на варианте с Эдагумом наблюдали на 1 день раньше, чем на варианте с Планризом и на 3 дня позже, чем на контрольном варианте. Фаза кушения также наступила на 1 день раньше на варианте с Эдагумом, чем на варианте с Планризом и на 3 дня раньше по сравнению с контролем. Фаза трубкования запаздывала на варианте с Планризом на 2 дня, а в контрольном варианте – на 5 дней. Начало вымётывания (цветения) в варианте с Эдагумом было зафиксировано на 5 дней раньше, чем на делянках с обработкой вторым биостимулятором и на 11 дней раньше, чем на контроле. Фаза созревания колосков риса на контрольных делянках зафиксирована на 13 дней позже, чем на делянках с рисом, обработанных Эдагумом.

Биохимический анализ показал высокую питательную ценность надземной массы риса. Наибольшее содержание протеина (на а.с.в.) наблюдалось в варианте Пс Эдагумом – 4,25 %, а наименьшее – 3,64 % на контроле. Отсутствие в

технологии агроприёма с обработкой биостимуляторами ведёт к снижению белка, увеличению содержания клетчатки, увеличению количества жира, БЭВ и, как результат, к уменьшению количества кормовых единиц с 0,24 до 0,21.

Определено, что при обработке растений риса биостимулятором Эдагум получены более эффективные результаты, чем при обработке растений биостимулятором Планриз. В течение продукционного процесса увеличивалась густота всходов риса, сократились сроки прохождения фенологических фаз, увеличилось содержание протеина в надземной массе риса.

Список использованных источников

1. Бородычев, В.В., Дедова Э.Б., Шуравилин А.В., Очирова Е.Н. Состояние и перспективы развития рисового комплекса Калмыкии [Текст]// Агро XXI.- 2012.- №4-6.- с. 32-35.

2. Шаповал, О.А. Биологическое обоснование использования регуляторов роста растений в технологии выращивания озимой пшеницы: автореф. дисс. доктора с.-х. наук / О.А. Шаповал – Москва, 2005. – 46 с.

3. Пушкина Ю.В. Влияние способов и сроков применения биологических препаратов на продуктивность озимой пшеницы в условиях севера части Центрального района России: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / Ю.В. Пушкина – Тверь, 2005. – 26 с.

УДК 633.303.26/29

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КАК НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Н.З. Шамсутдинов

ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия

Нарушенные земли - это земли, утратившие свою первоначальную хозяйственную ценность и представляющие источник отрицательного воздействия на окружающую среду (ГОСТ 17.51.01-83). К нарушенным землям мы относим: 1) деградированные пастбищные, 2) вторично засоленные и 3) земли с солонцовыми почвами.

Фитомелиорация как наука исследует закономерности средообразующей и средовосстанавливающей функции растений и их системных образований – агробиогеоценозов [1, 2, 3]. Необходимо конкретизировать поле деятельности фитомелиорации, поскольку это нужно для выяснения контакта фитомелиорации с биогеоценологией. Ю.П. Бяллович [1] объем фитомелиорации определял следующим образом (табл. 1).

Согласно Бялловичу [1] "В основе общей теории фитомелиорации лежит биогеоценологическое понятие естественной (природной) преобразовательной (режимной) функции растительности. Сущность преобразовательной функции заключается в закономерных изменениях растительностью геофизического и биохимического режимов биогеоценозов, биогеосферы и биосферы в целом, а также в вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза". Фитомелиорация как наука, таким образом, основывается на принципах восстановительной экологии, использующей средообразующие,

средовосстанавливающие, средооптимизирующие свойства растительности для восстановления и повышения природно-ресурсного потенциала деградированных агроландшафтов. Совершенно справедливо Ю.П. Бяллович считает, что "...объекты фитомелиорации и биогеоценологии совпадают во всем своем объеме" и "...природные закономерности строения и функционирования биогеоценоза вскрывает биогеоценология, тем самым она является теоретической базой фитомелиорации [1].

Структурная организация и особенности функционирования биогеоценозов подчиняются зональным закономерностям. Наиболее существенные и глубоко специфические особенности биогеоценоза и их системных образований – биосферы – это наличие сконцентрированной и активно функционирующей в ней массы растительных и животных организмов, в совокупности образующих "живое вещество планеты" [5].

Таблица 1 - Объем фитомелиорации

Отрасль и некоторые ее разделы	Отраслевые критерии качества оптимизации
<p><u>Гуманитарная</u> На территориях, акваториях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • заселенных • промышленных • транспортных • биопродукционных • рекреационных <p><u>Интерьерная</u> (в помещениях) <u>Природоохранная</u> (в частности, природные заказники и заповедники)</p> <p><u>Биопродукционная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • сельскохозяйственная • лесохозяйственная • рыбохозяйственная • охотхозяйственная <p><u>Инженерная</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • дорожная • гидротехническая 	<p>Оздоровление ноосферы (наиболее благоприятная экологическая среда для физического и духовного состояния общественного человека)</p> <p>Сохранение и улучшение возобновляемых природных ресурсов целноприродных компонентов, в том числе естественных биогеоценозов и биогеосистем</p> <p>Повышение количества и качества полезной для общества биологической продукции при нужном соотношении ее видов</p> <p>Улучшение условий эксплуатации инженерных сооружений, чувствительных к воздействиям ноосферы</p>

К основным функциям живого вещества, согласно В.И. Вернадскому [5, 6] относятся: энергетическая, концентрационная, деструктивная, средообразующая и транспортная. С позиции дальнейшего развития теории и практики фитомелиорации экологически дестабилизированных ландшафтов они имеют особенно большое значение.

Средообразующая функция растительности создала и поддерживает в

равновесии баланс вещества и энергии в биосфере, обеспечивая стабильность условий существования организмов, в том числе человека. Вместе с тем растительность способна восстанавливать условия обитания, нарушенные в результате деградации, опустынивания, разрушения природных и сельскохозяйственных ландшафтов.

Перечисленные выше функции живых организмов являются прямым следствием таких физиологических процессов, как питание, дыхание, испарение воды, размножение, рост, формирование биомассы, а также отмирание и разрушение живых тел. Во всех этих процессах химические элементы и энергия выхватываются организмами из внешней среды и преобразуются в их телах в разнообразные органические материалы или, наоборот, выносятся во внешнюю среду в превозданном или биологически преобразованном виде.

