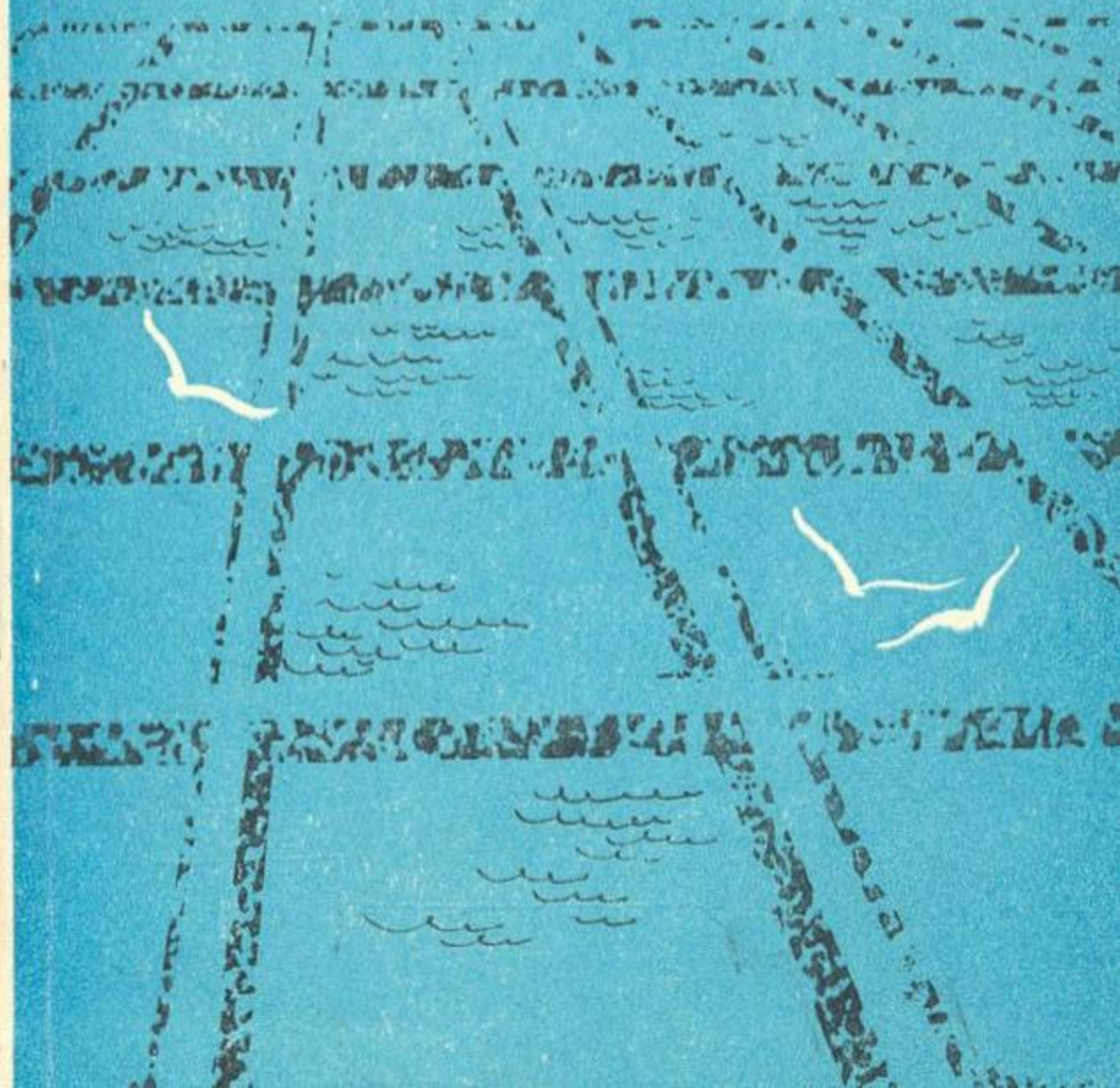


А. РАМАЗАНОВ

РИС
НА ЗАСОЛЕННЫХ
ЗЕМЛЯХ
НИЗОВЬЕВ
АМУДАРЬИ



А. РАМАЗАНОВ

РИС
НА ЗАСОЛЕННЫХ
ЗЕМЛЯХ НИЗОВЬЕВ
АМУДАРЬИ

ТАШКЕНТ
«УЗБЕКИСТАН»
1983

Рецензент кандидат сельскохозяйственных наук
Д. Э. ЗАУРОВ

Рамазанов А.

Р 21 Рис на засоленных землях Амударьи.
— Т.: Узбекистан, 1983.—98 с.

В книге приводятся результаты многолетних исследований, проведенных САНИИРИ, касающиеся приемов агротехники риса на засоленных землях, изменения водно-физических, агрохимических, химических и других свойств почвы при его возделывании. Освещаются вопросы эксплуатации оросительной и дренажно-сбросной сети, повторного использования минерализованных вод на орошение риса.

Книга рассчитана на инженеров-гидротехников, агрономов-рисоводов, занимающихся эксплуатацией рисовых систем.

ББК 42.112—4
633.1

Р $\frac{3803030101 \quad 137}{М 351 (04) 83}$ 127—83

© Издательство «УЗБЕКИСТАН», 1983 г.

ВВЕДЕНИЕ

Коммунистическая партия Советского Союза и Совет Министров СССР осуществляют долговременную программу развития сельского хозяйства. Одним из главных направлений этой программы является получение устойчивых и всевозрастающих объемов продукции земледелия и животноводства на базе орошения и мелиорации земель. Высокоурожайной зерновой культурой в условиях орошаемого земледелия Средней Азии, Казахстана, Закавказья, Нижнего Поволжья, Южной части Украины, Краснодарского края, Ростовской области, Приморского края является рис.

Производство риса — одного из основных продуктов питания в нашей стране — из года в год увеличивается. Коренной перелом в развитии отечественного рисосеяния произошел после мартовского (1965 г.) и майского (1966 г.) Пленумов ЦК КПСС.

Значительный вклад в развитие отечественного рисосеяния вносит Советский Узбекистан. В соответствии с решениями XXVI съезда КПСС и ноябрьского (1978 г.) Пленума ЦК партии об интенсификации сельскохозяйственного производства и учитывая благоприятные природные условия низовья Амударьи ЦК КП Узбекистана и Совет Министров Узбекской ССР приняли постановление об организации рисоводческих совхозов. К настоящему времени на территории Каракалпакской АССР организовано и успешно функционирует 17, в Хорезмской области — 12 рисоводческих совхозов. Организация специализированных рисоводческих совхозов при совершенно новой технологии проектирования и строительства явилась основой перевода рисосеяния в низовьях Амударьи

на индустриальную основу. Под рисовые системы в основном отводятся целинные и залежные земли с исключительно пестрым литологическим строением покровной толщи — от барханных песков до тяжелопроницаемых озерных отложений. Эти обстоятельства обуславливают необходимость дифференцированного подхода при выборе основных параметров ирригационно-мелиоративной сети, режима орошения, системы агротехники и других вопросов технологии возделывания риса на крупных массивах. Принимая во внимание крайнюю необходимость глубокого изучения опыта проектирования, строительства и эксплуатации рисовых комплексов САНИИРИ с 1971 г. при методическом руководстве и непосредственном участии автора проводит широкие исследования по установлению показателей работы выполненных конструкций рисовых оросительных систем в этой зоне.

В настоящей книге дается обобщение результатов этих исследований в увязке с материалами НИИ, проектных и эксплуатационных организаций, характеризуются природные условия зоны существующего и перспективного развития рисосеяния в низовьях Амударьи, приводится агробиологическая характеристика районированных сортов риса, агротехника их возделывания, оценка применяемого режима орошения. На основе экспериментальных исследований дан пример расчета оптимальной оросительной нормы риса с учетом изменения солевого режима почвогрунтов. Подробно рассматривается влияние длительного возделывания риса на изменение и направленность почвенно-мелиоративных процессов. На примере характерных систем описываются режим и минерализация грунтовых вод рисового поля, динамика влажности почвогрунтов зоны аэрации. Даны сопоставительные данные по изменению солевого режима почв различного литологического строения при различных сроках возделывания риса в севообороте. Детально рассмотрено влияние орошения риса на водно-физические, агрохимические и другие свойства почвогрунтов. На основе данных многолетних наблюдений установлены изменения водно-солевого режима полей сопутствующих культур рисового севооборота, а также прилегающей к рисовой системе территории.

Собран и analyzed материал по отводу сбрасываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы систем при различных сроках их эксплуатации. Исполь-

зуя существующие методы расчета, определен объем отводимой с единицы площади воды существующей дренажно-сбросной сетью. На примере отдельных рисовых полей дана оценка составляющих частей водного баланса рисового поля при различной продолжительности возделывания риса, освещаются вопросы повторного использования дренажно-сбросных вод на орошение риса. Приводятся данные по динамике распределения взвешенных наносов и их влияние на режим работы каналов различного порядка. Определены факторы, влияющие на техническое состояние и режим работы оросительных каналов и дренажно-сбросной сети различного порядка.

Рекомендации, вытекающие из анализа результатов исследований, направлены на улучшение эксплуатации рисовых оросительных систем и ни в коей мере не претендуют на полноту решения всех вопросов, связанных с организацией, строительством и эксплуатацией рисовых комплексов в низовьях Амударьи.

Автор с благодарностью примет замечания и пожелания по рассматриваемым в книге вопросам, которые можно направить по адресу: Узбекская ССР, Ташкент, Навои, 30, издательство «Узбекистан».

ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОНЫ РАЗВИТИЯ РИСОСЕЯНИЯ

В природно-климатических отношениях низовья реки Амударьи существенно отличаются от других зон Средней Азии. Эта территория расположена в зоне пустынь умеренного пояса. Рельеф местности имеет почти равнинный характер, лишенный естественных барьеров, способных защитить от вторжения холодных (арктические течения) ветров. Такая естественно-географическая ситуация обуславливает формирование резко континентального климата с огромной испаряемостью, особенно в летнее время, небольшим количеством атмосферных осадков с их сезонной неравномерностью, сухим жарким летом и довольно холодной зимой, резкими колебаниями температуры воздуха не только в разрезе года, но и суток.

Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах $11-13^{\circ}\text{C}$. В зимний период минимальная температура доходит до минус $21-23^{\circ}\text{C}$, а в летний период — плюс $41-43^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма атмосферных осадков колеблется в пределах 80—140 мм и ниже. Осадки преимущественно выпадают в холодный период года. Около 40% от суммы годовых осадков выпадает в осенние месяцы и 30% — в весенние. Значительно меньше осадков приходится на зиму (декабрь — февраль). Продолжительность безморозного периода в дельте намного меньше, чем в других областях Средней Азии, и составляет около 200 дней.

Низовья Амударьи представлены древнеаллювиальной равниной с общим уклоном поверхности 0,0001—0,0002 в северном направлении. В геоморфологическом строении ее ясно сохранились все черты дельтового мезорельефа и характерные особенности строения аллювия

с частой сменой механического состава в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Аллювиальные отложения низовья Амударьи представлены тремя типами:

русловые отложения, сложенные мелкозернистыми песками, местами покрытые переслаивающимися супесями, имеют сравнительно хорошую водопроницаемость, рыхлость сложения. Они неустойчивы к процессам размыва;

отложения блуждающих протоков разливов рек и временных озер, сложены слоистым комплексом песков, супесей, суглинков и глин. Они образуются на территориях, где произошли непрерывные смены озерных и русловых отложений и имеют среднюю водопроницаемость грунтов;

озерные отложения, сложены глинами, суглинками с подчиненными прослоями супесей и песков. Этот тип имеет тяжелый механический состав и низкую величину коэффициента фильтрации.

В гидрогеологическом отношении наблюдаются крайне затруднительные условия оттока грунтовых вод, вызванные малыми уклонами местности и низкими фильтрационными свойствами почвогрунтов.

Источником питания грунтовых вод является фильтрация из Амударьи, оросительных каналов и с орошаемых полей. Расходятся они, в основном, на испарение и транспирацию, и лишь незначительная часть отводится коллекторно-дренажной сетью. По данным Н. И. Фаворина (1966), грунтовые воды практически бессточны — отток от 19—26 до 40 мм в год. Исходя из этого, современную дельту Амударьи В. В. Егоров, П. А. Летунов (1959) и др. относят к типу вертикального водообмена, где грунтовые воды гидростатически связаны с поверхностными водотоками, проходящими по командным отметкам территории.

Процессы почвообразования в низовьях Амударьи тесно связаны с климатическими, ирригационно-хозяйственными и другими факторами. От степени выраженности каждого из этих факторов в том или ином отрезке времени определялась направленность почвообразовательного процесса. Основными из этих факторов являются увлажнение и климат. Увлажнение как фактор почвообразовательного процесса выражено как паводковые затопления, близкие к поверхности почвы грунтовые воды и

орошение. Климат как мощный фактор местного почвообразования выражается прежде всего в высокой испаряемости. Характерной особенностью условий почвообразования является резкая выраженность испаряемости грунтового или поверхностного увлажнения.

В силу общей геологической молодости дельты вследствие частой смены на различных ее участках влажных условий сухими или наоборот в ее пределах не обнаруживаются обособленные направления в почвообразовании.

Н. А. Димо (1914) в силу слабой выраженности таких почвообразовательных процессов, как гумусонакопление, иллювирование солей, почвы низовьев Амударьи назвал почвогрунтами. Основное направление и развитие почв, по Н. В. Богдановичу (1953), происходило по схеме: гидроморфная стадия — молодые аллювиальные отложения, слабо затронутые процессом почвообразования лугово- или болотно-лугового характера, луговые аллювиальные (тугайные) почвы стадий почвообразования, луговые аллювиальные почвы.

Переходная стадия — лугово-такрыные почвы. Автоморфная пустынная стадия — такрыные серо-бурые почвы. Развитие и формирование почв в этой зоне шло по пути опустынивания с образованием лугово-пустынных и лугово-такрыных почв (Н. В. Богданович, 1953; А. Ф. Шелаев, Н. Т. Муравьева, И. Н. Фелициант, 1953; А. И. Калашников, Н. В. Кимберг, Е. Л. Кочубей и М. И. Кочубей, 1956).

Характерной особенностью низовья Амударьи вообще и зоны развития рисосеяния в частности является исключительная пестрота почвенно-мелиоративных условий, литологического строения почвы, как по профилю, так и в пространстве, что достаточно хорошо иллюстрируется приводимым ниже описанием двух опытно-производственных участков рисоводческих совхозов.

Чимбайский район, совхоз «Октябрь». Совхоз «Октябрь» имеет валовую площадь 10 909 га. Границами совхоза являются: на севере — земли совхоза «Май-Яб», на востоке — полоса отчуждения канала Май-Яб, на западе — коллектор КС-1 и на юге — земли совхоза «Кайгейли».

В геоморфологическом отношении территория совхоза расположена в пределах аллювиальной равнины низовий Амударьи. Общий равнинный характер поверхно-

сти нарушается невысокими бугристо-рядовыми песками, часто встречающимися на периферии дельты и образовавшимися преимущественно за счет развевания аллювиальных песков Амударьи. Эти пески частично закреплены растительностью и беспорядочно располагаются по всей территории совхоза. Рельеф местности рассматриваемой территории равнинный со слабым общим уклоном — 0,0001—0,0002, на север к Аральскому морю с отдельными небольшими понижениями. Абсолютные отметки поверхности земли колеблются от 60,5 до 65 м над ур. м.

Преобладающая часть территории совхоза расположена в северной части приаральской дельты Амударьи и лишь очень небольшая часть на западе переходит в область современной дельты. С поверхности территория совхоза представляет собой область развития аллювиальных четвертичных отложений, мощность которых достигает 60 м.

По генетическим признакам среди четвертичных аллювиальных отложений выделяются русловые отложения, отложения разливов рек, блуждающих временных протоков.

Русловые отложения представлены мелкозернистыми и тонкозернистыми песками серого цвета, местами перекрытыми мелкоземом мощностью от 0,6 до 3,0 м, или содержат прослой суглинков и супесей. Мощность их достигает 36 м. По данным института «Узгипроводхоз» (1972 г.), на территории совхоза площадь русловых отложений занимает 3270 га. Средневзвешенный коэффициент фильтрации (K_{ϕ})—2,5 м/сутки.

Отложения междуречий блуждающих временных русловых потоков занимают площадь 7640 га и залегают непосредственно на коренном ложе дельты. Они представлены переслаивающимися суглинками, супесями и песками, реже глинами. Мощность чередующихся пластов различных пород колеблется от 0,2—0,3 до 3—4 м. Средневзвешенный коэффициент фильтрации — 1,5 м/сутки.

Минерализация грунтовых вод до начала освоения земель варьировала от 0,3 до 30,0 г/л по плотному остатку при сульфатном и хлоридно-сульфатно-натриевом типе засоления.

Сезонная амплитуда колебания уровня грунтовых вод изменялась в пределах 0,5—1,2 м при максимальной

глубине залегания в вегетационный период, а минимальной — в осенне-зимнее время.

Процессы почвообразования в данной зоне связаны с эволюцией дельты р. Амударьи — отложением аллювия и его постепенным выходом из зоны паводков, что в конечном итоге приводит к полному прекращению воздействия на почвенный покров паводковых и грунтовых вод. Характерным признаком целинных почв и участков старого орошения является наличие следов гидроморфного почвообразования.

Известно, что ирригационное освоение земель вносит существенные изменения в процесс почвообразования и его направленность во времени. На территории совхоза выделены следующие типы почв: лугово-пустынные; лугово-такырные; луговые с остаточнo-болотными признаками; солончаки и пески. В количественном отношении наиболее распространенными являются лугово-такырные и лугово-пустынные почвы.

Специфической особенностью этих почв является очень незначительная связь между верхними горизонтами и капиллярной каймой грунтовых вод или полное ее отсутствие. В результате этого верхний слой почвы имеет автоморфный режим, когда нижняя часть корнеобитаемого слоя в большинстве случаев подпитывается влагой грунтовых вод. В пределах распространения лугово-пустынных и лугово-такырных почв по степени засоления можно выделить земли от незасоленных до солончаков с преобладанием в количественном выражении слабозасоленных почв. Эти почвы сравнительно богаты гумусом (особенно в верхнем 0—20 см слое) — от 0,8 до 3—4% и более. Содержание азота в этих горизонтах доходит до 0,1% в слое 0—15—20 см, валового фосфора варьирует в пределах 0,1—0,15%.

Ургенчский район, совхоз «Беговат». Территория совхоза площадью 4357 га расположена в центральной части Хорезмского оазиса в пределах Ургенчского района Хорезмской области. Географическими границами совхоза являются: на севере — железная дорога Чарджоу — Кунград, на западе — коллектор Кум-Яб, на юге — земли колхоза им. Нариманова. По геологическим признакам рассматриваемый массив приурочен к низменной аллювиальной равнине долины Даудан и Дарьялика — древних притоков Амударьи. Основная часть территории занята грядово-ячеистыми мелкобугристыми и лучевыми

песками, образовавшимися вследствие ветровой переработки аллювиальных серых песков Дарьялика и Даудана. Высота отдельных барханов достигает 7—8 м. Широкое развитие здесь получили также корково-пухлые солончаки. В геологическом строении описываемой территории принимают участие отложения чертветичного верхне-неогенового возраста. Четвертичные отложения развиты с поверхности и представлены аллювиальными песками, серыми, мелко- и среднезернистыми, слюдистыми, кварц-полевошпатовыми. Покровные супеси и суглинки желтовато-серые, комковатые, грубослюдистые. Мощность покровных отложений не превышает 1 м, реже — 1,5—2,0 м. Общая мощность четвертичных отложений — до 40 м. Отложения Даудана и Дарьялика залегают в эрозионном врезе и подстилаются погребными четвертичными эоловыми песками и песчаниками верхнего плиоцена. Общая мощность неогеновых отложений более 150 м, представлены они в основном песчаниками и глинами.

Условия питания, формирования, циркуляции и распределения подземных вод, обусловившие соответствующую направленность гидрогеологических процессов, определяются геологическим строением территории, составом водосодержащих пород, современными физико-географическими особенностями района, активной деятельностью человека и изменениями природных условий. Рассматриваемая площадь является частью Южно-Приаральского артезианского бассейна, который, в свою очередь, принадлежит Амударьинской артезианской системе. Основным источником питания подземных вод является подземный приток со стороны Амударьи и инфильтрация поверхностных вод из ирригационных каналов. Водоупором верхнего плиоцен-четвертичного водоносного комплекса, содержащего грунтовые воды, являются апшеронские глины, залегающие на глубине 50 м от поверхности земли. В качестве относительного водоупора при гидрогеологических расчетах можно принять плиоценовые песчаники.

Грунтовые воды, развитые в пределах массива, циркулируют в современных амударьинских отложениях. Основную часть аллювиального разреза составляют серые пески мощностью 30—40 м. Грунтовые воды, в зависимости от рельефа местности и ирригационно-хозяйственных условий, залегают от 1,0 до 3,0 и более метров от по-

верхности земли. На отдельных участках вскрыты грунтовые воды на глубине до 1,0 м.

Максимальное положение уровня отмечается в апреле и в августе. В период вегетации для орошаемых участков кривая колебания уровня имеет волнистоломаный характер с пиками подъема уровня. После прекращения вегетационных поливов и закрытия каналов в сентябре уровень грунтовых вод (УГВ) постепенно снижается и в ноябре — феврале занимает минимальное положение.

Среднегодовая амплитуда колебания УГВ на орошаемых землях составляет 1,0—1,6 м, в зоне влияния каналов — до 2,0 м. На неосвоенных участках характер колебания уровня сохраняется с некоторыми запозданиями и меньшими амплитудами — от 0,6 до 1,0 м.

Аллювиальные отложения староречий р. Амударьи характеризуются высокой водопроницаемостью — от 600 до 1500 м/сутки и K_{ϕ} — до 30 м/сутки.

Минерализация грунтовых вод изменяется в широких пределах — от 0,8 до 32,8 г/л. Преобладает состав воды с плотным остатком — 3—10 г/л.

Основное развитие в пределах описываемой территории имеют четвертичные отложения, представленные песками с прослойками и линзами супесей и суглинков.

Пески — серые и желтовато-серые, среднеплотные, по гранулометрическому составу относятся к мелким и пылеватым разностям, содержание песчаной фракции (1,0—0,25 мм) — от 43,4 до 98,6%, пылевой (0,05—0,005) — от 0,3 до 4,2%. Удельная масса — 2,69 г/см³, объемная масса рыхлого песка — 1,30 г/см³, уплотненного — 1,61 г/см³, пористость рыхлого — 51—52,6%, уплотненного — 37—40,6%, соответственно коэффициент пористости — 1,045—1,609 и 0,646—0,683. Угол естественного откоса сухого грунта 35°, мокрого — 32°. Коэффициент фильтрации покровных песков до глубины 5,0—2,5 м — 3—5 м/сутки, для нижних, более промытых, — 28—30 м/сутки. В водонасыщенном состоянии пески оплывают.

Супеси — серые и темно-серые, комковатые, по гранулометрическому составу относятся к легким и тяжелым разностям. Содержание пылевой фракции — до 76%, песчаной — до 14% и глинистой — до 10%. Удельная масса — 2,71 г/см³, объемная масса влажного грунта — 1,62 г/см³, скелета — 1,50 г/см³. Число пластичности — 5—7%, коэффициент фильтрации — 0,6—1,0 м/сутки.

Суглинки — желтовато-серые, относятся к легким, средним и тяжелым разностям. Число пластичности — 9—12%. Содержание песчаных фракций — 8%, глинистой — 10% и пылеватой — до 72%. Удельная масса — 2,72 г/см³. Объемная масса влажного грунта 1,80—1,59 г/см³.

СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ РИСА

Вещества обменных оснований в минеральной части почвы обычно имеют форму кристаллов размером меньше 5 мк в диаметре, которые свободно проходят между частицами почвы и участвуют в обмене основаниями как в почвенном растворе, так и между почвенным раствором и клеточным соком растений. Отдельные ионы почвенных растворов, проникая в клетки растений, оказывают отравляющее влияние на них. Так, ион Cl уменьшает содержание хлорофилловых зерен в растениях, что обуславливает снижение темпа образования крахмала.

В большинстве случаев нарушение минерального питания многих культурных растений происходит от избытка в почве ионов Cl или Na, которые ограничивают поступление в растения необходимых количеств Ca, P, Fe и Mn. В то же время при незначительном содержании в почве иона Cl (до 0,004—0,008% от веса сухой почвы) он может оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений.

Известно, что вредное воздействие солей на растения проявляется в увеличении осмотического давления почвенного раствора, аккумуляции ионов до опасных концентраций. Основная причина гибели растений при высоких концентрациях солей в корнеобитаемой зоне — необратимое нарушение обмена веществ.

В разные фазы развития солеустойчивость той или иной культуры различна. Наиболее чувствительны к солям молодые растения, особенно в момент их прорастания.

В. Рудольфс, проводивший серию опытов по установлению энергии прорастания семян пшеницы, кукурузы, дынь, гороха, сои, риса и других культур в растворах различных солей, установил, что прорастание семян задерживается вследствие ослабления способности семян поглощать влагу из почвенного раствора. Степень вредного действия солей на растения зависит от многих причин. Главнейшим из них являются: ботанический вид и

возраст растений, водно-физические свойства почв, их плодородие, состав солей, климатические условия и т. д.

