

Жумадилова А.К., кандидат технических наук

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В статье приведено развитие засоленных орошаемых земель, правильное планирование орошаемых земель. Эффективные методы улучшения засоленных почв.

Ключевые слова: почва, засоление, грунтовые воды, мелиорация, экология, орошение, промывка.

Равнинная территория Средней Азии в большинстве своем имеет природно-засоленные и потенциально опасные для развития вторичного засоления свойства почвы. Активные процессы горообразования, на сопредельной с ней территории, вместе с изменениями, происходящими на ее равнинах (аккумуляцией), отличаются образованием соляного состава на почвообразующих слоях земли. Соли являются одной из причин образования соленых слоев по пути движения воздушных потоков. В процессе движения воды происходят изменения химического состава и минерализация солей. Потоки, идущие с гор, иногда порождают возможность изменения русла рек. В результате большое количество осадков, выпаривание транзитных потоков способствовали накоплению солей в течение геологических веков. До начала освоения земель орошаемое земледелие, начавшееся примерно в середине прошлого столетия, было распределено по долинам рек, их первым и вторым террасам и дельтам. Это объяснялось гидрогеологическими особенностями почвы территории того периода и техническими возможностями водозабора. Издревле засолению подвергалась лишь периферия - поверхностный слой рек, то есть конус выноса рек. Вторым мощным источником засоления являются глубоко высасываемые засоленные слои. Хотя они проникают глубоко внутрь локальных участков, тем не менее, разносимые по пути воздушных потоков на далекие расстояния, способствуют большому распространению солей, то есть играют большую роль в формировании засорения почвы и образования солончаков.

Третьим источником засоления являются морские воды. В процессе высыхания берегов рек образуются солончаки, где имеют место хлоридные, сульфато-магниево-натриевые соли. Почвы, формирующиеся на морских отложениях, впоследствии подвергаются засолению. Древние морские отложения являются источником - проводником, распространяющим на основе ветров соли на окружающие территории.

Самым мощным и не изменяющимся со временем четвертым источником засоления орошаемых почв в условиях сухого климата являются легко растворимые соли в водах рек. С возрастанием степени использования поверхностного стока рек на орошение, увеличивается доля их аккумуляции в почвах и подстилающих отложениях. На равнинах и степях подножья гор увеличилась площадь орошаемых земель, это послужило причиной постепенного увеличения площади засоленных земель (их верхний слой не засоленный, но на нижних слоях скопились реликтовые запасы соли значительных размеров). По мере удаления от горных образований естественные и искусственно созданные при орошении потоки грунтовых вод закономерно меняют свой химизм от гидрокарбонатного через сульфатный к хлоридно-сульфатному и хлоридному. Выделяются следующие зоны:

- погружения и транзита в потоки грунтовых вод, обычно пресных, химических гидрокарбонатов, проходящих в хорошо проницаемые отложения, примыкающие к горам;
- выклинивания пресных или слабо солоноватых вод, которые служат источником образования известковых и гипсовых почвенных прослоек, а также солончаков, образующихся там, где резко падает проницаемость пластов, транспортирующих подземные воды;
- вторичного погружения (вернее расселения), как правило, высокоминерализованных грунтовых вод, со все большим преобладанием хлоридов, где внешний приток их становится ничтожно малым, а уровень их определяется только атмосферными осадками и суммарным испарением с поверхности почвы и растениями.

В результате некачественного планирования верхних слоев участков, на слабо либо неорошаемых участках, смешивания территории в процессе орошения, вместе с тем приток грунтовых вод с орошаемых территорий находит отражение в изменениях, которым подвергаются в результате засоления орошаемые земли. В литературе это явление получило название «сухого дренажа». «Сухой дренаж», в случае если не будет орошено примерно 20-40% орошаемых территорий, обеспечит отток солей с орошаемых территорий.

В соответствии с искусственным распространением площадей, имеющих большие запасы солей, возрастает и распространение засоленных орошаемых земель от верховьев к низовьям рек. В соответствии с научными доказательствами, уровень грунтовых вод, их минерализация, скопление запасов солей в почвенных слоях являются главной причиной распространения засоления орошаемых земель. Уровень и минерализация грунтовых вод являются показателями дренажированности территории: во время орошения верхних слоев почвы неизбежно формируется потеря вод, их отток обеспечивают грунтовые воды.

