

М.Г. Мустафаев

Институт Географии Министерства науки
и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан
e-mail: meliorasiya58@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ КУРА-АРАКСИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ (АЗЕРБАЙДЖАН)

В статье приведены материалы о засоленных почвах орошаемых земель Кура-Араксинской низменности и о причинах ее возникновения. Во время исследования также были изучены изменения водно-физических свойств почв, минерализация коллекторно-дренажных, оросительных и грунтовых вод, уровень грунтовых вод, а также засоленность почв этой территории. Результаты исследований показали, что в зависимости от степени деградации почв на этих территориях изменение их физико-химических свойств происходит следующим образом: на слабозасоленных почвах удельная масса составила 2,48–2,60 г/см³, объемная 1,20–1,30 г/см³, физическая глина 36,42–51,71%, полевая влагоемкость 32–40 %, pH 7,5–7,8, гумус –2,35–0,62 %, сумма поглощенных оснований 21,65–28,15 мг-экв., величина Na–5,28–6,12% от суммы поглощенных оснований. В среднее засоленных почвах эти показатели изменялись соответственно: 2,64–2,71 г/см³, 1,32–1,48 г/см³, 52,96–59,68 %, 41–44%, 7,6–7,9; 2,14–0,43 %, 21,0–26,13 мг-экв. и 7,12–7,94 %; а в сильно засоленных эти величины составили соответственно: 2,68–2,76 г/см³; 1,39–1,54 г/см³; 65,72–70,20 %; 44–49 %; 28,5–35,6 %; 8,0–8,6; 0,95–0,35 %, 28,50–34,60 мг-экв. и 12,50–20,71%. Результаты исследований показывают, что на данной территории в местах неудовлетворительного состояния коллекторно-дренажной и оросительных сетей выявлены повышенный уровень грунтовых вод, их минерализация и количество солей в почве. На основании проведенных исследований были предложены агромелиоративные мероприятия по улучшению мелиоративного состояния земель Кура-Араксинской низменности.

Ключевые слова: засоленные почвы, удельная масса, физические глины, объемная масса, гумус, сумма поглощенных оснований.

M.G. Mustafaev

Institute of Geography of the Ministry of Science and Education of
the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
e-mail: meliorasiya58@mail.ru

The modern meliorative condition of irrigated lands in the Kura-Araz plain and ways to improve them

This article presents data on salinized soils in irrigated lands of the Kura-Araks Lowland and the causes of this development. The study also examined changes in the hydrophysical properties of soils, the mineralization of collector-drainage, irrigation, and groundwater, the groundwater level, and the salinity of soils in this area. The results of the research showed that depending on the degree of soil degradation in these areas, the change in their physicochemical properties occurs as follows: on slightly saline soils, the specific gravity was 2.48–2.60 g/cm³, volumetric gravity was 1.20–1.30 g/cm³, physical clay was 36.42–51.71%, field moisture capacity was 32–40%, pH was 7.5–7.8, humus was 2.35–0.62 %, the sum of absorbed bases was 21.65–28.15 mg-eq, and the Na value was 5.28–6.12% of the sum of absorbed bases. In moderately saline soils, these indicators changed respectively: 2.64–2.71 g/cm³, 1.32–1.48 g/cm³, 52.96–59.68 %, 41–44 %, 7.6–7.9; 2.14–0.43 %, 21.0–26.13 mg-eq. and 7.12–7.94 %; and in highly saline soils, these values were respectively: 2.68–2.76 g/cm³, 1.39–1.54 g/cm³, 65.72–70.20 %, 44–49 %, 28.5–35.6 %, 8.0–8.6, 0.95–0.35 %, 28.50–34.60 mg-eq. and 12.50–20.71 %. Research results show that in this area, in areas with unsatisfactory drainage and irrigation networks, elevated groundwater levels, groundwater mineralization, and soil salt levels were detected. Based on these studies, agro-reclamation measures were proposed to improve the land reclamation status of the Kura-Araks Lowland.

Keywords: Saline soils, specific totality, physical clays, volumetric mass, humus, sum of absorbed bases.

М.Г. Мустафаев

Әзірбайжан Республикасы Ғылым және
білім министрлігінің География институты, Баку, Әзірбайжан
e-mail: meliorasiya58@mail.ru

Кура-Аракс ойпатындағы суармалы жерлердегі қазіргі мелиорациялық жағдайы және оларды жақсарту жолдары (Әзірбайжан)

Бұл мақалада Кура-Аракс ойпатындағы суармалы жерлерде топырақтың тұздануы және оның себептері туралы деректер келтірілген. Зерттеу барысында сонымен қатар топырақтың гидрофизикалық қасиеттерінің, коллекторлық-дренаждың, суарудың және жер асты суларының минералдануының, жер асты суларының деңгейінің және осы аймақтағы топырақтың тұздануының өзгерістері қарастырылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұл аумақтардағы топырақтардың деградация дәрежесіне байланысты олардың физико-химиялық қасиеттерінің өзгеруі келесідей болады: аздап тұздалған топырақтарда меншікті салмағы 2,48–2,60 г/см³, көлемі – 1,20–1,30 г/см³, физикалық саз – 36,42–51,71%, далалық ылғал сыйымдылығы – 32–40%, pH 7,5–7,8, гумус – 2,35–0,62%, сіңірілген негіздердің қосындысы – 21,65–28,15 мг-экв, Na қосындысы – сіңірілген негіздердің қосындысының 5,28–6,12%. Орташа тұздалған топырақтарда бұл көрсеткіштер сәйкесінше өзгерді: 2,64–2,71 г/см³, 1,32–1,48 г/см³, 52,96–59,68%, 41–44%, 7,6–7,9; 2,14–0,43%, 21,0–26,13 мг-экв. және 7,12–7,94%; ал қатты тұзды топырақтарда олардың мәндері: 2,68–2,76 г/см³, 1,39–1,54 г/см³, 65,72–70,20%; 44–49%; 28,5–35,6%; 8,0–8,6; 0,95–0,35%, 28,50–34,60 мг-экв. және 12,50–20,71%. Зерттеу нәтижелері дренаж және суару желілерінің нашар жағдайда тұрған бұл аймақта жер асты суларының деңгейінің жоғарылауы, топырақтың минералдануы және топырақтың тұздылығы анықталғанын көрсетеді. Осы зерттеулерге сүйене отырып, Кура-Аракс ойпатының мелиорациялық жағдайын жақсартуға бағытталған агро-мелиорациялық шаралар ұсынылды.