Растения приспособляются к определенному типу солевого состава почвы. В связи с этим солеустойчивость растений подразделяется на сульфато-хлоридо-содо- и солонцеустойчивость. Одни растения устойчивы к хлористым солям, но неустойчивы к сернокислым, другие — наоборот.

Относительную солеустойчивость культурных растений в убывающем порядке можно представить в следующем виде: устойчивые — ячмень, сахарная свекла, хлопчатник; среднеустойчивые — пшеница, овес, сорго, соя, люцерна, донник, рис, кукуруза, подсолнечник, клевер; слабоустойчивые — вика, горох, бобы, клевер.

Мнения ученых о солеустойчивости риса различны. Одни ученые относят рис к умеренно солеустойчивым растениям, другие — к слабосолеустойчивым. По мнению С. У. Рап (1962), рис — одна из самых солеустойчивых культур. Способность этой культуры произрастать на засоленных землях подтверждена многолетней практикой рисосеяния как в нашей стране, так и за рубежом. Достаточно сказать, что под посевы риса в низовьях рек Амударьи, Сырдарьи и др. преимущественно отводятся целинные и залежные земли с различной исходной степенью засоления — от слабо- до сильнозасоленных.

Говоря о солеустойчивости риса, необходимо наряду с характером и количеством солей в почве учитывать концентрацию почвенного раствора и реакцию среды в результате возделывания риса при затоплении, особенно в условиях слабОВОдопроницаемых почвогрунтов.

Известно, что поливная вода резко снижает концентрацию почвенного раствора, что позволяет успешно возделывать рис на землях с различной степенью засоления, вплоть до солончаков.

Одни соли оказывают на растение преимущественно осмотическое действие, проявляющееся в обезвоживании протоплазмы клеток, другие — токсическое, при котором резко ухудшается обмен веществ. Наиболее чувствителен к засолению почв рис в период появления проростков, в фазу всходов и цветения.

Осмотическое давление концентрированного почвенного раствора на сильнозасоленных почвах может превышать сосущую силу семян, в этом случае семена не впитывают влагу и некоторое время находятся как бы в

законсервированном состоянии в почве. С уменьшением концентрации почвенного раствора, например при подаче на поля воды или в результате других причин, семена начинают впитывать влагу и прорасть.

По данным П. С. Ерыгина (1947), наклевывание семян риса сорта Кырмызы и Кендзо замедляется в растворах с осмотическим давлением 0,6 атм и совсем не происходит при 20 атм.

При концентрации раствора с осмотическим давлением 10 атм на восьмой день опыта у наиболее солеустойчивого сорта риса Кырмызы наклюнулось 76% семян, у Кендзо — только 12%. Высота растений в этом растворе была не менее 2 см, дальнейшее развитие их прекращалось, и через 3—8 суток они отмирали. На этом основании автор считает, что осмотическое давление раствора не должно превышать 5 атм.

Ученые Японии установили, что рис имеет осмотическую приспособляемость к концентрированной солевой среде. Причиной же повреждения растений риса следует считать избыточное накопление в побегах иона хлора, при этом его поглощение растением и передвижение не связано с метаболизмом.

В высококонцентрированных почвенных растворах нарушается поступление элементов минерального питания: одни элементы (кальций, калий, сера, железо, марганец) поступают в растение замедленно, другие — легкорастворимые соединения (прежде всего хлористые — NaCl , MgCl_2 и др.) — в избытке. В результате нарушения минерального питания растений в период вегетации риса снижается и качество получаемого зерна (Ковда, 1946). Высокая концентрация солей оказывает отрицательное влияние на фотосинтез растений. Часто на засоленных землях получают загущенные всходы, но к появлению 3—4-го листа они сильно изреживаются. Соли затрудняют общее дыхание растений, препятствуют процессу фотосинтеза. У проростков риса происходит смена дыхательных систем от цитохромной и полифенольной к флавиновым оксидазам. В возрасте 2—3 листьев активность цитохромной и флавиновой систем невысокая, главная роль принадлежит полифенольным оксидазам, но деятельность этих ферментов тормозится высокой концентрацией солей, поэтому проростки гибнут. Слабое засоление снижает поглощение кислорода растением на 35—50%, а сильное — на 90—97%. Нарушение дыха-

ния зерновок риса сказывается на энергии их прорастания и всхожести. Высокой устойчивостью к засолению обладают отечественные сорта риса — Краснодарский 424, Донской 63, Николаевский и УзРОС 269.

На скорость прорастания семян риса оказывает влияние не только концентрация почвенного раствора, но и характер (тип) засоления. Хлоридно-сульфатный тип засоления даже при сравнительно больших концентрациях раствора (3,5%) не оказывает отрицательного влияния на наклевывание семян, в то время как сульфатно-хлоридное засоление уже при концентрации раствора 1,5% тормозит и снижает всхожесть семян почти у всех испытываемых сортов (Сметанин, Долгих, 1966). В условиях хлоридно-сульфатного засоления всходы риса получены при исходном засолении 3,5%. В условиях же сульфатно-хлоридного засоления рис нужно возделывать при концентрации почвенного раствора не более 1,5%, за исключением сорта Дубовский 129 и Крос 247, для которых допустимый предел концентрации может быть несколько выше (2,0—2,5%).

В условиях содового засоления наблюдается подавление ростовых процессов и поглотительной активности корней, а также повышение концентрации амидного азота в органах растения.

Восприимчивость растений одного и того же сорта риса к засолению сильно изменяется в зависимости от фазы их развития. Так, семена риса, заделанные в почву, которая содержит 0,26% хлористого натрия, погибают, а высаженная рассада выдерживает засоление 0,75%. Рис может произрастать при концентрации почвенного раствора более 6 г/л, однако в период высадки рассады растения погибают при концентрации 3—4 г/л (Alison, 1964).

Иногда для сохранения растений в период их наибольшей солеустойчивости рисовые поля осушают и вновь затапливают водой (неоднократно), чтобы понизить концентрацию почвенного раствора.

По данным З. Ф. Туляковой (1978), при искусственном повышении содержания солей в почве, когда рис находился в фазе 2—3-х листьев, наблюдалось подсыхание и свертывание верхушек нижних листьев. Повышение концентрации почвенного раствора в фазу кушения и трубкования вызывало массовое свертывание листьев через 4 часа после внесения соли. Однако полной гибели растений не наблюдалось. Наиболее отрицательное дей-

ствие вызывало высокое засоление в фазу цветения: у растения отмирали все листья, а из пазух нижних листьев появлялись боковые побеги. Увеличение концентрации почвенного раствора по мере развития культуры риса отрицательно сказывается на растениях. Наблюдения за концентрацией почвенного раствора на рисовых полях Пролетарского массива Ростовской области (З. Ф. Тулякова, 1978) показали, что рис в фазу цветения хорошо переносит концентрацию почвенного раствора в слое почвы 0—20 см от 0,3 до 1,3%, в том числе по хлор-иону от 0,06 до 0,1% в слое 0—10 см и до 0,25% в слое 10—20 см. При увеличении концентрации до 1,3—1,4%, в том числе по хлор-иону до 0,34—0,5%, наблюдается сильное подсыхание и скручивание листьев.

В условиях Закавказья на засоленных землях Южной Мугани всхожесть семян риса снижается при концентрации солей в растворе 0,5%, а при 4% рис вообще не всходит (Гаричкин, 1952).

В условиях Приморья всходы риса начинают угнетаться при наличии в почве 0,1% хлор-иона и 0,2% сульфат-иона. А. Т. Есипов (1947) отмечает, что плотный остаток из раствора в корнеобитаемом слое почвы не должен превышать 5 г/л. Урожай риса близок к нулю, если в почве в слое 0—100 см содержится более 0,2% хлора.

Для условий Украины максимально допустимым содержанием солей в почве к моменту сева риса считается 1,5—2%. Полевые опыты, проведенные И. С. Жовтоног (1971) на очень слабодренированных почвах, показали, что всходы риса можно получить в том случае, если на глубине заделки семян и распространения первичных корешков концентрация солей в свободном почвенном растворе не превышает 7—8 г/л.

Растения риса в фазе 2—3-х листьев и более выдерживают концентрацию солей до 12—13 г/л, что соответствует засолению 0,4—0,5%.

По данным Л. В. Скрипчинской (1962), большая часть районированных сортов риса дает приемлемое прорастание ($>80\%$) в условиях хлоридного засоления почв, достигающего 10 г/л в почвенном растворе, а при сульфатном засолении — до 15—20 г/л.

К. С. Кириченко, изучая влияние солей натрия (NaCl , Na_2SO_4 и Na_2CO_3) различной концентрации, заметил, что при наличии в почве более 0,2% NaCl высеянные се-

мена солеустойчивого сорта риса Дунган-шалы погибали, в то время как присутствие в почве Na_2SO_4 в количестве 0,75% не оказывало заметного влияния на всхожесть риса.

Предельные концентрации, при которых засоление не оказывает вредного действия на рис, для отдельных солей будут разные, например для Na_2SO_4 —0,06%, для NaCl —0,01% и для Na_2CO_3 —0,006%.

В условиях высокой влажности (АРЕ) рис переносит концентрацию хлористого натрия до 1% (Ковда, 1937). Он выдерживает содержание обменного натрия в почве в количестве 15—40% от емкости поглощения.

По наблюдениям Н. Ф. Буданова, рис дает довольно большие урожаи при наличии в почве 0,99—3% растворимых солей.

Для повышения солеустойчивости риса в Китае практикуют обработку семян 1%-ным раствором соды. Это увеличивает урожай риса на 9—13%. По данным Дай И Цзянь, при замачивании семян в течение 40—48 часов в соде всходы риса появляются раньше и, кроме того, с повышенной морозоустойчивостью растений.

В условиях слабой дренированности почвогрунтов, близкого залегания слабоотточных минерализованных грунтовых вод допустимый порог исходного засоления будет значительно меньше, чем при хорошей дренированности рисового поля.

Многолетние исследования, проведенные автором в различных районах орошаемой зоны, позволили прийти к заключению, что высокие урожаи риса можно получать независимо от исходного (до затопления чеков) засоления почвы при обеспечении своевременного отвода сработываемых и инфильтрационных вод соответствующей мощностью коллекторно-дренажной сети. Так, в условиях Северной Мугани (Азербайджанская ССР, 1961—1964 гг.) в зоне распространения серо-коричневых луговых почв с хлоридно-сульфатным (в отдельных случаях с сульфатно-хлоридным) типом засоления урожай риса порядка 35—42 ц/га получены при исходном (до посева) засолении 0—100 см толщи—0,07—0,09% по хлор-иону на фоне открытого горизонтального дренажа глубиной 3,0—3,5 м.

В зоне нового орошения Голодной степи (1966—1968) рис возделывался на фоне закрытого горизонтального дренажа с расстоянием между ними 180—310 м. Почвы

участка — светло-серые суглинки с различным содержанием гипса по глубине, тип засоления — хлоридно-сульфатный. При содержании в слое 0—100 см хлор-иона 0,05—0,06% урожайность риса составила 40 ц/га.

В низовьях Амударьи (Каракалпакская АССР, 1971—1975), где почвогрунты характеризуются сравнительно легким механическим составом (суглинистые и супесчаные), высокие урожаи риса — 40—45 ц/га — получены при содержании хлор-иона в слое 0—100 см порядка 0,15—0,65% от веса почвы. Удельная протяженность отводящей сети, выполненной в виде дренажно-сбросной (глубиной 1,5—1,8 м) и коллекторной (глубиной 2,5—3,0 м) в пределах отдельных систем, составляла 44,8—47,1 пог. м/га.

Приведенные выше данные указывают на то, что солеустойчивость риса изучена еще недостаточно. В частности, до настоящего времени не исследованы солеустойчивость риса в зависимости от водно-физических свойств почвогрунтов. Дело в том, что интенсивность инфильтрации воды через почвенную толщу находится в прямой зависимости от механического состава почвы и степени дренированности территории. Наличие промывного режима на рисовом поле обеспечивает интенсивный вынос солей из активной толщи и, следовательно, обеспечивает оптимальный солевой режим в течение всего вегетационного периода.

АГРОТЕХНИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РИСА

Агробиологическая характеристика районированных сортов риса и агротехника его возделывания

В низовьях Амударьи в основном высеваются средне-спелые (УзРОС-59, УзРОС-269, Узбекский-5 и «Авангард») и на отдельных массивах — скороспелые (Дубовский-129) сорта риса. Ниже приводится краткое описание агробиологических признаков этих сортов риса.

УзРОС-59. Выведен в УзНИИРиса путем скрещивания сорта УзРОС-7—13 с местным сортом Кырмызышалы с последующим индивидуальным и массовым отбором из гибридного потомства. Районирован в 1965 г. Куст полусжатый, кущение хорошее. Высота растений — 120—125 см. Метелка компактная, плотная, хорошо озерненная, поникающая, несет 140—150 колосков. Колоски округло-овальной формы, ости длиной до 35 мм, соло-

менно-желтого цвета, среднего размера. Масса 1000 зерен — 29—30 г, пленчатость — 18—20%. Зерновка белая, стекловидная, выход крупы при обрушивании — 69—70%, содержание целого ядра — до 75%. Вкусовые качества высокие. Вегетационный период — 120—125 дней. Сорт высокоурожайный — 70—80 ц/га. Хорошо выдерживает глубокое затопление. Среднеустойчив к полеганию. При перестоях склонен к осыпанию.

УзРОС-269. Среднеспелый, созревает за 118—120 дней. Высота растений — 95—105 см. Урожайность — 60—65 ц/га. Устойчивость к полеганию и поражению пирипуляриозом средняя. Отзывчив на внесение минеральных удобрений. Метелка компактная, длиной 18—20 см. Колоски округлые, густо опушенные, длина 7—8 см, ширина 4,2 см, отношение длины к ширине — 1,9. Устойчивость к осыпанию высокая.

Вес 1000 семян — 33—35 г, пленчатость — 18—20%. Зерновка выше средней крупности, длиной 6,4 мм, шириной 3,2 мм, полустекловидная, мучнистое пятно занимает до 50% поперечного разреза.

Технологические качества зерна средние и ниже среднего. Существенным недостатком является хрупкость эндосперма. Он легко ломается и дробится при обрушивании и шлифовании, давая высокий процент сечки и лома. Выход крупы невысокий — 65%. Содержание целого ядра в крупе 66—80% с колебаниями в отдельные годы от 56 до 60%. Крупа полустекловидная с высоким содержанием дробленого зерна среднего качества. Окраска каши светло-кремовая, вкус хороший, иногда средний.

Узбекский-5. Выведен в УзНИИРисе отбором из образца ВИР-856. Районирован в 1973 г. Куст хорошо облиствлен. Высота растений — 115—120 см. Метелка компактная, остистая, длиной 20—23 см. Зерно овальное, масса 1000 зерен — 29—30 г, стекловидность высокая — 95—96%, выход крупы — 68—70%, а целого ядра — 85—95%. Устойчив к осыпанию и среднеустойчив к полеганию. Средний урожай — 65—70 ц/га. Вегетационный период — 108—115 дней. Обладает высокими вкусовыми качествами.

Авангард — сорт гибридного происхождения. Районирован с 1982 г. Созревает за 117—125 дней. В отличие от сорта УзРОС-59 несколько сильнее устойчив к полеганию и осыпанию. Урожайность — 80—90 ц/га, выход крупы — 70—75%, целого ядра — 90—95%.

Дубовский-129. Сорт гибридного происхождения. Районирован с 1952 г. Высота стебля — 90—110 см, кустистость средняя. Метелка пониклая, рыхлая, остистая, несет 70—100 колосков. Масса 1000 зерен — 33—36 г. Пленчатость — 16—18%. Зерновка белая, стекловидность высокая — 86—95%. Выход крупы — 70—74%, целого ядра — 85—95%. Вкусовые качества очень высокие. Вегетационный период — 95—100 дней. Урожайность — 40—50 ц/га. При высоком урожае растения полегают.

Планируемый высокий урожай риса невозможен без применения передовой технологии производства, включающей в себя рисовую инженерную систему с соответствующей мощностью отводящей сети, крупные капитально спланированные карты и чеки, севообороты, правильную систему обработки почвы, эффективное использование удобрений, борьбу с вредителями и болезнями, правильный водный режим и применение гербицидов против сорняков, своевременную уборку урожая.

Одним из важных факторов эффективного использования почвенного плодородия, успешной борьбы с сорняками и повышения выхода продукции с единицы площади является применение соответствующих схем севооборотов. Так, для условий ККАССР, согласно рекомендации УзНИИРиса, наиболее целесообразным является девятипольный севооборот по следующей схеме: мелиоративное поле, 2, 3, 4-е поля — рис, 5-е поле — яровой ячмень с покровом люцерны и 6-е поле — люцерна второго года стояния; 7, 8 и 9-е поля — рис. На территории защитной зоны усадеб предусматривается восьмипольный севооборот со следующей схемой: 1, 2, 3-е поля — люцерна, 4-е поле — овощи, картофель, бахчи, 5, 6, 7-е поля — кукуруза на силос, 8-е поле — зерновые колосовые.

Подготовка почвы. В системе обработки почвы основным является зяблевая вспашка. Вспаханная с оборотом пласта и не разделенная на зиму зябь способствует промораживанию корневищ тростника и других сорняков. Кроме того, усиливается доступ кислорода в почву, что способствует резкому усилению окислительных процессов и переходу вредных для растений риса закисных соединений в окисные. Зяблевая вспашка проводится на глубину 23—24 см с оборотом пласта после уборки выращенного урожая. При освоении целинных земель или переустройства рисовых систем в качестве основной об-

работки почвы производится чизелевание на глубину 15—18 см, которое способствует улучшению уплотненного при капитальной планировке пахотного горизонта почвы. Чизелевание также целесообразно применять на песчаных почвах Хорезмской области. При этом сохраняется верхний слой с мелкодисперсными частицами завезенной почвы и привносимых оросительной водой наносов.

Ежегодная пахота отвальными плугами, устройство временных валиков, естественная просадка почвы и неравномерность распределения взвешенных наносов, привносимых оросительной водой, нарушают выровненность поверхности чека. По данным наблюдений САНИИРИ, за период орошения риса толщина осевшего ила доходит до 15—40 см. С другой стороны, в силу исключительной пестроты литологического строения почвогрунтов при длительном, в течение 3—4 лет, возделывании риса происходит деформация поверхности чеков. По данным тех же исследований САНИИРИ, в отдельных случаях величина деформации доходит до 12—14 см в течение одного года эксплуатации системы. Таким образом, время от времени возникает необходимость проведения ежегодной текущей планировки, которая осуществляется с помощью скреперов, длиннобазовых планировщиков или грейдеров.

Предпосевная обработка почвы под рис включает в себя несколько операций. Кратность и способы операций зависят от сроков и способов сева риса, а также от характера и степени засоренности поля сорняками. Во всех случаях для спровоцирования прорастания сорных растений до посева риса ранней весной, когда верхние пахотные гребни подсохнут, зябь обрабатывают малой в сцене с боронами «Зигзаг». Заборонованную поверхность чека прикатывают водоналивными катками, затем производят сев риса.

На рисовых системах низовий Амударьи наиболее злостным корневищным сорняком является тростник обыкновенный. Наиболее эффективной агротехнической мерой борьбы против тростника обыкновенного в условиях ККАССР является весенняя вспашка — двукратное дискование вдоль и поперек, малование, сев и немедленное затопление рисового поля.

Сроки, способы и нормы высева. Специализированные рисоводческие совхозы ККАССР и Хорезмской области сеют рис сеялками без сошников, вразброс. При

этом наилучшим способом сева оказался машинный разбросной сев с предварительным боронованием и последующим прикатыванием. Перед севом семена обрабатываются 30%-ным раствором сульфата аммония, благодаря которому можно отделить сорняки и зерно с малым удельным весом. При этом повышается полевая всхожесть семян, получаются дружные всходы, растения быстро развиваются и повышается урожайность. Обычно раствор приготавливают из расчета 70 л воды на 30 кг сульфата аммония.

В производственных условиях сев риса производят с глубиной заделки семян на 1—2 см. Рис сеют с помощью сеялок при достижении температуры почвы и воды плюс 12—14° в сроки, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные и допустимые сроки сева риса в низовьях Амударьи

Сорт	Период вегетации, дни	Сроки сева	
		оптимальные	предельно поздние
УзРОС-59	125	25/IV—20/V	30/V
УзРОС-269	120	25/IV—20/V	30/V
Узбекский-5	115	10/V—30/V	10/VI
Дубовский-129	100	10/V—30/V	10/VI

В формировании высокого урожая большое значение имеет густота стояния растений как показатель использования площади питания. Густота стояния растений зависит от способов сева, водного режима, степени разделки почвы, засоренности ее и других условий. Норма высева семян риса зависит от уровня плодородия почвы, сорта, посевных качеств, сроков и способов сева. Опыт возделывания риса в ККАССР и других районах Узбекистана показывает, что планируемый урожай риса можно получить при севе 6—7,5 млн. зерен в среднем на 1 га. В зависимости от хозяйственной годности семян (всхожесть и чистота) норма высева риса варьирует от 158 до 226 кг/га.

Удобрение риса. Известно, что высокие урожаи риса возможны при обеспеченности почв питательными элементами и в первую очередь азотом, фосфором, калием.

Определение годовых норм внесения фосфорных и калийных удобрений производится на основе данных поч-

венных карт и картограмм, где выявляются контуры с различным уровнем плодородия. Недостаточно обеспеченными питательными элементами считают почвы, содержащие в пахотном горизонте подвижной формы фосфора до 30 и обменного калия до 200 мг/кг почвы.

Для условий ККАССР годовые нормы азота, по данным многолетних опытов, составляют: для скороспелого сорта Дубовский-129—110—120 кг/га, среднеспелых — УзРОС-59, УзРОС-269—140—180 кг/га. Из азотных удобрений под рис лучшей формой является сульфат аммония, хлористый аммоний и мочевина. При подкормке можно использовать и аммонийную селитру. По данным Б. Кдырбаева (1977), на лугово-пустынных почвах зоны рисосеяния Каракалпакки наибольший эффект от азотных удобрений (сульфат аммония) достигается при внесении $\frac{2}{3}$ годовой нормы под перепашку на глубину 10—12 см и $\frac{1}{3}$ в подкормку. При такой схеме внесения увеличивается число стеблей, продуктивная кустистость, озерненность метелки и урожайность риса (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность риса в зависимости от способов внесения азотных удобрений, ц/га (экспериментальная база КК филиала УзНИИРиса)

Варианты опыта, кг/га	1973	1974	Прибавка к контролю
Заделка дисками N—75, P—60, K—75 + I подкормка N—50, P—60 + II подкормка N—55, K—75	63,2	61,2	—
Заделка дисками N—130, P—60, K—75 + I подкормка N—50, P—60, K—75	58,5	59,0	—3,5
Под перепашку N—130, P—60, K—70 + подкормка N—50, P—60, K—75	67,6	63,5	3,3
Заделка дисками N—130, P—60, K—75 + подкормка P—60, K—75	52,5	53,7	—9,1
Под перепашку N—180, P—60, K—75 + подкормка P—60, K—75	60,5	61,4	—1,3

Норма внесения фосфорных удобрений меняется в зависимости от содержания в почве подвижных форм фосфора. В условиях низовья Амударьи при его содержании до 30 мг/кг почвы следует вносить 90—120 кг/га дейст

вующих веществ, а выше 60 мг можно снизить дозу на 15—20% от годовой нормы. В силу того, что в данной зоне в подавляющем большинстве случаев рисовые системы размещаются на засоленных или подверженных засолению землях, годовые нормы фосфорных удобрений должны быть выше в 2—2,5 раза по сравнению с незасоленными землями. В настоящее время из фосфорных удобрений под рис в основном вносятся порошковидный и гранулированный суперфосфат и фосфорная мука.

Из калийных удобрений применяется хлористый калий и калийная соль. Норма их внесения колеблется в пределах 100—150 кг/га при исходном содержании в почве обменного калия менее 100—200 мг/кг.

Многолетними исследованиями установлено, что при выращивании риса на лугово-такрыных почвах ККАССР наибольший урожай получен при внесении калийных удобрений 50% от нормы (150 кг/га) до сева и 50% в фазу трубкования или кущения на фоне: азота — 180 и фосфора — 120 кг/га действующих веществ.

Меры борьбы с сорняками. В зоне развития рисосеяния низовьев Амударьи зарегистрированы 84 вида дикорастущих растений, принадлежащих к 66 родам, 28 семействам, а также представители 3 отделов водорослей и 6 видов кустарниковой флоры.

Наиболее многочисленные суходольные виды сорняков — мезофиты произрастают на такырных лугово-пустынных и луговых почвах и исчезают после освоения земель под рис. Растения болотного типа, распространенные в зоне лугово-пустынных, лугово-такрыных и лугово-болотных почв (тростники, клубнекамыш и камыш), встречаются до освоения земель и засоряют рисовые поля. Водные растения встречаются в посевах риса при бессменном затоплении и особого вреда не причиняют. Изменение экологического состава и числа видов сорняков в системе рисового севооборота и при монокультуре риса иллюстрируется данными табл. 3, где приведены результаты многолетних наблюдений, проведенных в 1970—1975 гг. в районах рисосеяния ККАССР.