Орошение полей оказывает огромное влияние на перенос солей по почвам. Оросительная вода является основным источником солей в почве, так как 80% этой воды уходит на испарение, а соли остаются в почве, и при регулярном и своевременном поливе они становятся «проводником» солей в глубокие слои почвы. От таких факторов, как ведется орошение, насколько оно восполняет природный дефицит почвенного слоя, не бесполезно, минуя поверхность поля, питает грунтовые воды, зависит хозяйственное повышение орошаемых земель, что имеет возможность привести к улучшению экологического состояния почвы.

Вследствие неправильного проведения орошения локальных участков земли происходит смешивание почвенных и смешанных вод с подземными водами, и это также является причиной засоления орошаемых территорий.

Влияние транспортировки воды от гор к водоемам конечного стока в искусственных условиях под воздействием дренажа и орошения приводит к изменениям как на локальном, так и на региональном уровнях. Орошаемые почвы оказывают интенсивное влияние на природные явления. Засоление почвы вследствие природного орошения связано с основами человеческой деятельности, гидрогеологический режим и гидрогеологические явления полностью приводят к изменениям почвы орошаемых земель. Эта ситуация проявляется, если:

- в источниках установки оросительных каналов в мелиоративной системе наблюдается недостаток поступления воды в грунтовые воды;
- имеет место несовершенная техника полива, которая не в состоянии равномерно распределять воду по полям, в случае, если потери воды на полях приурочены к начальным (глубинный сброс) и конечным (поверхностный сброс) участкам борозд;
- дренаж должен не только поддерживать равномерный баланс солей в почве, но и отводить все непроизводительные потери воды (возвращать к источникам 80 % воды).

Известно, что вне зависимости от сухого климата накопление солей в почве в течение долгого времени определяется направленностью потоков влаги через почвенные слои, так как соль передвигается в почве только через воду. Для того, чтобы узнать формирование водно-солевого режима в почве, необходимо знать как, какими путями вода поступает в почву. Несмотря на это, в настоящее время засоление зависит не от качества оросительной воды во время сезонного орошения засоленных земель, оно возникло в результате растворения и распро-

странения в грунтовых водах солей, а также нарушения поливного режима. При испарении в корнеобитаемую зону из грунтовых вод очень часто привносится гораздо больше солей (так как большая часть грунтовых вод превращается в соль), чем даже при поливах минерализованной водой. Методы улучшения засоленной почвы орошаемых земель начали развиваться еще в середине прошлого столетия. Столкнувшись с проблемами возникновения «вторичного» засоления земель в большинстве своем исходно засоленных или подверженных засолению, которые были вызваны несовершенством применяемых способов полива и слабой дренированности территории в начале освоения новых земель, привели ученых и инженеров к поиску способов выхода из создавшегося положения.

Основной руководящей идеей этих размышлений стала «коренная мелиорация» засоленных земель путем глубокого рассоления на большую глубину методом «форсированных» промывок посредством искусственного дренажа с последующим применением «промывного» режима орошения.

Метод промывок путем полного погружения в воду почвы был заимствован из опыта пользователей земли, этот метод был совмещен с новыми методами, здесь в связи гидрогеологическими условиями учитывается степень обеспечения земли водой.

В свое время эти идеи считались очень важными и необходимыми, однако применение незаконченных методов водораспределения на полях привели к катастрофическим последствиям. Дело в том, что в первую очередь здесь имели место две главные, ошибки, это дорогостоящая оросительная техника и отвод солей.

Первая проблема состояла в том, что соответствующая современным требованиям оросительная техника стоит очень дорого.

Вторая проблема – сбор и отвод дренажных вод не решен на глобальном уровне. Обе эти проблемы в современный период занимают первостепенное значение в вопросах улучшения засоленной почвы.

Устойчивость растений к засолению зависит от их вида и фазы развития растений, свойств почвы и запасам влаги в почве, степени засоления и др. Для каждого вида и сорта растений характерна потребность в почвенной влаге, которая определяется как внешними факторами (климат, свойства почвы и степень из засоления), так и свойствами самого растения – устойчивостью к засухе и устойчивостью к засолению. Кроме того, эти потребности могут меняться и в зависимости от фазы развития растений.

Опираясь на многочисленные сведения и результаты исследований, касающихся вопросов степени снижения урожайности сельскохозяйственных культур, мы выявили следующее:

- при слабом засолении степень снижения урожайности составляет от нуля до 33 процентов;
- при среднем засолении – 50 процентов;
- при сильном засолении – от 67 до 83 процентов;
- при очень сильном засолении потери урожая сельскохозяйственных культур составляет 100 процентов.