Таким образом, растительность в биосфере в процессе жизнедеятельности осуществляет непрерывное воздействие на состояние и перемещение материально-энергетических ресурсов и глубоко преобразует важные геохимические, физико-химические, биохимические и гидрологические параметры среды, в которой она функционирует.

Любое автотрофное растение связано в своей жизнедеятельности с большим числом микроорганизмов, гетеротрофов и грибов, образующих консорции [7]. Они, эти консорции, являются фокусами совместных биохимических процессов во всех частях биогеоценоза. Именно консорции обладают элементарными средообразующими свойствами и элементарным мелиоративным эффектом [8].

Степень проявления средообразующей функции растений и их консортов во многом зависит от экологической специализации растений – у галофитных растений средообразующие функции наиболее полно и эффективно проявляются на засоленных почвах, у ксерофитных растений – на сухих полупустынных землях, у псаммофитных растений на песках, у мезофитов – на среднеувлажненных почвах в гумидной зоне, у гидрофитных – на переувлажненных почвах [9, 10].

Сущность средообразующей функции растительности состоит в изменениях геофизического и геохимического режимов биогеоценозов, агросферы и биосферы в целом и вызываемых этими изменениями перестройках всех остальных компонентов биогеоценоза [1]. Согласно Ю.П. Бялловичу [1], средообразующая функция растительности эволюционно выработана в геологически длительном процессе развития биосферы. Отсюда важная значимость понятия средообразующей функции (роли) для теории фитомелиорации. Следует подчеркнуть, что средообразующая функция растительности в силу своей естественно-исторической и эволюционной обусловленности и генетической детерминированности входит в число необходимых внутренних связей фитоценоза, следовательно, и биогеоценоза. Нарушение средообразующей функции приводит к дезорганизации формирующегося и развивающегося фитоценоза (биогеоценоза). Средообразующая функция растительности участвует в самоорганизации фитоценоза и прогрессирует в ходе развития и совершенствования струк-

турно-функциональной организации фитоценоза. Понимание и толкование средообразующей функции растительности в таком аспекте возможно на биогеоценотическом уровне, что открывает широкие возможности фитомелиорации использовать выявленные закономерности в процессе средообразовательной функции растительности для оптимизации агрофитоценозов и агроэкосистем по аналогии с биосферой.

В свете изложенных представлений о средообразующей функции биоты, где основным ядром является растительность (фитоценоз), фитомелиорацию следует рассматривать как важное, не имеющее альтернативы биологическое средство управления восстановительным процессом на деградированных землях и продуктивностью биоценозов.

Естественные флористически, фаунистически, ценотическиполночленные фитоценозы являются непревзойденными по устойчивости, самоподдерживающимся и саморегулируемым свойствам фитомелиорантами. Из этого вытекает важнейший для практики фитомелиорации принцип – принцип биогеоценотических аналогов фитомелиорантов, имеющих фундаментальное значение для фитомелиорации. Иначе говоря, конструкция фитомелиорантов (агроэкосистем) должна создаваться как аналог (натурные модели) зональных типичных естественных фитомелиорантов – лучших природных образцов (оригиналов).

Нами предложены следующие инвестиционные технологии фитомелиорации нарушенных земель.

1. Технология фитомелиорации нарушенных пастбищных земель путём высева смеси кормовых растений при частичной обработке пастбищных земель. При этом методе фитомелиорации деградированных земель, расположенных на почвах с лёгким механическим составом и засоленных, обработка почвы с оборотом пласта неприемлема. Применительно к таким почвам разработан метод, основанный на использовании широкозахватного агрегата, который за один проход выполняет рыхление полосы шириной от 15 до 30 см, глубиной от 5 до 18 см и высев смеси семян зонально-типичных видов растений (4, 5).

2. Технология фитомелиорации вторично засоленных земель. Для коренного улучшения мелиоративного состояния земель и восстановления плодородия вторично засоленных почв соли необходимо удалять из почвы. Рассоление почвогрунтов с помощью галофитов является именно таким способом удаления вредных для культурных растений солей из почвы. Для использования в системе данной технологии фитомелиорации перспективными оказались следующие галофиты: сведа дуголистная (*Suaedaarcuata* Bunge), сведа заострённая (*S. acuminata* (C.A. Mey.) Moq.), лебеда белая (*Atriplexcana* C.A. Mey.), климакоптера мясистая (*Climacoptera crassa* (Bieb.) Botcsch.), марь белая (*Chenopodium album* L.), бассия иссополистная (*Bassiahyssopifolia* (Pall.) O. Kuntze), саликорния европейская (*Salicorniaeuropaea* L.), кохия вечная (*Kochiascoparia* L. Schrad.), солодка голая (*Glycyrrhizaglabra* L.), солодка уральская (*G. uralensis* Fisch.), полынь солончаковая (*Artemisiahalophila* Krasch.) и др. Установлено, что период рассоления почв в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для почв средней степени за-

соления составляет 4-5 лет, сильной – 6-7 лет [2, 3, 10, 11].

3. Технология фитомелиорации солонцовых почв. Сущность биотической технологии мелиорации солонцовых почв состоит в том, что соле-, солонцово-устойчивые галофитные растения со своими консортами в процессе жизнедеятельности (дыхания) выделяют углекислоту (CO₂). Углекислота также выделяется в результате разложения органических веществ в почве. Совокупное действие этих двух факторов обуславливает увеличение содержания углекислоты в почве, что приводит к повышению растворимости кальцита (CaCO₃), содержащегося в почве. Далее кальций вытесняет из почвенно-поглощающего комплекса натрий, который в дальнейшем вымывается. Такова концептуальная модель механизма работы биотической мелиорации солонцовых почв.

В опытах профессора Роббинса [12, 13] было установлено, что в период интенсивного роста галофита *Leptochloe* скорость вымывания натрия составила 16,2 ммоль/день, что вполне сопоставимо с вариантом внесения гипса 100% – 19,3 ммоль/день. Если на солонцовых почвах, без внесения гипса и биотической мелиорации, урожайность зерна пшеницы составила 0,65 т/га, то после выращивания галофитов сесбании – 3,8 т/га, лептохлоэ – 3,1, сардана – 2,3 т/га.