Түйін сөздер: тұзды топырақ, меншікті салмағы, физикалық саз, көлемдік тығыздық, гумус, жалпы сорбциялық негіздер.

Введение

Как известно, в орошаемом земледелии причиной засоления почв, особенно в условиях плохой дренированности, является не столько орошение как таковое, а наличие солей в почвогрунтах. Орошение главным образом перераспределяет запасы солей, имеющиеся в почвах. Засоленные почвы в Азербайджане распространены в основном на Кура-Араксинской низменности, занимающей важное место в экономике республики. В ее пределах размещены основные районы хлопководства и других сельскохозяйственных культур. В связи с засоленностью почв грунтовой толщи развитие орошаемого хозяйства на Кура-Араксинской низменности с самого начала столкнулось с необходимостью проведения больших мелиоративных работ.

Весьма существенный интерес для мелиорации засоленных земель Кура-Араксинской низменности представляют вопросы о происхождении огромных масс солей, содержащихся в почвах, грунтах и грунтовых водах. Засоление почв Кура-Араксинской низменности – это очень серьезная проблема, при которой около 60–65% земель региона подвержены накоплению солей, что снижает их плодородие и представляет угро-

зу для сельского хозяйства (Азизов, 2006, 260; Волобуев, 1965, 246; Мустафаев, 2010, 31–38).

В настоящее время приходится изучать не только непосредственное влияние мелиорации на почву, но и влияние мелиорации на весь экогеографический ландшафт и возникающее вследствие этого влияние на процессы, протекающие в засоленных почвах. Научные исследования мелиораторов в последние годы были сосредоточены, главным образом, на определении величины промывных норм, а такие вопросы, как опреснение почвогрунтов и грунтовых вод вглубь под влиянием оросительных вод на фоне дренажных почт почти не изучались.

В связи с этим нами были изучены изменения засоления почв и минерализации грунтовых вод Кура-Араксинской низменности и представлены комплексные мероприятия для улучшения мелиоративного состояния этих земель.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на орошаемых массивах Кура-Араксинской низменности в характерных местах, на площадях, используемых под различные сельскохозяйственные культуры (в 2021–2025 годах).

Исследования изменения засоления почвогрунтов и минерализации грунтовых вод проведены на основе изучения результатов солевых съемок в масштабе 1:10000 и заложено 50 разрезов. Почвенные образцы для химического анализа были взяты через 25 см до первого метра и далее через 50 см до глубины 2,0 метров. Анализ почв по засолению показывает, что содержание хлор-иона очень разнообразно по своей величине и зависит от величины содержания солей. Чем больше содержание солей, тем больше содержание хлор-иона. Также ведет себя катион магния. Катион магния хорошо коррелирует со степенью засоления

Водная вытяжка почв, взятые пробы оросительных, грунтовых и дренажных вод определялись по общепринятой методике Е.В. Аринушкиной (Аринушкина, 1970, 488): ионы CO_3 и HCO_3 титрованием серной кислотой; Cl^- – аргентометрическим методом Мора; сумма ионов Са и Мд – трилонометрическим; SO_4 – объемным и $\text{Na}+\text{K}$ – разности суммы катионов и анионов. Объемная масса почвы определялась по методу К.А. Качинского (Качинский, 1965, 324); удельная масса – по методу С.И. Долгова; гранулометрический состав – по методу пипетки с обработкой 1,0 %-го раствора NaCl , а также в соответствии с ареометрическим методом по ГОСТу 12536-2014 и ISO 11277-2009; гумус – по методу И.В. Тюрина; pH – потенциометрическим. Состав поглощенных оснований определялся извлечением из почвы поглощенных Са и Mg по методу Д.И. Иванова; обменный натрий – по К.К. Гедройцу, pH – потенциометрическим способом.

Результаты исследований и их обсуждение

Кура-Араксинская низменность расположена в восточной части Азербайджана, между Каспийским морем и горными системами Большого и Малого Кавказа. Земельный фонд Кура-Араксинской низменности составляет 21536 км² или 24,5% всей площади Азербайджана. Климат низменности относится к субтропическому сухому, теплему, континентальному. Лето сухое и жаркое, зима относительно теплая и малоснежная. Среднегодовая температура на низменности колеблется в пределах от +14,5°C до +16°C. Сумма эффективной температуры обеспечивает возможность возделывания ценных технических и теплолюбивых культур. В Кура-Араксинской низменности сероземный тип (Cleyis Calcisols) почвообразования формируется в качестве ос-

новного зонального почвенного типа. Среди сероземных почв низменности в основном распространены лугово-сероземные и сероземно-луговые почвы. Под влиянием разной интенсивности увлажнения в аллювиальном ряду луговых почв формируются луговые светлые, луговые темные, лугово-болотные и болотные. Сероземные почвы, имея небольшой запас гумуса и питательных элементов, по своему потенциальному плодородию уступают другим типам полупустынной зоны. Запасы гумуса в слое 0–20 см не превышает 30–65 т/га, гидролизующего азота 100–150 мг/кг, усвояемого фосфора 5–40, обменного калия 200–400 мг/кг (Волобуев, 1965, 246). Величина pH изменяется от 7,2–8,2. По гранулометрическому составу профиль описываемых почв хорошо дифференцирован. Некоторое повышенное содержание илистой фракции < 0,001 отмечается в горизонте Bt. Описываемые почвы являются тяжелоглинистыми и глинистыми (Азизов, 2006, 260; Мустафаев, 2010, 31–38).

Геоморфология Кура-Араксинской низменности характеризуется как аккумулятивная равнина, сформированная реками Курой и Араксом, с широкими долинами, сливающимися к Каспию, и включает аллювиальные равнины, дельты, прибрежно-морские террасы и предгорные равнины, с постепенным понижением к востоку, где она граничит с Каспием и Прикаспийской низменностью, а также обрамлена Большим Кавказом, Малым Кавказом и Талышскими горами.

