



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций



Учебное руководство

Инновационные подходы
и технологии управления
засолением маргинальных
земель Центральной Азии

Финансируемый



Учебное руководство

**Инновационные подходы
и технологии управления
засолением маргинальных
земель Центральной Азии**

**Тодерич Кристина, Хужаназаров Тимур, Ибраева
Мария, Торешов Парахат, Бозаева Жаныл,
Конюшкова Мария, Кренке Александр**

Обязательная ссылка:

Тодерич К., Хужаназаров Т., Ибраева М., Торешов П., Бозаева Ж., Конюшкова М.В. и Кренке А.Н. 2022. Учебное руководство. Инновационные подходы и технологии управления засолением маргинальных земель Центральной Азии. Нур-Султан, ФАО. <https://doi.org/10.4060/cb9685ru>

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Мнения, выраженные в настоящем информационном продукте, являются мнениями автора (авторов) и не обязательно отражают точку зрения или политику ФАО.

Используемые обозначения и представление материала на карте (картах) не означают выражения какого-либо мнения со стороны ФАО относительно правового или конституционного статуса той или иной страны, территории или морского района, или относительно делимитации границ.

ISBN 978-92-5-136104-7
© ФАО, 2022



Некоторые права защищены. Настоящая работа предоставляется в соответствии с лицензией Creative Commons "С указанием авторства – Некоммерческая - С сохранением условий 3.0 НПО" (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.ru>).

Согласно условиям данной лицензии настоящую работу можно копировать, распространять и адаптировать в некоммерческих целях при условии надлежащего указания авторства. При любом использовании данной работы не должно быть никаких указаний на то, что ФАО поддерживает какую-либо организацию, продукты или услуги. Использование логотипа ФАО не разрешено. В случае адаптации работы она должна быть лицензирована на условиях аналогичной или равнозначной лицензии Creative Commons. В случае перевода данной работы, вместе с обязательной ссылкой на источник, в него должна быть включена следующая оговорка: «Данный перевод не был выполнен Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО). ФАО не несет ответственности за содержание или точность данного перевода. Достоверной редакцией является издание на [указать язык оригинала] языке».

Возникающие в связи с настоящей лицензией споры, которые не могут урегулированы по обоюдному согласию, должны разрешаться через посредничество и арбитражное разбирательство в соответствии с положениями Статьи 8 лицензии, если в ней не оговорено иное. Посредничество осуществляется в соответствии с "Правилами о посредничестве" Всемирной организации интеллектуальной собственности <http://www.wipo.int/amc/ru/mediation/rules/index.html>, а любое арбитражное разбирательство должно производиться в соответствии с "Арбитражным регламентом" Комиссии Организации Объединенных Наций по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ).

Материалы третьих лиц. Пользователи, желающие повторно использовать материал из данной работы, авторство которого принадлежит третьей стороне, например, таблицы, рисунки или изображения, отвечают за то, чтобы установить, требуется ли разрешение на такое повторное использование, а также за получение разрешения от правообладателя. Удовлетворение исков, поданных в результате нарушения прав в отношении той или иной составляющей части, авторские права на которую принадлежат третьей стороне, лежит исключительно на пользователе.

Продажа, права и лицензирование. Информационные продукты ФАО размещаются на веб-сайте ФАО (www.fao.org/publications); желающие приобрести информационные продукты ФАО могут обращаться по адресу: publications-sales@fao.org. По вопросам коммерческого использования следует обращаться по адресу: www.fao.org/contact-us/licence-request. За справками по вопросам прав и лицензирования следует обращаться по адресу: copyright@fao.org

Содержание

Об авторах	IV
Предисловие	IV
ВВЕДЕНИЕ	1
Комплексное управление природными ресурсами и роль местных сообществ	1
Проблемы сельскохозяйственного сектора в условиях деградации земель	2
Влияние изменения климата на сельское хозяйство	4
Засоление – глобальная и региональная проблема в управлении земельными и водными ресурсами	6
Вопросы по «Вводной части»	
МОДУЛЬ 1. Классификация, методы оценки и устойчивое управление засоленными почвами	7
Введение	7
Классификация засоленных почв	8
Методы оценки засоленных почв	9
Устойчивое управление засоленными почвами	21
Вопросы по Модулю 1	22
МОДУЛЬ 2. Подходы и наилучшие практики борьбы с засолением и повышения продуктивности маргинальных земель с использованием галофитов	23
Вопросы по Модулю 2	29
МОДУЛЬ 3. Скрининг и определение порога солеустойчивости, основы современной селекции и биотехнологии в условиях засоления и засухи	30
Вопросы к Модулю 3	42
МОДУЛЬ 4. Документация, выгоды и масштабирование наилучших практик и технологий биоземледелия на засоленных почвах	43
Вопросы по Модулю 4	55
МОДУЛЬ 5. Перекрёстные темы (Продовольственная программа и качество питания, анализ цепочки добавленной стоимости, вопросы вовлечения женщин)	56
Продовольственная программа и качество питания	56
Вопросы вовлечения женщин	63
Анализ цепочки добавленной стоимости и планирование	67
Вопросы к Модулю 5	70
БИБЛИОГРАФИЯ	71

Об авторах

Тодерич К.^{1,2}, Хужаназаров Т.³, Ибраева М.⁴, Торешов П.⁵, Бозаева Ж.⁶, Конюшкова М.В.⁷, Кренке А.Н.⁸

¹ Международная платформа научных и образовательных исследований засушливых земель Университета Тоттори, Тоттори, Япония.

² Международный центр биоземледелия в условиях засоления (ИКБА), Дубай, Объединённые Арабские Эмираты.

³ Центр исследований водных ресурсов, Институт исследований предотвращения стихийных бедствий, Киотский университет, Киото, Япония.

⁴ Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У.Успанова, Алматы, Казахстан.

⁵ Международный инновационный центр Приаралья при Президенте Республики Узбекистан, Республика Каракалпакстан, Узбекистан.

⁶ Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Нур-Султан, Казахстан.

⁷ Глобальное почвенное партнерство ФАО, Рим, Италия.

⁸ Институт географии РАН, Москва, Россия.

Учебное руководство было подготовлено в рамках проекта ФАО / ГЭФ (GCP/SEC/293/GFF) «Комплексное управление природными ресурсами в подверженных засухе и засоленных сельскохозяйственных производственных ландшафтах Центральной Азии и Турции («ИСЦАУЗР-2»)». Финансовая поддержка предоставлена Глобальным экологическим фондом.

Предисловие

Последствия изменения климата, роста населения и глобальных экономических кризисов оказывают негативное воздействие на экономику в целом, и особенно на продуктивность засоленных, засушливых и деградированных земель в Центральной Азии, в том числе в Казахстане.

В этих условиях необходимым условием обеспечения стабильного, устойчивого развития и продовольственной безопасности является применение комплексного, научного и инновационного подходов к использованию и управлению ограниченных природных ресурсов.

