

Нургазиев Рашид Есенгельдиевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Бекимова Гульжиян Бегалиевна* – PhD доктор, ассоциированный профессор кафедры сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Аширов Амир Русланович – магистрант, кафедра сельского хозяйства и биоресурсов, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан, 020000, ул. Абая 76, тел.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

Аужанова Мария Асылхановна – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87015425375, e-mail: auzhanovam@bk.ru.

Нургазиев Рашид Есенгельдиевич – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Бекимова Гульжиян Бегалиевна* – PhD доктор, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Аширов Амир Русланович – магистрант, ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасы, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» ҚеАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы, 020000, Абай көш., 76, тел.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

Auzhanova Mariya Assylkhanovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87015425375, e-mail: auzhanovam@bk.ru.

Nurgaziyev Rashit Yessengeldiyevich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87014898239, e-mail: nurrashit@mail.ru.

Bekimova Gulzhayan Begaliyevna* – PhD, Associate Professor, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 76 Abai Str., tel.: 87023160352, e-mail: bgbask@inbox.ru.

Ashirov Amir Ruslanovich – Master's student, Department of agriculture and bioresources, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Republic of Kazakhstan, 020000, 76 Abai Str., tel.: 87784070965, e-mail: ashirov.bk@bk.ru.

МРНТИ 68.31.21

УДК 631.671.1

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631185>

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ РИСОВЫХ СИСТЕМ

Олжабаева А.О.* – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель, НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Байманов Ж.Н. – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент НААН РК, заместитель Председателя Правления по научной работе, «Казахский научно-исследовательский институт рисоводства им. И. Жахаева», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Жусупова Л.К. – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель, НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Алдамбергенова Г.Т. – магистр, старший преподаватель образовательной программы «Водное хозяйство и землеустройство», НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», г. Кызылорда, Республика Казахстан.

Длительное затопление рисовых чеков (более 60-80 дней) приводит к заболачиванию, оглеению почвенного профиля и снижению общей пористости грунта минимум на 25-30%. В статье

рассматриваются проблемы мелиоративного состояния рисовых оросительных систем Кызылординской области. Цель исследования – научно обосновать оптимальные параметры уровня и минерализации грунтовых вод для предотвращения ирригационного засоления и эффективного восстановления плодородия почв. Полевые и лабораторные эксперименты проводились в 2022-2023 годах на Караултюбинском опытном участке площадью 16 гектаров. В ходе работы применялись стационарные уровнемерные наблюдения, систематический отбор гидрохимических проб и фенологический учет развития растений. Установлено, что в стартовый период затопления минерализация поровых вод пахотного слоя резко возрастает до 3,2-6,5 г/л. Это вызывает выраженное угнетение проростков, снижает густоту всходов до 80-120 растений на квадратный метр и приводит к среднему недобору урожая 1,6 т/га. Доказано, что понижение уровня грунтовых вод в межполивной период до 1,8-2,0 м за 20-25 суток обеспечивает нормализацию аэрации почвогрунтов и повышение урожайности риса до 4,0-5,0 т/га. Полученные результаты обосновывают необходимость нормирования гидромодуля первоначального затопления чеков и постепенного перехода к устройству систем закрытого горизонтального дренажа.

Ключевые слова: рис, минерализация, дрены, дренажный сток, грунтовые воды.

КҮРІШ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫ ДЕҢГЕЙІНІҢ ОРНАЛАСУ ТЕРЕҢДІГІНІҢ ТОПЫРАҚ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУГЕ ӘСЕРІ

Олжабаева А.О.* – «Сушаруашылығы және жерге орналастыру» БББ PhD, аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы.

Байманов Ж.Н. – т.ғ.к., доцент, Басқарма Төрағасының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, «Ы.Жахаев атындағы Қазақ күріш ғылыми-зерттеу институты», ҚР ҰАҒА корреспондент-мүшесі, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы.

Жусупова Л.К. – Су шаруашылығы және жерге орналастыру» БББ PhD, аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы.

Алдамбергенова Г.Т. – магистр, «Су шаруашылығы және жерге орналастыру» БББ-ның аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы.