Центральные части заняты широкими, плоскими долинами рек Куры и Аракса, с пойменными террасами, старицами и дельтовыми участками, где происходит накопление речных отложений. На востоке низменность расширяется, формируя обширные дельты и прибрежные полосы, связанные с Каспийским морем.

На севере и западе, у подножия Большого и Малого Кавказа, формируются конусы выноса и предгорные равнины, где происходит накопление грубого аллювия. Многочисленные речные террасы (надпойменные) показывают стадии врезания рек и древние уровни поймы, а морские террасы свидетельствуют об изменении уровня Каспийского моря. Кура-Араксинская низменность представляет собой сложную аккумулятивную систему, где преобладают процессы накопления осадочного материала реками из горных районов и накопления морских осадков на востоке, что приводит к постоянному понижению и расширению равнины в сторону Каспия.

Засоление почв Кура-Араксинской низменности – это широко распространенная проблема, обусловленная аридным климатом (недостаток осадков, высокое испарение) и близостью засоленных грунтовых вод к поверхности, которые поднимаются капиллярно, оставляя соли при испарении; усугубляется неправильным орошением, особенно водой из Аракса и Куры с высоким содержанием солей, что привело к образованию солончаков и солонцов, требующих мелиорации и дренажа. Засоление почв в аридной зоне является одним из главных факторов, снижающих продуктивность орошаемых земель. Оно возникает за счет перераспределения легкорастворимых солей, накопленных в толще четвертичных отложений в геологическом периоде их формирования (Волобуев, 1965, 246).

В настоящее время на дренированных территориях уровень залегания грунтовых вод повсеместно ниже 2–2,5 м от поверхности почвы. Некоторые исследователи связывают снижение уровня грунтовых вод с регрессией Каспия. Однако это предположение не имеет твердых оснований; так как тогда падение уровня Каспия наиболее заметно должно было бы отразиться в низовьях Акуши, то есть в районе массива, непосредственно прилегающего к заливу им. Кирова. В действительности в течение последних лет не только в низовьях Акуши, но и по всему прилегающему к ней району значительного снижения уровня грунтовых вод не наблюдалось. На орошаемых массивах грунтовые воды в осенне-зимний период залегают глубоко, а в вегетационный – поднимаются. В конце лета и в начале осени вновь опускаются, а поздней осенью снижаются уже до максимальных глубин. На неорошаемых землях таких резких изменений в уровне грунтовых вод не наблюдается. Колебание уровня здесь лежат в пределах 0,5 м, тогда как на орошаемых участках амплитуда колебания уровня грунтовых вод достигает 1,5–2,0 м (Mustafayev, 2022, 276–285).

Общеизвестно, что глубина залегания грунтовых вод часто зависит от рельефа местности. В понижениях они залегают на сравнительно небольшой глубине, на возвышенностях глубина их залегания может быть значительно больше. Питание грунтовых вод зависит от атмосферных осадков, рельефа местности, проницаемости пород и глубины залегания подземных вод. Наиболее благоприятны для инфильтрации мелкие затяжные дожди. Питание грунтовых вод зависит от атмосферных осадков, рельефа местности, проницаемости пород и глубины залегания

подземных вод. Наиболее благоприятны для инфильтрации мелкие затяжные дожди. Питание грунтовых вод за счет поверхностных вод широко распространено. Во время обильных осадков и весенних половодий уровень поверхности (рек, озер), повышается. В меженьный период, когда уровень воды в водоеме низкий, наблюдается обратное явление – грунтовые воды питают поверхностные водоемы. Местами грунтовые воды могут получать дополнительное питание за счет подтока напорных вод из нижерасположенных пластов. В пустынных областях возможно также конденсационное питание грунтовых вод. Причина засоления почв на этом участке рассмотрена на ряде частных признаков, которые необходимы для достаточно полной характеристики засоленных почв. Прежде всего к ним нужно отнести морфологические признаки – состояние поверхности засоленной почвы, солевые скопления по профилю почвы и др. Более строгое суждение о засолении почвы основывается уже на аналитических данных о величине общего солевого содержания по почвенному профилю. Об углублении характеристик засоленности почв свидетельствуют данные об изменении солевого состава по почвенному профилю. Для всех признаков этой группы характерно то, что они основаны на изменении профиля почвы, поэтому их можно назвать профильно-солевыми признаками.

Следующий этап характеристики явлений засоления должен основываться на анализе географических закономерностей изменения интересующих нас свойств засоленных почв. Этой цели служит сравнительно-географический метод. Определенный вывод в этом отношении может быть сделан путем сопоставления профильно-солевых данных и районирования по ним изучаемой территории. Но необходимы некоторые дополнительные показатели, значение которых может быть выражено на карте в виде определенного градиента изменения, или изолиний.

Например, среднее содержание солей в почвенной толще (в % плотного остатка или в килограммах на некоторый объем почвы) недостаточный показатель для выводов об отдельной взятой почве. Но этот показатель приобретает большую значимость при сопоставлении ряда почв и становится особо ценным при географическом анализе. Изображение его на карте общего солевого содержания в виде определенных изолиний – важнейший способ изучения закономерностей миграции солей. Дальнейшее углубление в этом направлении достигается

путем изучения географических закономерностей изменения солевого состава. Процесс перераспределения запасов солей и засоление почв зависят от многих климатических, геологических и гидрогеологических условий. Чем суше и континентальнее климат, тем больше степень засоления. Сильнозасоленные почвы чаще всего встречаются в пустынных и полупустынных зонах, а с переходом в степную зону степень засоления несколько ослабевает. Этот процесс, известный как вторичное засоление, происходит из-за ошибок в орошении, усиленного испарения грунтовых вод с высоким содержанием соли и отсутствия должного дренажа (Волобуев, 1965, 246; Mustafayev, 2008).

Другим источником соленакопления в аридной зоне служит оросительная вода, в составе которой содержится определенное количество легкорастворимых солей. Интенсивность соленакопления за счет оросительной воды также зависит от объема водоподачи и минерализации и может составить 15-20 т/га в год. В современных условиях засоление почв за счет оросительной воды приобретает более опасный характер из-за возврата части коллекторно-дренажного стока в реки. В этом отношении наиболее опасной зоной являются земли, расположенные в среднем и нижнем течении рек, где минерализация воды в отдельные месяцы достигает 1,5-2,5 г/л.