Данное практическое руководство подготовлено по результатам вебинара «Инновационные подходы и технологии борьбы с засолением маргинальных земель Центральной Азии», который проводился 07-12 августа 2020 г., в рамках проекта ФАО-ГЭФ «Комплексное управление природными ресурсами в подверженных засухе и засоленных сельскохозяйственных производственных ландшафтах Центральной Азии (ИСЦАУЗР-2/САСИЛМ-2)».

Тематическая информационная программа вебинара была построена на модульном подходе, где модуль представляет собой законченный блок по вопросам засоления природных сред, в том числе почвы, воды, сельскохозяйственных угодий, поиска подходов и внедрения инновационных технологий для управления и снижения ущерба от засоления:

- ◆ Модуль 1 – Классификация, методы оценки и устойчивое управление засоленными почвами;
- ◆ Модуль 2 – Подходы и наилучшие практики борьбы с засолением и повышения продуктивности маргинальных земель с использованием галофитов;
- ◆ Модуль 3 – Скрининг и определение порога солеустойчивости, основы современной селекции и биотехнологии в условиях засоления и засухи;
- ◆ Модуль 4 – Документация, выгоды и масштабирование наилучших практик и технологий биоземледелия на засоленных почвах;
- ◆ Модуль 5 – Перекрестные темы (Продовольственная программа и качество питания, анализ цепочки добавленной стоимости, вопросы вовлечения женщин и др.).

Учебное руководство предназначено для проведения практических занятий в вузах, а также тренингов, организуемых в странах Центральной Азии (ЦА), с целью повышения потенциала фермеров, водопользователей, животноводов и лиц, принимающих решения в области комплексного управления природными ресурсами (КУПР) в подверженных засухе и засоленных сельскохозяйственных производственных ландшафтах региона, а также расширения масштаба применения имеющегося передового опыта и практик.

Учебное руководство включает информацию по предлагаемым модулям, раскрывая вопросы контроля качества земель и управления процессами засоления; технологии использования маргинальных водных ресурсов для производства кормов; технологии выращивания новых засухо- и солеустойчивых традиционных и редко используемых* культур; технологии для оценки адаптационных свойств высоко-продуктивных генетических линий и сортообразцов, а также основ их первичного семеноводства, производства семян на уровне хозяйств, контроля технических свойств и посевные качества семян и другие вопросы развития сельского хозяйства на маргинальных землях, которые имеют важное значение в сельскохозяйственном секторе. Эти материалы могут быть приняты за основу и адаптированы для обучающихся мероприятий в зависимости от целевой группы и существующих местных условий.

Данный материал нацелен на развитие потенциала и знаний студентов сельскохозяйственных вузов, сельскохозяйственных работников, местных фермеров, домохозяйств, заинтересованных в развитии биосолевого земледелия (biosaline agriculture). В нем также рассмотрены вопросы анализа и планирования производственно-сбытовой цепочки, вопросы гендерного равенства, в частности участие женщин и расширение их прав и возможностей в развитии сельского хозяйства в условиях засоления.

В подготовку данного руководства внесли вклад авторы и партнеры проекта ИСЦАУЗР-2/САСИЛМ-2 почти из всех стран Центральной Азии, представители ведущих научных институтов и неправительственных организаций Казахстана, которые в своей деятельности сталкивались с вопросами засоления почв.

Авторы выражают особую благодарность Махмуду Шаумарову, Ольге Гребенниковой, Акмарал Сман, Бахытжану Дуйсембекову, Азамату Ершибулову, Сугёнг Кан и Мадине Касеновой за неоценимую помощь и поддержку в разработке данного руководства.

Проект ИСЦАУЗР-2/САСИЛМ-2 также благодарит Министерство сельского хозяйства Казахстана, в частности Комитет по управлению земельными ресурсами, Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Казахстана, а также управление изыскания мониторинга земель НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Казахстана за постоянную поддержку в реализации проектных мероприятий.



ВВЕДЕНИЕ

Комплексное управление природными ресурсами и роль местных сообществ

Понятие комплексное управление природными ресурсами подразумевает комплекс мер, направленных на рациональное использование природных ресурсов на основе интегрирования подходов и координации деятельности всех заинтересованных сторон. Комплексный подход должен применяться на двух уровнях. С одной стороны следует учитывать все экологические и социально-экономические факторы (в том числе, например, воздействие различных экономических и социальных факторов на окружающую среду и природные ресурсы), а с другой стороны, все компоненты окружающей среды и ресурсов (как, например, воздух, вода, биота, почва, геологические и природные ресурсы).

Почва и вода являются ключевыми природными ресурсами для устойчивого функционирования экосистем, обеспечения продуктов питания людей и существования человечества. Эффективное их использование является необходимым условием улучшения социального и экономического развития стран.

Для того, чтобы в будущем человеческие потребности удовлетворялись на устойчивой основе, в настоящее время необходимо стремиться к более эффективному и бережному использованию земельных и других природных ресурсов. Разработка соответствующих стратегий и комплексное территориально-пространственное планирование и управление, а также планирование землепользования и управление им являются важнейшим практическим путем достижения этих целей.

Таким образом, устойчивая стратегия подразумевает такое развитие, которое обеспечивает соответствующий уровень социально-экономического развития общества и качества окружающей среды одновременно.

Рисунок 1. Вовлечение местных сообществ в управление землепользованием и диверсификацией культур



Фото с проектных участков ИСЦАУЗР-2 в Казахстане и Таджикистане

Для успешной реализации устойчивых стратегий одним из важнейших условий является участие местных сообществ в управлении землепользованием, которое непосредственно выражается в использовании традиционных методов и навыков населения в планировании и ведении земледелия, реализации агрохозяйственных и мелиоративных технологических приемов обработки земли с целью получения высоких урожаев и недопущения ухудшения ее качественного состояния.

На уровне местных сообществ управление землепользованием включает:

- ◆ самостоятельное планирование посевных площадей с учетом конкретных природно-климатических условий региона, качественного состояния земель, водообеспеченности, целесообразности выращивания тех или иных культур;
- ◆ обоснование ротации сельскохозяйственных культур;
- ◆ применение современных технологий обработки земли;
- ◆ предотвращение (недопущение) ухудшения экологического состояния (деградации) земель и повышение их продуктивности;
- ◆ повышение рентабельности сельскохозяйственного производства (ПРООН, 2011).

Проблемы сельскохозяйственного сектора в условиях деградации земель

Снижение доступности оросительной воды в бассейне Аральского моря и неблагоприятная экологическая обстановка в этом регионе приводят к значительным ежегодным потерям качества и количества урожая многих хозяйственно-ценных сельскохозяйственных культур.

Повышение уровня грунтовых вод и их минерализация, увеличение степени засоления, заболачивание, иссушение почв, миграция и аккумуляция токсичных солей в корнеобитаемом слое и нижележащими профилями почв отрицательно влияют на потенциальную продуктивность земельных и растительных ресурсов региона.

