Современная система мониторинга параметров водно-солевого режима на засоленных землях

Стулина Галина Владиславовна кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии

galina_stulina49@bk.ru

DOI 10.66073/ReFocus-Conf/1610077

Для цитирования: Стулина Галина Владиславовна. Современная система мониторинга параметров водно-солевого режима на засоленных землях // Разработка инновационных климатоустойчивых технологий для мониторинга и контроля эффективности водопользования и влияния засоления на урожайность сельскохозяйственных культур и жизнедеятельность населения Приаралья: материалы Международной научно-практической конференции. – Нукус, 2026. – С. 298–304. – DOI: 10.66073/ReFocus-Conf/1610077

Аннотация. Регион Приаралья отличается засушливым климатом, дефицитом водных ресурсов и риском вторичного засоления почв при избыточном или недостаточном орошении. Научно обоснованный полив, базирующийся на моделировании водно-солевого баланса, минимизирует эти негативные последствия.

Цель статьи — адаптация инновационных методов мониторинга параметров водно-солевого баланса засоленных почв на основе взаимосвязи сосущей силы, влажности, уровня засоления и гранулометрического состава.

Ключевые слова: климат, засоление, грунтовые воды, минерализация, водно-солевой баланс, тензиометр, водопотребление, моделирование.

Материалы и методы

1. Объекты исследований

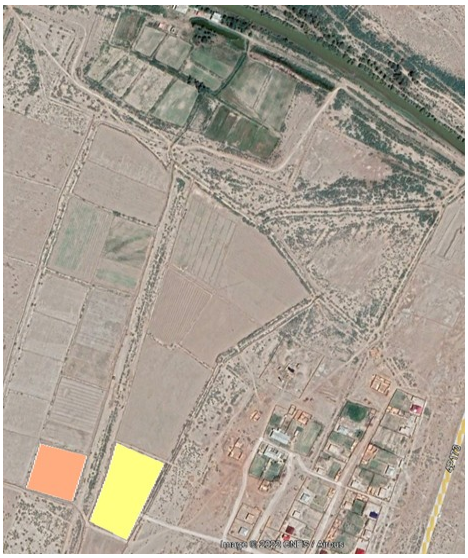
1.1 *Описание опытного участка Тик-Узяк*

Исследования проводились на левобережье Амударьи на базе Инновационного центра по Приаралью при Президенте Республики Узбекистан (МИЦП). В геологическом отношении участок сложен плотным трещиноватым суглинком с прослойками гипса, глины и вкраплениями песка. Грунтовые воды залегают на глубине 1,95–2,5 м на западе (у канала) и до 4,0–4,5 м на юге. Высотные отметки рельефа: 50,5–53,5 м. Почвенный покров представлен аллювиальными, аллювиально-озерными и эоловыми накоплениями (супеси, суглинки, глины).

Климат района резко континентальный, засушливый. Сбор метеоданных осуществлялся автоматической японской метеостанцией (установлена в 2019 г.). Показатели использовались для расчета режимов орошения в программах CROPWAT и REGWAT. Подача воды на участок идет из левобережного канала «Суэнли» через ветку «Тик-Узяк».

1.2 *Организация пилотного объекта*

В качестве объектов исследования выбрано поле с хлопчатником с целью сбора информации (рис.1).



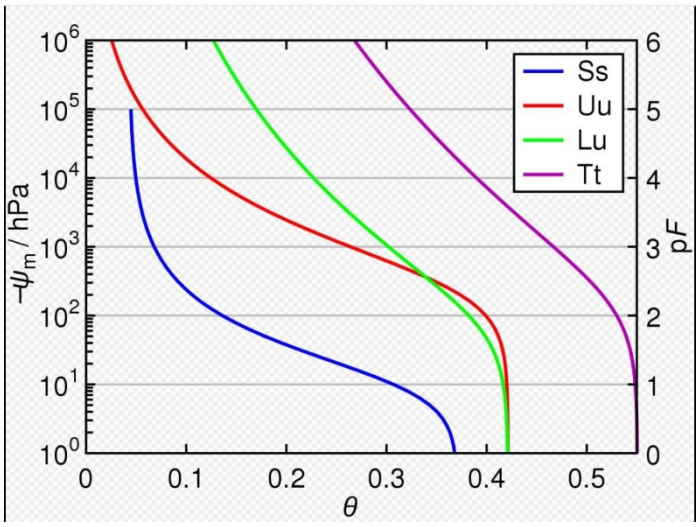
ХЛОПОК	
43°41'30.43"C	59°2'6.04"B
43°41'29.56"C	59°2'8.83"B
43°41'33.95"C	59°2'11.76"B
43°41'35.14"C	59°2'7.99"B