Список использованных источников

1. Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценотических основах общей теории фитомелиорации // Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии (К 90-летию со дня рождения В.Н. Сукачева). – М.: Изд-во "Жизнь", 1970. – С. 5–16.
2. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. – М.: "Эдэль-М", 2001. – 399 с.
3. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Галофитное растениеводство (эколого-биологические основы). – М., 2005. – 404 с.
4. Залетаев В.С. Жизнь в пустыне. Географо-биогеоценотические и экологические проблемы. – М.: Мысль, 1976. – 271 с.
5. Вернадский В.И. Биосфера // Избр. соч. – Т. 5. – М., 1960. – С. 7-120.
6. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. – М.: Наука, 1965.
7. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: МГУ, 1983.
8. Шамсутдинов З.Ш. Биологическая мелиорация деградированных сельскохозяйственных земель. – М., 1996. – 172 с.
9. Шамсутдинов З.Ш. Мировой опыт биологических мелиораций и перспективы их использования в устойчивом развитии пастбищного хозяйства Западного Прикаспия // В сб.: Биота и природная среда Калмыкии. – М.–Элиста, 1995. – С. 106–157.
10. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Биотическая мелиорация засолено-солонцовых почв с использованием галофитов (обзор зарубежного опыта). – Аридные экосистемы. – 2008. – Т. 14. – № 35-36. – С. 18-33.
11. Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинов З.Ш. Принципы и методы фитомелиорации деградированных агроландшафтов на аридных территориях России // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 21–24.
12. Robbins C.W. Carbon dioxide partial pressure in lysimeter soils // Agron. J. – 78, 1986a. – P. 151–158.
13. Robbins C.W. Sodic calcareous soil reclamation as affected by different amendments and crops // Agron. J. – 78. – 1986b. – P. 916–920.

УДК 631.6

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

В.А. Шевченко*, С.А.Новиков**

*ФГБНУ "ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова", г. Москва, Россия;

**ООО «Агропромкомплектация», г. Москва, Россия

В настоящее время площади залежных земель сельхозугодий в стране составляют более 30 млн. га. Они заняты малопродуктивными сенокосами, пастбищами, зарастают сорняками, древесной и кустарниковой растительностью, заболачиваются, то есть не используются для сельскохозяйственного производства.

Из-за отсутствия финансовых средств у производителей сельскохозяйственной продукции не выполняются мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв, не соблюдается порядок проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных, фитосанитарных, противоэрозионных мероприятий, земли длительное время не используются, что в результате приводит к потере их плодородия, развитию процессов эрозии и деградации.

Вовлечение в оборот неиспользуемых и неэффективно используемых земель сельскохозяйственного назначения – один из важных факторов увеличения производства зерна и других сельскохозяйственных продуктов, серьезный резерв для улучшения экономического состояния сельского хозяйства России. Вернуть в севооборот все пахотные земли – такая задача стоит перед АПК России, все сельскохозяйственные угодья должны использоваться по назначению.

Исследования по введению залежных земель в сельскохозяйственный оборот и получению запрограммированных урожаев возделываемых культур проведены в 2013–2014 гг. в Ржевском районе Тверской области на землях ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора».

Почва Ржевского района дерново-подзолистая, легкосуглинистая по гранулометрическому составу, мощность пахотного слоя 16-18 см; основные площади пашни (96,5%) имеют очень низкое и низкое содержание гумуса. Содержание P_2O_5 на площади пашни равной 22% - очень низкое и низкое (до 50 мг на 1 кг почвы), 43,8% площади со средним содержанием (51-100 мг) и 34,2% с повышенным и высоким содержанием подвижных форм фосфора (101-250 мг на 1 кг почвы).

Содержание K_2O на 82,7% площади пашни очень низкое и низкое - до 40 мг на 1 кг почвы, на площади 17,3% содержание K_2O среднее и повышенное (81-170 мг на 1 кг почвы).

По степени кислотности 22% площадей пашни очень сильно кислые и сильно кислые ($pH_{\text{сол.}}$ до 4,5), 78,0% площади среднекислые и слабо кислые ($pH_{\text{сол.}}$ от 4,6 до 5,5).

Расчеты доз внесения минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на планируемую урожайность проводили балансо-

вым методом с учетом разного уровня естественного плодородия дерново-подзолистой почвы [2].

При возделывании сельскохозяйственных культур на залежных землях большую роль играют удобрения и известкование почв с повышенной кислотностью.

В Нечерноземной зоне дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности бедны органическим веществом, имеют маломощный гумусовый горизонт, и глубокая вспашка залежных земель без внесения органических удобрений может не дать ожидаемого результата и привести к его снижению в последующие годы.

Сегодняшний уровень применения органических удобрений при сохранении имеющихся тенденций в животноводстве не может существенно увеличиться. В этой связи основным направлением покрытия дефицита органических удобрений является резкое увеличение использования соломы и сидеральных культур.

Солома озимой пшеницы, озимой ржи, люпина, как менее ценная в кормовом отношении, более пригодна для использования на удобрительные цели – подстилку, компостирование и непосредственную запарку в качестве органического удобрения. Химический состав соломы зависит от вида культур, условий и способов их возделывания, сроков уборки и условий хранения. Солома больше, чем другие органические удобрения содержит органического вещества, причем очень ценного для повышения плодородия почвы: целлюлозу, пентозаны, гемицеллюлозу и лигнин, которые являются углеродистыми энергетическими материалами для почвенных микроорганизмов. Это основной строительный материал для гумуса почвы. По содержанию органического вещества одна тонна соломы эквивалентна 3,5...4 т навоза.

При оценке соломы как органического удобрения большое значение имеет соотношение углерода к азоту. При отношении 20-30:1 происходит энергичное разложение соломы, и создаются благоприятные условия для питания растений. Если органическое вещество имеет более узкое отношение углерода к азоту, то преобладает мобилизация подвижных форм азота, и часть его вымывается или улетучивается при денитрификации.

В случае соотношения их больше, чем 30:1 происходит иммобилизация подвижных форм азота почвы и растения испытывают его недостаток. Недостаток азота в злаковой соломе необходимо компенсировать до соотношения C:N–25:1. Ввиду того, что в основном применяется на удобрение солома озимых зерновых культур, компенсирующая добавка азота на 1 т ее в среднем составляет 10 кг [1].