Күріш атыздарын ұзақ уақыт су басу (60–80 күннен астам) батпақтануға, топырақ профилінің глейленуіне және жалпы кеуектіліктің кемінде 25–30%-ға төмендеуіне әкеп соқтырады. Мақалада Қызылорда облысының күріш суармалы жүйелерінің мелиорациялық жағдайы мәселелері қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – ирригациялық тұздандудың алдын алу және топырақ құнарлылығын тиімді қалпына келтіру үшін жер асты сулары деңгейі мен минералдануының оңтайлы параметрлерін ғылыми түрде негіздеу. Далалық және зертханалық эксперименттер 2022–2023 жылдары ауданы 16 гектарды құрайтын Қарауылтөбе тәжірибе учаскесінде жүргізілді. Жұмыс барысында стационарлық деңгейлік бақылаулар, гидрохимиялық сынамаларды жүйелі түрде алу және өсімдіктердің дамуын фенологиялық есепке алу әдістері қолданылды. Су басудың бастапқы кезеңінде жыртылатын қабаттағы тесікше суларының минералдануы 3,2–6,5 г/л-ге дейін күрт артатыны анықталды. Бұл көшеттердің бәсеңдеуін тудырады, өскін тығыздығын шаршы метрге 80–120 өсімдікке дейін азайтады және өнімділіктің орташа 1,6 т/га-ға төмендеуіне әкеледі. Суару аралық кезеңде жер асты суларының деңгейін 20–25 күн ішінде 1,8–2,0 м-ге дейін төмендету топырақтың аэрациясын қалыпқа келтіріп, күріш өнімділігін 4,0–5,0 т/га-ға дейін арттыратыны дәлелденді. Нәтижелер атыздарды бастапқы су басу гидромодулін нормалауды және жабық көлденең кәріз жүйелерін құруға біртіндеп өтуді негіздейді.

Түйінді сөздер: күріш, тұздану, кәріз, кәрізағыны, жерастысулары.

THE EFFECT OF GROUNDWATER TABLE DEPTH ON SOIL FERTILITY RESTORATION IN RICE SYSTEMS

Olzhabayeva A.O.* – PhD, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan.

Baimanov Zh.N. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, Deputy Chairman of the Management Board for Research, I. Zhakhayev Kazakh Research Institute of Rice Cultivation, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan.

Zhussupova L.K. – PhD, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan.

Aldambergenova G.T. – Master, Senior Lecturer, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan.

Prolonged flooding of paddy fields exceeding 60–80 days triggers water-bogging, gleying of the soil profile, and a reduction in total soil porosity by at least 25–30%. The article addresses the challenges

associated with the reclamation state of rice irrigation systems in the Kyzylorda region. The study aims to scientifically substantiate the optimal parameters for groundwater table depth and mineralization to prevent irrigation-induced salinization and effectively restore soil fertility. Field and laboratory experiments were carried out in 2022–2023 at the Karaultobe experimental site covering an area of 16 hectares. The research methodology involved stationary water level monitoring, systematic hydrochemical sampling, and phenological observations of plant development. It was established that during the initial flooding phase, pore water salinity in the arable layer sharply increases to 3.2–6.5 g/L. This induces seedling suppression, reduces stand density to 80–120 plants per square meter, and results in an average yield drop of 1.6 t/ha. Lowering the groundwater level to 1.8–2.0 m within 20–25 days during the irrigation interval restores proper soil aeration and increases rice yield to 4.0–5.0 t/ha. These findings justify the need to regulate the initial irrigation modules and transition toward subsurface horizontal drainage construction.

Keywords: rice, mineralization, drains, drainage runoff, groundwater.

Введение. Основными факторами, определяющими формирование минерализации и химизма грунтовых вод, являются: исходный химизм источников, питающих грунтовые воды; свойства водовмещающих горизонтов и взаимодействие грунтовых вод с ними; условия теплового и в связи с этим газового режима воды; воздействие организмов; характер баланса грунтовых вод. Глубина залегания неглубоких грунтовых вод оказывает существенное влияние на физико-химические свойства почвы, а значит – на рост растений и их продуктивность. Глубина грунтовых вод влияет на доступность влаги для растений: при близком залегании воды увеличивается водообеспеченность, что может уменьшить потребность в поверхностном орошении и поддерживать оптимальную влажность корнеобитаемого слоя [1, с.62; 2, с.17; 3, с.86].

В местностях, где баланс грунтовых вод управляется в основном не стоком, а процессами испарения и транспирацией их растительностью вследствие недренированности местности и тяжелого гранулометрического состава водовмещающих пород, там процесс соленакопления в грунтовых водах получает резко выраженное направление в сторону значительного обогащения легкорастворимыми солями и образования высокоминерализованных грунтовых вод, а в ряде случаев – рассолов или соляной рапы. Растворы солей, приходящие с грунтовым потоком из областей питания тока, остаются в зоне испарения грунтовых вод, вызывая наиболее крайние формы соленакопления.

Баланс грунтовых вод, основным фактором регулирования которого является их испарение, характерен для периферических областей сухих речных пойм, расположенных в сухом климате. В условиях орошаемых оазисов этот баланс грунтовых вод может складываться на пустующих переложных землях. Со временем вследствие этого под пустующими переложными землями формируются высокоминерализованные грунтовые воды. Аналогичные условия складываются иногда вокруг массивов культуры риса в случае необеспеченности их водоотводом. Центральная часть поля риса является зоной опреснения грунтов и грунтовых вод за счет оросительных вод, а зоны прилегающие к полям на 200–300 м, оказываются областью испарения и соленакопления, в которой грунтовые воды постепенно повышают свою минерализацию за счет приходящих сюда растворов с рисовых участков [4, с.451; 5, с.48].