Интенсивное использование водных и земельных ресурсов, избыток полива, перевыпас, вырубка древесно-кустарниковых пород растений на топливо приводит к тому, что плодородные земли становятся непригодными для орошаемого земледелия, а также оазисного пустынно-пастбищного кормопроизводства и животноводства.

Рисунок 2. Деградация пастбищ в результате нерационального использования



А. Перевыпас приводит к деградации земель (Алматинская область, Казахстан)
Б. Деградация пастбищных угодий вокруг кишлаков или водоемов (Петровский сельский округ, Карагандинская область, Казахстан)

Ключевыми проблемами деградации земель, вызывающими серьезную обеспокоенность, являются:

- ◆ Вторичное засоление орошаемых земель;
- ◆ Заболачивание, подтопление и переувлажнение земель под воздействием орошаемого земледелия;
- ◆ Неэффективное функционирование коллекторно-дренажной сети из-за износа, несвоевременного проведения их реконструкции и очистки, что не в состоянии обеспечить понижение уровня грунтовых вод до безопасного предела, не вызывающего заболачивание и засоление земель;
- ◆ Истощение почв - потеря гумуса и питательных элементов, уплотнение;
- ◆ Водная и ветровая эрозия почв в предгорных районах;
- ◆ Дефляция и деградация пастбищ в пустынных районах отгонного животноводства;
- ◆ Обезлесение и потеря видового разнообразия;
- ◆ Загрязнение почвы агрохимикатами, промышленными химическими загрязнителями;
- ◆ Опустынивание земель, соседствующих с территорией осушенного дна Аральского моря.

Рисунок 3. Факторы, ведущие к засолению и деградации



А. Исчезновение лесного покрова и вырубка древесной растительности
Б. Нерациональное использование воды приводит к вторичному засолению земли (Кызылорда, Казахстан)

Перечисленные аспекты деградации земель предопределены самой природой, но усилены нерациональным природопользованием и хозяйственными мероприятиями, а именно:

- ◆ Недостаточностью разработок по научно-обоснованным почвозащитным агротехнологиям обработки земли, необоснованными методами обработки (вспашка, рыхление и т.д.);
- ◆ Нарушением агрономических требований в растениеводстве (отсутствие севооборота культур, несоответствующее научно обоснованным нормам использования удобрений, особенно органических сидератов, пестицидов и др.);
- ◆ Недостаточное использование потенциала фитомелиорирующих культур и полезащитных лесных полос;
- ◆ Плохой или несоответствующей требованиям ирригации (состояние инфраструктуры оросительной и дренажно-коллекторной системы, режим орошения культур, чрезмерная промывка почв от избытка солей);
- ◆ Нарушением норм и правил рационального пастбище пользования (превышение нагрузки поголовья скота на пастбище, отсутствие пастбище оборота и мер улучшения продуктивности пастбищных угодий);
- ◆ Недостаточным потенциалом земле- и водопользователей по владению методами и способами устойчивого управления земельными ресурсами;
- ◆ Недостаточной информированностью и вовлеченностью широких слоев населения в решение проблем, связанных с деградацией земель.

Важная роль в нарастании процесса опустынивания и засоления почв принадлежит также социальным аспектам:

- ◆ Отсутствие стимулов у фермеров, водопользователей и скотоводов совершенствовать производство и повышать производительность, в связи с не отлаженным механизмом штрафных санкций за нарушение дисциплины водопользования и поощрений за эффективное использование водных и земельных ресурсов;
- ◆ Недостаточное, централизованное обеспечение жителей полупустынных и особенно пустынных регионов топливом (уголь, газ и др.), что вынуждает заготавливать дрова в больших объемах, уничтожая древесную кустарниковую и полукустарниковую растительность, которая несет почвозащитную функцию и поддерживает функционирование агроэкосистем.

Недостаток водоизмерительных устройств, подача воды на фермерские поля осуществляется «на глаз», без учета биологической потребности растений и водно-физических свойств почвы. Часто поливы проводят нормами, превышающими оптимальные почти в два раза, что ведет к поднятию грунтовых вод и заболачиванию земель.

Рисунок 4. Нерациональное использование водных ресурсов при орошении



А. Заиление и загрязнение ирригационных каналов вдоль реки Зарафшан (Узбекистан)
 Б. Неправильное использование воды может привести к засолению почвы (Кызылорда, Казахстан)

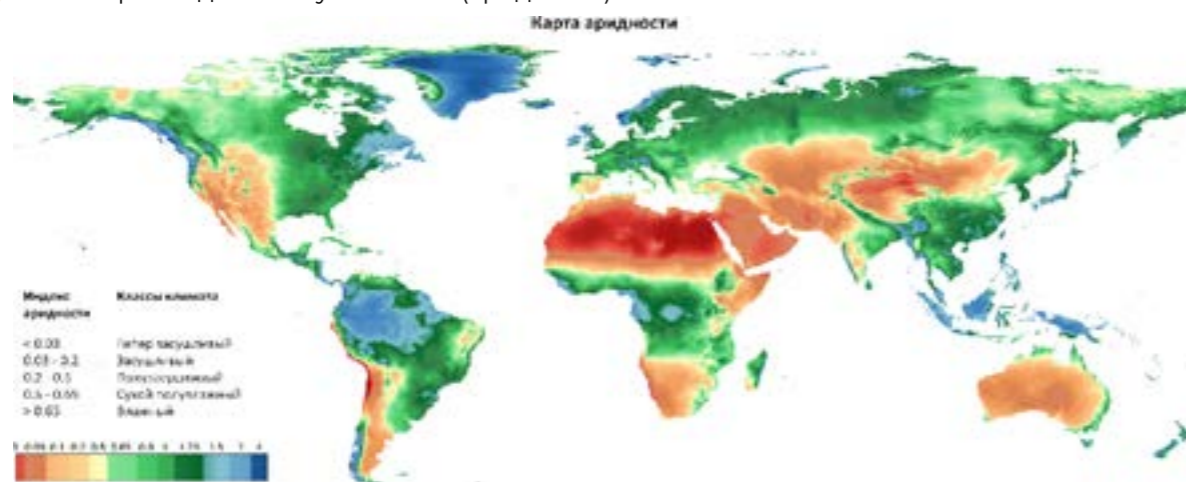
Промывка засоленных почв от избытка (начиная со средней степени) на преобладающей площади проводится в условиях слабой дренированности земель и высоком стоянии грунтовых вод. Большие промывные нормы в недостаточно дренируемых условиях не дают желаемого эффекта, пополняют грунтовые воды и усложняют реставрацию засоления. Низкий уровень технического состояния ирригационно-дренажной инфраструктуры, недостаточное финансирование на её поддержание, слабая служба мониторинга не обеспечивают своевременное предупреждение засоления. Наиболее ощутимым фактором увеличения расхода поливной воды и, как следствие, повышения уровня грунтовых вод, приводящей к вторичному засолению и заболачиванию, является невыровненность посевных площадей. Это в конечном счёте приводит к резкому снижению урожайности сельскохозяйственных культур за счёт образования засоленных пятен на поле и невозможности проведения качественных вегетационных поливов, а также большой нагрузке на коллекторно-дренажную сеть.