Вторичное засоление в основном происходит из-за неправильного использования оросительных систем и недостаточности дренажа. В условиях засушливого климата вода с высоким содержанием солей испаряется с поверхности почвы, оставляя избыток соли в верхних слоях. Чрезмерное или неправильное использование соленой воды для полива способствует накоплению солей в почве. Высокая концентрация солей, особенно хлоридов и карбонатов натрия, делает почву непригодной для выращивания большинства сельскохозяйственных культур (Волобуев, 1965, 246).

Засоление негативно влияет на рост и развитие растений, что в конечном итоге может привести к их гибели. Результаты солевых съемок и наблюдения за уровнем грунтовых вод в большинстве случаев показали, что достигнуто устойчивое опреснение почвогрунтов и систематическое снижение уровня грунтовых вод (Мустафаев, 2008, 44-47; Мустафаев, 2010, 31-38; Mustafayev, 2020, 101-108).

Большая часть низменности характеризуется высоким стоянием грунтовых вод. Примерно на 2/3 этих площадей имеются грунтовые воды,

расположенные на глубине менее 5 м от поверхности Земли. На участках с залеганием грунтовых вод на глубине 1-2 м в жаркие летние месяцы вода, поднимаясь по капиллярным трубам в верхние слои почвы, подвергается испарению, а содержащаяся в них соль оседает в верхних слоях почвы.

Равнинный характер Кура-Араксинской низменности складывался на протяжении всей истории ее формирования. Кури́нская тектоническая впадина – этот крупный межгорный прогиб – постепенно заполнялся вначале древними морскими осадками, в четвертичном периоде – континентальными и морскими отложениями (при трансгрессиях Каспийского моря), а также наносами Куры и Аракса. Мощные пласты различных отложений и послужили основой равнинного рельефа низменности.

Однако современная поверхность Кура-Араксинской низменности создана главным образом деятельностью рек, по имени которых она и названа. Стекая с гор, Кура и Аракс несут огромное количество песка и ила – не даром воды этих рек относятся к одним из самых мутных в мире. Территория Кура-Араксинской низменности в физико-географическом отношении делится на части, которые называются равнинами, или степями.

На левобережье Куры расположены Ширванская равнина, в междуречье Куры и Аракса – Карабахская и Мильская, к югу от Аракса – Муганская равнина, в правобережье нижнего течения Куры – Сальянская равнина. Каждая из этих равнин имеет свои особенности рельефа, почв, растительности и хозяйственного использования (Мустафаев, 2008, 44-47; Mustafayev, 2020, 101-108; Mustafayev, 2022, 276-285). В Азербайджане основным фактором, ограничивающим развитие орошаемого земледелия, является засоление и солонцеватость почв. Это отрицательное явление широко распространено во всех районах республики, в том числе и в Кура-Араксинской низменности.

В зависимости от почвенно-грунтовых условий и мелиоративной обстановки в 1934-1935 гг. на территории Кура-Араксинской низменности в Мугань-Сальянском массиве была построена коллекторно-дренажная сеть длиной 104 км, в 1951-1952 гг. в Мильской степи – длиной 830 км, в 1958-1980 гг. в Ширванской и Карабахской степях – более 10 тыс. км. В настоящее время на исследуемой низменности длина коллекторно-дренажной сети составляет более 25 тыс. км на площади около 650 тыс. га.

Эксплуатационный срок мелиоративной конструкции по принятым нормам предусмотрен на 35-40 лет. На сегодняшний момент срок эксплуатации коллекторно-дренажной сети, проведенной на некоторых участках Кура-Араксинской низменности закончился, сеть не может работать в полную проектную силу. Такое состояние приводит к повторному процессу засоления почв исследуемой низменности.

Результаты исследования показывают, что неудовлетворительная работа дренажной системы и высокая минерализация грунтовых вод требуют провести на дренажной системе мероприятия, направленные на снижение минерализации грунтовых вод. Влияние орошения на изменение свойств и плодородие почв проявляется в зависимости от исходных почвенных и гидрогеологических условий орошаемых территорий, качеством поливных вод, инженерного уровня и состояния оросительных систем, общей культуры орошаемого земледелия. Поэтому в условиях последнего имеются как примеры длительного сохранения благоприятных свойств и режимов почв, так и примеры значительных негативных изменений свойств почв и их режимов, приводящих к снижению почвенного плодородия.

Важные причины, приводящие к негативным изменениям почв при орошении, следующие: избыточные поливные нормы, большие потери воды в подводящей и распределительной сети и на полях, где отсутствует искусственный дренаж или его состояние неудовлетворительное. Это приводит к развитию неблагоприятного водного режима, способствующего подъему грунтовых вод на орошаемых землях. С последним связан ряд весьма неблагоприятных последствий орошения: вторичное засоление, заболачивание, осолонцевание почв. Сам процесс засоления почв в большинстве случаев связан с соленакоплением под влиянием испарения грунтовых вод. Поэтому интенсивность засоления почв зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, а также механического состава почв, определяющего капиллярные свойства. Чем ближе залегает уровень грунтовых вод к дневной поверхности и выше минерализация, тем больше скорость накопления солей.

Под действием каждого вегетационного полива солесодержание в метровой толще почвогрунтов уменьшается, а в межполивные периоды увеличивается до проведения второго полива, затем увеличение солесодержания в межполивные периоды настолько мало (0,003-0,005%), что им

можно пренебречь. Это объясняется следующим образом: в начале вегетации, когда органическая масса хлопчатника не велика и слабо затеняет почву, большая часть ресурсов тепла расходуется на нагревание почвы и воздуха, происходит непродуктивное испарение. В этот период суммарное испарение составляет 2,6-3,0 мм/день ($26-30 \text{ м}^3/\text{га}$ в день).