Фильтрационные воды из каналов рисовой сети, пополняя грунтовые воды, особенно при их слабой отточности, значительно поднимают уровень грунтовых вод, уменьшая тем самым фильтрацию с поверхности рисового поля, а порой и полностью прекращая ее.

Начало подъема грунтовых вод на рисовых системах совпадает с наполнением оросительных каналов. Поэтому для улучшения мелиоративного состояния земель, прилегающих к каналам, и снижения потерь оросительной воды необходимо проведение на них противофильтрационных мероприятий. Борьбу с потерями оросительной воды следует начинать с предупреждения фильтрации [6, с.26].

По данным А.Н. Семененко, на рисовых системах основным источником питания грунтовых вод является фильтрация из картонных оросительных каналов.

Расход воды на фильтрацию с поверхности рисового поля, как известно, зависит от водопроницаемости почвогрунтов и однородности их литологического состава. В первые годы возделывания риса потери воды на фильтрацию с поверхности чека больше, чем в последующие. При выращивании риса водопроницаемость почв уменьшается за счет изменения их водно-физических свойств, а также за счет образования на некоторой глубине уплотненного горизонта.

Появление уплотненного горизонта обусловлено вымыванием илистых и коллоидальных частиц почвы, а также молекулярными процессами, протекающими в нем. На биохимическую природу образования глеевого горизонта указывают К.В. Веригина, И.Д. Шарапов.

Дренаж на рисовых оросительных системах Казахстана выполнен в виде открытых каналов в земляном русле глубиной заглубления от 1,5 до 3,0 м. Первичная дрена глубиной 1,5 м, первичные дрены объединяются дренажосборителем глубиной 2,0–2,5 м, дренажосборители впадают в коллектора глубиной 3,0–3,5 м. Группа первичных дрена, дренажосборителей и коллектора образуют коллекторно-дренажную сеть, мелорирующее действие которой по ряду специфических причин не везде удовлетворительное, причина заиливание, обрушение откосов и зарастание сорной растительностью.

Потери воды на фильтрацию по площади рисовой карты распределяются неравномерно (рисунок 1).

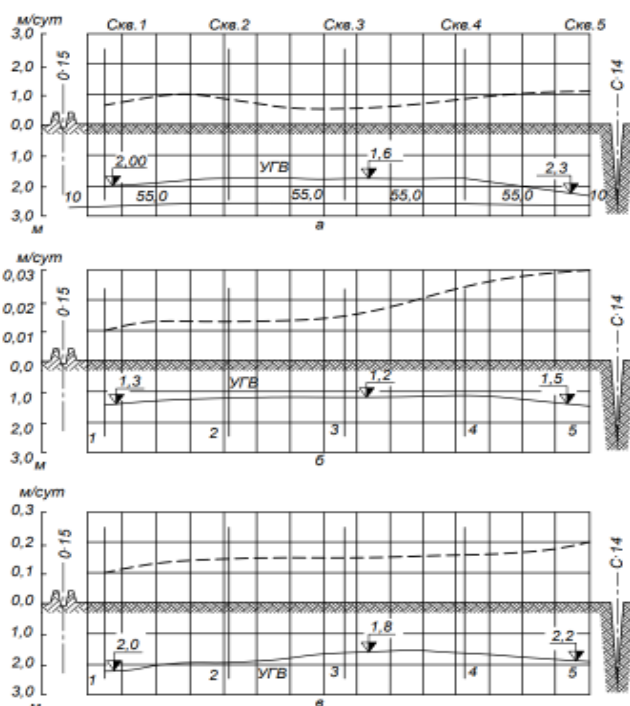


Рисунок 1 – Водопроницаемость почвы на рисовом поле в междуренье
а) до затопления; б) чеки затоплены июнь, июль, август; в) после уборки риса (октябрь)

Водопроницаемость почвогрунтов в междуренье на рисовом поле в период затопленных чеко (июнь-август) и после сброса воды во время уборки риса (сентябрь-октябрь) больше возле дренажно-сбросных каналов. Отсутствие в средней части карты сколько-нибудь значительного перепада напоров воды между уровнем ее на поверхности чека и уровнем грунтовых вод дает основание предполагать, что фильтрация происходит главным образом в околдренированном пространстве.

Водопроницаемость верхнего слоя почв на рисовом поле непостоянна и изменяется в зависимости от обработки почв и предшественника.

Однако в любом случае наибольшая водопроницаемость отмечена в зоне влияния дренажно-сбросных каналов и наименьшая – возле оросителя, за исключением тех случаев, когда рисовый участок с одной стороны имеет дренажно-сбросной канал, а с другой – совмещенный ороситель и сброс. При отсутствии воды в совмещенном канале или при низких уровнях он работает как дрена.

В связи с малой водопроницаемостью солонцовых почв модуль дренажного стока небольшой – 0,15-0,4 л/с.

На рисовых системах, дренажные действия каналов уменьшаются также за счет больших пропусков сбросных вод с рисовых полей, в период орошения. Сброс слабоминерализованных вод (1,5-2,0 г/л) с рисовых полей в коллекторно- дренажную сеть происходит из-за отсутствия строгой дисциплины в водопользовании, надлежащего контроля за проведением поливов, все это приводит к уменьшению действующей глубины дренажной сети со всеми вытекающими из этого последствиями.