Как показала отечественная и зарубежная практика, освоение засоленных земель бывает очень трудоемким и требует длительного времени. Длительность и плодотворность освоения земли зависит от множества природных и сельскохозяйственных факторов. К ним относятся: степень засоления, почвенный слой, химические свойства и профиль засоленной почвы, гидрогеологическое и почвенно-мелиоративное состояние почвы, режим и объем промывки, режим пользования орошением и агротехника.

Планирование промывки и мероприятия по освоению засоленной почвы вызывают к рассмотрению целый ряд взаимосвязанных вопросов. Принятие решений по «капитально форсированным» промывкам, рассчитанным на единовременное глубокое опреснение, до опреснения со скоростью, близкой к скорости развития корневой системы культур опреснений.

На практике, как правило, принимается эффективное решение, в нем в зависимости от природно-хозяйственной ситуации во время промывки определяется объем и режим промывки, почвенно-мелиоративное состояние (свойство почвы проводить воду, уровень грунтовых вод, степень природного и искус-

ственного дренажа) а также границы объема промывки. В целях интенсивной промывки глубокого уровня грунтовых вод осуществляется метод регулирования равномерности водной системы.

К сложному виду промывки вместе с объектам строительства сложного орошения наряду с освоением сильно засоленных земель относятся сельскохозяйственные земли, не использующие оросительные системы. Проект работ по промывке осуществляется в течение всего года, проводится объем орошения до 10 тыс³/га для рассоления корнеобитаемого почвенного слоя.

На староорошаемых землях капитальная промывка применяется при введении в сельскохозяйственный оборот сильнозасоленных земель, так как проведение капитальных промывок требует усиленной дренажности территории, постоянный дренаж, рассчитанный из условия обеспечения требований эксплуатационного режима орошения культур, должен усиливаться временным.

Норма капитальных промывок определяется исходя из условия рассоления корнеобитаемого слоя почв и подстилающих грунтов с учетом степени и типа засоления, водно-физических свойств почв, а также дренированности орошаемых земель.

При дефиците техники, воды и при неудовлетворительном состоянии дренажных систем такие промывки проводятся все реже и реже, а зачастую, не проводятся вовсе. В сложившихся условиях следует пересмотреть принципы коренных мелиораций, так как проблема засоления становится даже более актуальной, чем ранее, а вопросы реконструкции, дефицита воды и материально-технических средств становятся все более проблематичными.

Результатами научных исследований и производственными опытами доказана возможность рассоления сильнозасоленных почв и солончаков без капитальных промывок путем проведения промывного режима орошения. Материалы многочисленных исследований и расчеты свидетельствуют о том, что осуществление «капитальных промывок, т.е. промывок, исключаящих якобы навсегда опасность реставрации засоления, удается только с применением дополнительного временного глубокого дренажа, (протяженность которого равна или выше протяженности постоянного дренажа, необходимого в эксплуатационный период), а также временной оросительной сети. При освоении крупных массивов, имеющих большую долю засоленных земель, стоимость подготовительных и ликвидационных работ по промывке будет близка к стоимости строительства эксплуатационной оросительной и коллекторно-дренажной сети, так как потребуются дублирование в основном хозяйственной, а в некоторых случаях и межхозяйственной сети.

Кроме инженерных трудностей при осуществлении «форсированных» промывок имеются трудности другого плана. Так, например, промывка практически прекращается на землях тяжелого механического состава, когда в результате длительного заполнения резко снижается их водопроницаемость. Не эффективна так же «форсированная» промывка на гипсовых почвах, поскольку добиться полного рассоления на таких почвах не удается по той причине, что в составе кристаллов гипса содержится определенный процент токсичных солей, которые освобождаются постоянно в течение длительного периода, составляющего несколько лет, по мере перекристаллизации и растворения гипса.

По мнению Ковды, почва обладает выраженной «сопротивляемостью» мелиоративным воздействиям. Особенно высокая «сопротивляемость» проявляется тогда, когда вместо совокупности комплексных работ по коренному улучшению и преобразованию территории осуществляется только одно какое-либо мероприятие. По этой причине, механическим увеличением промывных норм и сроков промывки не всегда возможно добиться существенного ускорения рассоления [1].