Определенная часть этой влаги приходит за счет грунтовых вод, то есть происходит процесс повторного засоления. По мере развития растений (кустов и корневой системы) доля непродуктивного испарения уменьшается, значительная часть влаги расходуется через растения (транспирация) около 50% и суммарное испарение в этот период (цветение) составляет 4,6-4,8 мм/день ($46-48 \text{ м}^3/\text{сут}$ в день). При сомкнутом покрове (в фазе формирования коробочек – созревание) ресурсы тепла полностью поглощаются растениями и величина суммарного испарения достигает 8,0-9,0 мм/день ($80-90 \text{ м}^3/\text{га}$ в день).

Транспирация при сомкнутом покрове (после 10 июля) абсолютно преобладает над испарением влаги почвой и может достигать до 100% от общей испаряемости. Из этого следует, что в июле-августе транспирация от суммарного испарения может составлять 80-90%, то есть $4000-4500 \text{ м}^3/\text{га}$. При таком количестве транспирации испарение с поверхности почвы за июль-август составляет 800-950 (при 80% транспирации и $225-250 \text{ м}^3/\text{га}$ (при 95% транспирации).

В июле и, особенно, в августе, корневая система сельскохозяйственных культур достигает соответственно до 1 и 2 м и более. Интенсивная транспирация 1-2 м слоя почвогрунтов сельскохозяйственными культурами сильно влияет на капиллярный подъем грунтовых вод и в большинстве случаев предотвращает его, так как скорость транспирации воды в этот период превышает скорость передвижения влаги в капиллярах. В связи с этим в июле-августе на полях, занятых под сельхозкультурами повторное засоление почвогрунтов не происходит даже при засолении 0,6% по плотному остатку. Полученный богатый фактический материал использован в математических моделях, дающий возможность построить прогноз солевого режима почвогрунтов (Мустафаев, Азизов, 2010, 31-38).

Исследования показывают, что в природе грунтовые воды, находясь в различных условиях с уклоном территории и имея естественный сток, слабо минерализованы. В зависимости от рельефа в некоторых местах грунтовые воды не

имеют стока. В грунтовых водах таких территорий в течение долгого времени происходит растворение солей материнской породы, что приводит к их высокой степени минерализации. Такой процесс формируется на территориях с близким расположением грунтовых вод к поверхности земли в сочетании с высокой степенью испарения.

Регулирование уровня грунтовых вод при орошении сельскохозяйственных культур, возделываемых на территориях с близким залеганием грунтовых вод, не имеющих естественного стока, возможно с применением коллекторно-дренажных систем. В целом на орошаемых местах при засолении и в процессе формирования разных типов почв большое значение имеет химический состав грунтовых вод, а также их степень и типы минерализации.

Исследования показывают, что при меньшей минерализации и щелочности в почве происходит засоление содового типа. При минерализации грунтовых больше 1,0 г/л и ее близким расположением к поверхности земли происходит активизация вредных для растений солей. Когда их уровень приближается к поверхности земли, наблюдается их увеличение, повышается процесс испарения и транспирации, в результате чего в почве происходит повторное засоление.

На основании проведенных исследований было установлено, что при сближении уровня грунтовых вод к поверхности земли большую роль в засолении почв играют такие факторы, как режим орошения, химический состав подаваемой на поле воды и др. В настоящее время примерно около 60 % орошаемых почв Кура-Араксинской низменности имеют среднюю и сильную степень засоления и требуют применения комплексных мелиоративных мероприятий. Основным неблагоприятным явлением, задерживающим развитие сельского хозяйства, является широкое распространение засоленных почв и близкое залегание к поверхности земли высокоминерализованных грунтовых вод (Mustafayev, 2022, 276-285; Sadigov, 2024, 266-279).

Если орошаемые почвы в верхних горизонтах богаты гипсом, то кратковременное использование щелочных вод для орошения таких почв неопасно. Однако в засушливых и полувасушливых зонах широко распространены почвы, лишенные гипса в верхних горизонтах (черноземы, каштановые, луговые и др.). Использование

щелочных вод на таких почвах неизбежно приводит к их вторичному осолонцеванию.

Для профилактики неблагоприятных явлений необходимы специальные мероприятия не только по предупреждению осолонцевания почв, но и по мелиорации самой оросительной воды (например, гипсованием). Вместе с тем не-солёная и не щелочная оросительная вода с концентрацией не выше 0,2–0,5 г/л оказывает положительное влияние на щелочные почвы.

В таких водах среди катионов обычно преобладает кальций. В результате орошения в течение нескольких лет или десятилетий пресными кальций содержащими водами щелочные почвы становятся нейтральными. Их физические, химические свойства и биологические особенности улучшаются. Орошение должно обеспечить:

- получение проектной продукции растениеводства;
- экономное использование водных, земельных и топливно-энергетических ресурсов;
- использование высокопроизводительной сельскохозяйственной техники при обработке мелиорируемых земель;
- высокая производительность труда при эксплуатации сооружений и мелиоративной системы в целом;
- комплексная автоматизация технологических процессов, при этом степень автоматизации должна быть обоснована технико-экономическими расчетами;
- соблюдение требований охраны окружающей природной среды санитарно-гигиенических требований;
- возможность внесения удобрений, химмелиорантов и гербицидов с оросительной водой.

Влияние солей на растения весьма многообразно. Она проявляется в нарушении и ряд биохимических и физиологических функции растений, их водного и питательного режимов, условий развития и состояния корневой системы растений. Под влиянием засоленности почвы у растений заметно снижаются интенсивность фотосинтеза и дыхания, замедляется обмен веществ. Накопление сухого вещества с повышением степени засоления почвы становится все меньшим (Mukanova, 2024, 98-118).

При разделении по составу солей учитываются главным образом их анионы. По этому признаку принято различать засоление сульфатно-содовое, хлоридно-сульфатное (с преобладанием сульфатов над хлоридами), сульфатно-хло-

ридное (с преобладанием хлоридов (содовые) над сульфатами) и наконец, хлоридное. Случаи нитратного засоления очень редки, и соответствующие почвы занимают весьма незначительные площади. В приведенном выше перечне типы засоления почв поставлены в порядке нарастания засушливости климата и увеличения степени минерализации грунтовых вод, т. е. преобладают почвы сульфатно-содового засоления на слабоминерализованных грунтовых водах с хорошим стоком, в наиболее засушливом климате почвы хлоридного засоления с сильными минерализованными водами, обладающими плохим стоком.