Рисунок 1. Опытное поле

Для формирования базы данных программного моделирования водопотребления на опытном участке был заложен почвенный разрез. По гранулометрическому составу (классификация Н.А. Качинского) верхние горизонты являются средне- и легкосуглинистыми, а с глубины 35 см подстилаются песком. По классификации ФАО типы почв определены как Silty Loam (ZL), подстилаемые Sandy Loam (SL) и Sand (S). Объемная масса по профилю варьирует от 1,37 до 1,52 г/см³. Почвы сильно- и среднезасоленные, тип засоления — хлоридно-сульфатный. Электропроводность в слое 0–10 см составляет 1,8 µS/см, в слое 10–40 см — 1,4–1,8 µS/см. Показатель pH по профилю изменяется от 7,9 до 8,3, указывая на высокую щелочность.

Результаты исследований

Режим потенциала почвенной влаги (сосущая сила почвы). Под энергетическим состоянием воды понимают внутреннюю энергию, заключённую в её массе. Поэтому в почвах, различающихся своими свойствами, при одном и том же содержании воды её энергетическое состояние будет разным и, собственно, окажется неравнозначным влияние воды на процессы, протекающие в почвах (рис.2).



Ss – суп.-л.суглинок; Uu – ср.суглинок; Lu – тяж.суглинок; Tt – глина

Рисунок 2. Стандартная кривая ОГХ, зависимость потенциала почвенной влаги от влажности почвы различного гранулометрического состава.

(pF — безразмерная величина, которая представляет собой десятичный логарифм высоты водяного столба в сантиметрах.)

Развитие термодинамического подхода к оценке состояния воды в почве имеет большое значение для управления водным режимом в системе «почва-растение». Для изучения термодинамического передвижения почвенной влаги опытное поле было оборудовано кустом тензиометров (рис. 3, 4), способным передавать данные о величине сосущей силы почвы на современный ноутбук.



Рисунки 3, 4. Куст тензиометров

Куст тензиометров позволял замерять сосущую силу почв на различных глубинах (рис.3, рис. 4) – 15 см, 30 см, 45 см, 60 см, 75 см, 90 см.

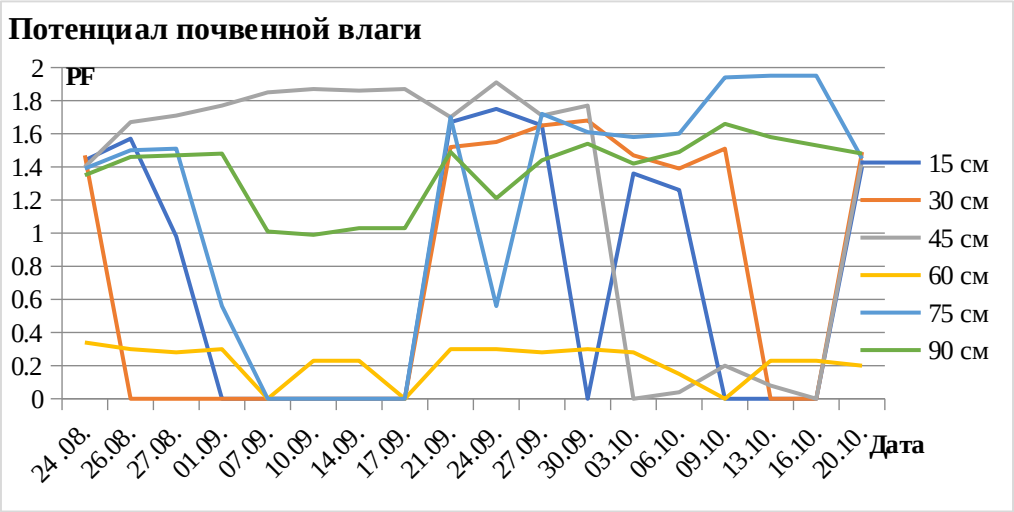


Рисунок 5. Динамика потенциала почвенной влаги в процессе вегетации хлопчатника

Динамика полевой влажности и засоления почв. Параллельно замерам всасывающей силы почвы проводилось определение влажности почвы бурением и отбором почвы с различной глубины. На смену обычному термостатно-весовому методу со взвешиванием и затем высушиванием в шкафу образца до постоянного веса используется анализатор влажности почв, который все операции сушки и взвешивания выполняет внутри прибора. Это значительно упрощает определение (рис. 6) влажности почвы.