В поисках путей решения проблемы мелиорации засоленных почв отечественными и зарубежными исследователями предложены способы более эффективного удаления солей с меньшими удельными затратами промывной воды, позволяющие, используя технически несложные и относительно дешевые приемы распределения воды по поверхности полей, совмещать постепенное опреснение почв с улучшением их водно-

физических свойств и плодородия. К ним относятся непрерывные промывки с использованием различных способов полива, в зависимости от водопроницаемости грунтов и рельефа поверхности. Промывки при этом проводятся отдельными поливами нормой 2-3 м³/га с интервалами от 3-5 до 10-15 дней и более, в зависимости от метеорологических и организационно-хозяйственных условий. При заполнении свободной емкости интервалы определяются обработкой грунтовых вод дренажем на глубину 1,5-2,0 м. При этом, как показывает опыт, эффект промывки снижается от полива к поливу и после 4-5 полива вынос солей практически прекращается.

Непрерывный режим водоподдачи позволяет максимально использовать свободную емкость зоны аэрации для аккумуляции солей, вымываемых из верхних горизонтов, за счет нормирования поливов, тем самым, устраняя необходимость строительства временного дренажа. Наличие свободной емкости обеспечивает равномерное рассоление верхних почвенных слоев. Сочетание высокой влажности промывной толщи с хорошей аэрированностью способствует развитию аэробных процессов в промываемой толще. После опреснения слоя, достаточного для получения всходов, возможен посев культур осеотелей и продолжение промывки, совмещенное с их выращиванием. Особенно целесообразны непрерывные промывки в районах, где ощущается острый дефицит оросительной воды.

В конкретных природных и хозяйственных условиях Средней Азии предлагается: земли, требующие промывки нормой до 10 тыс. м³/га промывать за один осенне-зимний сезон. При расчетных нормах промывки 10-17,5 тыс. м³/га рассоление осуществляется промывками в осенне-зимний сезон нормой до 10 тыс. м³/га. Сильнозасоленные земли, требующие промывки нормой 17,5-25,0 тыс. м³/га, промываются за два осенне-зимних сезона, с обязательным использованием их под сельскохозяйственные культуры в межпромывной период.

Предлагаемый режим промывок обусловлен следующими обстоятельствами:

- а) вода для промывок в период вегетации дефицита;
- б) пропускная способность постоянной сети в этом случае достаточна для организации промывок;
- в) имеющаяся на дренированных постоянным дренажем землях свободная емкость зоны аэрации (5-7 тыс. м³/га) позволяет обойтись без временного дренажа;
- г) исключаются вредные последствия для почв от длительного затопления.

Осуществление непрерывного режима промывки возможно при различных способах полива: затопление чеков, напуском по полосам, по бороздам и дождеванием.

Основное назначение эксплуатационных промывок - освобождение корнеобитаемого слоя от солей (0 - 100 см) почвы до оптимальных пределов для севооборотных культур, возделываемых на орошаемых землях без проведения капиталоемких мероприятий. Профилактические и влагозарядковые поливы являются разновидностью эксплуатационных промывок от накопившихся за летний сезон солей.

Влагозарядковые поливы это агротехнический прием, применяемый в определенных условиях (сухая весна, супесчаные почвы) для создания необходимого запаса влаги в пахотном слое почвы и получения нормальных всходов сельскохозяйственных культур, а также для сокращения потребности в оросительной воде в вегетационный период при её дефиците. При нескольких повышенных нормах они могут служить для одновременного удаления из корнеобитаемого слоя накопившихся за предыдущий сезон солей. В этом случае их называют влагозарядково - профилактическими.

Обязательным условием, лимитирующим эффективность эксплуатационных промывок является степень дренированности орошаемых земель и нормальное функционирование существующей коллекторно-дренажной сети (КДС). Дренаж, (горизонтальный, вертикальный и др.), создает условия нисходящей фильтрации в промываемой толще почвы.

Нормы эксплуатационных промывок устанавливаются исходя из необходимости опреснения корнеобитаемой толщи (0-100 см) до порога токсичности для районирования сортов сельскохозяйственных культур.

Промывные нормы для каждого поливного участка, севооборотного массива устанавливаются в зависимости от степени и характера засоления почвы, их водно-физических свойств, глубины залегания уровня грунтовых вод, технического состояния и условий работы КДС.