Вблизи крупных животноводческих комплексов целесообразно использовать в качестве удобрений навозную жижу и жидкие стоки. Жидкие навозные стоки представляют собой органические удобрения, содержащие в своем составе около 3% сухого вещества [3]. Они накапливаются в больших количествах на крупных животноводческих комплексах и фермах при бесподстилочном стойловом содержании скота и применении гидравлической системы уборки

экскрементов.

Жидкий навоз целесообразно вносить весной перед посевом, равномерно распределять его по полю и быстро заделывать на глубину 10 см. В этом случае он эффективно используется растениями при минимальных потерях аммиачного азота. При теплой, сухой погоде и недостаточной заделке жидкого навоза в почву потери азота за счет улетучивания его в воздух могут быть значительными. Опасность усиления потерь азота от вымывания особенно велика на легких почвах, а при обильных осадках и на связных почвах.

Важнейшим условием использования жидких стоков животноводческих комплексов в качестве органического удобрения при возделывании сельскохозяйственных культур является предотвращение загрязнения окружающей среды. Только чуть больше 60% из них используется в качестве удобрения, остальная часть круглогодично сбрасывается во временные навозохранилища, представляющие собой обвалованные земляным валом полевые площадки (лагуны).

С экологической точки зрения слабым звеном в системе утилизации жидких стоков животноводческих комплексов являются потери физической массы удобрений за счет стекания их на соседние участки, особенно на полях с неровным рельефом местности, а также потери азота от вымывания при выпадении осадков, а при сухой и теплой погоде – за счет улетучивания его в воздух в форме аммиака.

Для ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» нами предложены агротехнические приемы с помощью которых возможно резко сократить потери аммиачного азота при возделывании сельскохозяйственных культур как на ровных полях, так и на склонах, крутизной 2-3° [4].

1. На ровных полях непосредственно перед внесением жидких стоков проводят сплошное безотвальное рыхление с помощью безотвальных плугов со стойками обтекаемой формы или противоэрозионных культиваторов КПЭ-3,8А на глубину 15...16 см. Уже через 1,5-2 часа стоки полностью впитываются в почву и поле готово для предпосевной обработки.

2. На легких по гранулометрическому составу склоновых почвах с крутизной 2...3° при возделывании сельскохозяйственных культур следует перед внесением жидких стоков проводить щелевание почвы на глубину 30...50 см; расстояние между щелями 1,4 м; ширина щелей 3...5 см. Для этого следует использовать щелеватель ЩП-000 или ЩП-3-70. При нарезке щели обычно быстро заполняются и эффективно впитывают жидкие стоки животноводческих комплексов.

3. На тяжелых по гранулометрическому составу глинистых эродированных полях при склоне 2...3° для улучшения водопоглотительной способности целесообразно проводить кротование почвы. Сущность приема заключается в создании непосредственно перед поверхностным внесением стоков кротовых дрен или кротовин в виде цилиндрических ходов через 70...140 см друг от друга. Для прокладки кротовых дрен использовать рыхлитель-кротователь РК-1,2. Оптимальная глубина прокладки дрен 40...50 см; диаметр дрены зависит от

гранулометрического состава почвы и изменяется от 9,5 до 20 см.

Предложенная технология внесения жидких стоков в качестве основного удобрения может быть использована при возделывании сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны России и окажет положительное влияние на плодородие почвы, грунтовые и поверхностные воды, а также увеличит урожайность сельскохозяйственных культур. При этом использование азота на посевах зерновых культур составляет 80-90%.

Жидкие стоки вносят с помощью прицепов-цистерн, оборудованных центробежными распределителями с компрессорами или насосами. К недостаткам данного способа утилизации стоков является переуплотнение почвы и нарезка глубоких колеи при внесении удобрений до наступления физической спелости почвы.

Для утилизации жидких стоков на землях ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора» нами рекомендована технология шланговых систем [5].

Эффективность внесения жидких стоков по технологии шланговых систем зависит в основном от расстояния их транспортировки. Так, если жидкие навозные стоки выкачиваются из навозохранилища (лагуны) и вносятся на поля, расположенные на расстоянии до 4-х км от лагуны, себестоимость внесения 1 т стоков, включая все расходы, составляет 32 руб. 68 коп. Если же длина системы превышает 4 км, то для поддержания необходимой производительности комплекса по утилизации жидких животноводческих стоков и компенсации гидравлических потерь в мягких шлангах, на середине длины подающих шлангов устанавливается дополнительная дизельная насосная станция. При этом расходы на утилизацию 1 т жидких стоков резко возрастают и согласно экономическим расчетам составляют уже 49 руб.

Таким образом, транспортировка жидких навозных стоков на расстояние до 8-и км на удаленные от животноводческих комплексов поля с помощью дополнительной насосной станции приводит к увеличению затрат на их внесение за счет резкого увеличения расходов на ГСМ, амортизацию и живой труд. Следовательно, при возделывании полевых культур с использованием в качестве основного удобрения жидких стоков на расстоянии более 4 км от животноводческих комплексов необходимо строить промежуточную лагуну, которая позволит в условиях положительных температур летнего и осеннего периодов накапливать навозную жижу, а при необходимости вносить ее на поля в нужном объеме.

Новым технологическим приемом использования жидких животноводческих стоков может быть внесение их на измельченную солому, оставшуюся после уборки зерновых или зернобобовых культур. Это приводит к улучшению физико-химических и биологических свойств почвы и предохраняет ее от водной и ветровой эрозии.

Солома озимых и яровых злаковых культур обладает высокой влагопоглощающей способностью – около 300%. Соломенная резка (длина 10 см) поглощает влаги больше, чем не резанная. Поэтому соломенная резка злаковых культур – лучший компонент при внесении жидких животноводческих стоков.

Солома и жидкие стоки заделываются в верхний слой почвы дисковой бороной. Для равномерного их распределения поля обрабатывают дважды – до и после внесения жижи и жидких стоков. Спустя 3...4 недели после этой операции солому запахивают.