В борьбе с засоренностью рисовых полей основная роль принадлежит мелиоративной подготовке земель, капитальной планировке, машинному севу риса посуху и прерывистому затоплению, введению севооборота, очищению от болотных, плавающих и многолетних корневищ сорняков. Наибольшее снижение численности сорняков

Изменение состава сорняков в системе севооборота при монокультуре риса (по Юлдашеву Д. Ю.)

Экологическая группа	Сроки определений						
	до освоения	рис 1-го года	рис 2-го года	рис 3-го года	рис 4-го года	рис после распашики трав	рис—монокультура
Суходольные	45	0	0	0	0	0	0
Влаголюбивые	0	3	4	4	4	3	4
Болотные	31	5	4	4	4	2	15
Водные	4	0	0	0	0	0	4
Водоросли	+	+	+	+	+	+	+

на рисовых полях обеспечивает система обработки почвы, включающая зябь, предпосевную перепашку, дискование и малование. Число сорняков сокращается и при высоком слое затопления, но при этом снижается густота стояния растений и урожайность риса. Однако следует иметь в виду, что агротехнические приемы борьбы с сорняками не всегда дают ожидаемые результаты.

К настоящему времени в СССР и за рубежом разработаны и успешно применяются химические меры борьбы с использованием гербицидов: далапон, прометрин, трихлорацетат натрия, 3, 4-дихлорпропионанилида-пропанид, Стам Ф-34, ДЦПА, 2, 4-Д и 2М-4Х, ялан и др.

В низовьях Амударьи наиболее эффективным средством борьбы с просовидными сорняками является допосевное внесение гербицидов типа ялан (ордрам) с заделкой в почву и затоплением через 6—12 часов. Гербициды 3, 4-Д (пропанид, Стам Ф-34, ДЦПА) также обладают высокой активностью против просянок при норме внесения 5—7 кг/га действующих веществ в фазу всходов, а применение их в дозе 7—9 кг/га в начале кушения одновременно уничтожает также и осоковые сорняки. Хороший эффект дает внесение ялана (ордрам) 6 кг/га и повторно пропанида (3,4-Д) 7 кг/га действующих веществ в начале кушения риса. Против многолетних корнеотпрысковых сорняков наиболее эффективно осеннее или ранневесеннее (за 40 дней до посева) внесение в почву 30 кг/га далапона или 80 кг/га ТХА с последующей предпосевной вспашкой и боронованием.

Наиболее распространенным способом орошения является затопление. При этом создаются благоприятные условия для его произрастания, регулирования водного и теплового режимов поля, рассоления почвогрунтов и борьбы с сорной растительностью. Установлению влияния водного режима на развитие риса и связанных с ним процессов посвящены работы ряда ученых — Витте П. А. (1930), Величко Е. Ё. (1934), Есипова А. Г. (1936), Гушина Г. Г. (1942), Скрипчинской Л. В. (1958—1962), Кириченко К. С. (1965) и др.

На основании многочисленных исследований выделены следующие типы режима орошения риса:

1. Постоянное затопление — слой воды на поле поддерживается в течение всего периода вегетации риса.

2. Укороченное затопление — в фазе прорастания и всходов слой воды создается периодически, а в дальнейшем поддерживается постоянно.

3. Прерывистое затопление включает режимы с периодическим затоплением почвы в течение вегетационного периода.

4. Периодическое увлажнение (полив) — полив риса проводится периодически и слой воды на поле на протяжении всего вегетационного периода не создается.

Из режимов орошения риса наиболее широкое распространение в СССР получило постоянное и укороченное затопление. При укороченном режиме набухание семян происходит под слоем воды, а прорастание до появления шильца — в отсутствие воды, что дает возможность получить более густые и дружные всходы. Исследованиями многих ученых (Джулай А. П., 1939; Шумаков Б. А., Скрипчинская Л. В., 1958; Шумаков Б. А., Косович Г. Ф., 1967; Скрипчинская Л. В., 1962; Кириченко К. С., 1965; Есипов А. Г., 1936) установлено, что в период прорастания необходим доступ кислорода к проростку.

Проведенные Н. С. Горюновым, В. М. Петрушиным, К. Сергильбаевым (1967) и Н. А. Волконским, А. Г. Рау, А. К. Кеншимовым и др. (1973) исследования по установлению оптимального режима орошения риса левобережного Кызыл-Ординского и Кызыл-Кумского массивов полностью подтверждают тот факт, что для условий Казахстана укороченный тип затопления является одним из лучших.

В низовьях Амударьи в зависимости от степени засоления почвы и способов сева в основном применяют два способа орошения: постоянное и укороченное затопление.

На незасоленных и слабозасоленных почвах при машинном способе сева с мелкой заделкой семян применяется укороченное затопление. После сева сразу производят залив чеков водой и доводят глубину затопления до 5—10 см. Такой слой поддерживают в течение четырех-пяти дней, а затем подачу воды в чеки прекращают. Оставшаяся вода постепенно впитывается в почву. Если на шестой-седьмой день затопления еще остается слой воды на поверхности чека, то ее выпускают через водовыпуски в сброс. При обозначении рядков шильцами чеки заливают слоем воды глубиной 5—6 см. В период появления у риса одного-трех листьев доступ воды прекращают, а через три-четыре дня, когда на поверхности чеков не окажется слоя воды, посеы обрабатывают противозлаковыми гербицидами. На вторые сутки после обработки посевов поля заливают водой слоем 12—15 см и поддерживают его в течение шести — восьми дней, после чего уровень воды снижают до 10—12 см.

В период начала кущения слой воды снижают до 5—7 см, а когда рис раскустится, снова доводят до 10—12 см и на этом уровне поддерживают до восковой спелости, после чего подачу воды на поля прекращают. Участки, на которых гербициды не применяются, после сева заливают водой слоем до 5 см, а при получении полных всходов уровень ее повышают до 20—25 см сроком на семь-восемь дней. После гибели просянок уровень воды снижают и устанавливают обычный водный режим.

На сильнозасоленных почвах и при ручном разбросном способе сева, особенно при возделывании на неинженерных системах, применяется постоянное затопление. При этом залив чеков водой производят до сева (при ручном способе сева) или после него (при машинном разбросном) и доводят слой воды до 5—7 см, а с появлением листьев риса на поверхности воды водный режим устанавливается такой же, как и при укороченном затоплении.

Фактические оросительные нормы риса

Почвогрунты существующего и перспективного развития рисосеяния низовья Амударьи характеризуются исключительной пестротой литологического строения.

Аллювиальные отложения Амударьи представлены: русловыми отложениями, сложенными мелкозернистыми песками, местами покрытыми переслаивающимися супесями, имеющими сравнительно хорошую водопроницаемость, рыхлость сложения; они не устойчивы к процессам размыва; отложениями блуждающих протоков, разливов рек и временных озер, сложенных слоистым комплексом песков, супесей, суглинков и глин; они размещаются на территориях, подверженных непрерывной смене озерных и русловых отложений и имеют среднюю водопроницаемость почвогрунтов; озерными отложениями, сложенными глинами, суглинками и подчиненными прослоями супесей и песков. Этот тип имеет тяжелый механический состав и низкую водопроницаемость.

Учитывая эти особенности, являющиеся определяющими факторами в определении оросительной нормы, расчетные значения ее дифференцируют с учетом коэффициента фильтрации наиболее распространенных в том или ином контуре типов отложений. Так, в контуре распространения русловых отложений (K_f —2,5 м/сутки и выше) расчетные оросительные нормы риса составляют 33 000—40 000 м³/га, а для территории с междуречными отложениями (K_f —1,5 м/сутки)—26 000—27 000 м³/га. В контуре распространения барханных песков (Хорезмский оазис) они несколько выше (табл. 4). Анализ результатов многолетних полевых наблюдений показывает, что фактические оросительные нормы на примере отдельных систем в условиях ККАССР колеблются в пределах 24,3—38,1 тыс. м³/га, а на вновь осваиваемых под рисовые комплексы барханных песках—65,0—72,0 тыс. м³/га.

Имеющиеся различия в режиме орошения и нормах подачи воды объясняются несоответствием количества поданной на орошение риса воды (в зависимости от фазы его развития) и биологической потребностью, а также нестабильностью режима работы оросителей различного порядка. Дело в том, что в условиях низовий р. Амударьи подача воды на орошаемые поля связана с транспортировкой большого количества взвешенных наносов, значительная часть которых оседает в русле оросительных каналов.

По данным полевых исследований, в пределах рисовых систем объем заиления русел участков оросителей составляет 0,40—0,45 м³ на 1 пог. м, а групповых —

Сроки и фактические оросительные нормы риса в низовьях Амударьи

Совхозы	Наименование системы	Срок эксплуатации, год	Календарные сроки оросительного периода		Оросительная норма, м ³	
			проектные	фактические	проектная	фактическая
«Октябрь»	Г-II-13	Шестой	С 1/V по 10/VIII	С 3/V по 10/X	27614—33615	32745
	Г-II-17	»	С 1/V по 10/VIII	С 10/V по 10/IX	27614—33615	38122
	Г-I-23	Первый	С 1/V по 10/VIII	С 18/V по 1/IX	27614—33615	24329
	Г-I-23	Второй	С 1/V по 10/VIII	С 7/V по 28/VIII	27614—33615	31112
«Май-Яб»	Г-II-24	Третий	С 26/V по 31/VII	С 29/IV по 2/IX	20000—25000	32236
«50 лет ВЛКСМ»	Г-II-16	Второй	С 1/V по 30/VII	С 30/V по 30/VIII	27000—28000	33088
Беговат»	»	»	С 15/V по 10/IX		48766—52211	65000—72000

1,7—2,2 м³. При такой интенсивности заиления за период вегетации риса приходится 1—2 раза производить очистку оросительных каналов, что отрицательно сказывается на режимах работы. Фактическая величина гидромодуля в первый год возделывания риса составляет 0,5—14,2 л/сек. га при максимальном ее значении во II и III декаде июня. Во второй год при первоначальном затоплении гидромодуль подачи составил 10—11,2 л/сек. га, в четвертый год — 4—6 л/сек. га. В последующем его максимальные величины совпадают с периодом максимального расхода воды по групповому оросителю Г-1—23 после очистки.

По мере совершенствования эксплуатации рисовых инженерных систем, технологии возделывания риса можно значительно снизить удельные расходы воды на выращивание единицы урожая. Об этом свидетельствует опыт ряда передовых совхозов — «Ал-Хорезми» (Хорезмская область), «Октябрь» (Каракалпакская АССР) и других, а также итоги исследований, проведенных за последние годы в данной зоне.

К расчету оптимальной оросительной нормы риса

Возделывание риса длительным затоплением при наличии соответствующей мощности отводящей сети связано с резким изменением водно-солевого режима почвенной толщи и существенно отличается от условий возделывания сельскохозяйственных культур с периодическим орошением. В этой связи важно выявить особенности изменения солевого режима почвенной толщи и установить гидрохимические параметры, необходимые для расчета норм промывных поливов, режима орошения, оросительной нормы и других мелиоративных мероприятий.

Установление оптимальной оросительной нормы основных севооборотных культур, в частности культуры риса, позволяет правильно определить основные параметры как оросительной, так и дренажно-сбросной сети. Расчету оросительных норм сельхозкультур посвящен ряд работ. Наибольшее распространение получила формула С. Ф. Аверьянова (1965), выведенная для условий непрерывного затопления на фоне систематического дренажа.

$$\bar{n} = 0,50[erfcz_2 + e^{z_1^2 - z_2^2}(erfcz_1 - 4ierfcz_1)], \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{n} = \frac{n - n_1}{n_0 - n_1}; \quad z_1 = d(1 + \bar{x}); \quad z_2 = d(1 - \bar{x});$$

$$\bar{x}_0 = \frac{x}{e}; \quad x_0 = \frac{V_0}{m} \cdot t; \quad d = \frac{V_0 \cdot \sqrt{t}}{2m \cdot \sqrt{D_k}}; \quad erfcz = 1 - erfz;$$

$$ierfcz = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-z^2} - z erfz; \quad erfz = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-x^2} \cdot dx,$$

где m — эффективная пористость,

v_0 — скорость фильтрации при промывке;

n_1 — минерализация поступающих на поверхность почвы промывных вод;

t — продолжительность промывки;

D_k — коэффициент конвективной диффузии;

n_0 — начальная концентрация солей (до промывки) почвенного раствора в расчетном слое;

e — расчетный слой почвогрунтов;

$n(xt)$ — содержание солей на глубине x от поверхности земли в момент времени t .

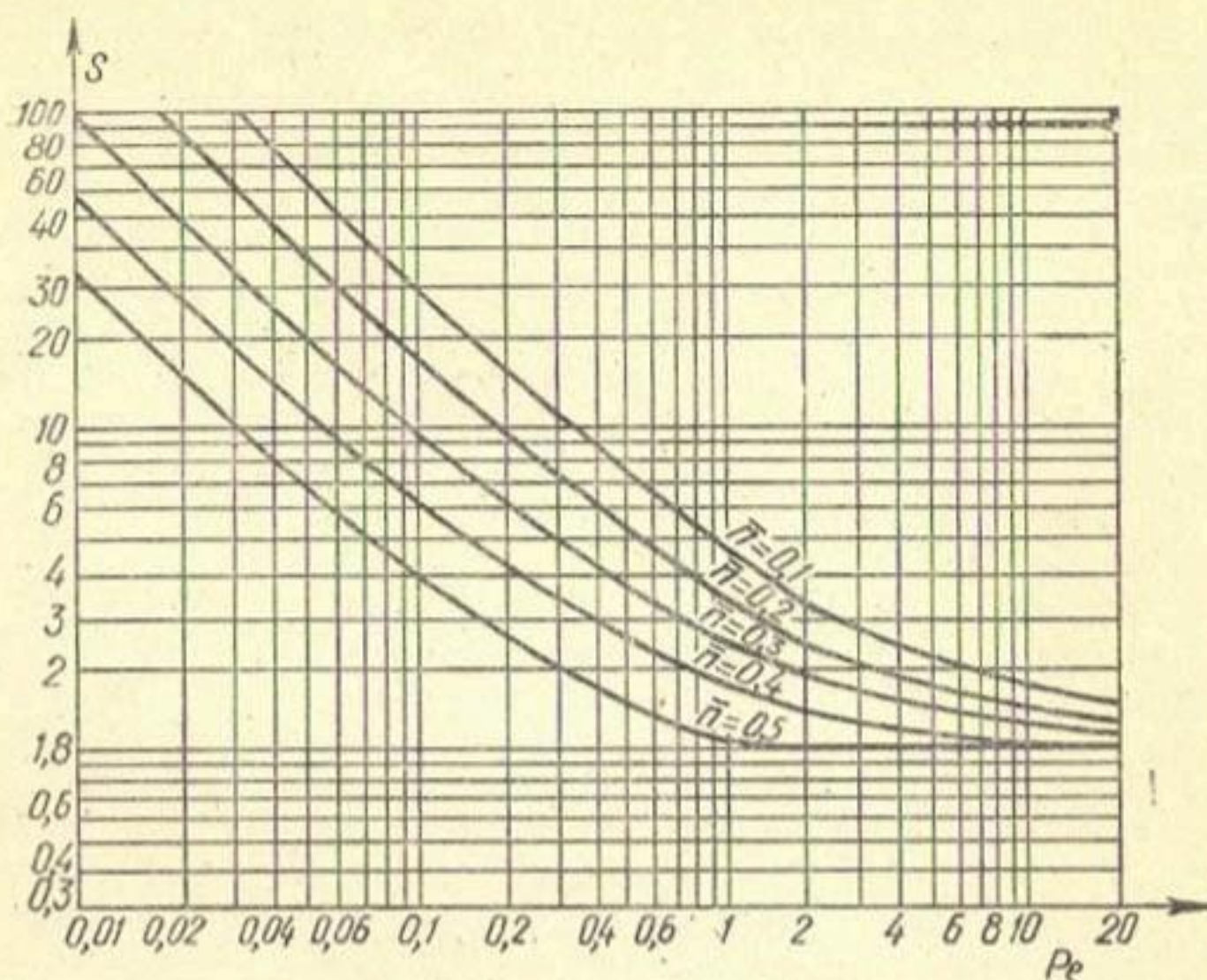


Рис. 1. Зависимость показателя Пекле от засоления, предложенная Г. П. Шапинской

Для определения этой зависимости Г. П. Шапинской (1969) построены кривые (рис. 1), по которым, используя результаты солевых съемок (табл. 5), можно определить гидрохимические параметры.

Таблица 5

Динамика засоления почвогрунтов при орошении риса, %

Толщина, см	До начала орошения (апрель)		После уборки риса (октябрь)	
	хлор-ион	плотный остаток	хлор-ион	плотный остаток
0—100	0,634	1,923	0,053	0,520
100—200	0,217	0,877	0,105	0,507
200—300	0,192	0,646	0,092	0,375

На этом рисунке:

$$Pe = v_0 \frac{x}{D_k} \cdot m, \quad (2)$$

$$S = \frac{v_0 t}{xm}. \quad (3)$$

На основе проведенных расчетов установлено, что $V_0 = 0,0061$. Зная значение: $x = 1$ м, $t = 170$ суток, $m = 0,46$, по формуле (3) определяем $S = 4,2$.

По графику (рис. 1) при $\bar{n} = 0,16$ и $S = 4,2$ по формуле (2) находим параметры Пекле $Pecl = 1,2$ и конвективной диффузии $D_K = 1,13 \cdot 10^{-2}$ м²/сутки.

Аналогично, используя изменение засоления почвогрунтов за период орошения риса, можно определить гидрохимические параметры для различных слоев почвенной толщи и компонентов солей (табл. 6).

Таблица 6

Гидрохимические параметры

Показатель	Толща, см		
	0—100	100—200	200—300
$Pecl$	1,2	0,10	0,12
$D_K Cl$, м ² /сутки	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$6,75 \cdot 10^{-2}$	$5,62 \cdot 10^{-2}$
Pe , пл. ост.	0,3	0,06	0,06
D_K пл. ост. м ² /сут	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$

Используя полученные параметры, можно подсчитать оросительную норму с учетом опреснения почвогрунтов при возделывании риса на засоленных землях. Допустим, что требуется подсчитать оросительную норму риса, необходимую для доведения содержания солей по плотному остатку до 0,3%, для земель, почвогрунты которых в 1-метровом слое содержат 1,923% солей.

При этом расчетные параметры имеют следующие значения: $D_K = 1,0 \cdot 10^{-2}$ м²/сутки; $m = 0,45$; $v_0 = 0,006$ м/сутки.

$$\bar{n} = \frac{0,3}{1,923} = 0,15 \text{ (пл. ост.)}$$

Вычисляем параметр Пекле:

$$Pe = \frac{v_0 \cdot x}{D_K m} = \frac{0,006 \cdot 1}{0,01 \cdot 0,45} = 1,33.$$

По графику при $\bar{n}=0,15$ и $Pe=1,33$ находим $S=3,12$.

Оросительная норма определяется по зависимости:
 $N=Sem=3,12 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = 1,40$ м = 14,0 тыс. м³/га, где e —расчетный слой.

Оросительная норма, подсчитанная по этой зависимости, имеет хорошую сходимость с фактической, составляющей 10,4—14,3 тыс м³/га (нетто).

Надо допустить, что при применении режима орошения с оптимальной нормой подачи воды на единицу площади достигается экономия значительного объема воды, теряемой безвозвратно при существующей технологии производства и эксплуатации рисовых оросительных систем данной зоны.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ РИСА НА ВОДНО-СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВОГРУНТОВ

В отличие от других севооборотных культур, возделываемых в орошаемой зоне, на выращивание единицы урожая риса затрачивается большой объем воды. В силу этого в старо- и новоорошаемой части Голодной степи, Центральной Ферганы, Южного Казахстана, Кура-Араксинской низменности рис издавна успешно применяется как мелиоративная культура. Однако до широкого применения искусственного дренажа (горизонтальный, вертикальный) на мелиоративно-неблагополучных землях возделывание риса несколько ухудшало водно-физические свойства зоны аэрации, снижало плодородие почвы и др. В результате этого сложилось мнение об отрицательном влиянии культуры риса на почвенно-мелиоративные условия территорий и прилегающих к ним земель.

На современном этапе развития ирригационно-мелиоративного строительства можно регулировать изменение и направленность почвенно-мелиоративных процессов в нужном направлении. Отметим, что при проектировании рисовых оросительных систем в низовьях Амударьи принята достаточно высокая мощность отводящей сети, что в принципе обеспечивает своевременный отвод сбрасываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы территории и благоприятный водно-солевой режим почвогрунтов зоны аэрации.

Режим грунтовых вод рисового поля

Возделывание риса с длительным затоплением оказывает существенное влияние на гидрогеологическую обстановку территории, изменение которой как во времени, так и в пространстве зависит от многих факторов. В условиях рисосеяния одним из основных источников питания грунтовых вод являются оросительные воды. Под влиянием инфильтрации на рисовом поле складывается своеобразный режим грунтовых вод.

В. Б. Зайцев, описывая режим грунтовых вод под затопленным рисовым полем, выделяет две принципиально различные схемы. По первой схеме, которая описывалась А. М. Селькиным (1933), И. Н. Трофимовым (1961), на затопленном рисовом поле и под ним создается сплошное водное тело, верхняя поверхность которого — уровень воды в чеке, а нижняя — водоупорное ложе грунтовых вод. Характерной чертой в этой схеме являются: быстрое смыкание поверхностных поливных и грунтовых вод, ясно выраженная и быстро заканчивающаяся фаза промачивания всей этой толщи грунта, непосредственная связь пьезометрического давления в грунтовых водах с горизонтом воды в чеке и вертикальная фильтрация, продолжающаяся до конца оросительного периода. По второй схеме в течение всего оросительного периода не происходит смыкания поверхностных и грунтовых вод и пьезометрические давления в существующих грунтовых водах изменяются независимо от уровня воды в чеке. Подъем и относительная стабилизация напоров происходит очень быстро даже при значительной исходной глубине залегания горизонта грунтовых вод (Костяков А. Н., 1948). В течение всего периода орошения затоплением пьезометрический уровень в различных точках рисового поля не остается одинаковым и зависит в основном от расстояния до дрены (Зайцев В. Б., 1968; Гончаров С. М., 1969).

Сопоставление графиков колебания уровня грунтовых вод на примере системы Г-1—23 (совхоз «Октябрь», ККАССР) показывает, что по мере затопления рисового поля уровни грунтовых вод резко поднимаются к поверхности земли, достигая своей минимальной глубины залегания по всему рисовому полю. При глубине залегания уровня грунтовых вод на участке 3,0 и более метров до начала орошения после полного затопления рисового

поля в течение всего месяца произошло полное смыкание их с инфильтрационными. В период вегетации риса грунтовые воды находятся в контакте с инфильтрационными водами. Таким образом, на рисовом поле создается сплошное водное тело, поверхность которого находится на уровне воды в чеке, а нижняя — ограничивается водоупорным ложем грунтовых вод, существовавшим до затопления рисового поля водой. Надо полагать, что в рассматриваемых случаях водоупором (условным) служит глинистая прослойка, залегающая на глубине 3—7 и более метров (толщиной 8—9 м), ниже которой находятся песчаные и супесчаные отложения.

На изменение режима грунтовых вод рисового поля существенное влияние оказывают оросители различного порядка. Так, наблюдениями, проведенными по створу наблюдательных скважин, заложенному перпендикулярно осям участкового оросителя и первичного сброса, установлено, что колебания уровня грунтовых вод во времени также обуславливаются уровнем воды в оросителе. Смыкание уровней грунтовых вод с инфильтрационными происходит постепенно по всей площади затопления рисового поля. Изменение пьезометрического давления находится в прямой зависимости от уровня воды в чеке. В то же время интенсивность подъема уровня грунтовых вод в начальный период имеет существенное различие в разрезе рисового поля. После начала орошения на расстоянии от оси первичного сброса 135 и 255 м отмечено быстрое смыкание грунтовых вод с инфильтрационными, а на расстоянии 20 м, в идентичных условиях, затопление произошло в конце второй и начале третьей декады июня, т. е. через месяц после начала подачи воды на поле. Эти различия в скорости подъема уровня грунтовых вод объясняются неоднородностью механического состава почвенной толщи в пределах поливного участка (см. выше).

В период орошения риса изменение пьезометрического давления грунтовых вод находится в прямой зависимости от уровня воды в чеке и участковом (групповом) оросителе. Вместе с тем на рисовых инженерных системах, где протяженность отводящей сети достаточна и находится в нормальном техническом состоянии, коллекторно-дренажная и сбросная сеть оказывают существенное влияние на формирование и направленность режима грунтовых вод рисового поля. Сопоставление ре-

жима грунтовых вод по створу наблюдательных скважин и кустов пьезометров на примере системы Г-1—23 показывает, что в полосе вдоль первичного сброса (С-284—285) в период орошения риса в силу отсутствия инфильтрационного потока наблюдается превышение пьезометрического давления над уровнем грунтовых вод соответственно на 0,1—0,4 м (рис. 2).