Рисунок 6. Анализатор влажности почвы

(Анализатор влажности МВ 200**.** Объем рабочей камеры 80 л, диапазон рабочих температур от +50 до +200°С. С естественной конвекцией.)

Отобранные образцы передаются на химический анализ в лабораторию ГУП «Аналитического центра качества, состава и репозитория почв».

Водный режим почвы на опытных участках связан с проведением поливов на хлопчатнике (рис.8, 9).

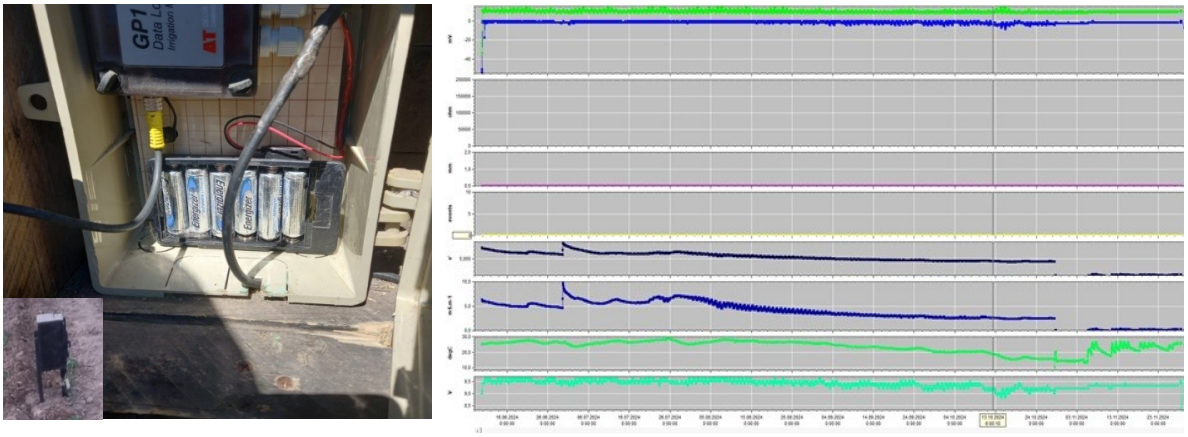


Рисунок 7. Оборудование солемером и его показания.