Известкование кислых почв – одно из основных средств интенсификации сельскохозяйственного производства и обеспечения высоких и устойчивых урожаев. Оно оказывает глубокое и многостороннее действие: почва становится более структурной, рыхлой, прочнее удерживает влагу, снижает растворимость вредного для растений алюминия и повышает жизнедеятельность полезных для них микроорганизмов. Известкование экономически выгодно. За ротацию 6-8-польного севооборота 1 т CaCO_3 обеспечивает прибавку урожая сельскохозяйственных культур около 6-8 ц/га.

Значение известкования особенно возрастает в связи с применением большого количества физиологически кислых минеральных удобрений, подкисляющих почву, а также при освоении земель, как правило, требующих окультуривания пахотного слоя.

На кислых почвах темпы известкования должны опережать темпы роста применения минеральных удобрений. Известкование повышает эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений практически под все сельскохозяйственные культуры.

По данным научно-исследовательских учреждений Нечерноземной зоны РФ для сдвига реакции на 0,1 единицы pH необходимо (т/га CaCO_3): для песчаных и супесчаных почв 0,4-0,5; суглинистых 0,5-0,75; тяжелосуглинистых – 0,94-1,1, с учетом примесей и влажности известковых материалов доза может быть выше.

Известь следует вносить до уровня экологического оптимума реакции почвенного раствора (до pH=6). Это связано с тем, что при резком снижении кислотности до биологического уровня (для пшеницы это pH=6,5-7,0) могут появиться болезни растений, характерные для этой среды, а также снизиться доступность азота, фосфора, калия и микроэлементов от известкования и раскисления почвы.

Оптимальный срок внесения извести при возделывании яровых культур – весной при наступлении физической спелости почвы, а озимых – сразу после уборки предшественника. После внесения извести следует немедленно провести дискование в два следа, а затем вспашку плугом без предплужника и предпосевную культивацию, чтобы равномерно распределить ее по всему пахотному слою почвы.

Дозы внесения извести на поля ОАО «Агрофирма Дмитрова Гора», в зависимости от кислотности почвы, представлены в таблице 1.

При выполнении мероприятий по известкованию почвы надо учитывать, что эффективность известкования зависит от полноты взаимодействия с почвой известняковой муки, то есть от тонины размолла. Чем тоньше размол, тем быстрее взаимодействие ее с почвой. Частицы крупнее 1 мм вследствие слабой растворимости практически не окажут действия ни на почву, ни на растение. По-

этому при окончательном уточнении дозы известняковой муки они в расчет не принимаются, а считаются балластом. Наиболее эффективна известняковая мука с тониной размола 0,25 мм.

Таблица 1 - Дозы извести до экологического оптимума кислотности рН=6,0; (т/га)

рН _{ксл}	до 4	4,1 - 4,5	4,6 - 5,0	5,1 - 5,5	5,6 - 6,0
Доза внесения, СаСО ₃ , т/га	10,5	9,5	7,5	7,0	4,0

При окультуривании залежных земель в Ржевском районе Тверской области мы внесли одновременно с ранневесенней подкормкой микроэлементы: бор (1 кг д.в. на 1 га) и медь (2,5 кг д.в. на 1 га). На болотных почвах (если такие имеются) следует также внести молибден (0,3 кг д.в. на 1 га). Эти удобрения вносятся один раз в пять лет.

Расчеты доз внесения минеральных удобрений при возделывании озимой и яровой пшеницы на планируемую урожайность зерна нами проведены с учетом разного уровня естественного плодородия дерново-подзолистой почвы (табл. 2,3).

Выводы

1. При освоении залежных земель в Нечерноземной зоны перед посевом сельскохозяйственных культур необходимо провести известкование почвы. Известь следует вносить до уровня экологического оптимума реакции почвенного раствора (до рН=6).

2. Вблизи крупных животноводческих комплексов целесообразно использовать в качестве удобрений жидкие стоки. Их рекомендуется вносить весной перед посевом, равномерно распределять по полю и быстро заделывать на глубину 10 см. В этом случае они эффективно используются растениями при минимальных потерях аммиачного азота.

3. При внесении жидких стоков с помощью системы мягких шлангов экономически выгодно, чтобы поля располагались не далее 4 км от животноводческих комплексов.

Список использованных источников

1. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье: науч. изд. /В.Е. Шевченко [и др.]. Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки, 2000. 305 с.
2. Каюмов М.К. Программирование урожая// М.: Московский рабочий, 1981, с. 7–98.
3. Рязанов М.В. Повышение эффективности использования жидких органических удобрений путем разработки и обоснования параметров агрегата для подпочвенного внесения: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01.- Мичуринск-Наукоград РФ, 2009.-19 с.

Таблица 2 - Расчет доз внесения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы (предшественник – чистый пар) с внесением жидких животноводческих стоков - 160 т/га на планируемую урожайность 25 ц/га зерна (h=18см, $k_m=23$; вынос 1ц N – 3,0 кг д.в., P_2O_5 – 1,2 кг д.в., K_2O – 2,4 кг д.в.)

Группа	Потенциальное плодородие, ц/га зерна (средняя)	Планируемая прибавка зерна, ц/га	Элемент	Общий вынос с урожаем, кг д.в. на 1 га	Возможный вынос, кг д.в. на 1 га					Дефицит, кг д.в. на 1 га	Коэффициент использования NPK из туков, %	Требуется внести с учетом коэффициента использования, кг д.в. на 1 га	
					из почвы	из NPK, не использованных предшественником	из пожнивных и корневых остатков	из невозможной жижи	итого			рН=6,0	с учетом кислотности
I	0...4,0 (2,0) рН=0...4	23,00	N	69,0	--	--	--	56,0	56,0	13,0	70	18,57	20,98
			P	30,0	2,30	--	--	21,6	23,9	6,10	30	53,66	60,64
			K	60,0	5,52	--	--	268,8	274,32	--	70	--	--
II	4,1...8,0 (6,05) рН=4,1...4,5	18,95	N	56,85	--	--	--	56,0	56,0	0,85	70	1,21	1,34
			P	30,0	6,99	--	--	21,6	28,59	1,41	30	38,03	42,79
			K	60,0	16,70	--	--	268,8	285,5	--	70	--	--
III	8,1...12,0 (10,05) рН=4,6...5,0	14,95	N	44,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	13,89	--	--	21,6	35,49	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	27,74	--	--	268,8	296,54	--	70	--	--
IV	12,1...16,0 (14,05) рН=5,1...5,5	10,95	N	32,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	23,09	--	--	21,6	44,69	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	40,16	--	--	268,8	308,96	--	70	--	--
V	16,1...20,0 (18,05) рН=5,6 и >	6,95	N	20,85	--	--	--	56,0	56,0	--	70	--	--
			P	30,0	40,10	--	--	21,6	61,7	--	30	33,33	33,33
			K	60,0	58,10	--	--	268,8	326,9	--	70	--	--

Таблица 3 - Расчет доз внесения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы (предшественник – озимая пшеница) с последствием жидких животноводческих стоков 160 т/га на планируемую урожайность 25 ц/га зерна (h=18 см, $k_m=23$; вынос 1ц N – 3,2 кг д.в., P_2O_5 – 1,2 кг д.в., K_2O – 2,6 кг д.в.)