Совокупность указанных негативных факторов отрицательно влияет на состояние биоразнообразия, происходит снижение продуктивности староорошаемых и природных пастбищных угодий, и, как следствие, ухудшение кормовой базы животноводства, а вслед за ним падение уровня жизни населения, проживающего в отдаленных пустынных и полупустынных районах. Для большей части деградированных и засоленных земель негативные изменения приобрели необратимый характер. Ежегодно общие потери стран Центральной Азии (ЦА), Туркменистана, Таджикистана, Узбекистана и Казахстана, оцениваются в 2,5 миллиарда долларов, связанных с опустыниванием и деградацией земель (Qadir et al., 2014). Без крупных финансовых вложений и использования человеческих ресурсов их восстановление практически невозможно.

Влияние изменения климата на сельское хозяйство

В соответствии с данными ООН, 40 процент поверхности земли являются засушливыми и имеют тенденции к засолению (Рисунок 5).

Рисунок 5. Карта индекса засушливости (аридности)



На основе данных Antoni Trabucco и Robert Zomer (Global Aridity Index dataset by CGIAR-CS, 2019.)

В настоящее время в странах Центральной Азии наблюдается устойчивая тенденция к потеплению.

Вследствие высокой зависимости экономик стран ЦА от сельского хозяйства и изменчивости водных ресурсов, изменение климата приведет, к:

- ◆ усилению водного дефицита;
- ◆ увеличению водопотребления на ирригацию;
- ◆ увеличению вторичного засоления земель;
- ◆ снижению производительности сельскохозяйственных земель, включая пастбища и т.д.;
- ◆ выпадению определённого количества пахотных земель из сельскохозяйственного оборота.

Вклад в деградацию земли вносят также стихийные явления, такие как засуха, наводнения, оползни, сели, а в последнее время и соли, поднимаемые с осушенного дна Аральского моря, частота проявления которых в условиях изменения климата увеличивается.

Для региона ЦА адаптация к изменению климата должна стать первоочередным приоритетом развития, так как важнейшие ресурсы страны тесно связаны с климатом и водой.

Адаптация должна быть направлена на максимизацию возможных выгод и минимизацию потерь, и выработку комплекса технических, стимулирующих и противодействующих мер и планов действий на всех уровнях.

Приоритетные направления деятельности по адаптации и смягчению последствий изменения климата включают:

- ◆ Смягчение последствий изменения климата путем снижения эмиссии парниковых газов;
- ◆ Адаптация сельского и водного хозяйства к изменению климата, включая разработку Национальных планов действий по адаптации для этих секторов;
- ◆ Адаптивное управление водными ресурсами;
- ◆ Анализ потребностей, разработка, развитие и передача новых технологий по смягчению последствий и адаптации сельского хозяйства;
- ◆ Управление рисками (засуха) и поддержка мер по обеспечению продовольственной безопасности;
- ◆ Развитие климатического и сельскохозяйственного мониторинга и информационной системы, включая системы раннего предупреждения засух, в поддержку системы принятия решений.

Тематическая вставка 1

Примеры адаптационных практик для:

Орошаемого земледелия

- совершенствование дренажно-коллекторной системы для предупреждения заболачивания и засоления почв;
- повышение эффективности водопользования;
- внедрение водосберегающих технологий (капельное, почвенное орошение, дождевание);
- влагозарядковый полив;
- внедрение засухо-соле- и жароустойчивых культур;
- создание ветрозащитных насаждений, кулисных, буферных зон и фильтрующих полос для снижения водной и ветровой эрозии;
- использование теплиц;
- методы водосбережения при поливе по бороздам;
- внедрение передовых и инновационных ресурсосберегающих технологий в ведении сельского хозяйства;
- применение различных эффективных поливочных агрегатов.

Богарного земледелия

- поверхностное и радикальное улучшение деградированных пастбищ; внедрение засухоустойчивых сортов;
- разработка и внедрение технологий водосбора (сбор талловых вод; осадков), хранение (подземных водохранилищ, сардоба, черле, хауз) и подача воды в летнем вегетационном сезоне с/х растений)
- освоение усовершенствованных методов обработки почвы (нулевые технологии);
- использование севооборотов;
- восстановление залежных земель путем посева кормовых культур.
- применение альтернативных методов хозяйствования и т.д.

Засоление – глобальная и региональная проблема в управлении земельными и водными ресурсами

Засоление является всемирной проблемой, особенно острой в засушливых и полузасушливых районах, где используют избыток оросительной воды, и почвы плохо дренируются и плохо промываются водой. Эти условия внутриконтинентального типа засоления (inland salinization), как указано на рис. 6, встречаются в основном в районах Ближнего Востока, на Северной равнине Китая, в Центральной Азии и Южного Кавказа, Юг России, стран Северной Африки и Калифорнии, в бассейне реки Колорадо.

Рисунок 6. Засоленные и солонцеватые почвы мира



Источник: Wicke et al., 2011.

Засоление - основной фактор, снижающий продуктивность во всем мире, затрагивающий около 20 процент или около 300 млн. га орошаемых сельскохозяйственных земель в мире. Ученые подсчитали, что из них 70 млн. га полностью выведены из сельскохозяйственного оборота, а 60 млн подвержены процессам засоления, но могут быть восстановлены (Hossain, 2019).

С 1990-х годов количество земель подверженных засолению увеличилось в 2,4 раза, что привело к снижению урожая сельскохозяйственной продукции на 25-30 процент. Департамент сельского хозяйства США (USDA) отмечает, что основной причиной засоления является избыток орошения. По данным Института воды, окружающей среды и здоровья при Университете Организации Объединенных Наций (UNU-INWEH) ущерб от засоления в мире составляет более долл27,3 млрд в год. В Центральной Азии, только в дельтах рек ущерб оценивается на сумму более долл2,5 млрд ежегодно (Qadir et al., 2014).

Вопросы по «Вводной части»

- ◆ В чем заключается понятие «комплексное управление природными ресурсами»?
- ◆ Назовите ключевые проблемы деградации земель в Центральной Азии.
- ◆ Перечислите негативные последствия изменения климата для региона Центральная Азия.
- ◆ Приведите примеры мер по адаптации к изменению климата для богарного земледелия.
- ◆ Приведите примеры мер по адаптации к изменению климата для орошаемого земледелия
- ◆ Назовите негативные последствия засоления, применительно к засушливым и полузасушливым условиям.

Модуль 1

Классификация, методы оценки и устойчивое управление засоленными почвами

Введение

Засоленность почв является одной из основных угроз, препятствующих их здоровому функционированию. В результате засоления могут быть нарушены ряд экосистемных функций почв, такие как обеспечение продуктивности природных и сельскохозяйственных экосистем, поддержка почвенного биоразнообразия, сохранение и движение влаги и питательных веществ в почве (FAO and ITPS 2015).