По данным исследований, индексируемых в базе Scopus, понижение уровня грунтовых вод в межполивной период способствует улучшению аэрационного режима почв, активизации окислительно-восстановительных процессов и снижению интенсивности соленакопления [7, с.3]. Установлено, что достижение определённой критической глубины залегания грунтовых вод создаёт благоприятные условия для восстановления структуры почвы и повышения биологической активности [8, с.10]. В работах зарубежных авторов подчёркивается, что именно глубина грунтовых вод во многом определяет скорость восстановления почвенного плодородия после длительного затопления [9, с.95;10, с.2].

Опыты показывают, что динамика уровня грунтовых вод находится в тесной зависимости от водного режима, водопроницаемости почвогрунтов и действия дренажно-коллекторной сети. Лишь в определенных гидрогеологических условиях, когда грунтовые расположены на глубине 15-20 м от поверхности, влияние дренажно-коллекторной сети исключено.

Цель исследования. Изучить влияние динамики уровня и минерализации грунтовых вод на водно-солевой режим почв и урожайность риса в условиях Кызылординской области для научного обоснования параметров работы дренажных систем.

Задачи исследования:

Для реализации намеченной цели требовалось выполнить следующий комплекс задач:

1. Оценить сезонную колебательность горизонта и гидрохимического состава подземных вод с установлением их воздействия на водно-солевые параметры пахотного слоя.

2. Раскрыть специфику и факторы формирования повторного (ирригационного) засоления почвенного горизонта на старте затопления чеков, а также его влияние на посевные показатели и динамику развития культуры.

3. Проанализировать пространственно-временную вариативность водопроницаемости и фильтрационных характеристик грунтов в междренной зоне на разных этапах вегетационного цикла.

4. Выявить четкую математическую зависимость между уровнем залегания грунтовых вод во вневегетационный период и итоговой продуктивностью риса.

5. Провести диагностику технического состояния и гидромелиоративной действенности действующей открытой коллекторно-дренажной инфраструктуры с формулированием предложений по её модернизации и переходу на закрытый дренаж.

Материалы и методы. Исследования проводились на рисовых чеках с использованием комплекса полевых, лабораторных и камеральных методов, обеспечивающих получение количественных и сопоставимых данных о режиме поверхностных и грунтовых вод, динамике водорастворимых солей и особенностях роста и развития риса.

Режим поверхностных вод на чеках и в элементах оросительно-дренажной сети изучался методом стационарных уровневых наблюдений. Для этого в оросительном и дренажно-сбросном каналах устанавливали водомерные рейки, закреплённые на постоянных реперах. Нули водомерных реек приводили к единой высотной системе посредством нивелирного хода и увязывали со средней плоскостью чеков и устьями скважин-пьезометров, что обеспечивало сопоставимость уровневых измерений.

Измерения уровней воды проводили визуальным способом по шкале водомерных реек с точностью до 1 см. Наблюдения осуществляли ежедневно три раза в сутки – в 7, 13 и 20 часов. В период первоначального затопления чеков, характеризующегося наибольшей изменчивостью водного режима, измерения выполняли через каждые 3 часа, что позволяло детально зафиксировать процесс заполнения чеков и выравнивания уровней воды.

Режим напорных вод изучали на основе периодических замеров уровней в эксплуатационных и наблюдательных скважинах. Учитывая инерционный характер изменения уровней напорных вод, замеры выполняли с меньшей периодичностью по сравнению с грунтовыми водами. Такой подход является методически обоснованным при исследовании водоносных горизонтов, залегающих на глубине более 50-60 м, где кратковременные колебания уровня выражены слабо.

Для оценки динамики водорастворимых солей применяли метод систематического отбора проб поверхностных и грунтовых вод. Пробы отбирали из оросительного и дренажно-сбросного каналов, а также из скважин-пьезометров в соответствии с установленной программой наблюдений. Отбор проб осуществляли не реже одного раза в месяц, а в период первоначального затопления чеков – ежедневно.

Определение минерализации проводили в лабораторных условиях общепринятыми методами (гравиметрическим или кондуктометрическим) в соответствии с действующими нормативными документами. Результаты анализов использовали для оценки пространственно-временной изменчивости солевого состава вод и его влияния на водно-солевой режим почв и развитие растений риса.

Фенологические и биометрические наблюдения за ростом и развитием риса проводили на стационарных фенологических площадках размером 2×2 м, размещённых вблизи скважин-пьезометров, что позволяло сопоставлять показатели развития растений с гидрологическими условиями.

В течение всей вегетации фиксировали основные фазы развития риса (всходы, кушение, выход в трубку, колошение, цветение и созревание). Прирост сырой и сухой биомассы определяли методом выборочных срезов растений с последующим взвешиванием, а динамику формирования корневой системы изучали методом выкопки растений с последующим анализом глубины и массы корней.