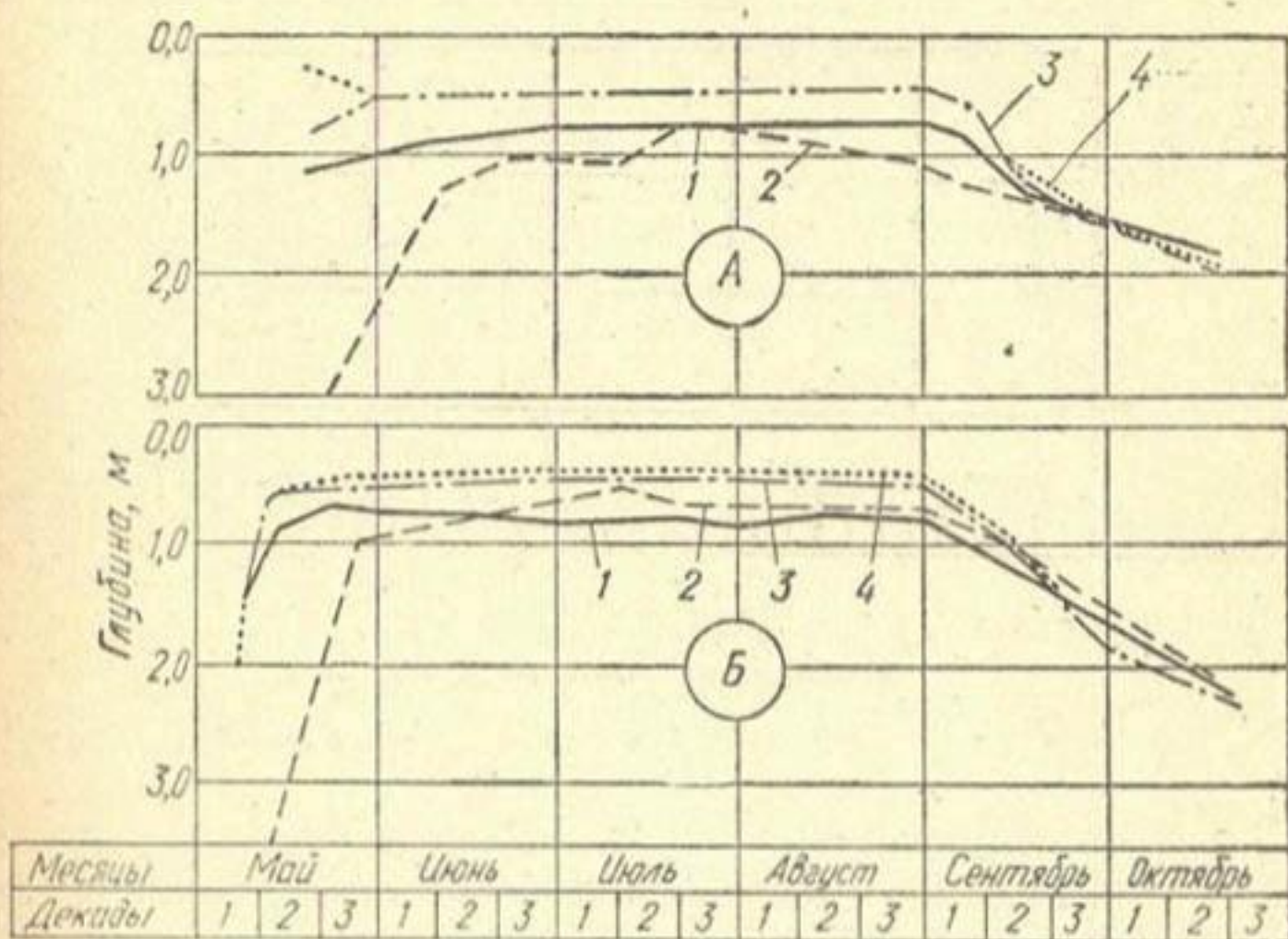
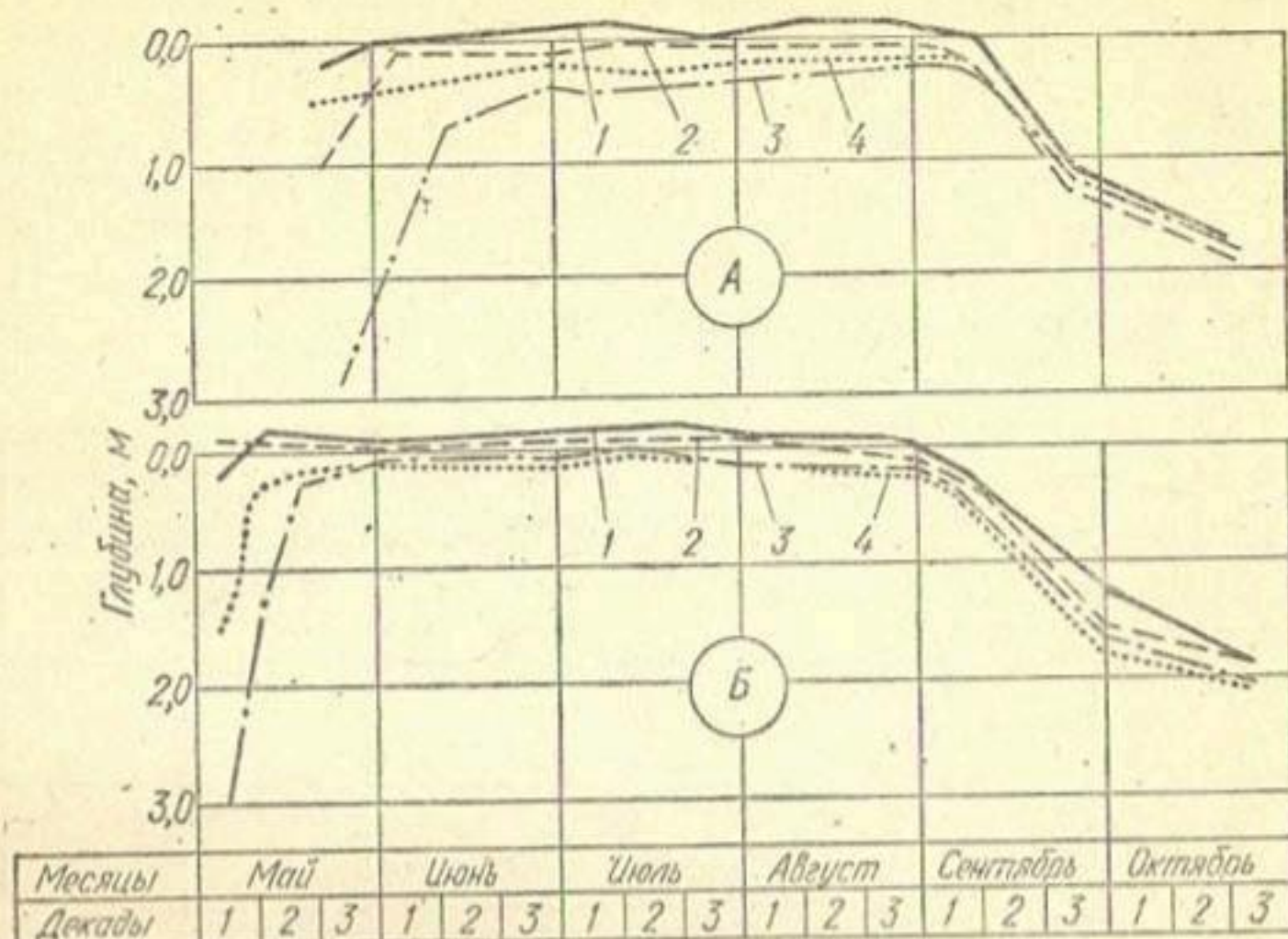


Рис. 2. Динамика уровня грунтовых вод в период орошения риса (в зоне действия первичного сброса). А—1972 г., Б—1975 г. 1—скважина; 2—3 м, 3—5 м, 4—7 м.

На рисовых полях при наличии зеркала воды превышений пьезометрического давления над уровнем грунтовых вод не отмечено (рис. 3). Исключение составляет полоса, прилегающая к участковому оросителю У-285—286, где постоянно наблюдалось превышение пьезометрического давления над уровнем грунтовых вод на 0,2—0,3 м, обуславливаемое фильтрационными потерями из канала.

После прекращения подачи воды на орошение риса в силу отсутствия инфильтрационного потока образуются восходящие токи с величиной пьезометрического давления в пределах 0,2—0,7 м над уровнем грунтовых вод.



Р и с. 3. Динамика уровня грунтовых вод в период орошения риса (посередине рисового поля).

А—1972 г., Б—1975 г. 1—скважина, 2—3 м, 3—5 м, 4—7 м.

В последующем происходит постепенное уменьшение пьезометрического давления и понижение уровня грунтовых вод по всему полю.

Нашими исследованиями установлено, что, несмотря на постоянное поддержание слоя воды на рисовом поле действием отводящей сети, создаются кривые депрессии уровня грунтовых вод с резким выделением линии перелома в полосе вдоль первичного сброса (25—30 м) и дрены-собирателя (25—60 м). Это было также отмечено в исследованиях В. Б. Зайцева (1968), З. Ф. Туляковой (1971). В связи с тем, что полоса перелома кривой депрессии является зоной наиболее интенсивной фильтрации воды через почвенную толщу, в зоне интенсивного действия коллекторно-дренажной и сбросной сети для выращивания того или иного урожая расходуется значительно больше оросительной воды по сравнению с остальной частью поливного участка (чека).

При возделывании риса на больших массивах большое значение имеет своевременный отвод срабатываемых

инфильтрационных и сбросных вод за пределы системы и создание условий благоприятного водного режима активной толщи. Как с агротехнической, так и хозяйственной точек зрения, весьма важно достижение определенной скорости понижения уровня грунтовых вод на рисовом поле и в целом по системе.

Безусловно, в силу биологической особенности после спуска воды с чеков требуется определенный период для полного созревания риса. Вместе с тем при условии возделывания риса на засоленных или подверженных засолению землях, особенно первые 2—3 года, чем выше скорость понижения уровня грунтовых вод, тем меньше возможность обратной миграции солей в верхние слои почвенной толщи. С другой стороны, при достаточно быстром понижении уровня грунтовых вод создаются лучшие условия для своевременной механизированной уборки выращенного урожая.

Выполненная дренажно-сбросная сеть в принципе обеспечивает достаточную скорость понижения уровня грунтовых вод (табл. 7).

Таблица 7

Скорость* понижения уровня грунтовых вод, см/сутки

Наименование системы	Наименование сети	На расстоянии от оси, м	Срок возделывания риса, год	
			первый	второй
Г-1—23 (с-з «Октябрь»)	Дренособиратель ДС-1—23	6	1,1	0,9
		23	5,6	6,4
		59	7,8	6,6
		109	7,0	8,2
	Сброс С-284—285	5	3,2	2,1
		20	9,0	8,2
		50	7,6	7,2
		135	7,5	7,2
Г-II—16 (с-з «50 лет ВЛКСМ»)	Дренособиратель Д-II—8	15	—	2,2
		40	—	2,0
		90	—	4,0
	Сброс 144—145	14	—	5,1
		39	—	3,0
		89	—	1,5

* Средняя за первую декаду после прекращения подачи воды на орошение риса.

Как видно из приведенных данных, по мере увеличения срока эксплуатации системы скорость понижения уровня грунтовых вод уменьшается. Это обусловлено тем, что возделывание риса с интенсивной подачей воды на поле привело к резкому изменению сложившегося режима грунтовых вод территории, что соответственно сказалось на скорости понижения уровня грунтовых вод в целом по системе.

По мере приближения к оси дрена-собираателя и сброса скорость понижения уровня грунтовых вод имеет тенденцию к уменьшению, что объясняется интенсивным отводом их дренажно-сбросной сетью. В последующем после снижения их уровня на глубину заложения сбросно-дренажной сети инфильтрационный поток грунтовых вод проходит вглубь благодаря высокой фильтрационной способности толщи, сложенной из супесчаных и песчаных разностей. Об этом свидетельствует тот факт, что в конце II и начале III декады после прекращения подачи воды на орошение риса (спуска воды с рисовых полей) в дренажно-сбросной сети практически стока не наблюдается. Надо полагать, что относительно высокая скорость понижения уровня грунтовых вод также объясняется интенсивной их инфильтрацией в нижележащие слои почвенной толщи.

Динамика влажности почвогрунтов

При изучении и оценке почвенно-мелиоративных процессов, протекающих при возделывании культуры риса, важное значение имеет изменение запасов влаги в почве. Этот фактор важен также с точки зрения размещения и возделывания сопутствующих культур рисового севооборота. В этом плане представляет определенный интерес динамика влажности почвы рисового поля при различной продолжительности его возделывания.

В целом существенных различий в содержании влаги по профилю почвогрунтов в зависимости от продолжительности возделывания риса на том или ином участке не имеется (табл. 8).

Содержание влаги в почвенной толще к концу вегетационного периода во всех рассматриваемых случаях независимо от продолжительности возделывания риса почти одинаково. Имеющиеся некоторые различия в изменении запасов влаги, очевидно, связаны с литологиче-

Динамика влажности почвогрунтов
(с-з «Октябрь»)

Периоды определения	Дата взятия проб	Толща, см					
		0—40	40—100	100—150	150—200	200—250	250—300
Первый год возделывания риса	20/IV—72	15,6	22,8	22,8	23,0	25,3	25,0
Четвертый год возделывания риса	9/X—72	25,1	27,3	27,5	28,7	28,3	30,0
Десятый год возделывания риса	22/IV—75	15,9	21,0	21,7	21,9	22,1	27,9
Люцерна (пер- вого года)	21/X—75	24,1	26,0	25,8	30,3	30,3	30,6
после риса	3/XI—81	22,8	25,5	27,0	26,9	27,6	28,8
Люцерна (вто- рого года)	26/X—73	17,2	24,3	24,7	26,1	27,4	29,5
после риса	22/X—74	15,0	17,6	19,3	20,3	21,2	22,9
Первый год возделывания риса (после люцерны)	22/X—75	24,9	27,1	28,7	27,4	28,4	31,7
Люцерна (вто- рого года)	11/X—73	14,0	24,9	26,4	26,8	—	—
после хлоп- чатника							

ским строением почвогрунтов рассматриваемых систем, расположенных в разных частях территории совхоза, отличающихся пестрым механическим составом как по профилю, так и в пространстве.

После затопления чеков резкое увеличение запасов влаги происходит в верхнем (60—80 см) слое почвы. В нижних горизонтах, хотя и имеются некоторые изменения, но они не столь существенны. К концу вегетационного периода содержание влаги по всему профилю выравнивается, приближаясь к исходному состоянию.

При возделывании люцерны после риса запасы влаги в исследуемой толще резко уменьшаются. Так, если в конце вегетационного периода риса запасы влаги в толще 0—40 см составляют 25,1%, то после первого (1973 г.) и второго (1974 г.) года возделывания люцерны они

уменьшались соответственно до 17,2 и 15% от веса почвы. Аналогичная картина наблюдается и в нижних горизонтах.

Запасы влаги на люцерновом поле после 6-ти лет возделывания риса в толще 0—150 см в среднем в конце вегетационного периода составили 22,1% от веса почвы. В этот период грунтовые воды находились на глубине 2,5—3,0 м и ниже от поверхности земли. После первого и второго года возделывания люцерны эти величины соответственно составляют 22,1 и 17,3%. При примерно такой же глубине залегания уровня грунтовых вод (на тот же период) на участке, где после хлопчатника люцерна возделывалась второй год, запасы влаги в толще 0—150 см составили 21,7% от веса почвы, т. е. на том же уровне, что и в первом случае. Это указывает на то, что при условии нормальной работы выполненной сети первичных сбросов и дренажосборителей создается благоприятный водный режим для возделывания сопутствующих культур (люцерна, кукуруза и др.).

Рассоление почвогрунтов при орошении риса

Возделывание риса с постоянным затоплением — одна из разновидностей освоения сильнозасоленных земель. В староорошаемой части Голодной степи, Центральной Фергане и Кура-Араксинской низменности рис успешно применяется как мелиоративная культура. При затоплении рисового поля создается непрерывный нисходящий инфильтрационный поток воды, который выносит воднорастворимые соли из почвенной толщи. Мелиорирующее действие орошения риса сказывается во всех случаях, но в большей или меньшей степени. До широкого применения дренажа на мелиоративно-неблагополучных землях освоение их через посевы риса несколько ухудшали водно-физические свойства, снижали плодородие почвы и др.

На современном этапе развития ирригационно-мелиоративного строительства обязательным в комплексе мероприятий является строительство коллекторно-дренажной сети соответствующей мощности, благодаря которой можно регулировать водный и солевой режимы территории или массива. Признание применения дренажа в корне изменило сущность и технологию освоения засоленных или подверженных засолению земель вообще, и через посевы риса в частности.

Известно, что степень рассоления почвогрунтов зависит от многих факторов. Основным фактором, влияющим на эффективность промывки почвогрунтов, является скорость нисходящей фильтрации (Аверьянов С. Ф., 1956, 1959). Скорость фильтрации поверхностной воды, находящейся в чеках, неравномерна по поперечному сечению рисового поля: несколько большая у дрен, она падает в направлении к середине междренья. Соответственно степень рассоления почвогрунтов наибольшая на участках карты вблизи дрен.

В низовьях р. Амударьи рисовые инженерные системы преимущественно размещаются на засоленных и целинных землях. Содержание солей в почвогрунтах этих земель резко различается как по профилю, так и в пространстве. Возделывание риса на этих землях длительным затоплением обуславливает существенные изменения в солевом режиме почвогрунтов зоны аэрации и верхнего слоя грунтовых вод. Ниже описываются результаты многолетних наблюдений, проведенных на отдельных массивах низовья Амударьи.

Северная зона Каракалпакской АССР. Территория этой зоны, где преимущественное развитие получило строительство и эксплуатация рисовых оросительных систем, в основном представлена засоленными в различной степени староорошаемыми и целинными почвами. Наблюдения, проведенные на территории ряда систем, расположенных в различных частях рассматриваемой зоны, показывают, что за период орошения происходит заметное уменьшение запасов солей в почвогрунтах зоны аэрации (табл. 9).

Показательны данные по изменению солевого режима почвы при длительном возделывании риса на засоленных землях на примере системы Г-1—23, введенной в эксплуатацию в 1972 г. До освоения почвы имели от средней до солончаковой степени засоления: 0,76—4,81% по плотному остатку и 0,10—1,62% по хлор-иону. В среднем по системе в толще 0—40 см содержание солей по плотному остатку составляло 2,66% и 0,99% по хлор-иону. С глубиной запасы солей в почве уменьшаются, что характерно для северной зоны Каракалпакской АССР.

Как видно из приведенных данных, при орошении риса солевой режим складывается по типу рассоления, степень и глубина которого из года в год увеличивается.

Изменение засоления почвогрунтов при орошении риса, %

Совхозы	Наименование системы	Толща, см							
		0—40		40—100		100—200		200—300	
		хлор-ион	пл. остаток	хлор-ион	пл. остаток	хлор-ион	пл. остаток	хлор-ион	пл. остаток
«Октябрь»	Г-11—	0,202	0,834	0,101	0,545	0,133	0,289	0,064	0,320
	— 17	0,021	0,173	0,023	0,096	0,021	0,090	0,014	0,100
	Г-1—	0,993	2,665	0,395	1,428	0,217	0,835	0,192	0,652
	— 23	0,320	0,692	—	0,538	0,109	0,507	0,100	0,375
«Май-Яб»	Г-11—	0,059	0,699	0,068	0,384	0,164	0,747	0,089	0,391
	— 24	0,020	0,276	0,018	0,337	0,059	0,420	0,032	0,186
«50 лет ВЛКСМ»	Г—11	0,280	1,057	0,243	0,811	0,240	0,968	0,200	0,763
	— 16	0,090	0,204	0,083	0,212	0,096	0,321	0,120	0,965

Примечание. Числитель—до сева, знаменатель—после уборки риса.

Так, за один год орошения содержание хлор-иона в слое 0—40 см снизилось с 0,99 до 0,03%, а сумма солей — с 2,66 до 0,69%; в толще 40—100 см они соответственно уменьшились с 0,39 до 0,06% и с 1,43 до 0,54%. После 4-х лет возделывания риса содержание солей в метровой толще составило 0,23%, хлор-иона — 0,03—0,04%, а в нижних слоях соответственно 0,39—0,42% и 0,06—0,08%. Повторная съемка, проведенная в ноябре 1981 г. после 10 лет возделывания риса, показала, что в исследуемой толще содержание солей составляет 0,2—0,3% по плотному остатку и 0,04—0,05% по хлор-иону (табл. 10).

Таблица 10

Динамика рассоления почвогрунтов при длительном возделывании риса
(с-з «Октябрь», система Г-1—23)

Сроки определения	Показатели	Толща, см			
		0—40	40—100	100—200	200—300
До посева риса (целина)	Пл. остаток	2,66	1,43	0,84	0,65
	Хлор-ион	0,99	0,39	0,21	0,19
После одного года риса	Пл. остаток	0,69	0,54	0,50	0,37
	Хлор-ион	0,03	0,06	0,10	0,10
После 4-х лет риса	Пл. остаток	0,23	0,23	0,42	0,39
	Хлор-ион	0,03	0,04	0,06	0,08
После 10-ти лет риса	Пл. остаток	0,31	0,20	0,33	0,26
	Хлор-ион	0,04	0,04	0,04	0,05

Процесс рассоления почвогрунтов сопровождается существенным изменением состава водорастворимых солей. Это подтверждается результатами анализа почвенных образцов, отобранных в течение ряда лет по закрепленным на местности точкам. Рассмотрим изменение состава солей по разрезу, расположенному на территории описанной выше системы. До начала освоения (1972 г.) эти почвы относились к пухлым солончакам с содержанием солей от 3,88 (слой 0—20 см) до 0,91% (слой 250—300 см) по плотному остатку. Содержание солей с глубиной уменьшается, что является характерным для большей части северной зоны ККАССР.

В исходном состоянии соли в убывающем порядке были представлены: хлористый натрий — в пределах 0,51—2,07%; сернокислый кальций — 0,13—0,58%; сернокислый магний — 0,15—0,29%; хлористый магний — 0,03—0,71% (эта соль обнаружена в основном в слое 0—20—40 см); бикарбонат кальция — 0,028—0,06%; сернокислый натрий — 0,019—0,04% (в толще 0—100 см эта соль не обнаружена). За период вегетации и орошения риса под влиянием фильтрационных вод отмечен вымыв солей хлор-иона (NaCl и MgCl_2). За один сезон возделывания риса имеющиеся в слое 0—80 см (глубже не обнаружено) соли хлористого магния полностью вымылись. Содержание хлористого натрия в толще 0—60 см при исходном — 2,07—0,83% уменьшилось до 0,02—0,04%. Интенсивность вымыва сернокислого кальция и магния примерно одинаковы по всему профилю почвы. За период вегетации риса содержание бикарбоната кальция в верхней метровой толще изменилось незначительно, а в отдельных случаях (горизонты 20—40, 60—80 см) отмечено некоторое увеличение по сравнению с исходным. Определенное уменьшение его количества в почве обнаружено в толще 200—300 см.

Повторное определение после 10 лет возделывания риса (в монокультуре) показывает, что в исследуемой толще содержание водорастворимых солей колеблется от 0,19 до 0,43%. При этом соли серной кислоты преобладают над хлоридами. Отмечено частичное уменьшение в почве бикарбоната кальция. Как видно из рис. 4,5, соли сернокислого натрия обнаруживаются в отдельных горизонтах, где солей хлористого магния нет. Появление их обусловлено обменными реакциями, происходящими в почве.