Группа	Потенциальное плодородие, ц/га зерна (средняя)	Планируемая прибавка зерна, ц/га	Элемент	Общий вынос с урожаем, кг д.в. на 1 га	Возможный вынос, кг д.в. на 1 га					Дефицит, кг д.в. на 1 га	Коэффициент использования NPK из туков, %	Требуется внести с учетом коэффициента использования, кг д.в. на 1 га	
					из почвы	из NPK, не использованных предшественником	из пожнивных и корневых остатков	из навозной жижи	итого			рН=6,0	с учетом кислотности
I	0...4,0 (2,00) рН=0...4	23,00	N	73,6	--	--	3,50	5,60	9,10	64,50	70	92,14	104,12
			P	30,0	2,30	3,05	1,20	3,24	9,79	20,21	30	67,37	76,13
			K	65,0	5,52	--	8,40	26,88	40,8	24,20	70	34,57	39,06
II	4,1...8,0 (6,05) рН=4,1...4,5	18,95	N	60,64	--	--	3,50	5,60	9,10	51,54	70	73,63	81,73
			P	30,0	6,99	0,71	1,20	3,24	12,14	17,86	30	59,53	66,08
			K	65,0	16,70	--	8,40	26,88	51,98	13,02	70	18,60	20,65
III	8,1...12,0 (10,05) рН=4,6...5,0	14,95	N	47,84	--	--	3,50	5,60	9,10	38,74	70	55,34	60,32
			P	30,0	13,89	--	1,20	3,24	18,33	11,67	30	38,90	42,40
			K	65,0	27,74	--	8,40	26,88	63,02	1,98	70	2,83	3,08
IV	12,1...16,0 (14,05) рН=5,1...5,5	10,95	N	35,04	--	--	3,50	5,60	9,10	25,94	70	37,06	39,28
			P	30,0	23,09	--	1,20	3,24	27,53	2,47	30	8,23+	19,32
			K	65,0	40,16	--	8,40	26,88	75,44	--	70	--	--
V	16,1...20,0 (18,05) рН=5,6 и >	6,95	N	22,24	--	--	3,50	5,60	9,10	13,14	70	18,77	18,77
			P	30,0	40,10	--	1,20	3,24	44,54	10,0 кг при посеве	30	33,33	33,33
			K	65,0	58,10	--	8,40	26,88	93,38	--	70	--	--

4. Шевченко В.А. Комбинированный агрегат для обработки почвы и внесения жидких органических удобрений на склонах/Шевченко В.А., Просвирык П.Н., Соловьев А.М., Фирсов И.П. – Патент на полезную модель. Заявка № (21) 201215929/13.

5. Шевченко В.А., Просвирык П.Н., Цыбизов В.А. Технология использования жидких стоков свиноводческих комплексов при возделывании кукурузы в условиях Верхне-волжья//Журнал «Плодородие». Раздел Агроекология.- М.: 2011 №6.- С. 39.

УДК 628.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОД НИЗКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ОРОШЕНИЯ В ИНДИИ

В.М.Яшин

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Основные земледельческие регионы Индии приурочены к Индо-Гангской равнине и приморским низменностям. Индия – одна из самых жарких стран с тяжелым муссонным климатом. Среднегодовая температура составляет около 25 °С. Среднегодовое количество осадков изменяется в широких пределах от 150 мм в пустынных районах Раджастана до 2500 мм – в Западной Бенгалии. Природные условия Индии благоприятны для ведения сельскохозяйственного производства. При наличии территориальных ресурсов в наиболее влажных регионах возможно получение до 3-х урожаев в год. По площади обрабатываемых земель Индия занимает второе место после США, а по площади орошаемых земель – лидирующее положение в мире. Рис и пшеница, производимые и потребляемые сельскохозяйственные культуры. Ежегодно в стране собирается урожай в размере 213 – 238 млн. тонн [9].

В значительной степени проблемы повышения плодородия почв обусловлены наличием засоленных почв природного генезиса, а также развитием процессов вторичного засоления и осолонцевания на орошаемых землях. Общая площадь засоленных и осолонцованных (щелочных) почв в Индии составляет 6.73 млн. га [8]. Для оценки степени засоления почв используется классификация, основанная на измерениях электропроводности водной вытяжки из насыщенной почвенной пасты (EC_e), величины рН почвы (pH_s) и содержания обменного натрия (ESP).

Таблица 1 – Классификация по степени засоленности почв [8]

Степень	Засоленность (EC_e), dS / m	Осолонцевание	
		pH_s	ESP, %
Слабая	4-8	8.5 -9.0	< 15
Средняя	8-30	9.0 - 9.8	15-40
Сильная	>30	>9.8	>40

В соответствии с этой классификацией площадь засоленных почв составляет 2956809 га или 44% от общей площади засоленных и осолонцованных почв, находящихся в 12 штатах и на Андаманских и Никобарских островах. Они распространены на равнинных землях с неудовлетворительным качеством

грунтовых вод в условиях аридного и полуаридного климата, а также в приморских низменностях, подверженных интрузиям морских вод. Щелочные (солонцовые) почвы и почвы с содовым засолением распространены в аридных и полуаридных регионах в Западной и Центральной Индии, в полуостровной части Южной Индии и занимают площадь 3770659 га (Mandal A.K., Obi Reddy G.P., Ravisankar, 2011).