Полученные экспериментальные данные подвергали камеральной обработке с использованием графических и статистических методов. По результатам наблюдений строили временные ряды и графики колебаний уровней поверхностных и грунтовых вод, а также изменения минерализации вод в течение вегетационного периода. Анализ проводили с целью выявления закономерностей взаимодействия водного режима, солевого состава вод и роста и развития риса.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования проведены в 2022-2023 гг. в Караултюбинском опытном участке. Опытная карта имеет площадь 16 га и расположена в средней части поля севооборота. Глубина картового сбросного канала 1,1-1,2 м, коллектора дренажно-сбросной сети, проходящего в торце карты – 1,8 м. Мощность покровных тяжелосуглинистых отложений по площади карты неодинакова и изменяется от 0,4 до 1,2 м. Ниже залегают более проницаемые грунты – пески и супеси.

С начала сева и в течение всего вегетационного периода воздушный и водно-солевой режимы почв, зависящие от режима грунтовых вод, должны быть устойчиво благоприятны для растений. Поскольку режим грунтовых вод изменяется по годам, может оказаться необходимым ежегодно корректировать размещение сельскохозяйственных культур.

К началу сева глубина залегания грунтовых вод должна позволять механизированную обработку почв. На легких грунтах (по А.Н. Костякову) уровень грунтовых вод должен быть ниже поверхности на 1,4 м, на тяжелых – 1,8 м.

В результате проведенных опытов на Караултюбинском опытном участке получены следующие данные, характеризующие зависимость величины урожайности риса от уровня грунтовых вод во вневегетационный период.

Таблица 1 – Зависимость урожайности риса от уровня залегания грунтовых вод

Глубина залегания УГВ, м	Урожайность, т/га
1,0	2-3
1,5	3-4
2,0	4-5
2,5	4-5

Установлено, что на территориях, где уровень сильно минерализованных грунтовых вод располагается близко к поверхности, процессы удаления солей из почвенного профиля протекают крайне замедленно. Вследствие этого урожайность риса на таких участках устойчиво уступает показателям незасоленных земель на 1,5-2,5 т/га.

В период подготовки к посеву риса в 2022 году глубина залегания грунтовых вод в межполивное время составляла порядка 1,25-1,5 м, при этом их минерализация находилась в диапазоне 3,6-5,8 г/л. Так как уровень грунтовых вод был ниже отметки дна картового водосброса, образование депрессионной воронки в поперечных профилях не фиксировалось. Расход воды при начальном затоплении чеков составлял 6-8 л/с на каждый гектар площади. Почвенный покров исследуемых участков был сформирован преимущественно суглинистыми и глинистыми почвами. В пределах почвенного профиля до глубины 1,32 м доминировали тяжёлые по гранулометрическому составу суглинки и глины. Водоносный пласт сложен мелкозернистыми песками и располагается глубже 2,5 м от поверхности. Содержание гумуса в пахотном слое варьировало в пределах 0,81-1,51%. Водопроницаемость почв характеризовалась коэффициентом фильтрации 0,3-0,5 м/сут.

В весенний период, предшествующий посеву риса, концентрация солей в поверхностном горизонте почвы (0-20 см) на опытных участках была низкой и составляла 0,27-0,29%. По мере углубления почвенного профиля отмечалось умеренное увеличение солесодержания, достигающее на глубине 1 м значений 0,35-0,48%. По химическому составу засоление относилось преимущественно к сульфатно-хлоридному типу. Ионы данных соединений характеризуются высокой миграционной способностью, незначительным участием в процессах ионного обмена и слабой адсорбцией почвенными частицами, а также устойчивостью к биологическому воздействию. В результате при совместном перемещении с грунтовыми водами они практически не фиксируются в почвенной толще.

Лабораторные исследования почвенных образцов показали, что после затопления рисовых чеков солесодержание в верхнем слое почвы возрастало до уровней, оказывающих токсичное влияние на растения (0,43-0,62%). В дальнейшем наблюдалось постепенное снижение концентрации солей, и к осеннему периоду их значения практически возвращались к исходным – 0,27-0,29%.

Результаты фенологических и биометрических наблюдений подтвердили негативное влияние этого стартового засоления на развитие культуры. На участках с высоким залеганием минерализованных ГВ (1,0-1,25 м) отмечалось угнетение проростков: густота всходов снижалась до 80-120 растений на 1 м² (при норме 7-8 млн всхожих семян на гектар). Наступление фазы кушения задерживалось на 5-7 дней по сравнению с оптимальными условиями. При глубине залегания УГВ 1,8-2,0 м формирование биомассы протекало интенсивно: сырая масса растений к фазе колошения достигала 180-210 г на 1 м², а глубина проникновения корневой системы составляла 22-25 см. На участках с высоким стоянием ГВ развитие корневой системы сдерживалось горизонтом оглеения и не превышало 12-14 см, что приводило к снижению продуктивной кустистости.