По мнению зарубежных экспертов, минимальная промывка - достойная задача орошаемого земледелия, но для достижения этой цели необходим существенный прогресс в технологии и применении орошения. Современные приемы и эффективность орошения остаются значительно ниже уровня, необходимого для обеспечения минимальной промывки. Из имеющихся в настоящее время ирригационных систем наибольшими возможностями с точки зрения минимальной промывки обладают дождевальные оросительные системы.

Промывные нормы для эксплуатационных промывок устанавливаются практикой для конкретных природно-хозяйственных условий. В каждом конкретном случае объем воды, необходимый для рассоления, можно рассчитать, однако ввиду отсутствия данных солевой съемки, а также карт засоленности, подробные дифференцированные расчеты промывной нормы затруднены. Поэтому промывную норму дают ориентировочно на основе многолетнего опыта данного орошаемого района.

Эксплуатационные промывки считаются наиболее эффективным агроуправляющим приемом, ежегодно проводимым на засоленных или подверженных засолению землях, для удаления из корнеобитаемого слоя почвы вредных для растений солей.

Основное назначение эксплуатационных промывок - рассоление корнеобитаемого слоя (0-100 см) почв до оптимальных пределов. Профилактические и влагозарядковые поливы являются разновидностью эксплуатационных промывок. Профилактические поливы, проводимые после рассоления толщи активного водо- и солеобмена ежегодно или периодически (через 2-3 года), обеспечивают сохранение стабильного солевого режима почвы в период вегетации.

Традиционной технологией снижения засоления почвы к севу является промывка по чекам в осенне-зимний период. Этот метод промывки связан большими подготовительными работами на поле до промывки и восстановительными работами после промывки, а именно: до промывки - вспашка; поделка чеков (валиков); поделка временных оросителей (дрен); выравнивание поверхности чеков; после промывки - разравнивание чеков; планировка; вспашка.

В условиях фермерских хозяйств, при нехватке воды и других ресурсов необходимо иметь альтернативные варианты снижения ущерба от засоления почв.

При недостатке воды и других запасов в фермерских хозяйствах в целях уменьшения засоления почвы необходимо найти альтернативные варианты. В условиях дефицита воды, вероятно, трудно будет осуществить подачу требуемых объемов, а при подаче воды менее 2000 м³ делать чеки экономически невыгодно. В этих условиях очевидно промывка почвы по бороздам является более технологически простой и экономичной, хотя при существующем уровне подготовки земель и состоянии дренажа, её эффективность не всегда удовлетворительная.

В зависимости от степени сезонного засоления для его ликвидации в принятых нормах орошения сельскохозяйственных культур рекомендовано проведение профилактических промывных поливов, которые являются одновременно и влагозарядковыми.

При нарушении нормального поливного режима сельскохозяйственных культур в условиях дефицита водных ресурсов в вегетационный период или по хозяйственным причинам, когда значительную часть жаркого периода вегетации не выращиваются сельскохозяйственные культуры (например, повторные культуры после озимых зерновых), на землях с относительно близкими и минерализованными грунтовыми водами происходит сезонное накопление солей.

Теоретической основой использования для орошения и промывок высокоминерализованных вод является то, что концентрация солей в них значительно ниже, чем в почвенных растворах. Для орошаемых почв оптимальная концентрация солей в почвенных растворах 3-5 г/л, при 6 г/л наблюдается слабое угнетение роста растения, 10-12 г/л сильное угнетение, при 25 г/л оно гибнет. Таким образом, воду с содержанием солей до 3-5 г/л

теоретически (при условии свободного гравитационного стока и обеспечения непрерывной подачи воды) можно использовать, не причиняя ущерба растениям. Однако на практике следует учитывать следующее: солеустойчивость культуры и фазы развития растений; высокое испарение; недостаточное оперативное контролирование засоления или осмотического потенциала почвы; несвоевременность проведения поливов и низкий уровень их технологии; необеспеченность оттока вод.

В связи с этим, нужно с особой осторожностью использовать воду, минерализованную выше, чем на 3-5 г/л. В обязательном порядке надо обращать внимание не только на вид сельскохозяйственных культур, но и нужно учитывать и особую чувствительность сорта к солям. В процессе выращивания солеустойчивых растений в условиях недостатка воды эффективным представляется использование дренажной воды.

При использовании на орошение вод повышенной минерализации в почвенном поглощающем комплексе отмечается вытеснение кальция натрием и магнием (на 5-6% от суммы). Установлено, что увеличение содержания поглощенного натрия в почве связано с увеличением степени ее засоления и имеет обратимый характер, т.е. при промывке и орошении обычной речной водой соотношение обменных катионов натрия и магния снижается, а кальция увеличивается [2].