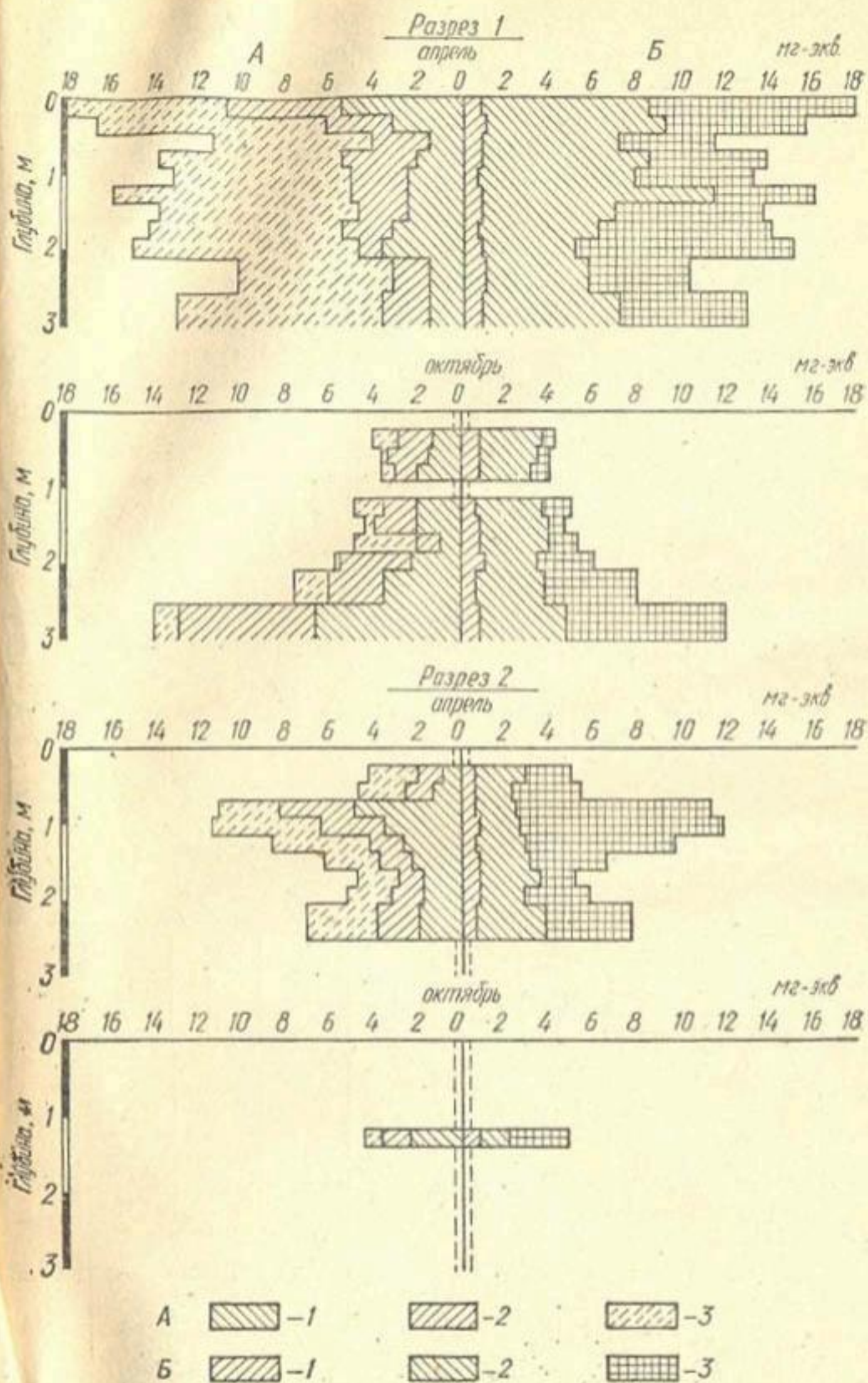


рис. 5. Изменение солевого профиля почвогрунтов при орошении риса (очвы междурядных отложений). "А—1— Ca^{++} , 2— Mg^{++} , 3— Na ; Б—1— HCO_3^- , 2— Cl^- , 3— SO_4^{--} .

Приведенные выше данные указывают на то, что в условиях рисосеяния, где в целом имеет место рассоли- тельный тип солевого режима, состав солей во времени претерпевает существенные изменения, т. е. меняется тип засоления почвы. Процесс рассоления толщи почво- грунтов сопровождается существенным изменением — оп- реснением верхнего слоя грунтовых вод.

В первые три года минерализация верхнего слоя грун- товых вод существенных изменений не претерпевает, что обусловлено рассолением грунтов в первые годы возде- лывания риса под влиянием инфильтрационного потока. В последующем высокоминерализованные грунтовые во- ды замещаются инфильтрационными со сравнительно невысоким содержанием в них солей. До начала освоения минерализация верхнего слоя грунтовых вод колебалась в довольно широком диапазоне — от 27,9 до 62,5 г/л по плотному остатку. Как видно из приведенных данных, в составе солей преобладают соли хлористого натрия. Пос- ле четырех лет возделывания риса минерализация грун- товых вод снизилась до 7,8—23,1 г/л, а после 10 лет оро- шения риса она составляет 2,8—3,7 г/л по плотному ос- татку. В этом случае также преобладают соли катиона натрия (NaCl, Na₂SO₄, табл. 11).

Таблица 11

Изменение минерализации и состава солей грунтовых вод на рисовом поле, г/л

Скв.	Сроки опреде- ления	Пл. ост.	Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	CaCl ₂	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	MgCl ₂	NaCl
11	25.V. 1972	62,52	0,178	8,478	—	9,332	—	9,525	34,968
	22.X. 1975	23,11	0,492	3,398	1,099	—	—	5,938	11,827
	3.XI. 1981	3,736	0,215	0,347	—	0,653	1,704	—	0,701
15	25.V. 1972	27,91	1,120	0,758	—	6,532	5,684	—	13,523
	22.X. 1975	7,86	1,154	0,525	—	0,772	4,355	—	1,154
	3.XI. 1981	2,86	0,207	0,166	—	0,891	0,052	—	1,253

С территории рисовых систем с дренажно-сбросным стоком выносится значительное количество солей. Однако в силу того, что дренажный сток формируется и за счет поверхностных сбросных вод, минерализация его совершенно различна в разрезе вегетационного периода. Минимальные значения минерализации дренажных вод отмечаются в период осуществления сброса воды с рисовых полей (июнь, сентябрь). После прекращения подачи воды на орошение риса и спуска воды с рисовых полей в конце вегетационного периода содержание солей в дренажном стоке возрастает (в этот период сток формируется за счет притока к дренажно-сбросной сети инфильтрационных и минерализованных грунтовых вод).

Изложенное выше позволяет отметить, что в данной зоне при орошении риса, независимо от исходной степени засоления, происходит интенсивное рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, которое сопровождается существенными изменениями их качественной характеристики по всему профилю.

Хорезмский оазис. На территории Хорезмской области внутри орошаемых массивов имеются значительные площади вторично засоленных земель (перелог, дно бывших озер и др.). В большинстве случаев эти земли сильнозасоленные — пухлые солончаки с содержанием в верхней 0—5-сантиметровой толще до 10—30 и более процентов солей от веса почвы. Для рассоления этих земель до допустимых для культур хлопкового комплекса пределов требуется большой объем воды. Опытами, проведенными на территории опытно-производственного хозяйства САНИИРИ (Ханкинский район), установлена целесообразность освоения этих земель через посевы риса. Освоение территории начато в 1975 г. Опыт был заложен на двух участках площадью 7 га каждый. Почвы в основном представлены средними суглинками мощностью 95—110 см, подстилаемыми мелкозернистыми песками. На глубине 40 см и ниже местами обнаруживается значительное скопление гипса в виде кристаллов. По степени засоления почвы участка относятся к пухлым солончакам с содержанием солей в слое 0—5 см 45% по плотному остатку. С глубины содержание солей резко снижается, что характерно для вторично засоленных земель Хорезмского оазиса. До освоения грунтовые воды с минерализацией 24—26 г/л по плотному остатку были обнаружены на глубине 0,8—1,0 м от поверхности земли.

На участке имеются открытые горизонтальные дрены глубиной 1,6—2,0 м и временные — 0,8—1,0 м с общей удельной протяженностью 60—65 пог. м/га.

В год освоения, весной, после планировки и вспашки на глубину 25—27 см произведена нарезка чеков (площадью 0,4—0,5 га) и затопление их водой нормой 1800—2000 м³/га. После полного заполнения чеков произведен сброс воды в магистральный коллектор, т. е. производился смыв с верхних слоев почвы. Благодаря этому с каждого гектара затопленной площади удалено 30—32 т водорастворимых солей. В дальнейшем в течение четырех суток по чекам пропускали воду со сбросом ее в коллектор в количестве 5 л/сек с каждых 2 га. Таким образом дополнительно было удалено около 12 т вредных солей с гектара. Посев риса произведен вручную вразброс — по воде.

В период вегетации осуществлялся периодический сброс воды с чеков. За период вегетации риса на гектар залитой площади подано 56—63 тыс. м³/га воды. Сопоставление данных солевых съемок, произведенных по закрепленным на местности точкам, показывает, что за период орошения риса произошло значительное уменьшение запасов солей в верхней метровой толще. Так, после одного срока возделывания риса в слое 0—100 см содержание солей составило 0,04% по хлор-иону и 1,28% по плотному остатку, а в конце вегетации второго года возделывания риса оно уменьшилось соответственно до 0,02% и 0,49% от веса почвы. Минерализация верхнего слоя грунтовых вод за рассматриваемый период уменьшилась с 21,3 до 3,72 г/л по плотному остатку (табл. 12). При описании выше условий подачи воды на орошение и засоленности почвы урожайность риса в первый год его возделывания составила 22,7—26,3 ц/га, во второй год — 56,2 ц/га.

После двух лет возделывания риса опытный участок был отведен под посев основной культуры — хлопчатника. На посевах хлопчатника применялся комплекс агро-технических мероприятий, рекомендованных для данной зоны. За период вегетации хлопчатник поливали четыре раза с общей оросительной нормой 3600 м³/га. При такой оросительной норме к концу вегетационного периода отмечено некоторое увеличение запасов солей в активной толще, хотя минерализация грунтовых вод практически не изменилась. На участке хлопчатник развивался нор-

Таблица 12

Рассоление почвы при орошении риса, %
(Хорезмское ОПХ САНИИРИ)

Толща, см	Первый год освоения — рис		Второй год освоения — рис	Третий год освоения — хлопчат- ник
	до сева	в конце вегетации	в конце вегетации	в конце вегетации
0—40	0,84	0,04	0,02	0,06
	3,27	1,41	0,78	1,11
40—100	0,19	0,05	0,02	0,03
	0,93	1,12	0,30	0,36
0—100	0,41	0,04	0,02	0,04
	1,71	1,28	0,49	0,66
Грунтовая вода, г/л	7,95	1,24	0,43	0,042
	21,32	7,59	3,72	3,65

Примечание. Числитель—хлор-ион; знаменатель — плотный остаток.

мально, урожайность его составляла 42,9 ц/га — довольно высокий показатель для вновь освоенных земель.

Таким образом, сильнозасоленные и солончаковые земли, расположенные в контуре староорошаемых и вновь осваиваемых массивов, при достаточной мощности КДС можно освоить с одновременным возделыванием культуры риса, причем обеспечиваются довольно высокие урожаи риса и хлопчатника. Выше было указано, что в последние годы в пределах Хорезмской области под рисовые комплексы преимущественно осваиваются барханные пески. В естественных условиях (до освоения) барханные пески в подавляющем большинстве случаев почти не засолены или слабо засолены. В отдельных случаях — это пониженные части рельефа, где засоленность почвы доходит до средней и сильной степени. Наблюдения, проведенные в 1979—1981 гг. на территории рисоводческих совхозов «Беговат», «Колос» и других, показали, что при возделывании риса на таких почвах в силу их высокой фильтрационной способности и достаточной дренированности обеспечивается довольно интенсивный вынос водорастворимых солей из почвогрунтов зоны аэрации. После одного года возделывания риса содержание хлор-

иона в 2-метровой толще не превышает 0,01—0,03% от веса почвы, а общее содержание солей —0,14—0,20% по плотному остатку. По данным тех же наблюдений, минерализация дренажного стока за период май — сентябрь менялась в пределах 0,85—1,86 г/л по хлор-иону и 3,11—5,86 г/л по плотному остатку.

Таким образом, в условиях барханных песков посевы риса с длительным затоплением не следует рассматривать с точки зрения рассоления толщи почвогрунтов. Этот процесс независимо от исходной степени засоления происходит довольно интенсивно и за довольно короткий период — один-два года возделывания риса. В этих условиях посевы риса при прочих равных условиях, очевидно, следует рассматривать как прием, в корне меняющий почвообразовательный процесс, улучшающий его водно-физические, химические, биологические свойства.

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ РИСА НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Изменение водно-физических и агрохимических свойств почвы

Влияние оросительной воды на плодородие почвы издавна является одним из злободневных вопросов орошаемого земледелия и многократно освещался в специальной литературе. В оценке влияния способов и норм вегетационных поливов в литературе часто указывается на отрицательное влияние полива затоплением на урожай сельскохозяйственных культур (Жориков Е. А., Бородин Н. В., 1931; Розанов А. Н., 1948, 1959; Ковда В. А., 1961). В то же время очень часты случаи, когда при длительном орошении плодородие почвы орошаемых земель все время возрастает. В природных процессах плодородие почвы и продукция зеленой массы тем выше, чем больше выпадает осадков, если это не связано с заболачиванием. Можно привести и примеры разливов рек в засушливых районах и затопление земель, что является источником высокого плодородия земель.

Примеры высокого плодородия засоленных земель при их промывке через посевы культуры риса широко известны в орошаемой зоне. В то же время некоторыми исследователями было отмечено ухудшение водно-физических и агрохимических свойств почв при возделывании риса в бездренажных и слабодренированных условиях.

В отличие от этого в рассматриваемых случаях территория рисовых инженерных систем дренирована в достаточной степени и таким образом при непрерывной подаче воды одновременно создаются условия непрерывного прохождения ее через почвенную толщу. В этих условиях изучение водно-физических и агрохимических свойств при длительном выращивании риса представляет большой практический и научный интерес. Систематические наблюдения, проведенные на территории отдельных систем, показывают, что при возделывании риса в монокультуре отмечается некоторое уплотнение целинных почв. Этот процесс наиболее выражен в верхнем 0—20 и 20—40-сантиметровых слоях почвы (табл. 13).

Таблица 13

Изменение объемного веса почвы при орошении риса
(г/см³), (с-з «Октябрь», ККАССР)

Разрез	Горизонт, см	Сроки определения			
		1972 г. весна	1972 г. осень	1976 г. осень	1981 г. осень
3	0—20	1,11	1,52	1,51	1,53
	20—40	1,30	1,36	1,45	1,44
	40—60	1,34	1,35	1,49	1,49
	60—80	1,37	1,43	1,48	1,44
	80—100	1,27	1,47	1,53	1,50
6	0—20	1,16	1,48	1,49	1,53
	20—40	1,24	1,53	1,45	1,49
	40—60	1,11	1,35	1,37	1,43
	60—80	1,42	1,39	1,46	1,50
	80—100	1,26	1,43	1,54	1,56

В последующие годы орошения риса объемный вес исследуемых почв существенных изменений не претерпевает. Резкое увеличение объемного веса почвы в верхних слоях обусловлено привносом большого количества взвешенных наносов с амударьинской водой и осаждением их на поверхности рисовых полей.

За период вегетации риса на каждый гектар поступает более 20—25 т взвешенных наносов — ила. Известно, что в составе взвешенных наносов содержится достаточно высокое количество илистых фракций, которые характеризуются сравнительно высокой плотностью. Все это поз-

воляет констатировать, что освоение целинных почв под рисовые комплексы вызывает определенные изменения их водно-физических свойств. В частности, при орошении риса, особенно в первые годы, верхний слой почвы заметно уплотняется, что сопровождается уменьшением порозности. В последующие годы орошения риса особо резких увеличений в плотности почвы не происходит. Это хорошо видно на рис. 6, где приводятся данные повторной инструментальной съемки.

Наиболее существенный качественный признак почвы — эффективное плодородие — зависит от того, в каких формах находятся в ней питательные вещества и в какой степени они могут быть использованы растениями в результате применения определенного агроприема. Запасы питательных элементов безусловно зависят от типов почв, давности орошения. Почвы зоны рисосеяния низовья Амударьи имеют определенные различия. Так, если в лугово-такрыных почвах северной зоны ККАССР (с-з «Октябрь») содержание гумуса составляет 1,0—1,5% (слой 0—52 см), то в песчаных почвах Хорезмского оазиса (с-з «Беговат») его количество в 2,5—3,0 раза ниже и составляет 0,43—0,58%. Различия в содержании общего азота и фосфора не столь существенны, хотя их несколько больше в лугово-такрыных почвах. Валовое содержание калия в них в 3—3,5 раза выше по сравнению с песчаными почвами.

При многолетнем возделывании риса в монокультуре наблюдается уменьшение содержания гумуса, с количеством и составом которого связаны морфология почвы, микробиологическая деятельность, ее физические и физико-химические свойства. По мере увеличения сроков возделывания риса происходит некоторое уменьшение в корнеобитаемой толще валового фосфора, калия и частично азота. В то же время в разрезе вегетационного периода все же отмечается увеличение запасов общего азота по сравнению с весенним периодом. Этот процесс наиболее выражен в верхнем активном слое почвы. По-видимому, функционирующие на рисовых полях сине-зеленые водоросли (Музуффаров А. М., 1953) способствуют поглощению свободного азота из приземного слоя воздуха, вследствие чего за период вегетации риса происходит накопление азота в верхних слоях почвы.

Возделывание риса с длительным поддержанием слоя воды в чеке в общем-то не приводит к каким-либо рез-

ким изменениям в содержании элементарного состава почвы. Под влиянием нисходящего инфильтрационного тока происходит перераспределение отдельных элементов по профилю почвы. Надо допустить, что если и имеет место некоторый вымыв отдельных элементов из активного слоя почвы под влиянием нисходящих токов, запасы их в почве пополняются за счет привноса их в составе взвешенных наносов — амударьинского ила, так как в его составе имеется значительное количество таких элементов, как железо, марганец, кобальт, хром, скандий и др.

Биологическая активность почвы рисовых полей

Длительное возделывание культуры риса с постоянным поддержанием слоя воды в чеках оказывает существенное влияние на почвенные процессы. В комплексе факторов, обуславливающих изменение и направленность этих процессов, важное значение имеет биологическая активность почвы.

Микрофлора почвы и ризосферы осуществляет многообразные функции в сложном процессе почвенного питания растений. Основной почвенный процесс разложения — синтез органического вещества, при котором происходит разложение органических остатков с образованием гумуса и последующей переработкой его до веществ, усвояемых растениями, — осуществляется различными экологическими группами почвенных микроорганизмов. Одни из них осваивают органические остатки, богатые белком, другие — растительные остатки с широким соотношением углерода к азоту, третьи минерализуют перегной и другие.

На интенсивность микробиологических процессов в почве и на количественно-качественный состав микрофлоры большое влияние оказывают тепловой, водно-воздушный режимы почвы, ее механический состав, солевой и питательный режим активной толщи почвы и др.

В отличие от других культур при выращивании риса на поверхности почвы в течение вегетационного периода поддерживается слой воды. Благодаря этому существенно изменяются окислительно-восстановительные процессы почвы, усиливаются анаэробные процессы. Однако, несмотря на это, на рисовых полях чрезвычайно сильно выражена жизнедеятельность и аэробных микроорга-

низмов (М. М. Кононова, 1927; М. Ф. Машковцев, 1934; О. Г. Елкина, 1938; А. В. Сорокина, 1940 и др.).

Учитывая отсутствие экспериментальных данных о биологической активности рисовых полей в низовьях Амударьи и исключительную важность ее изучения с точки зрения оценки направленности почвенных процессов при выращивании риса на крупных массивах, нами были проведены специальные исследования. Для этого на территории рисовых оросительных систем с различным сроком эксплуатации были заложены почвенные разрезы, из которых по генетическим горизонтам до посева риса отбирались образцы-монолиты. Почвенные разрезы были заложены на территории совхозов «Октябрь» (Чимбайский район, ККАССР) и «Беговат» (Ургенчский район Хорезмской области).

Сопоставление результатов анализа почвенных образцов, отобранных по генетическим горизонтам, показало, что литологическое строение их довольно пестрое. Так, по разрезам 4, 5, 6 (с-з «Октябрь») луговые почвы представлены преимущественно суглинистыми разностями. В то же время по отдельным горизонтам прослеживаются прослойки от глины (разрез 4, слой 14—34 см) до песка (разрез 5, слой 43—50 см). Почвы разрезов 2 и 1 (с-з «Беговат») в основном выражены песками с содержанием физической глины в пределах 1,41—3,64%.

Среди исследуемых почв сравнительно высокое содержание гумуса (1,0—1,5%) обнаружено по разрезу 4, расположенному на территории, которая вводилась в эксплуатацию впервые. По остальным разрезам оно незначительно и по профилю исследуемых почв распределено более или менее равномерно.

Для оценки биологической активности описанных выше почв отдельные образцы были подвержены исследованиям в лабораторных условиях. Сопоставление данных этих определений показывает, что на песчаных почвах биологическая активность наиболее выражена в верхнем слое почвы. В нижних горизонтах содержание исследованных групп микроорганизмов резко падает. На лугово-такырных почвах северной зоны ККАССР, представленных преимущественно суглинистыми разностями, также отмечается высокая биологическая активность почвы в верхних слоях. Однако на глубине 45—50 см содержание микроорганизмов выше по сравнению с песчаными почвами Хорезмской области. Ниже этой глубины их

количество уменьшается (разрез 5), однако оно намного выше по сравнению с песчаными почвами.

По мере ввода земель под посевы риса с соответствующей системой агротехники (обработка почвы, система удобрений, режим орошения) наиболее сильно развиваются аммонификаторы, способствующие распаду белков растительного и животного происхождения с образованием аммиака, а также других продуктов белкового распада (табл. 14).

Количество нитрифицирующих бактерий, способствующих переводу аммонийных солей в соли азотной кислоты, которое в исходном состоянии было незначительным, по мере возделывания риса заметно увеличивается на почвах с суглинистыми разностями. Содержание денитрификаторов, восстанавливающих соли азотной кислоты до окислов азота (или до свободного азота), также возрастает по мере продолжительности возделывания риса. Из изученных физиологических групп в количественном выражении почти не изменилось содержание в почве азотобактера. Количество аэробных разрушителей клетки в основном резко увеличилось в верхнем слое почвы. Содержание маслянокислых бактерий менялось по-разному, но в целом также отмечена их активизация по мере возделывания риса на указанных выше почвах.

На основании приведенных выше данных можно прийти к заключению, что по мере освоения земель под рисовые комплексы с той или иной продолжительностью возделывания риса происходит активизация биологических процессов, что является важным показателем плодородия этих почв.

Изменение некоторых химических свойств почвы

Изменение свойств почв под влиянием орошения тесно связано с составом и содержанием поглощенных катионов. Обменные катионы оказывают большое влияние на направленность почвообразовательного процесса под влиянием тех или иных факторов жизни возделываемых культур.

Двухвалентные катионы — кальций и магний являются хорошими коагуляторами. Они переводят почвенные коллоиды из состояния золя в гель, сохраняя тем самым активную часть почвы и способствуя образованию структуры. Реакция почвы, насыщенной кальцием и маг-

Микробиологическая характеристика почв рисовых систем
(количество клеток в г сухого образца, в тысячах)

Совхозы	№ раз- резов	Горизонт, см	Срок возделыва- ния риса	Физиологические группы					азотобак- терий	аэробные разруши- тели клетки	масляно- кислые бакте- рии
				аммонифи- катор	нитрифи- катор	денитри- фикатор					
«Октябрь»	4	0—14	До освоения	1785,0	0,13	1,0	0,006	0,05	20,0		
		14—34		1100,0	0,06	6,0	0,025	2,50	70,0		
		34—52		322,0	0,02	250,0	0,060	0,25	70,0		
	5	0—34	После 3 лет	2565,0	11,00	50,0	0,250	0,70	25,0		
		34—43		1156,0	7,00	6,0	0,006	11,00	70,0		
«Беговат»	6	43—50	После 7 лет	1020,0	7,00	6,0	Не обнаруж.	0,06	0,25		
		0—28		7960,0	7,00	25,0	Не обнаруж.	2,00	110,00		
		28—33		1400,0	11,00	25,0	0,006	11,00	0,60		
	2	33—48	До освоения	1520,0	2,50	25,0	Не обнаруж.	0,060	0,25		
		0—12		948,0	0,01	25,0	0,013	0,025	0,25		
		12—22		26,0	0,01	0,6	Не обнаруж.	0,060	2,50		
	1	22—60	После 1 года	7,3	0,01	1,0	»	0,050	2,0		
		0—13		190,0	0,20	1100,0	0,250	11,000	25,0		
		13—29		181,5	0,02	60,0	0,060	0,060	13,0		
		19—56		45,4	0,06	2,5	0,006	0,013	2,6		

Примечание: Определения проведены весной.

нием, обычно нейтральна. Поэтому в почве создаются благоприятные условия для деятельности микроорганизмов. Одновалентные катионы — калий и натрий при насыщении почвы сильно пептизируют почвенные коллоиды, что приводит к разрушению почвенной структуры. Эти катионы обуславливают щелочную реакцию, подавляющую жизнедеятельность микроорганизмов, ухудшают питательный режим почвы. Под влиянием орошения риса происходит определенное изменение в составе емкости поглощения почвы. Так, по мере увеличения сроков возделывания риса происходит уменьшение в поглощающем комплексе катиона кальция по всему профилю почвы. В то же время содержание катиона магния возрастает. При заметном уменьшении катиона калия на лугово-такрыных почвах содержание его имеет тенденцию к увеличению в песчаных почвах. При длительном возделывании риса в монокультуре содержание катиона натрия в поглощающем комплексе лугово-такрыных почв несколько увеличивается, а в песчаных почвах, наоборот, — уменьшается.

В изменении направленности почвообразовательного процесса активное участие принимают соединения железа. В процессе почвообразования некоторая часть железа переходит в подвижные формы, окисляется или восстанавливается и мигрирует по профилю почвы, накапливаясь в нем в виде подвижных форм закиси и окиси железа.