Засоленность почвы — это избыточное скопление в корнеобитаемом слое легкорастворимых солей, которые угнетают сельскохозяйственные растения, снижают качество и количество урожая. Соли сами по себе в большинстве случаев не являются токсичными для растений, но их присутствие в почвенном растворе снижает доступность влаги. Существует ряд растений, которые адаптированы к засоленным почвам (галофиты и солеустойчивые растения), однако подавляющая часть растений от солей страдает.

К основным типам почв, которые характеризуются как засоленные, относятся солончаки и солончаковые/солончаковатые солонцы (Рисунок 7).

Рисунок 7. Наиболее распространенные типы засоленных почв агроландшафтов



А. Засоленные почвы: солончаки с выходами солей на поверхности (Бухарский оазис, Узбекистан)
Б. Солонцы с солями в подповерхностных горизонтах (Поселок Борси, Казахстан)

Однако засолению могут быть подвержены любые почвы: черноземы, каштановые почвы, сероземы, лугово-сероземные и другие, если в их профиле будет выявлено присутствие солей выше пороговых значений: электропроводности экстракта из почвенной пасты более 2 дСм/м или 1-3 г солей на килограмм почвы (0.1-0.3 процент) в зависимости от химического состава солей. Согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов ФАО, к засоленным (Salic) относят горизонты с электропроводностью экстракта почвенной пасты более 15 дСм/м (или более 8 дСм/м в щелочных почвах), при этом мощность горизонта должна превышать 15 см (Рабочая группа IUSS WRB, 2015). Это примерно соответствует 8-15 г солей на килограмм почвы (0.8-1.5 процент) в зависимости от состава солей. Такие почвы относятся к категории экстремально засоленных, и на них может произрастать только галофитная растительность. На почвах со значениями электропроводности экстракта почвенной пасты от 2 до 15 дСм/м, или содержанием солей от 1-3 до 8-15 г солей на килограмм почвы (в зависимости от состава солей) может произрастать более широкая группа растений, в том числе многие культурные растения, обладающие устойчивостью к засолению почв. Такие растения называют солеустойчивыми.

При этом различают:

- ◆ первичное засоление почв — естественное накопление в почве солей вследствие испарения грунтовых вод, солёности материнских пород или при воздействии эоловых, биогенных или других факторов;
- ◆ вторичное засоление почв — накопление в почве солей, происходящее вследствие искусственного изменения водного режима, например, при неправильном орошении. Вторичное засоление почв может возникать в незасоленных или первично засоленных

почвах. В большинстве случаев вторичное засоление вызывается перемещением к поверхности водно-растворимых солей из глубоких слоев подстилающих пород и грунтовых вод, или притоком минерализованных вод с вышерасположенных орошаемых массивов, а также при орошении засоленными водами и фертигации.

Классификация засоленных почв

Существуют различные классификации засоленных почв по степени засоления¹. Наиболее широко используемой в мире является классификация засоленности почв Солевой лаборатории США, согласно которой к слабозасоленным относят почвы с электропроводностью экстракта из почвенной пасты ECse² от 2 до 4 дСм/м, к средnezасоленным – от 4 до 8 дСм/м, к сильнозасоленным – от 8 до 16 дСм/м, к очень сильнозасоленным – более 16 дСм/м (Таблица 1). Так как подготовка экстрактов из почвенной пасты является очень трудоемким процессом, то используются различные методы упрощения процедуры, которые описаны ниже в разделе «Химические методы».

Таблица 1. Пороговые значения засоленности почв по данным электропроводности экстракта из почвенной пасты

ECse, дСм/м	Степень засоления почв	Влияние на рост с/х культур
0-2	Нет засоления	Незначительное
2-4	Слабая	Урожайность культур, чувствительных к засолению, может снижаться
4-8	Средняя	Урожайность большинства культур снижается
8-16	Сильная	Только солеустойчивые культуры могут давать удовлетворительный урожай
>16	Очень сильная	Только некоторые самые солеустойчивые культуры могут давать удовлетворительный урожай

Источник: Richards (1954)

На Евразийском пространстве традиционно используется классификация засоленности почв, основанная на определении суммы солей в водной вытяжке из почв при разбавлении почвы в воде в соотношении 1:5 (Таблица 2). В этой классификации пороговые значения различаются в зависимости от состава солей. В случае преобладания хлоридов в составе солей к слабозасоленным относятся почвы с содержанием солей от 1 до 2 г солей на килограмм почвы; к средnezасоленным - от 2 до 4 г солей на килограмм почвы; к сильнозасоленным – от 4 до 8 г солей на килограмм почвы; к очень сильнозасоленным – более 8 г солей на килограмм почвы.

Таблица 2. Пороговые значения засоленности почв по данным водной вытяжки из почв 1:5

Степень засоления	Содержание солей в почве в зависимости от состава солей			
	Хлоридный состав солей $Cl^-/SO_4^{2-} > 1$, pH < 8.5	Хлоридно-сульфатный состав солей $0.5 < Cl^-/SO_4^{2-} < 1$, pH < 8.5	Сульфатный состав солей $Cl^-/SO_4^{2-} < 0.5$, pH < 8.5	Содовый состав солей $HCO_3^- + CO_3^{2-} > Cl^-$, $HCO_3^- + CO_3^{2-} > SO_4^{2-}$, pH > 8.5
Нет засоления	< 1 г/кг	< 2 г/кг	< 3 г/кг	< 1 г/кг
Слабая	1 – 2 г/кг	2 – 4 г/кг	3 – 6 г/кг	1 – 2 г/кг
Средняя	2 – 4 г/кг	4 – 6 г/кг	6 – 8 г/кг	2 – 3 г/кг
Сильная	4 – 8 г/кг	6 – 10 г/кг	8 – 15 г/кг	3 – 5 г/кг
Очень сильная	> 8 г/кг	> 10 г/кг	> 15 г/кг	> 5 г/кг

Источник: Панкова и др. (2017)

Методы оценки засоленных почв

Современное высокопроизводительное земледелие основано на подходах цифрового (точного) земледелия (precision agriculture, satellite farming or site specific crop management). Эти подходы направлены на учет внутривидовой неоднородности продуктивности сельскохозяйственных культур, измеряемой единицами и десятками метров, выяснения причин такой неоднородности и выполнения целевых мероприятий для решения возникших проблем.

Точное земледелие опирается в своих подходах на использовании приборов точной геопространственной привязки (GPS, GNSS), наземных сенсоров (proximal soil sensing) и дистанционной съемки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или космических аппаратов (remote soil sensing).

В этом разделе будут рассмотрены современные подходы и оборудование, используемые для измерения и картографирования засоленных почв. Среди них: измерение электропроводности почв с помощью лабораторных и портативных кондуктометров и спектрометров; картографирование с помощью наземных электрофизических методов (измерение электромагнитной индукции) и дистанционных данных с космических аппаратов.