Для обеспечения и формирования благоприятного солевого режима орошаемых почв Индии (по данным Центрального НИИ засоленных почв общая площадь засоленных почв и земель с содовым засолением составляет 6.73 млн. га) весьма важным и благоприятным условием является наличие муссонного климата, характеризующегося регулярным ежегодным выпадением дождей в определенный сравнительно короткий период (июнь – сентябрь). Если сумма осадков в этот период превышает эвапотранспирацию, то складывается благоприятный водно-солевой режим почвы.

Для орошения в засушливые периоды года используются водные ресурсы поверхностных (80% ресурсов сосредоточены в реках Ганг, Инд и Брахмапутра) и подземных вод.

Поверхностные воды, как правило, характеризуются удовлетворительным качеством для орошения, их соленость (по электропроводности) в некоторых реках от верховьев к устью показана в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение солёности (по электропроводности) вод от верхнего течения к нижнему течению основных рек Индии

Река	Солёность, dS/m	Река	Солёность, dS/m
Ганг	0.2 – 0.80	Ямуна	0.31 – 0.75
Нармада	0.34 – 1.02	Сатледж	0.30 – 1.10

Проблемы возникают при использовании для орошения подземных (грунтовых) вод. Выполненные приближенные оценки [4] качества грунтовых вод с целью возможности их использования для орошения показывают, что от 32 до 84% в различных штатах характеризуются повышенной минерализацией и SAR, а также проявлением щелочности или содового химического состава (рис.1).

Грунтовая вода повышенной минерализации распространена в засушливых районах северо-западных штатов (Раджастан, Харьяна, Пенджаб), щелочная вода приурочена к полувасушливым областям Индии, где годовое количество осадков составляет 500 – 700 мм.

В качестве основных характеристик воды для орошения используются следующие параметры (табл. 3).

Концентрация растворенных солей в оросительной воде оценивается в терминах электрической проводимости (EC_{iw}), измеряемй в децисименсах на метр (dS/m). Для перевода значений электропроводности (dS/m) в величины г/л используются коэффициенты (при $dS/m < 5$ – 0.64; при $dS/m > 5$ – 0.80) [5].

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Опасность вторичного засоления почв оценивается по общему содержанию солей в оросительной воде (EC_{iw}). Опасность формирования щелочного и возможности содового засоления осуществляется по величине SAR, RSC и pH.

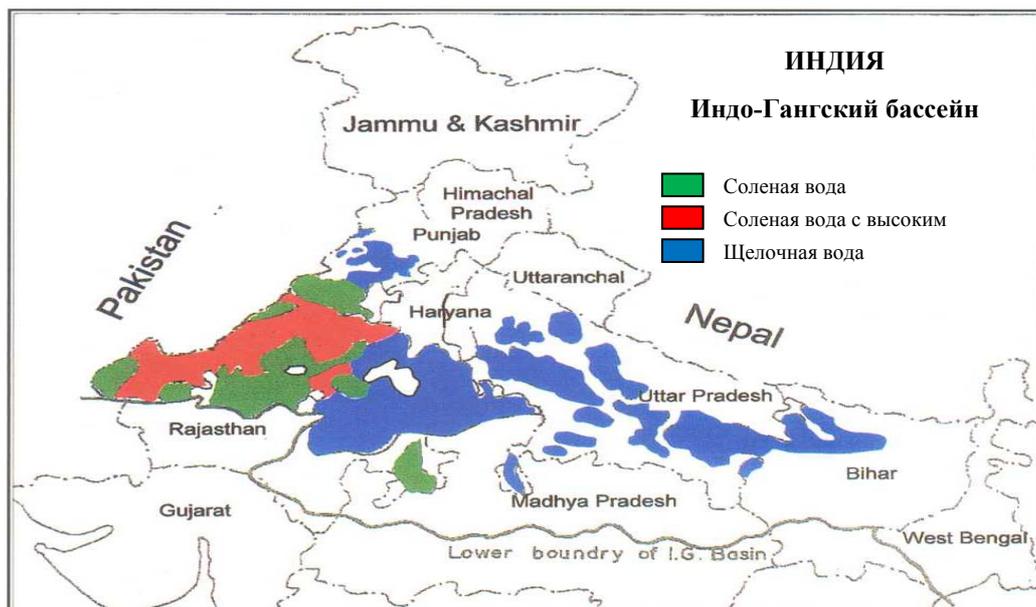


Рисунок 1 - Распределение подземных вод низкого качества для орошения в Индо-Гангской части в Индии [2]

Таблица 3 – Классификация качества грунтовых вод для целей орошения [4]

Класс	Подкласс	EC_{iw} (dS/m)	SAR (ммоль/л)	RSC (мг-экв/л)
Хорошие		< 2	< 10	< 2.5
Соленые	Слабосоленые	2 - 4	< 10	< 2.5
	Соленые	> 4	< 10	< 2.5
	Соленые с высоким SAR	> 4	> 10	< 2.5
Щелочные	Слабощелочные	< 4	< 10	2.5 – 4.0
	Щелочные	< 4	< 10	> 4
	Высоко щелочные	Различное значение	> 10	> 4

На основе многочисленных исследований, выполненных в течение нескольких десятилетий, разработаны технологические варианты безопасного использования для орошения щелочных и содовых вод. Установлены важные принципы водного питания растений и водно-солевого режима почв, изучены

химические процессы неблагоприятного воздействия орошения содовой водой. Разработаны сорта сельскохозяйственных культур с повышенной содоустойчивостью.

В Индии имеется четкое понимание того, что орошаемое земледелие при использовании соленых и щелочных вод (вод низкого качества) требует повышенных материальных и финансовых ресурсов и в то же время в результате может быть получена более низкая урожайность сельскохозяйственных культур. Положительные результаты при орошении солеными водами (Saline irrigation) достигаются только в интегрированных методах управления, когда согласуются такие факторы как осадки, климат, глубина и качество грунтовых вод, качество оросительной воды, характеристики почвы с требованиями сельскохозяйственных культур, системами земледелия и орошения. Управление орошением при орошении солеными и щелочными водами должно быть направлено на предотвращение вторичного засоления и накопления соды и токсичных ионов в корнеобитаемой зоне почвы, сведения к минимуму вредного воздействия солености воды и почвы на рост сельскохозяйственных культур и формирования благоприятных солевых балансов в системе почва – оросительная вода.