Выявленный тип временного вторичного засоления был классифицирован как ирригационный, поскольку его проявление носит периодический характер и связано с режимом орошения. Механизм формирования данного процесса представлен на схематическом изображении (рисунок 2).

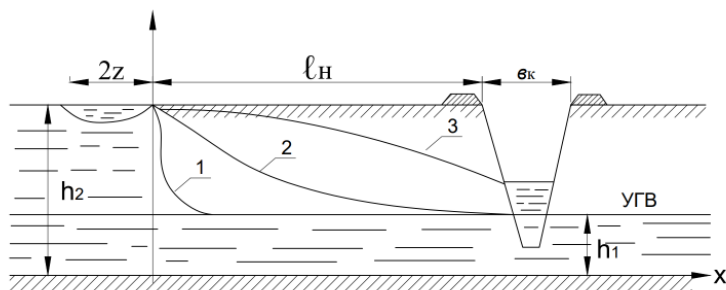


Рисунок 2 – Схема неустановившейся фильтрации из микропонижений в грунтовые воды

С началом подачи воды в оросительную сеть, ещё до фактического затопления рисовых чеков, в зоне, прилегающей к распределителю, был зафиксирован активный подъём уровня грунтовых вод, средняя скорость которого достигала около 0,4 м в сутки. Наблюдения показали, что после поступления воды в ороситель затопление поверхности чеков начинается с заполнения локальных понижений

микрорельефа. В начальный период процесс протекает наиболее интенсивно: в течение первых 16-20 часов под водой оказывается свыше 25% общей площади. В этот момент поверхность чеков представляет собой относительно ровную плоскость с неравномерно расположенными углублениями, через которые осуществляется инфильтрационное питание грунтовых вод.

В дальнейшем скорость распространения воды по поверхности снижается. При этом динамика уровня грунтовых вод имеет противоположный характер: в первые 10-12 часов их подъём происходит замедленно, после чего интенсивность возрастает. В результате выход грунтовых вод к поверхности и полное затопление чеков происходят практически синхронно, что подтверждается данными наблюдений, приведёнными в таблице 1.

Таблица 2 – Динамика поверхностного затопления рисовых чеков (числитель) и изменения уровня грунтовых вод (знаменатель), выраженная в процентах от общей площади чека и первоначальной глубины залегания грунтовых вод соответственно

Чек 1	Время от начала подачи воды, ч							
	3	9	15	21	27	33	48	60
	4	11	20	82	82	100	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
00	00	10	42	90	90	100	-	-

Повышение уровня высокоминерализованных грунтовых вод в начале оросительного сезона приводит к резкому возрастанию содержания легкорастворимых солей в поровом пространстве пахотного слоя почвы, что отрицательно отражается на формировании урожая риса.

Данное явление подтверждается результатами наблюдений за изменением минерализации поровых вод, полученными при анализе проб из наблюдательной скважины с глубиной заложения 0,35 м. В стартовый период орошения зафиксированы максимальные значения минерализации, достигающие 3,2-6,5 г/л. По мере установления сплошного водного слоя на поверхности чеков и стабилизации фильтрационного режима концентрация солей в верхнем горизонте грунтовых вод постепенно снижается и составляет 1,0-2,3 г/л.

Несмотря на последующее улучшение гидрохимических условий, воздействие повышенной солёности на проростки и молодые растения в начальной фазе вегетации носит необратимый характер. Потери, понесённые на этом этапе, не компенсируются даже при благоприятных условиях дальнейшего роста.

Снижение минерализации грунтовых вод объясняется перераспределением солей: часть их поступает в слой затопления, а часть удаляется за пределы чеков с фильтрационным потоком через дренажно-сбросную сеть.

Средний недобор урожайности риса, обусловленный ирригационным засолением почв, достигает 1,6 т/га. Для минимизации этого негативного эффекта необходимо обеспечить такое соотношение процессов, при котором скорость поверхностного затопления превышает темпы подъёма грунтовых вод. В этом случае поровое пространство верхнего слоя почвы заполняется оросительной водой, а не солёными грунтовыми водами. Реализация данного условия возможна за счёт обоснованного выбора гидромодуля первоначального затопления.

Выводы. Установлена прямая зависимость урожайности риса от глубины залегания грунтовых вод во вневегетационный период. При высоком стоянии УГВ (1,0-1,5 м) урожайность составляет всего 2,0-4,0 т/га из-за заторможенного вымывания солей и развития оглеения. Понижение УГВ до глубины 1,8-2,0 м за 20-25 дней после предуборочного сброса обеспечивает нормализацию аэрации почвогрунтов и позволяет стабильно получать 4,0-5,0 т/га зерна.

Раскрыт механизм ирригационного засоления почв в стартовый период затопления чеков: из-за выпирания высокоминерализованных грунтовых вод (3,2-6,5 г/л) в пахотном слое концентрация солей возрастает до токсичных 0,43-0,62%. Это приводит к угнетению проростков, снижению густоты всходов до 80-120 шт./м², сокращению длины корневой системы до 12-14 см и недобору урожайности до 1,6 т/га.