Химические методы («сырая химия почв»)

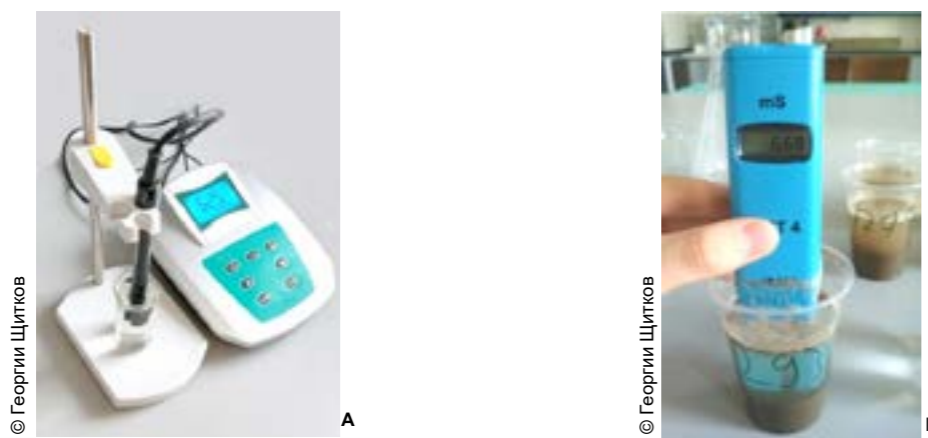
Анализ водной вытяжки из почв 1:5. Этот метод традиционно используется в Евразийском регионе и заключается в растворении солей, содержащихся в почвах, в соотношении 1 часть почвы и 5 частей воды (например, к 60 г почвы добавляется 300 мл воды и размешивается в течение 3 мин для полного растворения солей в растворе). Затем в полученной водной вытяжке из почв определяют содержание основных ионов солей: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻. Путем суммирования всех этих ионов получают общее содержание солей в почве. Методы определения самих ионов могут различаться и подробно рассмотрены в руководствах Воробьевой (2006), Rhoades (1983) и ряде других.

Анализ электропроводности. Более простым и широко используемым методом оценки засоления почв является измерение электропроводности в экстрактах из почвенной пасты либо при различных разбавлениях почвы с водой (1:1, 1:2, 1:2.5, 1:5, 1:10). Для измерения используются различные варианты кондуктометров: лабораторные и портативные (Рисунок 8). Портативные кондуктометры являются очень удобными в использовании, в том числе в полевых условиях, однако имеют ограничение при использовании в сильнозасоленных почвах, т.к. верхний предел измерения не превышает 20 дСм/м (что примерно соответствует 5 процент солей при разбавлении почвы к воде 1:5 или 2.5 процент солей при разбавлении 1:2.5).

¹ В данном руководстве не рассматриваются вопросы солонцеватости почв, которая приводит к деградации структуры почв и ухудшению водно-физических характеристик почвы

² ECse – электропроводность экстракта из почвенной пасты

Рисунок 8. Примеры кондуктометров



А. Лабораторный кондуктометр.
Б. Портативный кондуктометр.

Интерпретация результатов измерений при различных разбавлениях почвы к воде зависит от гранулометрического состава и гумусированности почв. В таблице 3 приводится шкала для интерпретации засоления почв по данным измерения электропроводности при разбавлении почвы с водой 1:5 для почв различного гранулометрического состава. Для почв с высоким содержанием гипса рекомендуется измерять электропроводность при меньшем разбавлении (1:1, 1:2, 1:2.5), чтобы снизить мешающее влияние разбавленного гипса на итоговое значение электропроводности. Более подробные примеры пересчета из данных измерений при разбавлении 1:1, 1:2.5, 1:5 в значения EC_{se} (экстракта из почвенной пасты) приведены в работе Sonmez *et al.* (2008).

Таблица 3. Классы засоления по данным измерения электропроводности при разбавлении почвы с водой 1:5 для почв различного гранулометрического состава

Степень засоления	EC _{1:5} в песчаных почвах (дСм/м)	EC _{1:5} в суглинистых почвах (дСм/м)	EC _{1:5} в глинистых почвах (дСм/м)	EC _{se} по данным экстракта из почвенной пасты (дСм/м)
Нет засоления	0–0,14	0–0,18	0–0,25	0–2
Слабая	0,15–0,28	0,19–0,36	0,26–0,50	2–4
Средняя	0,29–0,57	0,37–0,72	0,51–1	4–8
Сильная	0,58–1,14	0,73–1,45	1,01–2	8–16
Очень сильная	1,15–2,28	1,46–2,90	2,01–4	16–32
Экстремальное засоление	>2,28	>2,90	>4	>32

Источник: <https://www.agric.wa.gov.au/soil-salinity/measuring-soil-salinity>

Почвенная спектроскопия («сухая химия почв»)

Подходы почвенной спектроскопии (soil spectroscopy), которая в мировой практике становится одним из ведущих методов оперативного анализа почв и составления почвенных карт, в особенности при работе в детальном масштабе на уровне поля и хозяйства. В зарубежной литературе подходы почвенной спектроскопии получили название “dry chemistry” (сухая химия) в противопоставление традиционной «wet soil chemistry» (дословно, сырой химии почв), так как в последнем случае почвенный образец подвергают ряду процедур перед анализом: высушиванию, размельчению, просеиванию, смешиванию с химическим реагентом – и только после всех указанных процедур производится измерение почвенного свойства (Рисунок 9). Исключение ряда процедур пробоподготовки к анализу позволяет существенно сократить как временные, так и стоимостные затраты при проведении спектроскопических исследований с помощью почвенных сканеров. Подходы почвенной спектроскопии предлагаются в мировой практике в качестве основы для мониторинга состояния почв и решения современных вызовов, связанных с изменением климата, устойчивым управлением и продовольственной безопасностью (Rossel and Bouma, 2016).

Рисунок 9. Оборудование, используемое для традиционного «сырого» анализа почв (слева) и для «сухого» анализа почв (справа)



Оборудование, используемое для обычного анализа почвы в лаборатории почвенных исследований Келлога. Предоставлено Пэтти Джоунс.

Оборудование для спектроскопии почвы, используемое в Африке. Предоставлено организацией ICRAF

Источник: <https://news.globallandscapesforum.org/45442/a-library-for-understanding-the-soils-of-the-world/>

Почвенные сканеры могут быть ручными (hand held scanners), которые также имеют возможность установки на трактор (on the go) или беспилотный летательный аппарат, переносными (portable), а также стационарными (benchtop) (Рисунок 10).

Рисунок 10. Примеры различных вариантов спектроскопического оборудования для «сухого» анализа почв



Источник: Интернет-ресурсы

Основные виды (диапазоны съемки) спектроскопического оборудования, их достоинства и ограничения

Спектроскопическое оборудование делится на разные виды в зависимости от того, в каком диапазоне спектра проводится съемка: видимый диапазон (visible, VIS), ближний инфракрасный (near infrared, NIR), средний инфракрасный (middle infrared, MIR) и рентген-флюоресцентный (X-ray fluorescence, XRF) (Рисунок 11). Есть приборы, осуществляющие съемку в смешанных диапазонах, например: VIS-NIR, VIS-NIR-MIR, NIR-MIR. На рисунке отражены диапазоны спектров и соответствующие длины волн.