При использовании вод повышенной минерализации уровень вторичного засоления почвы изменяется в зависимости от текстуры почвы, годового количества осадков и ионного состава воды (Minhas, 1996). Для оценочных расчетов рекомендуется использовать «эмпирическое правило», согласно которому накопление солей в легких почвах составляет около половины засоленности поливной воды (в терминах электропроводности) и равна в структурированных супесях и суглинках и превышает ее в два раза в тяжелых почвах. Например, при орошении водой 8 dS/m приводит к засоленности 4, 8 и 16 dS/m соответственно в легких, суглинистых и тяжелых почвах. Весьма важным вопросом при использовании соленых вод для орошения является подбор сельскохозяйственных культур. На основе толерантности сельскохозяйственных культур к качеству оросительной воды на засоленных почвах растения расклассифицированы на 5 групп: с высокой степенью чувствительности; чувствительные; полутолерантные; толерантные и высокотолерантные.

На основе многочисленных опытов в различных регионах Индии составлена таблица критических значений солености оросительной воды, при которых происходит снижение урожайности сельскохозяйственных культур до определенного уровня (табл. 4). Эти данные служат основанием для выбора сельскохозяйственных культур в конкретных ирригационных условиях.

Здесь пшеница, ячмень, горчица и сорго считаются солетолерантными культурами, подсолнечник, хлопчатник, рис, кукуруза, бобы и кунжут идентифицируются как полутолерантные, а лук, земляной орех и голубиный горох классифицируются как чувствительные культуры.

Таблица 4 - Критические уровни электропроводности оросительной воды при снижении урожайности сельскохозяйственных культур [6]

Сельскохозяйственные культуры	Почва	Местоположение	Критические значения электропроводности при снижении урожайности (dS/m)			
			10%	25%	50%	
Пшеница	Легкий суглинок	Агра	6,6	10,4	16,8	
	Супесь	Джодхпур	8,3	10,2	13,4	
	Легкий суглинок	Карнал	9,1	10,8	13,7	
	Черная глина	Дхарвад	4,3	7,0	12,9	
	Черная глина	Индор	4,7	8,7	15,2	
	Песок (дюны)	Карнал	14,0	16,1	19,5	
Ячмень	Легкий суглинок	Агра	7,2	11,3	18,0	
Рис	Черная глина	Дхарвад	3,8	6,5	9,9	
	Глина	Бапатла	зима	2,2	3,9	6,8
			лето	1,5	2,6	4,7
Кукуруза	Легкий суглинок	Агра	2,7	5,5	10,3	
	Черная глина	Индор	2,2	4,7	8,8	
Сорго	Легкий суглинок	Агра	7,0	11,2	18,1	
	Черная глина	Дхарвад	2,6	5,1	9,2	
Горчица	Легкий суглинок	Агра	6,6	8,8	12,3	
Подсолнечник	Легкий суглинок	Агра	6,0	8,5	11,6	
	Песок	Бапатла	3,5	7,2	13,4	
Хлопчатник	Черная глина	Дхарвад	3,3	7,7	15,1	
Лук	Песок	Бапатла	5,1	6,0	7,5	
	Легкий суглинок	Агра	1,8	2,3	3,3	
Земляной орех	Песок	Бапатла	1,8	3,1	5,3	
Голубиный горох	Суглинок	Агра	1,3	2,3	3,9	

Орошение щелочными водами приводит к увеличению щелочности почвы и может привести к содовому засолению. Увеличение концентрации обменного натрия (ESP) приводит к ухудшению агро- и воднофизических свойств почвы, включая снижение фильтрационных свойств и аэрируемость почвы, что

вызывает затруднение дыхания корней растений. Мелиорация таких почв вызывает особые трудности. Выбор сельскохозяйственных культур при использовании щелочных вод необходимо осуществлять с учетом их содоустойчивости (табл. 5).

Таблица 5 – Содоустойчивость сельскохозяйственных культур
(с частичным сокращением по [3])

Содержание обменного натрия, % (ESP)	Сельскохозяйственные культуры
10-15	Маш, горох, голубиный горох, индийская фасоль, банан
16-20	Соя, папайя, кукуруза, цитрусовые
20-25	Арахис, вигна, лук, просо, гуава, виноград
25-30	Лен, чеснок, лимонная трава, сорго обыкновенное, хлопчатник
30-50	Горчица, пшеница, подсолнечник, сорго
50-60	Ячмень, сесбания, родесская трава
60-70	Рис, сахарная свекла, карнальская трава

При использовании для орошения щелочных вод необходимо выполнять следующие рекомендации:

- во влажный период при выращивании сахарного тростника и риса следует избегать щелочных вод, поскольку они усугубляют проблему содообразования в приповерхностном (0 – 30 см) слое;

- в районах с низким уровнем осадков (< 400 мм/год) поля целесообразно держать под паром в течение сухого сезона. Во влажный период возделываются только толерантные и полутолерантные культуры (ячмень, пшеница, горчица);

- для областей с осадками более 400 мм/год система «пшеница – пшеница и хлопок – пшеница» могут быть реализованы при условии, если посев в сухой сезон осуществляется с дождевой водой или оросительной водой хорошего качества. Кроме того, проводятся 2-3 полива щелочными водами в сухой сезон;

- щелочные воды не должны использоваться для выращивания яровых с апреля по июнь.

Мелиорация оросительной воды осуществляется с применением гипса, который является наиболее доступным мелиорантом в стране. Потребное количество гипса (70% чистоты) для нейтрализации 1 мг-экв/л RSC оросительной воды составляет 86 кг/га при расчете на глубину 7,5 см почвы. Необходимое количество гипса зависит от величины RSC оросительной воды и оросительной нормы. Наиболее распространенным способом является внесение гипса на поверхность почвы и последующая его заделка культивацией или дискованием, но лучшим способом мелиорации оросительной воды целью обогащения ее ионами кальция является метод пропускания поливной воды через специальные контейнеры, наполненные кусковым гипсом. Высокая эффективность его доказана полевыми опытами. Использование для орошения вод низкого качества требует увеличения на 20-30% норм высева культур, уменьшения расстояния