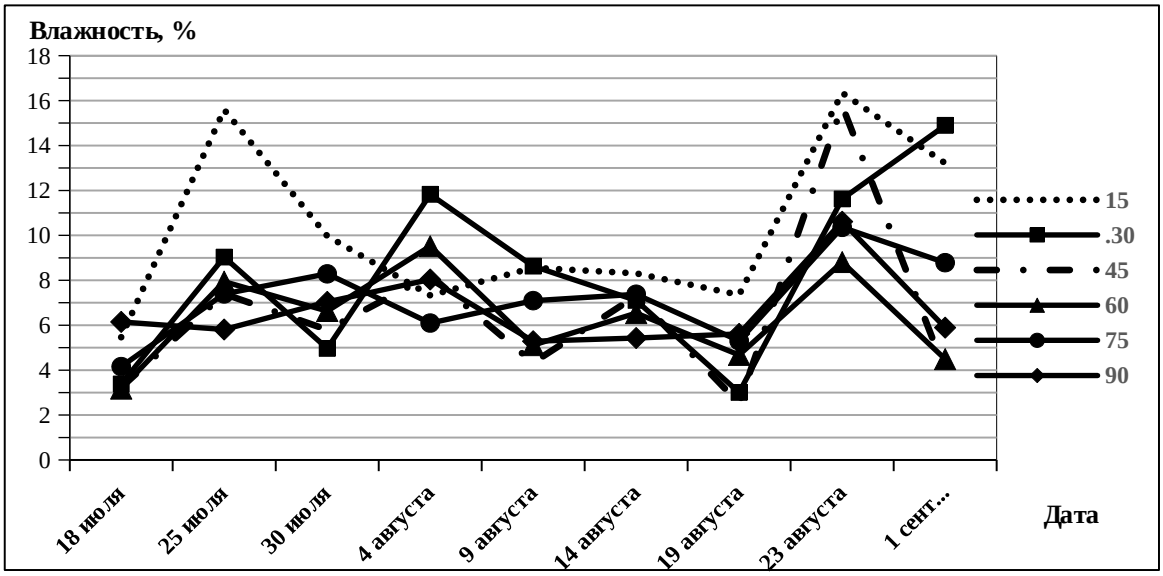


Рисунок 8. Динамика влажности почвы на опытном участке под хлопчатником

В вегетацию количество влаги и солей определялось в почвенных образцах (рис. 8,9). Образцы почв отбирались по слоям, соответствующим глубинам датчиков тензиометров, и затем анализировались в лаборатории. Кроме того, использовано оборудование, позволяющее устанавливать солемер (рис. 7) стационарно и получать данные в непрерывном режиме, не нарушая почву бурением.

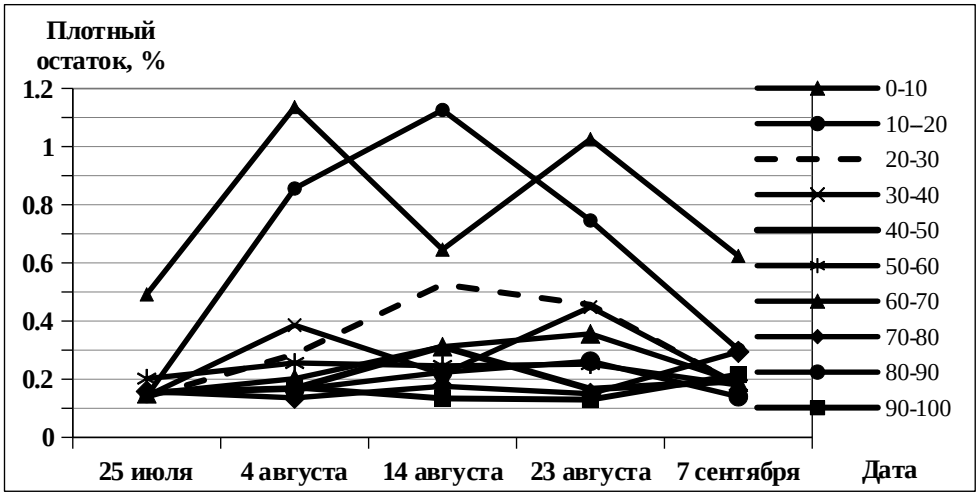


Рисунок 9. Динамика засоления почвы на опытном участке под хлопком

Засоление почвы влияет на способность растений получать воду, с одной стороны, и имеет токсическое действие на рост и развитие растений, с другой стороны. В связи с этим необходимо изучить процессы модели влаго-солепереноса, точно описывающие одновременные динамические процессы. Очень важным, кроме описания процесса, для достоверности является набор входящих его параметров.

Для решения поставленной задачи получена основная гидрофизическая характеристика — зависимость потенциала почвенной влаги от влажности — на основе (табл. 1) полевых данных всех установленных тензиометров.

Таблица 1. Значение объемной влажности (%) и потенциала почвенной влажности

(log. см. в.ст.) Дата	Влажность % весов %	pF, 15 см	Влажность % весов %	pF, 30 см	Влажность % весов %	pF, 45 см	Влажность % весов %	pF, 60см	Влажность % весов %	pF, 75 см	Влажность % весов %
25.07.2023	23,39	0	12,74	0	10,28	0	11,04	-2,41	10,12704	-2,18	7,95
30.07.2023	14,95	-2,08	7,001	-2,08	8,06	-1,008	9,21	-0,71	11,35182	-2,86	9,64
04.08.2023	11,00	-2,18	16,67	-2,49	11,41	-1,71	13,23	-2,12	8,35015	-2,88	11,01