Рентгенограмма

Рисунок 11. Основные диапазоны съемки почвенными сканерами



Диапазон съемки определяет тот набор почвенных свойств, которые предполагается детектировать с помощью почвенных сканеров, так как в зависимости от диапазона будет повышаться или понижаться точность детектирования.

К неоспоримым достоинствам спектроскопических методов исследования почв по сравнению с общепринятыми лабораторными методами относятся:

- ◆ Скорость
- ◆ Низкая стоимость анализа
- ◆ Экологичность
- ◆ Нет необходимости в закупке химических реактивов и посуды
- ◆ Возможность неразрушающего способа исследования почв (съемка поверхности почв)
- ◆ Портативность оборудования
- ◆ Тем не менее, существует ряд ограничений при внедрении спектроскопических методов исследования почв:
- ◆ Необходимость наличия надежных региональных калибровочных данных в дополнение к существующим глобальным спектральным библиотекам или к библиотекам других стран. Однако стоит отметить, при пополнении новыми данными постоянно растет точность измерений.
- ◆ Для получения более точных результатов требуется высушивание и растирка образцов, что снижает скорость анализа.

При выборе оборудования и проведении спектроскопических исследований следует учитывать следующие моменты:

- ◆ Диапазон съемки выбирается в зависимости от набора свойств. Чем больше диапазон съемки, тем более широкий набор свойств почв для измерения.
- ◆ Пробоподготовка – чем лучше гомогенизирован образец, тем выше точность измерений
- ◆ Для рентген-флуоресцентного – возможен анализ только высушенных образцов или необходимо вносить поправку на влажность (измерять дополнительно влажность)
- ◆ Дополнительное оборудование, которое требуется для проведения спектральной съемки:
 - GPS-приборы
 - Влажномеры и/или сушильные шкафы
 - Гриндеры (для растирки образцов)

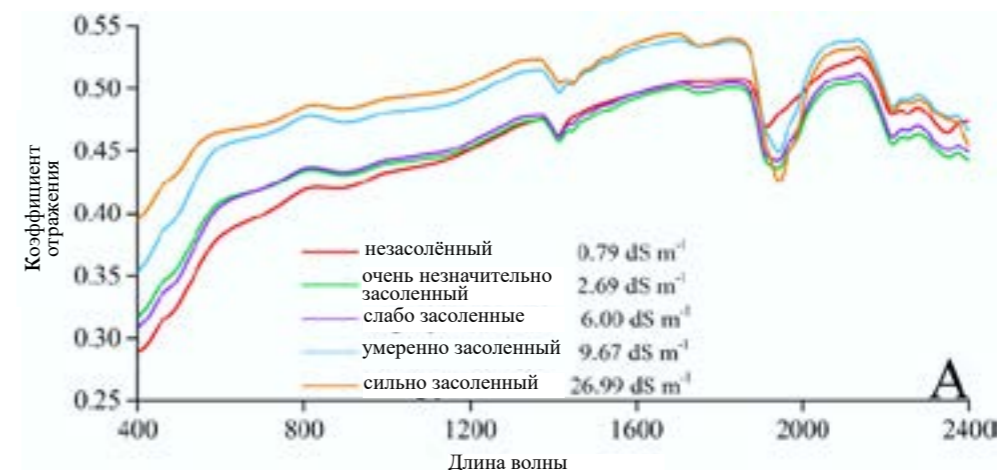
Основные свойства почв, которые можно измерять с помощью спектроскопического оборудования

Как показывает анализ литературы по спектроскопическим исследованиям почв, на настоящее время наиболее успешно с помощью спектроскопического оборудования, выполняющего сканирование в инфракрасном диапазоне (visNIR, MIR), можно успешно анализировать следующие свойства почв: pH, содержание органического углерода, общий углерод, содержание карбонатов, общий азот, гранулометрический состав, влажность завядания, емкость катионного обмена, засоление почв. С помощью спектроскопического оборудования, выполняющего сканирование в рентген-диапазоне (XRF), можно оценивать содержание всех элементов таблицы Менделеева начиная от Na (№23) или Mg (№24) до Am (№95). В основном XRF оборудование используется для оценки содержания поллютантов в почвах.

Измерение засоленности почв с помощью спектрометров (на примере Синьцзян-Уйгурского автономного региона КНР)

Исследования по применению спектроскопии для измерения засоленности почв еще не проводились в Евразийском регионе, несмотря на большой потенциал этого метода. Наиболее близкие по почвенным и климатическим показателям примеры можно привести по данным исследований на северо-западе КНР, в районе озера Эби-Нур (Wang et al., 2018). Использовалась съемка портативным прибором FieldSpec в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне (VIS-NIR, 350–2,500 нм). Для выявления связи между спектральными данными и лабораторными измерениями засоленности почв использовались две модели: частичная регрессия наименьших квадратов (PLSR) и случайный лес (RF). Засоление почв варьировало в очень широком диапазоне от 0.03 до 64.8 дСм/м, то есть от незасоленных до экстремально засоленных почв. Полученные усредненные спектры почв различной степени засоления приведены на рисунке 12.

Рисунок 12. Спектры отражательной способности почв разной степени засоления



Источник: Wang et al. (2018)

Как в случае обучающей (калибровочной), так и контрольной выборки модели RF оказались более точными, чем модели PLSR. Среди всех испробованных вариантов моделей с различными настройками, наиболее эффективной оказалась модель RF с производной 1.5 порядка от данных поглощения. R² этой модели составил 0.93, средняя квадратическая ошибка (RMSE) составила 4.57 дСм/м, а отношение производительности к отклонению (RPD) составило 2.78 ≥ 2.50.

Метод электромагнитной индукции

Еще одним широко используемым методом оценки и картографирования засоленности почв является измерение электромагнитной индукции почв с помощью портативных приборов EM38 (Рисунок 13) или EM31 (Heil and Schmidhalter, 2017). Он используется для площадной оценки и может применяться вручную или установлен на трактор. В Центральноазиатском регионе этот метод был успешно апробирован на засоленных почвах Узбекистана (Akramkhanov, Brus and Walvoort, 2014).

Рисунок 13. Полевая съемка с помощью метода электромагнитной индукции прибором EM38 на засоленных массивах Каракалпакстана, Узбекистан



Рекогносцировочная полевая экспедиция в Приаралье, Узбекистан

Значения электромагнитной индукции сильно коррелируют с засоленностью почв. Однако такие факторы, как увлажненность почв, гранулометрический состав почв (содержание ила), солонцеватость почв и температура могут сильным образом влиять на результирующие значения прибора. Для того, чтобы минимизировать влияние этих факторов на измерение засоленности почв, рекомендуется проводить измерения электромагнитной индукции при однородной влажности, гран.составе, солонцеватости и температуре. Также рекомендуется проводить калибровку прибора для каждого типа почв с помощью лабораторных измерений электропроводности в образцах почв до глубины 1.25 м (для EM38) и до глубины 6 м (для EM31) согласно руководству Bennett, George and Ryder (1995). Примерная шкала для интерпретации результатов измерений прибором EM38 приводится в таблице 4.