Прогнозы использования минерализованных вод на легких почвах (легкие суглинки, супеси и пески), проведенные исходя из условия поддержания не вредящей урожаю концентрации солей в почвенном растворе, показали, что: при минерализации воды 2 г/л норму надо увеличивать на 5-7%; 3 г/л на 20%, а при 4 г/л до 30-50%. На средних суглинках даже при минерализации воды 2 г/л подачу воды надо увеличить на 10%. Насколько реально возможность такого увеличения оросительной нормы, зависит от многих условий, но, прежде всего, от глубины грунтовых вод и от дренированности участка, которая должна обеспечивать отток дополнительных объемов воды.

В республиках Средней Азии свойства почв, качество воды и состав основных сельскохозяйственных культур в большинстве случаев позволяют относительно безопасно применять коллекторно-дренажные воды. Отрицательным последствием может быть, в основном, соленакопление. Вследствие невысоких сорбционных свойств почв и большой доли кальциевых солей в воде и почве процессы осолонцевания почв практически не исключаются. Соленакопление, лишь попутно, приводит к увеличению долей обменного натрия и магния в поглощающем комплексе почв. Опыты показывают, что при рассолении эти процессы обратимы. Химический состав солей в местных водах и почвен-

ных растворах позволяет теоретически, с определенным риском опасности токсикация растений, и, соответственно, потерей урожая, использовать воду с минерализацией до 9 г/л при условии контроля их концентрации и регулирования ее своевременными поливами. Однако, воды даже с минерализацией свыше 3-5 г/л, использовать не следует. В случае же необходимости их применения обязательно следует учитывать вид орошаемых культур по солеустойчивости (изменяющейся у некоторых видов по фазам развития), а также водопроницаемость и гранулометрический состав почвы. При недостаточности воды в вегетацию и плохой дренированности следует промывать почвы в не-вегетационный период.

Для правильного планирования использования вод повышенной минерализации необходимо провести районирование орошаемых земель по степени пригодности их для этих целей с учетом гранулометрического состава почв, химического состава и минерализации дренажно-сбросных вод, фактической дренированности территорий на основе имеющихся материалов изысканий и исследований. Почвенный слой сравнительно мал по толщине, поэтому так точно и равномерно по площади поля должна дозироваться поливная вода, чтоб создать в корнеобитаемом слое необходимый водный и, особенно, солевой режим. Недоучет этого обстоятельства, в значительной степени, привел к опасности засоления орошаемых земель [3,4].

Новые технологии орошения создают возможность решения множества проблем. Они экономят до 40 % оросительной воды на поле, создают водно-солевой режим, повышающий урожайность сельскохозяйственных культур почти вдвое, дает возможность выдерживать необходимые агротехнические требования при выращивании сельхозкультур, предотвращает глубинный и поверхностный сброс воды, обеспечивает высокую равномерность водораспределения по площади поля, одновременно, тем самым, решая и проблемы улучшения мелиоративно-экологического состояния земель.

Подытоживая сказанное, следует отметить, что проблема в настоящее время заключается в том, вопросы переноса солей и управления ими в полной мере недостаточно решены. Наряду с анализом принятых ранее технических решений, а также учитывая экологическую эффективность и экономические условия, требуется выработка новой территориальной концепции. Развитие этой службы видится в применении технологий дистанционного картирования в сочетании с методами GIS. Кроме того, широкое применение должны найти методы наземного упрощенного оперативного контроля засоления для целей управления засолением почв на конкретных полях в течение вегетации

Литература

1. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. – Москва: Л., АН СССР, 1946, т.1- 568 стр, 1947, т.2 – 375.
2. Сидько А.А., Мяснишев С.И. и др. Комплексная мелиорация солончаковых и солонцовых почв при орошении. – Москва, 1985. – С.13-26
3. Сейтказиев А.С. Онгүстік-Шығыс Қазақстанның геоэкожүйелеріндегі тұзданған топырақтың су-тұз алмасуын негіздеу// Автореф.докт.дисс. – Тараз, 2003. – 50 с.
4. Сейтказиев А.С. Сугармалы жерлердегі тұздың алмасуын реттеу. – Алматы, ЖАК-тың баспасы, 1999.- 140 с.