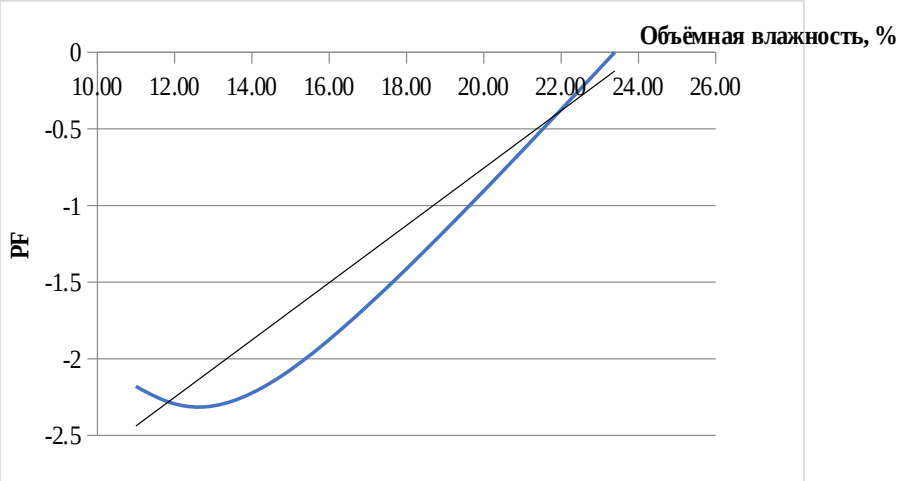


Рисунок 10. Основная гидрофизическая зависимость.

Зависимость потенциала почвенной влаги от влажности почвы на глубине 15 см (рис. 10). Полный потенциал почвенной влаги состоит из матричного и осмотического потенциала. Первый определяется гранулометрическим составом, второй — засолением почв.

Осмотический потенциал – это мера снижения водного потенциала системы. Осмотический потенциал водного раствора всегда отрицателен. Чем больше в растворе молекул растворенного вещества, тем этот потенциал ниже. Разница в водном потенциале между внешним и внутренним пространством мембраны является силой, позволяющей транспортироваться воде почвенной в корень растения.

Зависимость между потенциалом почвенной влаги (сосущей силой почвы) и засолением представлена ниже (рис.11).

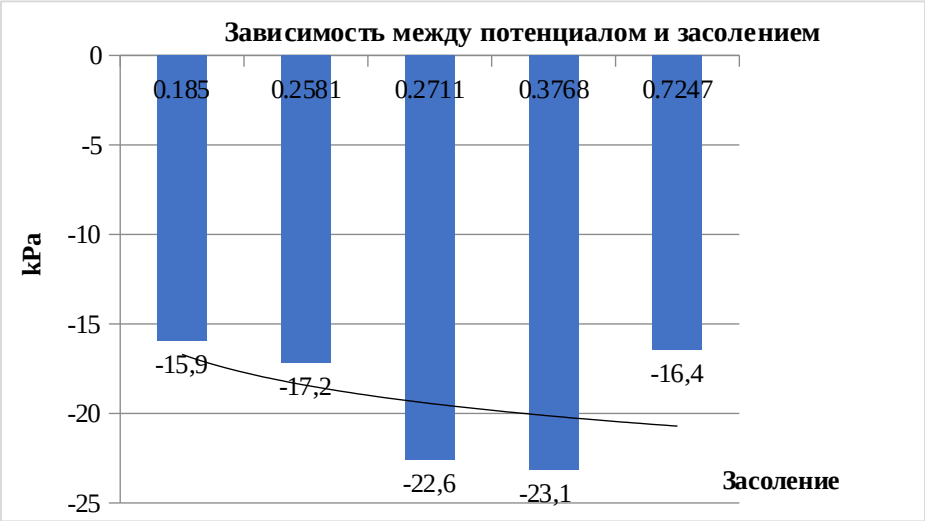


Рисунок 11. Зависимость между потенциалом почвенной влаги и засолением

Выводы

В жарком и сухом климате с преобладанием в почве восходящего тока воды засоление встречается очень часто, на огромных площадях, на большей части территорий степной, полупустынной и пустынной зон. К последней относится территория Приаралья. Проведенный анализ на территории Приаралья показал, что в почве существует сложная система взаимодействия между солями, влажностью почвы, которая влияет на сосущую силу почвы и, следовательно, на возможность потребления воды растениями, на потенциальное водопотребление, что диктует использование методов, позволяющих проводить непрерывный мониторинг состояния среды.

Список литературы

Качинский, Н. А. Физика почвы: учебник / Н. А. Качинский. – Москва: Высшая школа, 1965.