Перераспределение легкорастворимых солей по почвенному профилю зависит от целого ряда факторов, таких как начальные запасы солей, минерализация поливной воды, глубина залегания и минерализации грунтовых вод. В связи с высоким стоянием грунтовых вод на исследуемом участке и их существенной минерализацией повсеместно наблюдается вторичное засоление

орошаемых земель, обусловленное превышением расхода грунтовых вод на испарение (Волобуев, 1965, 246; Мустафаев, 2010, 31-38).

В почвах состав водно-растворимых солей может быть весьма разнообразным. Соли эти образуются, одного, сравнительно не большим числом катионов и анионов. Из катионов участвуют главным образом Na^+ , Mg^{++} , и Ca^{++} , из анионов Cl^- , SO_4^{--} , CO_3^{--} и HCO_3^- . Различное сочетание этих катионов и анионов образуют следующие соли, многие из которых и содержатся в засоленных почвах (Мустафаев, 2015, 51-53; Zhapaev, 2023, 1678-1689).

Ни одна из этих солей не является непосредственно необходимой для нормального развития сельскохозяйственных растений. Между тем многие из них, даже при относительно небольшом содержании их в почве, угнетают культурные растения и называются вредными. Академик К.К.Гедройц считал, что вредные для растений свойства солончаковых почв обусловлены в основном их катионами (табл. 1).

Таблица 1

Соли, участвующие в засолении почв

Хлористые (хлориды)-анион Cl^-	Сернокислые (сульфаты) анион SO_4^{--}	Углекислые (карбонаты) CO_3^{--}	Двууглекислые (бикарбонаты) – анион HCO_3^-
NaCl (поваренная соль)	Na_2SO_4 (глауберова соль)	Na_2CO_3 (сода нормальная, бельевая)	NaHCO_3 (сода пищевая)
MgCl_2 (хлористый магний)	MgSO_4 (горькая соль)	MgCO_3 (углекислый магний)	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (двууглекислый магний)
CaCl_2 (хлористый кальций)	CaSO_4 (гипс)	CaCO_3 (известь)	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (двууглекислый кальций)

Порядок токсичности катионов Na^+ , Mg^{++} , K^+ , Ca^{++} . Из анионов весьма токсичным для растений является хлор-ион. По данным многолетних исследований выявлено, что для нормального и продуктивного возделывания с/х культур, необходимо строгое установление норм и сроков орошения, устранения засоления и дренажных стоков на некоторых участках, поддержание уровня и минерализации грунтовых вод, а также правильной работы оросительной техники.

Результаты исследования показывают, что неудовлетворительная работа дренажной системы и высокая минерализация грунтовых вод требуют провести на дренажной системе мероприятия, направленные на снижение минерализации грунтовых вод. Влияние орошения на изменение свойств и плодородия почв проявляется

в зависимости от исходных почвенных и гидрогеологических условий орошаемых территорий, качеством поливных вод, инженерного уровня и состояния оросительных систем, общей культуры орошаемого земледелия. По этому в условиях последнего имеются как примеры длительного сохранения благоприятных свойств и режимов почв, так и примеры значительных негативных изменений свойств почв и их режимов, приводящих к снижению почвенного плодородия.

В настоящее время примерно 58 % орошаемых почв Мугано-Сальянского массива имеют среднюю и сильную степень засоления и требуют применения капитальных мелиоративных мероприятий (Мустафаев, 2015).

Для ослабления и нейтрализации негативных последствий орошения необходим комплекс раз-

личных мероприятий, многие из которых хорошо известны, но по разным причинам не осуществляются или проводятся в недостаточных объемах. Комплексы этих мероприятий должны быть строго дифференцированы с учетом конкретных почвенно-мелиоративных и общих экологических условий. Совершенствование дренажа на действующих оросительных системах, устройство современных дренажных систем на территориях нового орошения является одной из важных мер по ослаблению его негативных последствий. Практически все сооружения на оросительной сети требуют ремонта или переустройства. По некоторым построенным сооружениям отмечается несоответствие их типа акту вводу или проекту.

На многих переездах оголовки заваливаются в канал, происходит расстыковка, разрушение, заиливание труб. Того или иного ремонта требуют мостовые переезды. У многих мостов отсутствуют переходные плиты, поэтому идет обрушение откосов каналов на съезде с мостов. Закрытый дренаж часто не выполняет своего предназначения по следующим причинам: подпор воды в каналах, сильное их заиливание, зарастание откосов и дна каналов густой древесно-кустарниковой и влаголюбивой растительностью. По этим же причинам почти невозможно визуально обнаружить выходы коллекторов.

Отсутствие нормального регулирования уровня грунтовых вод приводит к переувлажнению площадей, а на таких угодьях, как пастбища к сильной закороченности. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что в условиях практически полного отсутствия необходимого

финансирования для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ мелиоративные системы приходят в негодность, разрушаются.

Вышеуказанные причины по-разному влияют на урожайность. Особенно сильно сказываются они на продуктивности орошаемых земель. В связи с вышеизложенным необходимо пересмотреть концепцию развития сельского хозяйства области в части использования орошаемых земель, выделить целевые средства на реконструкцию и эксплуатацию мелиоративных и оросительных систем (Мустафеев, 2015, 51-53).

Исследования показывают, что при исправной работе коллекторно-дренажных и оросительных систем на орошаемых территориях количество солей в почве уменьшается. Однако на территориях, где они работают неудовлетворительно, наоборот, наблюдается увеличение количества солей на 25–30% (Zhapaev, 2013, 1821-1830; Kunyiyayeva, 2023, 2115-2127; Mustafayev, 2025, 1688-1698).

На Кура-Араксинской равнине коллекторно-дренажная сеть функционирует на площади 543 тыс. га. Из них 310,4 тыс. га – открытая, 269,4 тыс. га – закрытая и 13,2 тыс. га – вертикальные дрены. В связи с истечением срока службы большинство из них эксплуатируется неудовлетворительно. Установлено, что на 486,6 тыс. га этих площадей минерализация грунтовых вод составляет менее 1,0 г/л, на 506,0 тыс. га – от 1 до 3 г/л, а на 459,3 тыс. га – более 3,0 г/л.