Доказано, что открытая коллекторно-дренажная сеть не обеспечивает устойчивого осушения из-за заиливания, зарастания и подпора сбросными водами. Для обеспечения глубокого межполивного понижения УГВ (до 2,0 м) и устранения ирригационного засоления необходимы нормирование гидромодуля первоначального затопления (чтобы скорость затопления поверхности опережала подъём ГВ) и постепенный перевод рисовых систем на закрытый горизонтальный дренаж.

Финансирование. Исследование не имело целевого внешнего финансирования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Джамантинов, Х. Внедрение технологий устойчивого производства риса в условиях вторичного засоления почв Приаралья [Текст] / Х. Джамантинов // Рисоводство. – Краснодар. – 2008. – № 12. – С. 65–68.
2. Егоров, В.В. Особенности работы горизонтального рассолительного дренажа [Текст] / В.В. Егоров // Гидротехника и мелиорация. – М. – 1965. – № 12. – С. 17–22.

3. Рау, А.Г. Водораспределение на рисовых системах [Текст] / А.Г. Рау. – М.: Агропромиздат, 1988. – 86 с.
4. Султанбекова, П.А., Дуанбекова, Г.Т., Шекарбань, К. Использование коллекторно дренажных вод для повышения водообеспеченности Мирзачульского орошаемого массива [Текст] / П.А. Султанбекова, Г.Т. Дуанбекова, К. Шекарбань // *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты*. – Алматы. – 2025. – № 2 (106). – С. 452–463. – DOI: 10.37884/2-2025/45.
5. Тулякова, З.Ф. Мелиорирующая роль дренажно-сбросных каналов в условиях засоленных почв. Часть I [Текст] / З.Ф. Тулякова. – М.: Колос, 1971. – С. 48–50.
6. Тулякова, З.Ф. Рис на засоленных землях [Текст] / З.Ф. Тулякова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1978. – С. 25–28.
7. Guo, Y., Zhang, Y., Liu, X., et al. Spatial and temporal variations in soil salinity and groundwater in the downstream Yarkant River irrigation district // *Water*. – 2025. – Vol. 18, No. 1. – Article 11. – DOI: 10.3390/w18010011.
8. Peng, B., Dong, R., He, Y., Liu, Y., Zhao, Y. Influence of groundwater depth on soil ion distribution in the agricultural irrigation areas of Northwest China // *Agriculture*. – 2025. – Vol. 15, No. 7. – Article 747. – DOI: 10.3390/agriculture15070747.
9. Sun, G., Zhai, M., Wang, C., et al. Root zone and deep soil salinity dynamics and suitable groundwater depth for salt control in the Hetao Irrigation District // *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. – 2024. – Vol. 40, No. 21. – P. 91–100. – DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.202404071.
10. Sun, G., Zhai, M., Wang, C., et al. Spatial characteristics and critical groundwater depth of soil salinization in arid artesian irrigation area of northwest China // *Agricultural Water Management*. – 2025. – Vol. 307. – Article 109196. – DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109196.

REFERENCES:

1. Dzhamantinov Kh. Vnedrenie tehnologij ustojchivogo proizvodstva risa v usloviyah vtorichnogo zasoleniya pochv Priaral'ya [Implementation of technologies for sustainable rice production under secondary soil salinization in the Aral Sea region]. *Risovodstvo*, 2008, no. 12, pp. 65-68. (In Russian)
2. Egorov V.V. Osobennosti raboty' gorizonta'nogo rassolitel'nogo drenazha [Features of operation of horizontal desalinization drainage]. *Gidrotehnika i melioraciya*, 1965, no. 12, pp. 17-22. (In Russian)
3. Rau A.G. Vodoraspredelenie na risovy'h sistemah [Water distribution on rice systems]. Moscow, Agropromizdat, 1988, 86 p. (In Russian)
4. Sultanbekova P.A., Duanbekova G.T., Shekarban K. Use of collector-drainage water to increase water availability in the Mirzachul irrigated massif. *Izdenister, natizheler – Izsledovaniya, rezul'taty*, 2025, no. 2 (106), pp. 452-463. DOI: 10.37884/2-2025/45. (In Russian)
5. Tulyakova Z.F. Melioriruyushaya rol' drenazhno-sbrosny'h kanalov v usloviyah zasolenny'h pochv. Chast' I [The ameliorative role of drainage and escape canals in saline soil conditions. Part I]. Moscow, Kolos, 1971, pp. 48-50. (In Russian)
6. Tulyakova Z.F. Ris na zasolenny'h zemlyah [Rice on saline lands]. 2nd ed., Moscow, Kolos, 1978, pp. 25-28. (In Russian)
7. Guo Y., Zhang Y., Liu X., et al. Spatial and temporal variations in soil salinity and groundwater in the downstream Yarkant River irrigation district. *Water*, 2025, vol. 18, no. 1, art. 11. DOI: 10.3390/w18010011.
8. Peng B., Dong R., He Y., Liu Y., Zhao Y. Influence of groundwater depth on soil ion distribution in the agricultural irrigation areas of Northwest China. *Agriculture*, 2025, vol. 15, no. 7, art. 747. DOI: 10.3390/agriculture15070747.
9. Sun G., Zhai M., Wang C., et al. Root zone and deep soil salinity dynamics and suitable groundwater depth for salt control in the Hetao Irrigation District. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, vol. 40, no. 21, pp. 91-100. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.202404071.
10. Sun G., Zhai M., Wang C., et al. Spatial characteristics and critical groundwater depth of soil salinization in arid artesian irrigation area of northwest China. *Agricultural Water Management*, 2025, vol. 307, art. 109196. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109196.