Закисное железо, образующееся в затопленной почве, оказывает вредное влияние на рис, и, следовательно, чем больше его в почве, тем ниже урожай риса. В то же время, благодаря высокой окислительной способности корневой системы риса, закисное железо в ризосфере корней переходит в окисные нетоксичные формы.

В лугово-такрыных почвах (с-з «Октябрь»), представленных преимущественно суглинистыми разностями с отдельными прослойками глинистых отложений, в исходном состоянии закисные формы железа почти отсутствуют. Они представлены в окисной форме с содержанием в почве 0,027—0,028 мг на 100 г почвы.

Возделывание риса длительным затоплением, где почвенные процессы протекают в аэробных условиях, способствовало появлению закисных форм железа преимущественно в верхнем слое почвы. В то же время по всему профилю исследуемых почв окисные формы железа рас-

пределены одинаково и в количественном отношении несколько выше по сравнению с содержанием закисных форм.

В песчаных почвах (совхоз «Беговат») в исходном состоянии обнаружены закисные формы железа в количестве 0,042—0,062 мг на 100 г почвы. После двух лет возделывания риса, при общем уменьшении закисных форм железа с глубиной, в почве обнаружены окисные формы.

Изложенное выше позволяет отметить, что длительное возделывание риса в целом не сопровождается каким-либо резким изменением почвообразовательного процесса в зоне развития рисосеяния низовья Амударьи.

ВОДНО-СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПРИЛЕГАЮЩИХ К РИСОВОМУ ПОЛЮ ЗЕМЕЛЬ

В литературе описаны случаи ухудшения мелиоративного состояния прилегающих к рисовому полю земель (Легостаев В. М., 1959; Лифшиц Э. А., Абдуразаков К., 1962; Тулякова Э. Ф., 1971 и др.). Следует указать, что аналогичные случаи преимущественно были отмечены на мелких неблагоустроенных примитивных системах возделывания риса.

Кубанская рисовая оросительная система, огражденная по периметру специальными каналами и углубленными «ериками», выполняющими роль дренажа, никакого вредного влияния на соседние территории не оказывает (Зайцев В. Б., 1968).

Исследованиями, проведенными как в зоне нового орошения Голодной степи (УзССР) при наличии закрытого дренажа глубиной 2,8—3,0 м (Лазаридис В. Д., Батурин Г. Е., Рамазанов А., 1971), так и Северной Мугани (АзССР) на фоне открытого дренажа глубиной 3—3,5 м (Э. С. Варунцян, А. Рамазанов, 1964) установлено, что промывки через посевы культуры риса отрицательных влияний на водно-солевой режим прилегающих земель не оказывают.

Рисовые инженерные системы в низовьях р. Амударьи включают в себя достаточно развитую сеть первичных сбросов, дрен-собирателей и внутрихозяйственных коллекторов. Последние в основном расположены по границам отдельных систем и севооборотных массивов и в принципе должны исключать отрицательное влияние посевов риса на прилегающие земли.

Многолетние наблюдения, проведенные на территории рисоводческого совхоза «Октябрь», показывают, что при наличии коллектора глубиной 3—3,2 м, ограничивающего рисовое поле (система Г-11—17), водный и солевой режим прилегающих неорошаемых участков каких-либо заметных изменений не претерпевает (табл. 15).

Таблица 15

Солевой режим прилегающих к рисовой инженерной системе земель (совхоз «Октябрь», ККАССР)

Наименование системы	Номера скважин, расстояние от рисового поля, м	Сроки наблюдения	Толща, см				
			0—40	40—100	100—200	200—300	0—300
Г-11—17	5 25	Весна	0,238*	0,095	0,033	0,023	0,097
			1,099	0,486	0,095	0,077	0,439
		Осень	0,210	0,034	0,019	0,023	0,071
			1,243	0,149	0,075	0,103	0,392
	6 75	Весна	0,413	0,092	0,067	0,070	0,160
			2,429	0,466	0,329	0,346	0,892
		Осень	0,313	0,079	0,038	0,035	0,116
			1,518	0,432	0,147	0,143	0,560
	7 150	Весна	0,413	0,154	0,114	0,053	0,184
			1,897	0,827	0,571	0,262	0,889
		Осень	0,605	0,172	0,127	0,078	0,245
			2,547	1,048	0,707	0,434	1,184

* Числитель — хлор-ион; знаменатель — плотный остаток.

Как видно из приведенных данных, на расстоянии 25 м (скв. 5) от оси коллектора к концу вегетационного периода отмечено некоторое уменьшение содержания солей в исследуемой толще. При исходном содержании хлор-иона в толще 0—300 см 0,097% к осени отмечается уменьшение до 0,071%. Общее содержание солей с 0,439% уменьшилось до 0,392% от веса почвы. Это, видимо, произошло за счет вымыва солей из почвенной толщи фильтрационными водами из группового оросителя, который расположен в 30—32 м от коллектора. По этому оросителю в летний период 2 раза подавалась вода на огороды работников совхоза, расположенных в 600—800 м от участка.

На расстоянии 75 м (скв. 6), где влияние фильтрационных вод из группового оросителя маловероятно или очень незначительно, также отмечено уменьшение содержания солей к концу вегетационного периода. Так, при исходном содержании хлор-иона в толще 0—300 см 0,16% и плотного остатка 0,89% к осени они соответственно уменьшились до 0,11% и 0,56% от веса почвы. Исключением является скважина 7, расположенная в 150 м от оси коллектора. Эта часть участка в гипсометрическом отношении имеет относительно высокие отметки по сравнению с остальной территорией. На этой части участка заметно увеличение солей в толще 0—40 см к концу вегетационного периода. Ниже этой толщи хотя и имеется некоторое увеличение содержания солей, но оно незначительно по сравнению с верхним слоем почвы.

Увеличение запасов солей (особенно в слое 0—40 см) на этой части участка обусловлено сравнительно высокой динамичностью солевых процессов на повышенных частях территории.

На рассматриваемом участке уровень грунтовых вод в течение вегетационного периода существенных изменений не претерпел, а осенью они были обнаружены на глубине 3 и более метров от поверхности земли.

Совершенно иная картина наблюдается на участке «примитивного» способа возделывания риса, где коллекторно-дренажная и сбросная сеть отсутствуют. На этом участке длительное затопление рисового поля вызвало заметное увеличение запасов солей в исследуемой толще на расстоянии 75 м от границы рисового поля. Характерно, что в основном запасы солей увеличились в слое 0—40—100 см, а глубже солевой режим существенных изменений не претерпел. Местами даже отмечено уменьшение запасов солей в почвенной толще к осени.

За период орошения риса уровень грунтовых вод на прилегающих землях значительно изменился. Так, до начала затопления рисового поля грунтовые воды с минерализацией 6,7—21,9 г/л по плотному остатку были обнаружены на глубине 175—200 см от поверхности земли. По мере затопления рисового поля уровень грунтовых вод на прилегающих землях постепенно стал приближаться к поверхности земли. Подъем уровня грунтовых вод сопровождался некоторым понижением их общей минерализации. Сопоставление скорости подъема уровня грун-

товых вод по створу наблюдательных скважин показывает, что зона интенсивного влияния длительного затопления на водно-солевой режим прилегающих земель простирался на 100—125 м. Однако в рассматриваемом случае наиболее существенное влияние отмечено на расстоянии до 25—75 м от границы рисового поля. После прекращения подачи на рисовое поле воды уровень грунтовых вод на прилегающих землях постепенно снижался и на расстоянии 75—125 м к моменту уборки урожая достиг первоначальной глубины залегания — 1,9—2,0 м от поверхности земли.

Выше было отмечено, что рисовые инженерные системы, строящиеся в низовьях р. Амударьи, включают достаточную сеть сбросов и дрен-собирателей. При нормальном техническом состоянии они должны обеспечить своевременный отвод сбросных и инфильтрационных вод и тем самым создать оптимальные условия водно-солевого режима на всех полях севооборота (включая и сопутствующие культуры).

В условиях сравнительно легкого механического состава почвогрунтов в течение 4—6 лет эксплуатации дренажно-сбросная сеть в большинстве случаев оплывает и сильно зарастает сорной растительностью (преимущественно камышом). В результате этого значительно уменьшается ее эффективность. Показательны в этом отношении результаты наблюдений, проведенных на люцерновом поле рисового севооборота. В течение вегетационного периода на люцерновом поле наиболее существенные изменения в солевом режиме почвы отмечены в слое 0—40 см. В нижних слоях при стабильном солевом режиме обнаружено даже некоторое уменьшение хлор-иона в исследуемой толще.

В разрезе створа, заложенного перпендикулярно к дрен-собирателю, по мере удаления от нее содержание солей в почвогрунтах и грунтовой воде увеличивается, что свидетельствует о различной при орошении интенсивности рассоления по ширине между дренами (первичными сбросами). В то же время на люцерновом поле к концу вегетационного периода происходит увеличение общего запаса солей в почвогрунтах и грунтовой воде. Изложенное выше позволяет отметить, что при наличии коллекторно-дренажной сети глубиной 2,5—3,0 м, расположенной по периметру рисовых оросительных систем, длительное затопление существенного влияния на водно-

солевой режим прилегающих к рисовому полю земель не оказывает. В силу недостаточной эффективности дренажно-сбросной сети на территории рисового севооборота (оплывание откосов, зарастание их русла) при возделывании сопутствующих культур (люцерна, кукуруза и др.) наблюдается ухудшение водно-солевого режима почвогрунтов.

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ РИСОВЫХ СИСТЕМ

Отвод воды дренажно-сбросной сетью

Одним из важнейших элементов рисовой оросительной системы является дренажно-сбросная (водоотводящая) сеть, устраиваемая для отвода поверхностных сбросных и срабатываемых грунтовых вод за пределы системы. Водоотводящая сеть включает в себя картовые сбросы, дрен-собиратели, внутрихозяйственные и межхозяйственные коллекторы.

В зависимости от почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий дренажно-сбросная сеть на рисовых системах должна выполнять следующие функции:

- обеспечивать необходимую скорость понижения уровня грунтовых вод перед севом и уборкой риса до определенной глубины, позволяющей проводить механизированные работы;

- обеспечивать своевременный отвод поверхностных сбросных и инфильтрационных грунтовых вод с обслуживаемой территории;

- предотвращать подъем уровня грунтовых вод выше критической» глубины на полях рисового севооборота, не занятых рисом;

- ограждать прилегающие к рисовой системе территории от подтопления и вторичного засоления;

- ограждать территорию рисовой системы от притока грунтовых вод со стороны.

Исходя из этого при проектировании рисовых систем в пределах рисового севооборота приняты следующие группы отводящей сети: регулирующая — участковые сбросы; оградительная — дрен-собиратели; отводящая — внутрихозяйственные коллекторы. В пределах суходольного овоще-кормового севооборота отводящая сеть

состоит из регулирующей — дрена внутри массива и ограждающей — дрена по контуру.

Участковый сброс устраивается вдоль длинной стороны поливного участка и обеспечивает отвод поверхностных сбросных вод с каждого чека. Вдоль каждого сброса в обязательном порядке со стороны рисового поля предусматривается полевая дорога, которая одновременно служит периферийным валиком. Дрен-собиратели располагаются по контуру севооборотного поля или проходят параллельно групповому оросителю. Дрен-собиратели ограждают суходольные поля и обеспечивают отвод дренажно-сбросных расходов в коллекторы.

В силу того, что почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия зоны существующего и перспективного развития рисосеяния низовья Амударьи весьма различны, мощность сети, определенная на основании анализа водобалансовых расчетов поля рисового и овоще-кормового севооборота, имеет определенные различия. В пределах рисового севооборота (с-з «Октябрь» ККАССР) удельная протяженность коллекторов ($h = 2,5—3,0$ м) составляет 6—7 пог. м/га; дрен-собирателей ($h = 1,8$ м) — 15—17 пог. м/га; участковых сбросов ($h = 1,5$ м) — 25—27 пог. м/га. Для массива суходольного овоще-кормового севооборота проектом предусмотрено строительство дрен ($h = 3,0$ м) с удельной протяженностью 45 пог. м/га. На территории рисовых систем, строящихся на песчаных массивах (совхозы «Беговат», «Колос» и др., Хорезмский оазис), мощность отводящей сети составляет 38—42 пог. м/га.

Приведенная сеть предусматривает норму осушения на рисовом севообороте на 1 м, на овоще-кормовом 2 м. Кроме того, по расчетам дренажно-сбросная сеть и испарение обеспечивают за 15—20 дней понижение уровня грунтовых вод на полях на глубину 1,1 м, что вполне достаточно для механизированной уборки урожая риса. Построенные сбросная и коллекторно-дренажная сети в целом обеспечивают своевременный отвод сбрасываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы массива. При принятой мощности отводящей сети за период вегетации риса объем отведенной с единицы площади воды в условиях ККАССР составляет от 9,4 до 17,3 тыс. м³/га. На рисовых системах, построенных на барханных песках, дренажно-сбросной сток несколько выше и в первые 1—2 года эксплуатации системы доходил до 18,0—

21,3 тыс. м³/га. На территории рассматриваемого участка (с-з «Колос») в течение вегетационного периода поверхностный сброс с рисовых полей в отводящую сеть не производился.

На рисовых системах, как в первичных сбросах, так и в дрен-собирающих, сток формируется по мере подачи воды на поля, достигая своей максимальной величины в период полного затопления рисовых полей и в период сброса воды с чеков. Максимальный модуль дренажно-сбросного стока по отдельным дрен-собирающим доходил до 2,42—3,22 л/сек/га, а минимальный — 0,01—0,06 — на 10—15-й день после прекращения подачи воды на орошение риса.

Сопоставление объемов поданной на единицу площади и отведенной с нее воды на примере земель системы Г-1—23 (с-з «Октябрь» ККАССР) показывает, что в период интенсивной подачи воды на единицу площади возрастает и объем дренажно-сбросного стока. Увеличение дренажно-сбросного стока в этот период в основном связано с ростом объема сбросных вод с рисовых полей.

В условиях рисосеяния дренажно-сбросная сеть, помимо инфильтрационных, отводит и сбрасываемые с рисовых полей воды. В связи с этим важно установить объем инфильтрационных и грунтовых вод, поступающих в отводящую сеть в период вегетации риса.

Исходя из литологического строения почвогрунтов опытного участка и изменения уровней грунтовых вод по створу к дрен-собирающему (рис. 7) в период орошения риса, нами для расчета притока воды к горизонтальной дрене принят метод последовательной смены стационарных состояний. Аналогичное исследование при решении инфильтрационных задач впервые выполнено К. Э. Лембке (1886) и П. Я. Полубариновой-Кочиной (1952). Рассматриваемая задача аналогична задачам осушения на фоне горизонтального дренажа, так как при непрерывном постоянном затоплении рисового поля грунтовые воды в период вегетации находятся в контакте с инфильтрационными.

Предположим, что на рассматриваемой площади имеет место инфильтрация (промывка) с постоянной интенсивностью U . При этом промывная норма (нетто) определяется из зависимости:

$$U = U_{\delta} - U_q - U_n + U_0,$$

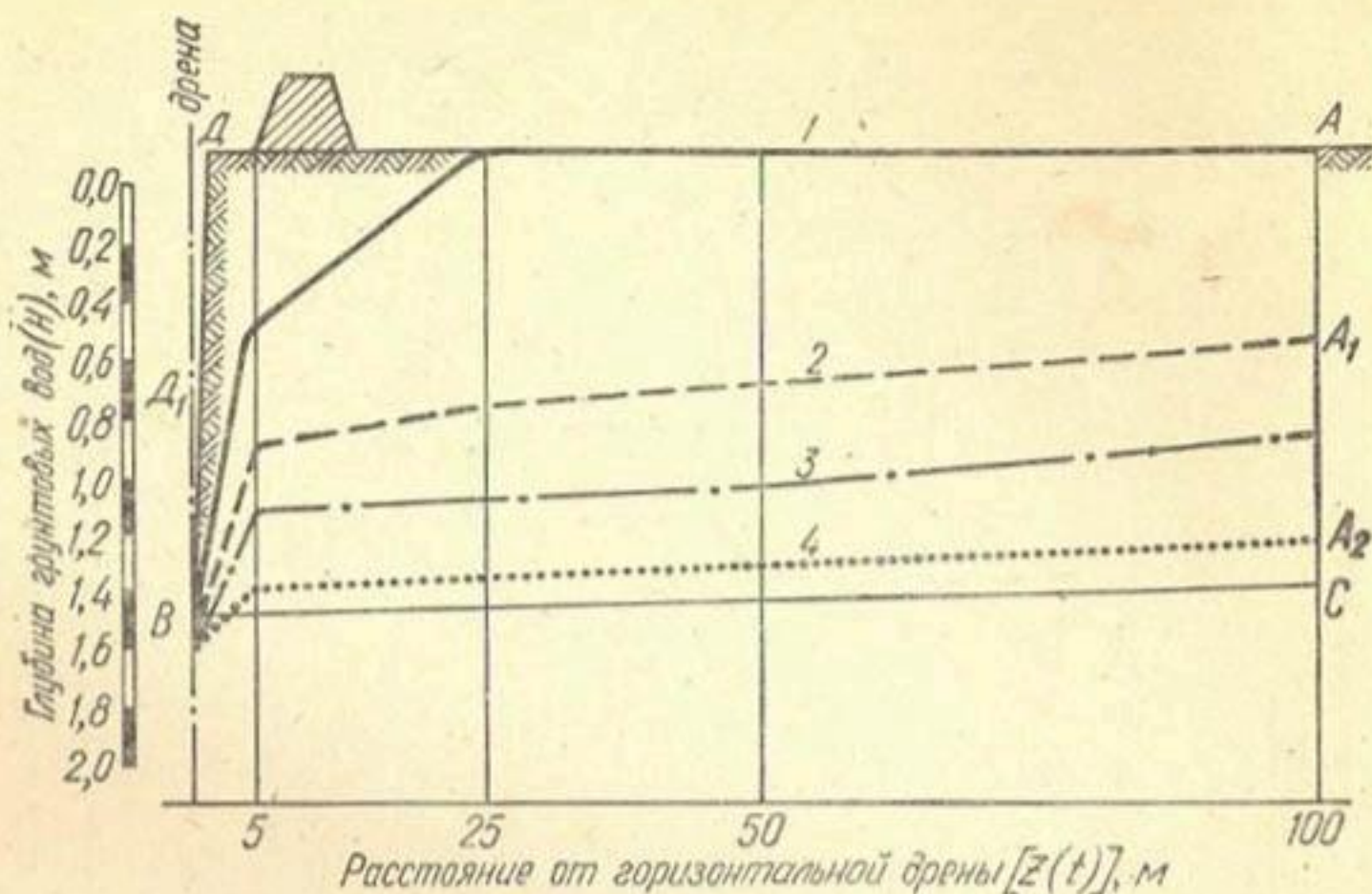


Рис. 7. Изменения уровня грунтовых вод по створу к дрена-собира-телю. 1 — 10.IX.; 2 — 21.IX; 3 — 25.IX; 4 — 5/X.1976 г.

где $U_{\delta l}$ — промывная норма (брутто), $\text{м}^3/\text{га}$.

U_q — поправки на увлажнение почвы до полевой влагоемкости, $\text{м}^3/\text{га}$;

U_n — потери воды на испарение за время промывки, $\text{м}^3/\text{га}$;

U_o — атмосферные осадки, $\text{м}^3/\text{га}$.

По данным полевых исследований, слагаемые U_{δ} , U_q , U_n , U_o соответственно равны 27 686, 1600, 11 724, 127 $\text{м}^3/\text{га}$. Подставляя эти значения, имеем, что промывная норма (нетто) равна 14,3 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ (или 0,0143 $\text{м}^3/\text{сутки}$). В точке В имеется дренажное устройство глубиной 1,7 м. В момент времени t , $t+dt$ дренируемая площадь пусть будет соответственно АВД, $A_1ВДА$.

Предположим, что длина $A_1В$ (или $A_2В$) является параболой

$$Y^2 = \frac{H^2}{\varepsilon},$$

где ε — длина, меняющаяся со временем;

H — мощность водоносного слоя (ВД).

Тогда расход рассматриваемого потока в единицу времени будет:

$$q = kY \frac{dY}{dx} = K \frac{H^2}{2\varepsilon}.$$

За промежуток времени dt , с одной стороны, количество воды, полученное из части водоносного дренированного слоя, равно qdt , а с другой, оно равно умноженной на пористость (m) площади $A_1BД$ (которая равна $\frac{H_2}{2}$), сложенной с количеством жидкости, принятым поверхностью A_1B за счет инфильтрации. В результате будем иметь уравнение:

$$qdt = K \frac{H^2}{2z} dt = \frac{mH}{2} dz + zU dt$$

или по разделении переменных:

$$\frac{zdz}{\frac{H^2K}{2} - z^2U} = \frac{2dt}{Hm},$$

где K — коэффициент фильтрации;

m — пористость почвогрунтов в слое 0—80 см, которая равна 0,45.

Интегрируя это уравнение и принимая во внимание начальное условие ($z = 0$), получим:

$$z(t) = \frac{H\sqrt{K}}{\sqrt{2U}} \cdot \sqrt{1 - e^{-\alpha t}}; \left(\alpha = \frac{4U}{Hm}\right).$$

Приток к дрене во времени выражается формулой:

$$q = \frac{H\sqrt{K \cdot U}}{\sqrt{2(1 - e^{-\alpha t})}}.$$

По данным полевых исследований, параметры H , K , U , α за 6 лет эксплуатации системы (опыт 1971 г.) соответственно равны 0,0143; 1,0 м/сутки; 0,8; 0,13.

Подставляя эти значения, получим количество воды, поступающее в дрину из водоносного слоя $Д_1А_1А_2В$. Не останавливаясь на подробностях расчетов, получим:

$$q(Д_1А_1А_2В) = 4520 \text{ м}^3/\text{га (или 0,077 м/сутки)}.$$

С помощью такого же приема можно определить поступление воды в дрину из водоносного слоя $Д_1А_1А_2В$. Теперь нужно будет рассмотреть площадь $Д_1А_1А_2В$, которая равна $\frac{3H_2}{8}$, и в решении нужно будет $\frac{1}{2}$ заменить на $\frac{3}{8}$;

получим:

$$z(t) = \frac{H\sqrt{K}}{\sqrt{2U}} \cdot \sqrt{1 - e^{-\alpha t}}; \left(\alpha_1 = \frac{16U}{3m}\right),$$

где m_1 — пористость почвогрунтов в слое 0,80—1,80 м, которая равна 0,46.

Параметры (H , K , U , α_1) соответственно равны: 0,4 м; 1,0; 0,0143 м/сутки; 0,41. Далее, подставляя эти значения, получим приток к горизонтальной дрене из водоносного слоя $D_1A_1A_2B$; $q(D_1A_1A_2B) = 3400 \text{ м}^3/\text{га}$ (или 0,034 м/сут).

Таким образом, приток из водоносного слоя DA_1A_2B в горизонтальную дрину определяется из соотношения:

$$q_{др} = q(DA_1A_2B) + q(D_1A_1A_2B) = 4520 + 3400 = 7920 \text{ м}^3/\text{га}.$$

При случае первого года эксплуатации рисовых систем (опыт 1972 г.) параметры H , K , U , α для первого и второго водоносных слоев соответственно равны: 0,4 м; 1,0; 1,04 м/сут; 0,36 и 1,0 м; 1,0; 1,04 м/сут; 0,40. Подставляя эти значения и суммируя расходы двух водоносных слоев, находим общий приток воды к горизонтальной дрине $ДС = 1-23 = 6860 \text{ м}^3/\text{га}$, что составляет около 66% от объема вертикальной фильтрации.

Используя вышеописанный метод последовательной смены стационарных состояний, подсчитан приток воды к первичному сбросу. В этом случае параметры для первого водоносного слоя составили: H —0,82 м; K —1,0 м/сут; U —0,0122 м/сут; α —0,40, а для второго водоносного слоя соответственно: 0,5 м; 1,0 м/сут; 0,0122 м/сут; 0,044. Подставляя эти величины в зависимость, получим приток к первичному сбросу, который составляет 4,12 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$, или 40% от вертикальной фильтрации.

Таким образом, для данной зоны отводящая сеть, выполненная в виде первичного сброса и дрен-собираателя, оказалась эффективным средством регулирования водного режима территории. За период вегетации риса количество отведенных дрен-собираателями инфильтрационных и грунтовых вод составляет 55—66%, а первичными сбросами—40% от объема вертикальной фильтрации.

Водный баланс рисового поля

В. Б. Зайцев (1968) оросительную норму риса рассчитывает, выделяя климатическую, гидрогеологическую и организационно-хозяйственную ее части. В климатическую часть оросительной нормы входят испарение, транспирация, а также осадки; в гидрогеологическую — зат-

раты воды на влагонасыщение зоны аэрации и фильтрацию; в организационно-хозяйственную — плановые и неорганизационные сбросы, проточность и окончательный сброс.