Ниже приведены фотографии нескольких коллекторно-дренажных сетей на Кура-Арзской равнине (Рис. 1-3)

Рисунок 1

Главный Ширванский коллектор, N 40°40'43,36"; E 47°11'25,06", H=15m



Почвы сильно засолены (Агдашский район)

Рисунок 2

Главный Ширванский коллектор, N 40°20'06,8"; E 47°42'11,7"; H= -9m



Солончак (Евлахский район)

Рисунок 3

Муганская степь (Главный Миль-Муганский коллектор, Имишлинский район)



N 39°53'16,29 "; E 48°18'17,42"; H= -11m

Не засоленные почвы

Как видно из фотографий, на территориях со слабой работой коллекторно-дренажных систем наблюдается засоление и засоленность почв. Однако на территориях с их исправной работой наблюдается снижение содержания солей в почвах и увеличение площади незасоленных почв. Для улучшения водно-физических свойств почв исследуемой территории, нужно добиться нормальной работы существующих дренажей и организовать регулярное сбрасывание этих вод собирателем в коллекторы. В случае невозможности ремонта дренажных систем, на этих участках нужно использовать временные дренажи (глубина 0,8-1,0 м) с междурасстоянием 25-50 м, временные собиратели (глубина 1,0-1,5 м) и обеспечить сбрасывание орошаемых вод в постоянные дренажи.

Закключение и предложения

Проведенными исследованиями выявлено, что количество солей в орошаемых лугово-сероземных и сероземно-луговых почвах опытного участка под хлопчатник составляет 0,27–0,69 %, а под зерновые – 0,38–0,78 %. Количество поглощенных оснований под хлопчатник варьировало в пределах 26,7–33,8 мг-экв, а под зерновыми культурами – в пределах 23,5–35,6 мг-экв. Величина pH под зерновыми культурами менялась в пределах 7,7–8,1, а под хлопчатник – 7,6–8,5. Установлено, что, данные типы почв по типу солей хлоридный, сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный. Объемная масса этих типов почв в верхнем слое доходит до 1,51-1,60 г/см³ и выше, удельная масса – до 2,68-2,73 г/см³, а со-

держание физической глины составляет 65-80%. Повышение продуктивности этих почв может быть осуществлено при проведении периодически глубокого рыхления. Промывную норму воды для засоленных почв (с содержанием солей 2,0–3,0 %) рекомендуем 10000–12000 м³/га, а для сравнительно менее засоленным почвам (с содержанием солей 1,0–2,0 %) – 6000–8000 м³/га. Вода должна подаваться одноразовыми нормами по 2000–2500 м³/га. Промывку следует проводить в осенне-зимний период года, чтобы избежать восстановления засоления. Почва в первый год после промывки должна занять солеустойчивые культуры (ячмень, сорго и т. д.), вносить органоминеральные удобрения с применением промывного режима орошения. Этот

метод способствует обогащению корнеобитаемого слоя почвы органическими веществами и улучшению мелиоративного состояния почвы.

Проведенные исследования показывают, что в условиях Кура-Араксинской низменности в те годы, когда поля заняты зерновыми и хлопковыми культурами, необходимо после их уборки высевать кормовые и другие сельскохозяйственные культуры с коротким вегетационным периодом. Это даст возможность не только улучшить мелиоративного состояния почв, но и получить дополнительный урожай. Для улучшения слабо, средне и сильно засоленных почв необходимо не только правильно установить поливные нормы, количество и сроки поливов, но и следует высевать солеустойчивые культуры.

Литература

- Азизов, К.З. Водно-солевой баланс мелиорируемых почвогрунтов Кура-Араксинской низменности и научный анализ его результатов / К.З.Азизов. – Баку : Элм, 2006. – 260 с.
- Волобуев, В.Р. Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности / В.Р.Волобуев. – Баку : ИАН Азербайджанской ССР, 1965. – 246 с.
- Мустафаев М.Г., Азизов Г.З.- Изменение глубины и минерализации подземных вод МуганоСальянского массива / М.Г.Мустафаев, Г.З.Азизов // Азербайджанское общество почвоведов : сб. науч. тр.–Баку, 2010. –. XI. –С.31–38.
- Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. –2-е изд., перераб. и доп. – Москва : МГУ, 1970. – 488 с.
- Качинский, Н. А. Физика почв / Н.А.Качинский. – Москва : Высшая школа, 1965. – 324 с.
- Mustafayev, M.G. Influence of soil-climatic conditions of Mugan-Salyan massif on agricultural production / M.G.Mustafayev // Annals of Agrarian Science. – 2008. – Vol. 6. – № 3.– P. 44–47.
- Mustafayev, M.G. Change of the salt's quantity and type in the irrigated soils of the Mughan Plain and their impact on plants productivity / M.G.Mustafayev // Intern. Journal of Food Science and Agriculture. – 2020. – № 4 (2). – P. 101–108. <http://dx.doi.org/10.26855/ijfsa.2020.06.001>
- Mustafayev, M., Tukenova, Z., Alimzhanova, M., Ashimuly, K., Mustafayev, F.-The influence of fertilisation on the water-salt regime in the conditions of the Mugan-Salyan massif, Azerbaijan / M.Mustafayev, Z.Tukenova, M. Alimzhanova, K.Ashimuly, F. Mustafayev // Journal of Water and Land Development, Polsha, 2022, (55), pp.276–285
- Sadigov, R.A., Mustafayev, M.G.-Analysis of mountain-forest cinnamon soil types in the basin of the new Shamkirchay reservoir / R.A.Sadigov, M.G. Mustafayev // Sabrao Journal of Breeding and Genetics, Philippine, 2024, 56(1), pp. 266–279
- Мустафаев М.Г. Развитие почвенной деградации Мугано-Сальянского массива / М.Г.Мустафаев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации / Новочеркасск, 2015 г., № 3(19), стр. 51–63
- Zhapayev R.K, Kunypiyaeva G.T, Mustafaev F.M, Bekzhanov S.Zh, Nurgaliev A.K.-Comparative assessment of pearl millet genotypes under arid conditions of Southeast Kazakhstan. SABRAO Journal of Breeding Genetics. 2023, 55(5): 1678-1689.<http://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.5.20>
- Zhapayev R.K, Kunypiyaeva G.T, Ospanbayev Zh, Sembayeva A.S, Ibash N.D, Mustafaev M.G. – Khidirov A.E-Structural-aggregate composition and soil water resistance based on tillage regimes in Southeast Kazakhstan. SABRAO Journal Breeding Genetics. 2023, 55(5): 1821-1830. <http://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.5.33>.
- Kunypiyaeva GT, Zhapayev RK, Mustafaev MG, Kakimzhanov Y, Kyrgyzbay K, Seilkhan A.S.-Soil cultivation methods' impact on soil water-physical properties under rainfed conditions of Southeast Kazakhstan. SABRAO Journal Breeding Genetics. 55(6): 2115-2127, <http://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.6.23>.
- Мүканова Г.А., Какимжанов Е.Х., Шимшиков Б.Е., Туkenova З.А., Мустафаев М.Г., Ошакбай А.А., Хасенова А.Н.- Деректер корын күру үшін Батыс Казакстан өңірінде антропогендік ықпалдан деградацияға ұшыраған аймақтардың экологиялық жай-күйін сараптау //Хабаршы. География сериясы.Алматы, №1 (72) 2024, 98-118, <https://bulletin-geography.kaznu.kz>, <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v72.i1.08>
- Mustafayev M.G., Alizade Sh.V., Mustafayev F.M., Akhundov A.Y., Hasanova A.Kh.- Anthropogenic impact on the soil salinization and its management in irrigated areas of the Mughan plains, Azerbaijan// SABRAO Journal Breeding Genetics. 57(4): 1688-1698, 2025, <http://doi.org/10.54910/sabrao.2025.57.4.35>