Дата поступления: 07 апреля 2026 г. Принято: 24 июня 2026 г.

Опубликовано: 30 сентября 2026 г.

Сведения об авторах:

Олжабаева Аксауле Ондасиновна* – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель., НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, Левый берег, 16/28, тел.: 87075801624, e-mail: Seul379@mail.ru.

Байманов Жанузак Нурдилдаевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель Председателя Правления по научной работе «Казахский научно-исследовательский институт рисовод-

ства им. И. Жахаева», член-корреспондент НААН РК, Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, проспект Абая 256, тел.: 87017363283, e-mail: b.zhanuzak63@gmail.com.

Жусупова Лиза Куанышовна – PhD по образовательной программе «Водное хозяйство и землеустройство», старший преподаватель, НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, ул. Есим Хан, 23В/17, тел.: 87002328464, e-mail: Liza_zk@mail.ru.

Алдамбергенова Гульзинат Темірхановна – магистр, старший преподаватель образовательной программы «Водное хозяйство и землеустройство», НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, ул. Айтекеби, 29а, тел.: 87753966162, e-mail: gulzi_31@mail.ru.

Олжабаева Аксауле Ондасиновна* – «Су шаруашылығы және жерге орналастыру» БББ PhD, аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 120014, Қызылорда қ, Сол жағалау 16/28, тел.: 87075801624, e-mail: Seul379@mail.ru.

Байманов Жанузак Нурдилдаевич – т.ғ.к., доцент, Басқарма Төрағасының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, Ы.Жахаев атындағы Қазақ күріш ғылыми-зерттеу институты, ҚР ҰАҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы, 120014, Қызылорда қ, Абай даңғ 256, тел.: 87017363283, e-mail: b.zhanuzak63@gmail.com.

Жусупова Лиза Куанышовна – Су шаруашылығы және жерге орналастыру» БББ PhD, аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Кызылорда қ, Есим Хан 23В/17, тел.: 87002328464, Liza_zk@mail.ru.

Алдамбергенова Гүлзинат Темірханқызы – магистр, «Су шаруашылығы және жерге орналастыру» БББ-ның аға оқытушысы, «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 120014, Қызылорда қ., Әйтеке би көш, 29А., тел.: 8 7753966162, e-mail: gulzi_31@mail.ru.

Olzhabayeva Aksaule Ondassynovna* – PhD, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Republic of Kazakhstan, 120014, Kyzylorda, 16/28 Levyi Bereg, tel.: 8707580 1624, e-mail: Seul379@mail.ru.

Baimanov Zhanuzak Nurdildayevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Chairman of the Management Board for Research, I.Zhakhayev Kazakh Research Institute of Rice Cultivation, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, 120014, Kyzylorda, 25b Abai Ave., tel.: 87017363283, e-mail: b.zhanuzak63@gmail.com.

Zhussupova Liza Kuanyshovna – PhD, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Senior Lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Republic of Kazakhstan, 120014, Kyzylorda, 23B/17 Yessim Khan Str., tel.: 87002328464, e-mail: Liza_zk@mail.ru.

Aldambergenova Gulzinat Temirkhanovna – Master, Senior Lecturer, “Water Resources Management and Land Use Planning” educational program, Korkyt Ata Kyzylorda University NLC, Republic of Kazakhstan, 120014, Kyzylorda, 29a Aiteke bi Str., tel.: 87753966162, e-mail: gulzi_31@mail.ru.

МРНТИ 38.61.05: 38.61.27

УДК 004.42,556.3.04

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631193>

КАРТИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ И АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИЛИЙСКОГО РАЙОНА АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Оңласынов Ж.Ә.* – PhD, заведующий лабораторией ГИС-технологий и ДЗЗ, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина, Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.

Абсаметов М.К. – доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина, Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.

Муртазин Е.Ж. – кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора по науке, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина, Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.

Муратова М.М. – ведущий инженер лаборатории ГИС-технологий и ДЗЗ, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина, Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.

В настоящем исследовании применяется интегрированный подход, основанный на совместном использовании данных дистанционного зондирования и методов машинного обучения для прогнозирования пространственного распределения потенциальных зон подземных вод. В качестве основного алгоритма классификации выбран метод «случайного леса» (Random Forest), который относится к методам обучения с учителем и демонстрирует высокую устойчивость к шуму входных данных.