Известно, что при проектировании рисовых инженерных систем первичным элементом для водобалансовых расчетов принимается поливной участок или чек. В этой связи при оценке работы той или иной системы наиболее целесообразно изучение составляющих частей водного баланса поливного участка или чека. На основе изучения водного баланса можно установить фактические полезные расходы воды, необходимые для формирования урожая, определить непроизводительные потери воды и другие.

Определение и анализ составляющих частей водного баланса рисового поля на примере системы Г-1—23 (с-з «Октябрь» ККАССР) при различных сроках эксплуатации показывают, что он складывается благоприятно как в мелиоративном отношении, так и в водохозяйственных расчетах. В приходной части основной статьей баланса является подача воды на орошение риса — 24,3—28,0 тыс. м³/га. Запасы влаги до начала орошения в среднем по системе Г-1—23 в первый год эксплуатации в 0—3-метровой толще составили 9360 м³/га, на четвертый год — 9629 м³/га. В расходной части баланса основными являются затраты воды на суммарное испарение и вертикальную фильтрацию с рисовых полей. В зависимости от продолжительности вегетационного периода объем суммарного испарения за период — от первоначального затопления до полного спуска воды с рисовых полей колеблется в пределах 11,2—12,5 тыс. м³/га. Суммарное испарение с рисового поля, определенное методом теплового баланса, по данным Б. Е. Милькиса (1975), составило 13570 м³/га. Установлено, что за период орошения риса объем вертикальной фильтрации составляет 10,3—14,3 тыс. м³/га. Имеющиеся различия в объеме вертикальной фильтрации, видимо, обусловлены расположением площадок наблюдений на различном удалении от дренажно-сбросной сети (т. е. различной интенсивностью дренирования) и пестротой литологического строения почвенной толщи, что характерно для территории совхоза.

Неувязка между суммой приходных и расходных статей баланса для рассматриваемых случаев колебалась от 2,5 до 3,1% от суммы приходных частей баланса, что в

пределах точности определения отдельных статей баланса.

В расходной части баланса наиболее показательны данные по величине поверхностного сброса. Как известно, на рисовых полях создание проточности (поверхностный сброс) обуславливается необходимостью регулирования температуры воды и верхнего слоя почвы. В период получения всходов проточность на рисовых полях необходима для обогащения воды кислородом (Ерыгин П. С., 1950). Однако в материалах, опубликованных в периодической печати, нет данных об оптимальной величине поверхностного сброса с рисовых полей на засоленных или подверженных засолению землях. Для районов с незасоленными землями считается допустимым поверхностный сброс в объеме 10% от водоподачи (Зайцев В. Б., 1968).

Величина поверхностного сброса с рисовых полей в отдельных случаях достигает до 49,1% (Иконому Д. Т., 1968) от объема поданной воды. В то же время опыт возделывания риса в Голодной степи, Кура-Араксинской низменности (северная Мугань) и северной зоне ККАССР показывает, что при условии достаточной дренированности территории высокие урожаи риса можно получить при 10—14% поверхностного сброса от водоподачи.

На участке серо-коричневых луговых почв со средней и сильной степенью засоления, где расстояние между глубокими открытыми дренами (3—3,5 м) составляло 100 м, при возделывании риса объем поверхностного сброса не превышал 0,5%, а при 400 м — 5% от водоподачи. С уменьшением степени дренированности территории объем поверхностного сброса увеличивается. Урожай риса при такой проточности варьировал от 35 до 42 ц/га (А. Рамазанов, 1964).

В зоне нового орошения Голодной степи при наличии закрытых дрен с расстоянием между ними 180 м и временных мелких дрен урожай риса 40 ц/га был получен при поверхностном сбросе в 14% от водоподачи. Почвогрунты этого участка до сева риса имели среднюю и сильную степень засоления (Рамазанов А, Лазаридис В, Батури Г, 1969).

На территории рассматриваемых систем содержание хлор-иона в почвенной толще 0—40 см до посева риса колебалось от 0,20 до 0,99% от веса почвы. Несмотря на

высокое содержание хлор-иона при первоначальном затоплении в принципе обеспечивалось рассоление толщи до такой степени, что культура риса практически почти не испытывала каких-либо отставаний в росте и развитии. Относительно высокая фильтрационная способность почвогрунтов обусловила очень интенсивную циркуляцию воды через почвенную толщу, благодаря которой исключалась необходимость частой замены воды в рисовом поле-сбросе. В рассматриваемых случаях объем поверхностного сброса составил 3,6—10,8% от объема поданной на единицу площади воды.

При визуальном обследовании состояния риса на различных частях рисовых систем не было обнаружено каких-либо признаков ухудшения состояния риса в период вегетации. Урожайность риса на примере рассматриваемых систем составила 40—45 ц/га, что является довольно высоким показателем для данной зоны.

Приведенные выше данные говорят о том, что при условии достаточной дренированности территории достигается интенсивная циркуляция воды в толще почвогрунтов, благодаря чему исключаются застойные явления на рисовом поле и отпадает необходимость частой смены воды — потери большого объема в виде поверхностного сброса.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ РИСА

Дренажно-сбросные воды — дополнительный источник орошения

Возрастающий дефицит оросительной воды вызывает необходимость в изыскании дополнительных ресурсов для орошения основных севооборотных культур хлопкового и рисового комплекса. Одним из наиболее вероятных и экономически приемлемых путей решения этой проблемы является повторное использование дренажно-сбросных вод, формируемых на территории рисовых оросительных систем. Многолетние наблюдения, проведенные в зоне развития рисосеяния ККАССР, показывают, что минерализация дренажно-сбросных вод в период орошения риса сравнительно невысока и в большинстве случаев составляет 2,5—6,0 г/л по плотному остатку, т. е. в силу специфики возделывания риса и установившейся

традиции с рисовых полей сбрасывается определенный объем воды для создания проточности и во избежание застойных явлений. Вместе с тем при проектировании рисовых систем принята достаточно мощная отводящая сеть, включающая в себя первичные сбросы, дрен-собиратели и коллекторы, которые обеспечивают достаточно высокую циркуляцию воды через почвенную толщу, где исключаются возможные застойные явления.

Анализ имеющихся в литературе данных показывает, что при сравнительно высокой фильтрационной способности почвогрунтов и достаточной дренированности территории повторное использование минерализованных вод не сопровождается резким ухудшением почвенных процессов. Несмотря на интенсивное развитие рисосеяния в низовьях Амударьи, вопросы, касающиеся повторного использования дренажно-сбросных вод на орошение риса, до последнего времени не были изучены. Учитывая это, САНИИРИ были проведены опытно-производственные исследования по установлению влияния дренажно-сбросных вод на агрохимические, химические свойства почвы, рост, развитие и урожайность риса (Саятов К., Матмуратов Д. при участии автора). Полевые исследования организованы на территории системы Г-1—23 экспериментального совхоза «50 лет ВЛКСМ» (Нукусский район). Почвы участка луговые, староорошаемые и по механическому составу представлены от песка до тяжелых глин. Почвы опытного участка слабозасоленные с содержанием в толще 0—3 м хлор-иона — 0,02—0,04 и плотного остатка — 0,14—0,35% от веса почвы. Опыт был заложен в 3-кратной повторности по схеме:

I вариант — орошение риса обычной водой (контроль);

II вариант — орошение риса до фазы кушения обычной водой, а в последующем дренажно-сбросной водой;

III вариант — орошение риса только дренажно-сбросной водой.

Каждый вариант опыта размещен в пределах одного поливного участка-чека (площадью 0,5 га). На опытном участке применялась система агротехники, рекомендованная для данной зоны. На участке возделывался сорт риса УзРОС-59. Орошение риса производилось затоплением с поддержанием слоя воды в чеке: максимально-

го —20—25 см, минимального 3—5 см. За период вегетации на 1 га посевов риса подано от 19,3 до 24,6 тыс. м³ воды.

В амударьинской воде содержание солей составляет 0,44—0,97 г/л, в том числе токсичных —0,16—0,50 г/л. Превалирующими являются соли бикарбоната кальция. Минерализация откачиваемой из дрен-собирангеля ДС-1—20 воды составляла: в опыте 1980 г.—1,0—2,2 г/л, в том числе 0,4—1,2 г/л токсичных, а в 1981 г.—1,4—3,7 г/л, в том числе 0,5—2,5 г/л токсичных. Превалирующими в составе солей дренажно-сбросной воды являются хлористый магний и натрий. В поливной, дренажно-сбросной и сбрасываемой с чеков воде максимальное количество питательных элементов составляло: нитратов —0,38—0,57 мг/л, аммиака —1,0—1,86 мг/л, фосфора —0,19—0,22 мг/л и калия —12,0—36,1 мг/л.

При принятом режиме водоподачи и системе агротехники за 2 года орошения риса дренажно-сбросной водой общие запасы азота в почве увеличились. За исключением отдельных горизонтов запасы валового фосфора также имеют тенденцию к увеличению. За исключением I варианта отмечено уменьшение калия в исследуемой толще. Надо полагать, что в период орошения риса, в силу преобладания восстановительного процесса, происходит разложение органической части питательных элементов, о чем свидетельствует уменьшение гумуса с переходом его в минеральные (валовые и подвижные) части. Этим и объясняется наблюдаемое на всех вариантах опыта (преимущественно в слое 0—30 см) увеличение общего азота от весны к осени.

Сопоставление данных повторных солевых съемок по закрепленным на местности точкам показало, что за 2 года орошения запасы солей в толще 0—300 см на контрольном варианте с 88,2 т/га уменьшились до 76,2 т/га. Аналогичная картина наблюдается и во II варианте опыта. В III варианте общие запасы солей в исследуемой толще с 66,9 т увеличились до 86,4 т/га.

Наблюдения за изменением минерализации грунтовых вод показывают, что в первый год опыта было отмечено заметное увеличение хлор-иона от весны к осени, хотя общее содержание солей в грунтовой воде существенно не изменилось. На второй год наблюдений каких-либо существенных изменений в минерализации грунтовых вод не обнаружено.

Исследованиями установлено, что при орошении риса дренажно-сбросной водой содержание гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и карбонатов (CO_2) в почве (особенно в верхних слоях) увеличивается за счет привноса их оросительной водой.

При проведении опыта были организованы систематические наблюдения за ростом и развитием риса по общепринятой методике. Во всех вариантах поддерживалась одинаковая система агротехники возделывания риса. Сев риса произведен в одни и те же сроки при достижении температуры почвы $+12-14^\circ\text{C}$. Норма высева семян — $200-220$ кг/га. При одинаковых сроках сева риса в целом в каждом варианте опыта выдержана почти одинаковая густота стояния растений. При орошении только дренажно-сбросной водой степень кустистости выше и доходит до $1,77-1,92$, в то время как в I и II вариантах в разрезе повторностей опыта этот показатель составлял $1,60-1,76$.

При сравнительно высокой степени кустистости высота стебля в варианте полива дренажно-сбросной водой сравнительно ниже. По длине и количеству зерен в метелке существенных различий между вариантами опыта не наблюдалось.

При незначительном различии в количестве зерен в 1 м^2 процент пустозерности в варианте полива дренажно-сбросной водой выше, чем в I и II вариантах опыта ($3,8-4,2\%$) и доходит до $4,5-4,8\%$. Вес 1000 зерен составляет $29,0-30,7$ г в I и II вариантах и $27,6-28,8$ г в третьем. Урожайность риса в целом по участку колеблется от 55 до $61,3$ ц/га. В то же время во II варианте она на $0,7-1,6$ ц/га, а в III варианте на $2,0-3,3$ ц/га ниже, чем в контрольном.

Тепловой режим почвы и воды при орошении риса дренажно-сбросной водой

Известно, что при возделывании сельскохозяйственных культур создается свой микроклимат, характерный для данного растительного покрова. Эти отличия слабо проявляются утром и вечером и становятся заметными к середине дня. Слой воды на рисовом поле делает все отмеченные явления еще более резко выраженными.

По А. А. Скворцову (1928), интенсивность нагревания поверхности почвы зависит от того, какую часть поступающей солнечной радиации она может поглотить и с

какой быстротой полученное тепло может быть от этой поверхности отведено. Наименьшую величину отражательной способности из всех сельскохозяйственных культур имеет рисовое поле: 88% поступающей солнечной радиации поглощается и только 12% отражается. В этих условиях температура поверхности рисового поля, а следовательно и воздуха над ним, должна быть более высокой по сравнению с полем под другими культурами. Но в действительности наблюдается обратное явление.

По В. Б. Зайцеву (1968), поступающее на рисовое поле тепло в основном расходуется на неограниченное испарение со свободной водной поверхности рисового поля и на интенсивную транспирацию растениями риса, обильно снабженными водой.

Среднедекадная температура воды в чеке (слой 0—10 см) значительно выше, чем температура почвы. Так, в июне разница между температурой воды в чеке и почве в разрезе рассматриваемых вариантов опыта колебалась в пределах 3,2—8,1°C, в июле она несколько ниже — 2,0—5,4°C, а в августе снова начинала возрастать.

Следовательно, при наличии слоя воды лучами солнца сначала нагревается почва, а потом, в силу конвекции, теплая вода поднимается кверху. О наличии этого явления на затопленном рисовом поле также указывали другие исследователи (Жапбасбаев М., 1963.). В то же время при незначительной разнице в температуре почвы между II и III вариантами температура воды в варианте полива только дренажно-сбросной водой несколько выше. Надо допустить, что наличие в воде водорастворимых солей способствует сравнительно быстрому ее нагреванию.

Значительный интерес представляет изменение температуры в течение дня. При прочих равных условиях в утренние часы температура почвы в III варианте опыта несколько ниже по сравнению с другими вариантами. Вместе с тем прогревание почвы под лучами солнца при наличии слоя воды в чеке в варианте полива минерализованной водой происходит несколько быстрее по сравнению с вариантом орошения обычной водой. При этом максимальные значения температуры почвы отмечены во второй половине июня и в начале июля.

В первых двух вариантах температура почвы имеет сравнительно выровненный характер, чем в варианте полива дренажно-сбросной водой.

Дневной ход температуры воды в чеке в целом повторяет изменение температуры почвы. В то же время в утренние часы во всех вариантах опыта температура воды почти одинакова. В остальные часы дня ход температуры повторяет общую закономерность изменения температуры почвы с той лишь разницей, что количественные показатели ее несколько другие: по сравнению с I вариантом опыта диапазон изменений температуры воды во второй половине дня в остальных вариантах несколько выше.

Окислительно-восстановительный потенциал почв при орошении риса дренажно-сбросной водой

Важнейшим фактором, определяющим изменение и направленность почвенных процессов, плодородие почвы, является ее окислительно-восстановительный потенциал (ОВП). При затоплении почвы водой резко изменяется ее окислительно-восстановительное состояние (Неунылов, 1948; Мицуи, 1960; Блек, 1973). При затоплении вместе с воздухом из почвы вытесняется газообразный кислород. Кислород, растворенный в воде, не проникает в глубь почвы, а перехватывается ее поверхностным слоем. В результате деятельности микроорганизмов и развивающихся растений количество кислорода в почве начинает заметно уменьшаться. Практически на 5—8-й день после затопления почвы кислород в почвенном воздухе не обнаруживается. Это приводит к тому, что почвенные системы переходят на потребление других источников свободной энергии, необходимой для окисления органического вещества, в результате чего в пахотном горизонте почвы начинают преобладать процессы восстановительного характера. При этом на рисовом поле, залитом водой, возникает несколько разнозаряженных зон или слоев: слой воды с положительным значением ОВП и еще два слоя почвы — верхний окисленный (его толщина, как правило, составляет несколько мм) и нижний — восстановленный, простирающийся почти на весь пахотный горизонт. В подпахотном горизонте восстановительные процессы выражены слабее и ОВП имеет положительные значения.

До настоящего времени количественные значения этого показателя, одного из основных факторов, обуславливающих физико-химические процессы в почве, для ус-

ловий низовья Амударьи вообще и для зоны развития рисосеяния в частности практически не установлены.

С учетом этого и в целях выяснения возможных изменений этого показателя при повторном использовании дренажно-сбросных вод на орошение риса были проведены специальные наблюдения на опытно-производственном участке (ОПУ) в совхозе «50 лет ВЛКСМ». Почвы участка — луговые, староорошаемые, рис возделывается 12—13 лет.

Определения показателя ОВП проведены: при длительном стоянии воды на рисовом поле, после сброса ее из чеков и сразу после повторного затопления в июле и августе месяцах. Установлено, что во всех вариантах показатель ОВП в воде выше, чем в почве. Вместе с тем при одинаковой температуре воды (июль) в варианте полива дренажно-сбросной водой он намного выше по сравнению с другими вариантами опыта. Так, если в I и II вариантах он составил соответственно 257 и 290 мв, то в варианте полива дренажно-сбросной водой — 360 мв. Аналогичная закономерность обнаруживается в показателях ОВП исследуемой толщи почвы. Если в первом и втором вариантах опыта он не превышает 230—250 мв, то в третьем варианте составляет 260—370 мв.

После сброса воды с рисовых полей температура почвы заметно повышается, особенно в верхних слоях почвы. В этот период обнаруживается некоторое снижение показателя ОВП по всему профилю почвы. Вместе с тем в разрезе рассматриваемых вариантов в количественном отношении показатель ОВП в этот период также выше в варианте полива дренажно-сбросной водой: при величине ОВП в первом варианте порядка 210—190, в третьем варианте он составляет 270—240 мв. Необходимо подчеркнуть, что ОВП, в отличие от случая наличия воды в чеке, после сброса ее с рисовых полей с глубиной заметно снижается.

После повторного затопления чека новой порцией воды отмечается дальнейшее снижение показателя ОВП в почве. Однако между вариантами опыта сохраняется та же закономерность, что и при отсутствии воды в чеке, т. е. в количественном отношении ОВП выше в варианте полива дренажно-сбросной водой.

Таким образом, при первоначальном затоплении на рисовом поле преимущественно идет окислительный процесс, который сравнительно выше при орошении риса

дренажно-сбросной водой. При сбросе воды с рисовых полей (через 16 часов) в слое 0—10 см по существу сохраняется также процесс окисления. В то же время в первых двух вариантах в слое 10—20 см (глеевом горизонте) процесс изменяется в сторону восстановления. Восстановительный процесс приобретает явно выраженный характер после повторного затопления чеков водой. В подтверждение сказанного можно привести данные повторных определений, проведенных в августе месяце (табл. 16). Как видно из приведенных данных, показа-

Таблица 16

Величина окислительно-восстановительного потенциала воды и почвы рисового поля (период цветения)

Варианты	Место определения	Сроки определения					
		При наличии слоя воды в чеке, 13/VIII в 11 ³⁰ ч		После сброса воды из чека через 18 часов, 14/VIII в 10 ч		После повторного затопления чека, 15/VIII в 11 ч	
		t°C	показатель ОВП, мв	t°C	показатель ОВП, мв	t°C	показатель ОВП, мв
I	В воде (чек)	22	253	—	—	32,0	208
	В слое почвы, см						
	0—2	22	— 55	27,0	110	30,0	30
	2—10	22	— 60	26,9	30	29,0	10
II	10—20	22,5	— 67	26,9	30	28,6	—30
	В воде (чек)	23	210	—	—	27,9	67
	В слое почвы, см						
	0—2	22	—120	30,0	70	27,9	40
III	2—10	22	—105	29,0	23	27,9	27
	10—20	22	—110	28,6	10	27,9	27
	В воде (чек)	24	222	—	—	27,5	165
	В слое почвы, см						
	0—2	22	—110	34,0	30	27,8	—45
	2—10	22	—140	32,0	15	27,9	—70
	10—20	22	—147	29,8	12	27,9	—95

тель ОВП воды в этот период также намного выше, чем в почве, и при наличии слоя воды составляет 153—222 мв. При температуре почвы порядка 22—24°C во всех вариантах опыта обнаружены минусовые значения показателя ОВП, но в количественном выражении он заметно выше во втором и третьем вариантах опыта. Так, если в варианте полива обычной водой ОВП составляет минус 55 — минус 67 мв, то во II и III вариантах он доходит до минус 110—минус 147 мв.

После сброса воды с рисовых полей температура почвы резко повысилась и составила в первом варианте 26,9—27°C, а в остальных вариантах даже выше — 28,6—34°C. В силу того, что после сброса воды в значительной степени улучшился доступ кислорода в почву, процесс восстановления несколько замедлился по сравнению с предыдущим периодом и показатель ОВП составил 110—30 мв—I вариант, 70—10—II вариант, 30—12 мв—III вариант, при планомерном снижении их с глубиной по профилю исследуемой толщи.

После повторного затопления рисового поля восстановительный процесс в целом сохраняется, но наиболее он выражен в варианте полива дренажно-сбросной водой. Изложенное выше свидетельствует о том, что на рисовом поле в первой половине вегетации риса (до середины июля) в основном имеет место окислительный процесс. В последующем, из-за резкого уменьшения доступа кислорода (деятельность микроорганизмов, развивающихся растений) в почву, процесс переходит в восстановительную фазу. Правомерность этого тезиса в какой-то мере можно объяснить изменением подвижных форм железа в почве.

Исследования показали, что в почве рисового поля содержание закисных (FeO) и окисных (Fe_2O_3) форм железа в весенний период (май) колеблется в пределах 0,023—0,029 мг на 100 г почвы. Исключение составляют отдельные горизонты, где содержание закисных форм железа доходит до 0,045 мг на 100 г почвы. От весны к осени содержание окисных форм железа существенных изменений не претерпевает и составляет 0,022—0,031 мг на 100 г почвы.

В то же время в силу усиления процессов восстановления при затоплении рисового поля со второй половины июля происходит накопление в почве закисных форм железа. Этот процесс наиболее выражен в верхнем 0—10 и 10—20 см слое почвы. В разрезе рассматриваемых вариантов опыта процесс восстановления и появления закисных форм железа наиболее четко выражен при орошении риса обычной водой (контроль). Так, при содержании в слое 0—10 см закиси железа весной 0,023 мг к осени она увеличивалась до 0,042 мг на 100 г почвы, а в слое 10—20 см она увеличилась на 0,005 мг по сравнению с весенним периодом.

В остальных вариантах весной закисные формы же-

леза в слое 0—10 см не были обнаружены. В осенний период содержание их составило 0,025 мг на 100 г почвы. К весеннему периоду содержание в почве как окисных, так и закисных форм железа выравнивается. Однако в количественном отношении окисных форм заметно больше, чем закисных.

Приведенные выше данные говорят о том, что в разрезе вегетационного периода, из-за сохранения в почве анаэробного процесса, отмечается увеличение в почве закисных форм железа в осенний период. Однако в осенне-зимний и весенний периоды из-за изменений реакции среды и наличия аэробного процесса происходит интенсивное окисление форм железа и закисные формы переходят в окисные, т. е. в невредные для растений формы. Таким образом, в силу обратимости физико-химических процессов во времени в условиях достаточной дренированности территории рисовых систем говорить об ухудшении почвообразовательного процесса при длительном возделывании риса в монокультуре не приходится. Использование на орошение риса дренажно-сбросных вод с минерализацией 2—3 г/л по плотному остатку тоже не оказывает отрицательного воздействия на направленность почвенных процессов.

Биологическая активность почвы при орошении риса дренажно-сбросной водой

Как известно, почва под рисом в течение 3—4-х месяцев находится под слоем воды. В условиях затопления вспаханная почва теряет кислород главным образом вследствие потребления его в процессе разложения органического вещества при ограниченном притоке кислорода из затопляющего почву слоя воды. Несмотря на это, орошаемый рис способен поглощать необходимые его росту воду и различные элементы питания так же хорошо, как их поглощают суходольные культуры из незатопленной почвы. Благодаря присущей им способности обеспечивать себя кислородом корни риса могут дышать, поглощать питательные элементы и расти.

Корни риса способны обеспечивать себя кислородом, необходимым для дыхания. Для почвы, окружающей корни риса, характерно окисленное состояние в противоположность восстановленному состоянию всей остальной почвы. Вообще пахотный слой затопленного поля

имеет сложную структуру (Мицуи, 1960; Мишустин, Востров, 1971).

Однако одними лишь микробиологическими методами нельзя установить активность того или иного слоя почвы. Особенно это относится к затопленным почвам. Более четкие представления о микробиологической и биохимической активности, о гетерогенности пахотного слоя почв рисовников могут быть получены при применении метода аппликации (Мишустин и др., 1970).

Этот метод основан на получении следов воздействия микроорганизмов, или продуктов их жизнедеятельности, на клетчатку тканей или эмульсию непроявленных фотоматериалов, содержащую желатин, как источник азотистых веществ. Разрушение желатинового слоя фотоматериалов, применяемых при определении протеолитической активности почвы, происходит в виде обособления зон размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров в диаметре. При высокой протеолитической активности такие зоны сливаются, образуя сплошные поля просветления (разрушения).