References

- Azizov, K. Z. (2006). *Vodno-solevoi balans melioriruemyykh pochvogruntov Kura-Araksinskoi nizmennosti i nauchnyi analiz ego rezul'tatov*. Elm.
- Volobuev, V. R. (1965). *Geneticheskie formy zasoleniya pochv Kura-Araksinskoi nizmennosti*. IAN Azerbaidzhanskoi SSR.
- Mustafayev, M. G., & Azizov, G. Z. (2010). Izmenenie glubiny i mineralizatsii podzemnykh vod Mugano-Salyanskogo massiva. *Azerbaijan Society of Soil Scientists Proceedings*, 11, 31–38.
- Arinushkina, E. V. (1970). *Rukovodstvo po khimicheskoy analizu pochv* (2nd ed.). Moscow State University.
- Kachinskii, N. A. (1965). *Fizika pochv*. Vysshaya shkola.
- Mustafayev, M. G. (2008). Influence of soil-climatic conditions of Mugan-Salyan massif on agricultural production. *Annals of Agrarian Science*, 6(3), 44–47.
- Mustafayev, M. G. (2020). Change of the salt's quantity and type in the irrigated soils of the Mughan Plain and their impact on plant productivity. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 4(2), 101–108. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2020.06.001>
- Mustafayev, M., Tukenova, Z., Alimzhanova, M., Ashimuly, K., & Mustafayev, F. (2022). The influence of fertilisation on the water-salt regime in the conditions of the Mugan-Salyan massif, Azerbaijan. *Journal of Water and Land Development*, 55, 276–285.
- Sadigov, R. A., & Mustafayev, M. G. (2024). Analysis of mountain-forest cinnamon soil types in the basin of the new Shamkirchay reservoir. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 56(1), 266–279.
- Mustafayev, M. G. (2015). Razvitie pochvennoi degradatsii Mugano-Salyanskogo massiva. *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii*, 3(19), 51–63.
- Zhapayev, R. K., Kunyapiyeva, G. T., Mustafayev, F. M., Bekzhanov, S. Zh., & Nurgaliev, A. K. (2023). Comparative assessment of pearl millet genotypes under arid conditions of Southeast Kazakhstan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(5), 1678–1689. <https://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.5.20>
- Zhapayev, R. K., Kunyapiyeva, G. T., Ospanbayev, Zh., Sembayeva, A. S., Ibash, N. D., Mustafayev, M. G., & Khidirov, A. E. (2023). Structural-aggregate composition and soil water resistance based on tillage regimes in Southeast Kazakhstan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(5), 1821–1830. <https://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.5.33>
- Kunyapiyeva, G. T., Zhapayev, R. K., Mustafayev, M. G., Kakimzhanov, Y., Kyrgyzbay, K., & Seilkhan, A. S. (2023). Soil cultivation methods' impact on soil water-physical properties under rainfed conditions of Southeast Kazakhstan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(6), 2115–2127. <https://doi.org/10.54910/sabrao.2023.55.6.23>
- Mukanova, G. A., Kakimzhanov, E. Kh., Shimshikov, B. E., Tukenova, Z. A., Mustafayev, M. G., Oshakbay, A. A., & Khasanova, A. N. (2024). Analysis of the ecological state of degraded territories under anthropogenic impact in West Kazakhstan for database development. *Journal of Geography and Environmental Management*, 72(1), 98–118. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2024.v72.i1.08>
- Mustafayev, M. G., Alizade, Sh. V., Mustafayev, F. M., Akhundov, A. Y., & Hasanova, A. Kh. (2025). Anthropogenic impact on soil salinization and its management in irrigated areas of the Mughan plains, Azerbaijan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 57(4), 1688–1698. <https://doi.org/10.54910/sabrao.2025.57.4.35>

Сведения об авторе:

М.Г. Мустафаев – доктор аграрных наук, доцент института Географии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики (Баку, Азербайджан, e-mail: meliorasiya58@mail.ru).

Information about the author:

M.G. Mustafayev – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan, e-mail: meliorasiya58@mail.ru).

Автор туралы мәлімет:

М.Г. Мұстафаев – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, Әзербайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігінің Топырақтану және агрохимия институтының доценті (Баку, Әзірбайжан, e-mail: meliorasiya58@mail.ru).

Поступила: 15 декабря 2025 года

Принята: 10 мая 2026 года