Нами в содружестве с сотрудниками Каракалпакского филиала АН УзССР были проведены специальные наблюдения за биологической активностью почвы рисовых полей. В исследованиях применялся метод аппликации. На колонку влажной почвы трубкой от стратометра Романенко (1965) длиной 10—20 см и переложенную без нарушений структуры на стерильную полиэтиленовую пленку накладывали негативную непроявленную фотопленку. Фотопленка экспонировалась в течение 10 дней. По истечении этого срока пленку вынимали, осторожно отмывали от остатков почвы и высушивали. О протеолитической активности судили визуально по степени разрушения эмульсии пленок, т. е. по величине зон просветления. Протеолитическая активность (опыт 1981 г.) микрофлоры нами изучалась в период кущения (3 июля) и цветения (3 августа). Результаты исследований показали, что протеолитическая активность микрофлоры различается как по изученным фазам развития, так и по вариантам опыта. Сплошные зоны просветления-разрушения по вариантам опыта имеют определенные различия. В I варианте микрофлора проявляет большую активность, на границе почва-вода существует аэробная прослойка, во II варианте микрофлора слабее воздействует на фотопленку, а в III варианте наблюдаются бо-

лее восстановленные условия окружающей почвы, и микрофлора имеет распространение в виде микрозон.

Микробиологический анализ почвенных образцов показал, что заметной разницы в микробном населении по вариантам опыта не обнаруживается. В то же время количество микроорганизмов на МПА несколько больше во II варианте, азотобактер хорошо себя чувствует во всех трех вариантах. Рост бактерий на крахмально-аммиачном агаре также отмечается по всем вариантам опыта. При послойном 0—5 и 5—10 см изучении микрофлоры имеются некоторые различия в вариантах опыта. В поверхностном слое во всех вариантах хорошо развиваются аммонифицирующие микроорганизмы, азотобактер. Бактерии, растущие на крахмало-аммиачном агаре, предпочитают более анаэробные условия среды, лучше развиваются в III варианте и в срединном слое. Сульфатредуцирующие бактерии имеют ту же тенденцию, что и бактерии на крахмально-аммиачном агаре. В III варианте более анаэробные условия как в воде, так, по видимому, и в почве, что и подтверждается содержанием кислорода в воде — в I варианте — 10,2, а в III варианте — 6,3 мг/л.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Особенности эксплуатации рисовых оросительных систем

Эксплуатация рисовых оросительных систем, построенных в низовьях Амударьи, имеет свои специфические особенности. К ним прежде всего следует отнести своеобразный режим работы оросителей различного порядка при сравнительно высоком водозаборе на единицу площади при возделывании культуры риса. С другой стороны, при проектировании принята достаточно мощная отводящая сеть (первичные сбросы, дрен-собиратели, коллекторы) открытого типа. Эксплуатация этой сети в условиях исключительно пестрого литологического строения почвенной толщи и длительного поддержания слоя воды на обслуживаемой ей территории в период вегетации риса сопровождается существенным изменением технического состояния отводящей сети различного порядка.

Специфической особенностью эксплуатации оросительных каналов в низовьях Амударьи является исклю-

чительно высокая заиляемость их русел. В условиях рисосеяния она усугубляется подачей сравнительно высокой нормы воды на единицу площади по сравнению с хлопковым комплексом. Безусловно, после ввода Тахияташского гидроузла на р. Амударье количество взвешенных наносов, влекомых водой на орошаемые поля, заметно уменьшилось. Тем не менее количество взвешенных наносов в оросительной воде довольно высоко. По данным лабораторно-полевых определений, объем заиления русел внутрихозяйственных распределительных каналов колеблется в пределах 2,1—4,6 м³/пог. м, групповых оросителей — 1,7—2,2 м³/пог. м, а участковых — 0,35—0,45 м³/пог. м (совхоз «Октябрь», ККАССР). В зависимости от расхода воды в том или ином канале к концу вегетационного периода содержание взвешенных наносов в оросительной воде несколько уменьшается. Отложение большого количества взвешенных наносов оказывает существенное влияние на изменение гидравлических элементов оросительной сети различного порядка. В частности, существенно меняется поперечное сечение — ширина по дну, глубина, откосы и др. (табл. 17).

На изменение гидравлических элементов также существенное влияние оказывает качество производимых работ по очистке сети. Практика эксплуатации рисовых систем в данной зоне показывает, что на территории отдельных систем приходится проводить по две очистки даже в период вегетации риса. Удельный объем очистки оросительных каналов в пределах отдельных рисоводческих совхозов колеблется в довольно широких пределах — от 1,33 до 7,90 м³/пог. м. При существующем режиме работы в условиях эксплуатации из общего объема очистки 55—60% приходится на внутрихозяйственные распределительные каналы, 25—30% — на групповые, а остальное — на участковые оросители.

На рисовые поля преимущественно поступают наносы с размером фракций менее 0,01—0,05 мм. В то же время в зависимости от скорости воды в оросителях (преимущественно участковых) количество поступающих в рисовые чеки глинистых фракций совершенно различно. Наибольшее количество взвешенных наносов осаждается у входа в чек в радиусе 30—40 м. В этой части чека толщина осевших наносов за период вегетации риса варьирует в пределах 15—40 см. Хотя приносимые оросительной водой взвешенные наносы в определенной степени

Изменение элементов оросителей различного порядка в процессе эксплуатации (совхоз «Октябрь», ККАССР)

Наименование канала	Пикет	Сроки наблюдений	Гидравлические элементы			
			В, м	$h_{\max}$, м	В, м	$m_{\text{ср}}$
РМ-1	ПК23+00	24.IV.72	8,0	2,26	3,0	1,10
		28.IX.72	8,0	1,85	4,0	2,08
		4.XI.81	12,5	1,70	6,5	1,76
	ПК31+00	24.IV.72	8,0	2,37	3,0	1,05
		29.IX.72	8,0	1,85	3,5	1,27
		4.XI.81	14,2	2,30	6,1	1,76
Г-1—23	ПК0+10	24.IV.72	5,0	0,95	2,0	1,58
		29.IX.72	5,3	0,43	3,2	2,44
		4.XI.81	6,5	1,20	3,5	1,28
	ПК5+10	24.IV.72	6,0	1,23	2,0	1,63
		29.IX.72	6,0	1,23	1,5	1,82
		4.XI.81	6,7	1,85	3,0	1,00
У-285—286	ПК0+20	24.IV.72	3,5	0,67	1,0	1,86
		29.IX.72	3,5	0,73	1,2	1,58
		4.XI.81	4,3	1,28	1,8	1,00
	ПК5+00	24.IV.72	3,5	0,70	1,0	1,79
		29.IX.72	3,5	0,50	1,7	1,80
		4.XI.81	4,3	1,0	2,0	1,30

Примечание: РМ — внутрихозяйственный распределитель;
Г — групповой ороситель; У — участковый ороситель.

влияют на формирование микрорельефа поливного участка и вызывают необходимость в проведении планировочных работ, они значительно обогащают почву питательными элементами. В составе амударьинского ила имеется значительное количество таких питательных элементов, как калий, фосфор, азот, гумус. Также сравнительно высоко содержание железа, хрома, марганца, скандия и других элементов.

Выше было отмечено, что земли существующего и перспективного развития рисосеяния характеризуются различной степенью исходного засоления и практической бессточностью грунтовых вод. Для обеспечения своевременного отвода срабатываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы системы и выполнения требуемой нормы осушения при проектировании принята довольно развитая отводящая сеть. Принятая мощность

отводящей сети в принципе обеспечивает своевременный отвод срабатываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы системы и требуемую норму осушения.

Тем не менее в силу исключительной пестроты литологического строения почвогрунтов по профилю и в пространстве эксплуатация отводящей сети открытого типа несколько затруднена. Дело в том, что на части территории, где почвогрунты сложены песчаными и супесчаными разностями, при длительном поддержании слоя воды в рисовых чеках происходит обрушение откосов сбросной и коллекторно-дренажной сети. А на участках, где почвогрунты сложены суглинистыми и глинистыми разностями, при правильной технологии возделывания риса и эксплуатации сети их гидравлические элементы существенных изменений во времени не претерпевают (табл. 18).

Таблица 18

Изменение элементов коллекторно-дренажной сети различного порядка в процессе эксплуатации
(совхоз «Октябрь», ККАССР)

Наименование КДС	Пикет	Сроки наблюдения	Гидравлические элементы			
			В, м	$h_{\max}$, м	В, м	$m_{\text{ср}}$
ДС-1—23 С-286	ПК0+40	13. IV. 72	10,0	1,65	2,3	2,33
		20. X. 72	10,0	1,56	4,1	1,89
		4. XI. 81	10,0	1,41	3,5	2,34
	ПК5+00	13. IV. 72	10,3	2,19	2,0	1,82
		20. X. 72	10,3	2,43	3,0	1,50
		4. XI. 81	10,2	2,00	2,6	1,90
	ПК0+40	13. IV. 72	8,6	1,86	2,8	1,56
		20. X. 72	8,6	1,65	1,7	2,09
		4. XI. 81	8,6	1,46	3,0	1,90
	ПК5+00	13. IV. 72	10,0	1,89	2,0	1,85
		20. X. 72	10,0	1,89	2,1	1,82
		4. XI. 81	10,0	1,90	2,7	1,90

Примечание: ДС — дрен-собиратель; С — первичный сброс

В разрезе отдельных рисоводческих совхозов ККАССР удельные объемы очистки отводящей сети колеблются в пределах $0,03—1,50 \text{ м}^3/\text{пог. м}$ в год, т. е. в несколько раз меньше по сравнению с таковыми по оросительной сети.

Пестрота литологического строения почвы обуславливает и определенные различия в деформации поверхности почвы при возделывании риса с постоянным поддержанием слоя воды. При этом следует иметь в виду, что наиболее заметная деформация поверхности почвы происходит в первые годы освоения целинных почв под посевы риса и по данным многолетних обследований достигает до 12—14 см по сравнению с исходным состоянием (см. рис. 6).

Одним из важных показателей эффективности выполненных конструкций рисовых оросительных систем является коэффициент использования (КЗИ) введенных в сельскохозяйственный оборот земель. Этот показатель тесно связан с организацией территории при том или ином удельном весе основных севооборотных культур рисового комплекса, схемы размещения подводящей и отводящей сети и др. В зоне развития рисосеяния низовьев Амударьи при проектировании сети приняты различные схемы размещения поливных участков-чеков по условиям командования групповых и участковых оросителей. Исследования, проведенные в течение ряда лет на территории рисоводческих совхозов ККАССР, показывают, что в зависимости от схемы размещения оросительной сети в плане коэффициент земельного использования (КЗИ) имеет определенные различия. Так, при условии одностороннего командования участковых и групповых оросителей КЗИ сравнительно низкий и составляет 0,72—0,74. При одностороннем командовании участковых оросителей и двухстороннем командовании групповых оросителей он заметно повышается и составляет 0,78. Наиболее выгодной с точки зрения рационального использования земель на территории рисовых систем является схема размещения поливных чеков при двухстороннем командовании участковых и групповых оросителей, где КЗИ составляет 0,84—0,85. Нам представляется, что КЗИ рисовых систем значительно повысится при применении более совершенных типов подводящей и отводящей сети.

Об экономической эффективности рисовых оросительных систем

Рисоводство в низовьях Амударьи располагает современными оросительными системами инженерного типа, крупными земельными картами и чеками, позволяю-

щими применять передовую агротехнику, основанную на полной механизации трудоемких процессов, совершенной, высокопроизводительной техникой и другими средствами.

Основным показателем эффективности отраслей земледелия является урожайность возделываемых культур. От уровня урожайности зависят такие экономические показатели, как производительность труда, себестоимость продукции, рентабельность производства, отдача основных производственных фондов. При возделывании риса на инженерных оросительных системах урожайность является также показателем степени использования вновь осваиваемых мелиорированных земель.

Применение технологической карты по возделыванию и уборке риса, составленной с учетом конкретных условий (почвенных, климатических, водных, состава техники, кадров, действующих норм выработки и др.) позволяют из года в год увеличивать валовые сборы и урожайность риса, снизить их себестоимость (табл. 19). Приме-

Т а б л и ц а 19

Рост производства риса и его урожайность по отдельным совхозам ККАССР

Наименование совхозов	Посевная площадь, га		Валовой сбор, т		Урожайность, ц/га		Себестоимость ц/га, руб	
	1966	1980	1966	1980	1966	1980	1966	1980
«Раушан»	2503	5000	4607	26000,0	18,4	52,0	27,33	24,79
Им. Чапаева	2203	4600	3932	29440,5	17,2	64,0	24,91	21,69
«Алтынкуль»	2110	4600	4153	22200,5	19,6	48,3	29,51	24,05
Им. XII Партсъезда	2044	4600	3640	20921,9	17,1	45,5	29,67	25,50
Им. 50 лет ВЛКСМ	2032	4200	3914	23100,0	19,3	55,0	28,55	22,79
«Октябрь»	1474	4600	1745	21620,0	11,8	47,0	26,08	25,79
«Май-Яб»	1723	5000	2593	24500,0	15,0	49,0	45,33	28,10
«Караузьяк»	1397	4600	2194	24016,0	15,7	52,2	35,84	27,42
«Маданият»	1803	4900	2983	24410,0	16,4	50,0	37,38	28,69

нение передовой технологии производства в рисоводческих совхозах, организованных в контуре распространения барханных песков Хорезмского оазиса, позволило повысить урожайность риса за короткий период с 3,6—14,2 ц/га (1977 г.) до 24,4—37,0 ц/га (1981 г.).

Существующие рисоводческие совхозы — это крупные специализированные хозяйства с высокой концентрацией производства. Углубленная специализация и высокая концентрация производства позволяют хозяйствам не только увеличить валовый сбор и сдачу продукции государству, но и повышают экономическую эффективность отрасли. Совхозу им. 50 лет ВЛКСМ каждый гектар инженерной системы, занятый посевами риса, приносит 1510 руб. выручки, в том числе 406 руб. прибыли. Стоимость валовой продукции, производимой одним работником, занятым в отрасли, составляет 9,3 тыс. руб. Высокие экономические показатели общественного производства становятся источником роста материального благосостояния работников. Среднемесячная зарплата каждого работника достигает трехсот рублей.

Опыт эксплуатации рисовых инженерных систем показывает, что при принятой схеме организации территории сельскохозяйственное производство можно вести при высокой механизации всех процессов. Практика кубанских рисоводов показывает, что нагрузку посевной площади на одного работника можно увеличить в несколько раз по сравнению с другими сухоходольными культурами за счет механизации производственных процессов и внедрения автоматизации на поливе. К настоящему времени в рисосеющих совхозах ККАССР благодаря широкому применению механизации нагрузка посевной площади риса на одного работника увеличилась с 3—4 до 6—8 га, а в отдельных бригадах и отделениях — до 10—12 га. Увеличение нагрузки посевной площади с ростом урожайности позволяет повысить уровень производительности труда. Чем больше нагрузка посевной площади на одного работника, тем выше производительность труда и оплата.

Наиболее высокие экономические показатели производства риса достигаются при организации хозрасчетных комплексно-механизированных бригад. Урожайность риса в комплексно-механизированной бригаде на 60% и производство риса на одного постоянного рабочего в 2,8 раза выше, чем в узкоспециализированной бригаде, и на 69,4% и в 3,4 раза выше, чем в рисоводческих совхозах республики в среднем. Среднегодовая заработная плата постоянного члена бригады в 2,3 раза выше, чем в среднем по специализированным рисоводческим совхозам Узбекистана. Наилучшим размером комплексно-меха-

низированной бригады является территория площадью 400—500 га, из которых рис занимает 280—320 га.

В заключение отметим, что, несмотря на отмеченные выше особенности, строительство и эксплуатация рисовых систем в низовьях Амударьи является перспективным направлением сельскохозяйственного производства. По мере развития рисовых оросительных систем с соответствующей мощностью оросительной и дренажно-сбросной сети эффективность рисоводства — основного направления специализированных совхозов — из года в год будет повышаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Районы существующего и перспективного развития рисосеяния низовьев Амударьи характеризуются исключительным разнообразием почвенно-мелиоративных, инженерно-геологических и гидрогеологических условий. Практическая бессточность минерализованных грунтовых вод и засоленность активной толщи почвогрунтов обуславливают необходимость строительства рисовых оросительных систем с достаточно высокой протяженностью коллекторно-дренажной сети.

Опыт эксплуатации рисовых оросительных систем показывает, что в целом принятая мощность отводящей сети обеспечивает своевременный отвод сбрасываемых инфильтрационных и сбросных вод за пределы системы. В этих условиях возделывание риса в монокультуре с длительным поддержанием слоя воды в чеках не приводит к резкому изменению почвенно-мелиоративных процессов.

Применение передовой технологии возделывания с широким внедрением механизации позволяет получать высокие урожаи риса и сопутствующих культур на новоосваиваемых засоленных землях, отличающихся высоким потенциальным плодородием.

Дальнейшее развитие рисосеяния в низовьях Амударьи указывает на необходимость совершенствования проектирования, строительства и эксплуатации рисовых оросительных систем с учетом новейших достижений ирригационно-мелиоративного строительства и сельскохозяйственного производства. В этой связи представляется

целесообразным организация и проведение научно-исследовательских работ по:

установлению изменения и направленности почвенно-мелиоративных процессов при возделывании риса на крупных массивах;

изучению и разработке рекомендаций по способам, технике и режимам орошения риса и других культур рисового севооборота с учетом почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий, разработке методики гидромодульного районирования территории;

изучению различных способов дренирования с выявлением их мелиоративной и экономической эффективности, разработке рекомендации по использованию и внедрению рациональных конструкций дренажа на рисовых системах;

разработке и внедрению технических приемов по рациональному использованию оросительной и дренажно-сбросной воды, способа борьбы с наносами, требований для создания механизмов по очистке внутрихозяйственных оросительных систем;

исследованию и оценке работ сельхозмашин для механизированного производства и уборки риса; технологии поточной обработки и хранению зерна риса;

исследованию наиболее рентабельных и экономически эффективных соотношений отраслей в рисовом комплексе, окупаемости средств, вложенных в строительство ирригационно-мелиоративных **систем.**

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аверьянов С. Ф.* Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод.— В сб.: Влияние орошаемых систем на режим грунтовых вод. М., АН СССР, 1956.
2. *Аверьянов С. Ф.* Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель (расчет).— М., 1959.
3. *Аверьянов С. Ф.* Некоторые вопросы предупреждения засоления орошаемых земель и меры борьбы с ним в европейской части СССР.— В кн.: Орошаемое земледелие в европейской части СССР. М., Колос, 1965.
4. *Бияшев Г., Коваленко Ш.* Рис—культура-освоитель земель.—Сельское хозяйство Туркменистана, 1969, № 1.
5. *Гончаров С. М.* О формировании режима грунтовых вод на рисовых оросительных системах Центральной части дельты Дуная.— Мелиорация и водное хозяйство. Киев, вып. 10, 1969.
6. *Ермеин И. С.* Физиологические основы орошения риса.— М.-Л., 1950.
7. *Жориков Е. А., Бородина Н. В.* Влияние искусственного орошения на динамику питательных соединений в почве хлопкового поля. Ташкент, Изд. НИХИ, 1931.
8. *Жовтоног И. С.* Водно-солевой режим почв солонцового комплекса при орошении риса.— В кн.: Биологические основы орошаемого земледелия.— М., 1966.
9. *Зайцев В. Б.* Рисовая оросительная система.— М., Колос, 1968.
10. *Зухуров Н.* Химические, физические свойства и окислительно-восстановительный потенциал гидроморфных почв сероземного пояса. Автореферат, 1964.
11. *Костяков А. Н.* Растекания грунтовых вод под орошаемыми массивами, МГМИ. Тр. 114.— М., 1948.
12. *Костяков А. Н.* Основы мелиорации. М., Сельхозгиз, 1960.
13. *Ковда В. А.* Качество воды, плодородие орошаемых почв и солеустойчивость растений.— В кн.: Водный режим растений в засушливых районах СССР. М., Изд. АН СССР, 1961.
14. *Кдырбаев Б.* Способы внесения азотных удобрений до сева.— В кн.: Селекция и технология возделывания риса в Узбекистане. Ташкент, 1977.
15. *Лембке К. Э.* Движение грунтовых вод и теория водосбросных сооружений. Журнал Министерства путей сообщения, 1886.
16. *Легостаев В. М.* Мелиорация засоленных почв.— Ташкент, 1959.
17. *Легостаев В. М.* Мелиоративное значение риса.— В сб.: Мелиорация почв в СССР, М., Наука, 1971.
18. *Лившиц Э. А., Абдуразаков К.* Опыт освоения сильнозасоленных земель Голодной степи.— Сельское хозяйство Узбекистана, 1962, № 11.
19. *Мамаев М. Г.* Водно-солевой режим почв при поливе сельскохозяйственных культур затоплением в условиях Волго-Ахтубинской зоны.— В кн.: Биологические основы орошаемого земледелия, М., 1966.

20. Мицун С. Минеральное питание риса, удобрение и мелиорация орошаемых рисовых почв. — М., 1960.
21. Натальин Н. Б., Кириченко К. С., Сорокина А. В. Агротехнические основы рисового севооборота. Научн. отчет ВРОС за 1941—1942 гг. Сельхозгиз, 1946.
22. Неунылов Б. А. Теория и практика повышения плодородия почв рисовых полей Приморского края. Фонды библиотеки почвенного института им. В. В. Докучаева. — М., 1956.
23. Неунылов Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока. — Владивосток, 1961.
24. Пак К. П. Почвенно-гидрогеологические исследования в Сарпинской низменности в связи с рисосеянием. — Почвоведение, 1966, № 7.
25. Петров Е. Г., Бобченко В. И. Опыт промывки засоленных земель при культуре риса. — Гидротехника и мелиорация, 1965, № 10.
26. Полуборинова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. — М., 1952.
27. Попов А. А., Фишер Э. Е. Дренаж при освоении засоленных почв в рисовом севообороте. Ростов-на-Дону, АН СССР, 1969.
28. Рамазанов А. Временные глубокие дрены при промывке засоленных земель большими нормами воды. — Сб. научных работ аспирантов СоюзНИХИ, вып. V, 1964.
29. Рабочев И. С. Мелиорация засоленных почв среднего течения Амударьи. — Ашхабад, Туркмениздат, 1964.
30. Рамазанов А. Некоторые вопросы промывки засоленных земель через посеы культуры риса. — Труды САНИИРИ, вып. 132, 1971.
31. Рамазанов А., Саятов К. О работе рисовых оросительных систем в Каракалпакской АССР. ГИМ, 1977, № 2.
32. Розанов А. Н. О некоторых особенностях культурно-ирригационных наносов. — Почвоведение, 1948, № 12.
33. Розанов А. Н. Значение ирригационных наносов для генезиса, плодородия и мелиорации орошаемых почв. — Почвоведение, 1955, № 2.
34. Тулякова З. Ф. Рис на засоленных землях. — М., Колос, 1971.
35. Умаров М. У., Крюгер Т. П. Изменение физических свойств засоленных почв, промываемых с помощью риса. — Сельское хозяйство Узбекистана, 1960, № 10.
36. Умаров М. У., Зухуров Н. и др. Особенности окислительно-восстановительных условий орошаемых почв Ташкентского оазиса. — Почвоведение, 1971, № 9.
37. Шапинская Г. П. Материалы научно-технического семинара молодых специалистов-мелиораторов. — М., 1969, № 11.
38. Юлдашев Д. Ю. Изменение экологического состава и численности главнейших сорняков в условиях современных инженерных рисовых систем. — Труды УзНИИРиса, вып. 7, Ташкент, 1975.
39. Юлдашев Д. Ю. Сорняки рисовых полей в специализированных совхозах и системы мер борьбы с ними. — В кн.: Из опыта работы передовых рисоводов по получению высокого урожая риса в Каракалпакской АССР. Нукус, Каракалпакстан, 1976.
40. Якубов Х. И., Рамазанов А. и др. Опыт промывки засоленных земель Голодной степи через посеы культуры риса. — Труды САНИИРИ, вып. 126, 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Почвенно-климатические условия зоны развития рисосеяния	6
Солеустойчивость риса	13
Агротехника возделывания риса	19
Агробиологическая характеристика районированных сортов риса и агротехника его возделывания	19
Режим орошения риса	27
Фактические оросительные нормы риса	28
К расчету оптимальной оросительной нормы риса	31
Влияние орошения риса на водно-солевой режим почвогрунтов	34
Режим грунтовых вод рисового поля	35
Динамика влажности почвогрунтов	40
Рассоление почвогрунтов при орошении риса	42
Влияние орошения риса на водно-физические, агрохимические и биологические свойства почвы	52
Изменение водно-физических и агрохимических свойств почвы	52
Биологическая активность почвы рисовых полей	56
Изменение некоторых химических свойств почвы	58
Водно-солевой режим прилегающих к рисовому полю земель	61
Показатели работы водоотводящей сети рисовых систем	65
Отвод воды дренажно-сбросной сетью	65
Водный баланс рисового поля	70
К вопросу использования дренажно-сбросных вод на орошение риса	73
Дренажно-сбросные воды—дополнительный источник орошения	73
Тепловой режим почвы и воды при орошении риса дренажно-сбросной водой	76
Окислительно-восстановительный потенциал почв при орошении риса дренажно-сбросной водой	78
Биологическая активность почвы при орошении риса дренажно-сбросной водой	82
Некоторые вопросы эксплуатации и экономической эффективности рисовых оросительных систем	84
Особенности эксплуатации рисовых оросительных систем	84
Об экономической эффективности рисовых оросительных систем	88
Заключение	91
Литература	93