Таблица 4. Классы засоленности почв в зависимости от метода измерения

Степень засоления	ЕСе для всех почв (дСм/м)	ЕСа при измерении ЕМ38 в горизонтальном режиме (дСм/м)	ЕС _{1:5} для суглинистых почв (дСм/м)
Нет засоления	<2	<0.50	<0.2
Слабая	2–4	0.50–1	0.2–0.4
Средняя	4–8	1–1.5	0.4–0.8
Сильная	8–16	1.5–2	0.8–1.6
Очень сильная	16–32	2–4	1.6–3.2
Экстремальное засоление	>32	>4	>3.2

Источник: <https://www.agric.wa.gov.au/soil-salinity/measuring-soil-salinity>

Дистанционные методы

Для выполнения региональных оценок состояния земельных ресурсов на уровне областей и целой страны незаменимым инструментом являются данные спутникового мониторинга. Они не являются единственным компонентом системы мониторинга и должны сопровождаться такими компонентами как агроклиматический мониторинг и наземная почвенно-солевая съемка. Анализ данных дистанционного зондирования дает хорошую возможность для оценки пространственной структуры различных категорий почв, что позволяет улучшить оценку и поддержку принятия решений в управлении почвенными и водными ресурсами и снижения рисков, связанных с продовольственной незащищенностью.

Подходы к мониторингу состояния земель, основанные на данных дистанционного зондирования, широко распространены и хорошо представлены в научной литературе. Тем не менее, в Евразийском регионе существует разрыв между наукой и практикой в этой области, который необходимо преодолеть в ближайшем будущем. Крайне необходимо предпринять комплекс мер, направленных на модернизацию сельскохозяйственной системы и внедрить цифровые технологии мониторинга состояния земель на основе данных дистанционного зондирования.

Опыт цифрового картографирования засоленных почв на примере Кызылординской области Республики Казахстан. Кызылординская область расположена на юге Республики Казахстан вдоль нижнего течения реки Сырдарья, занимая значительную часть туранской низменности. На западе ее состав входит северная и восточная часть обсохшего дна Аральского моря, на юге северная часть пустыни Кызылкумы, на севере Приаральские Каракумы и Арыскумы и пустынные плато окраины Центрального Казахстана.

Проведение почвенно-географического районирования диктуется задачами использования территории, рациональным размещением и специализацией сельскохозяйственного производства с учетом разнообразия природных условий.

Вследствие пустынных биоклиматических условий формирования почвенного покрова Кызылординской области наибольшая часть ее территории в плане использования в качестве земель сельскохозяйственного назначения представлена пустынными пастбищами.

Исключение составляет центральный земледельческий пояс, который приурочен к аллювиально-дельтовым равнинам р. Сыр-Дарья, обводненным за счет действующих протоков и многочисленных каналов. Он состоит из Казалинского, Кызылординского и Чиилийского почвенно-географических районов и интенсивно используется под орошаемое земледелие, развитие которого имеет большое хозяйственное значение не только в областном, но и республиканском масштабе. Пойменные луговые, в том числе обсыхающие, почвы используются под зерновые, овощные и бахчевые культуры, лугово-болотные и болотные почвы - под рисосеяние при сооружении коллекторно-дренажной сети. Районы обладают также хорошей кормовой базой для развития животноводства.

Почвенный покров районов современной дельты р. Сырдарья и Южно-Сарысуйского характеризуется неоднородностью структуры, а почвы - высокой степенью засоления, что препятствует развитию здесь земледелия. Однако широкое распространение гидроморфных

и полугидроморфных почв с достаточно богатой растительностью позволяют использовать их в качестве пастбищ средней и местами высокой продуктивности.

Дарьялык-такырский, Кувандарьинский, Жанадарьинский почвенно-географические районы приурочены к древнедельтовым равнинам р. Сырдарья и характеризуются разреженной солянковой растительностью (на такыровидных почвах) или ее отсутствием (на такырах) и представляют собой крайне скудные безводные осенне-весенние пастбища. Однако при обводнении земли районов перспективны для рисосеяния, возделывания овощных, бахчевых и других культур.

Огромные территории в пределах Кызылординской области занимают песчаные массивы. В системе почвенно-географического районирования это район южных Малых Барсуков, район Приаральских Каракумов, Арыскумский, Жуванкумский, Восточно-приаральский, Бозшокынский, Северо-Кызылкумский районы. Благодаря неглубокому залеганию пресных или слабосоленых грунтовых вод и достаточному кормозапасу песчаные массивы используются в качестве круглогодичных или осенне-весенних пастбищ.

Северо-западный приаральский, Восточно-приаральский и Сырдарья-сарысуйский почвенно-географические районы расположены в пределах третично-мелового денудационного плато, которое характеризуется крайне слабой обводненностью. Преобладающие зональные пустынные бурые и серо-бурые почвы с большим участием солонцеватых родов и солонцеватых комплексов характеризуются бедной растительностью. Для земледелия эти районы непригодны. Используются в качестве малопродуктивных осенне-весенних пастбищ.

Почвенный покров Каратауского горного района представлен фрагментарно вследствие широкого распространения выходов плотных пород, что наряду с бедной растительностью не способствует на его территории развитию животноводства. Каратауский предгорный район характеризуется благоприятными условиями для земледелия, но они ограничены низкой оросительной способностью водоисточников.

Почвы района обсохшего дна Аральского моря оцениваются как малогумусные, засоленные, малоразвитые и примитивные, с близким залеганием высокоминерализованных грунтовых вод. Земельный фонд района можно рассматривать как пастбищные ресурсы на отдаленную перспективу при изыскании питьевых источников для скота и развитии растительного покрова.

В литературе описано много методов картографирования засоленных почв. Они включают методы, основанные на картах почвенных типов, изображениях дистанционного зондирования, мнении экспертов и цифровом картографировании (DSM) свойств почв, связанных с засолением. Помимо выработки пространственной информации (карт) о почвенных свойствах, связанных с засолением, метод цифрового картографирования почвенных индикаторов имеет потенциал в области количественной оценки неопределенности и точности картографирования (МНКА, 2021).

В работе представлены результаты картографирования засоленности почв Кызылординской области на основе методологии представленной FAO (GSP, 2021) и адаптированной в зависимости от входных данных территории.

Для картографирования засоленных почв использовались следующие материалы:

1. Почвенные данные сумма солей (TSS) из 2600 почвенных разрезов, которые были обследованы с 2004 по 2019 гг, (АИС ГЭК, 2021) почвенные данные расположены так, как показано в таблице 1.
2. Пространственные ковариаты, такие как среднегодовой объем осадков, земельный покров, геология, гидрогеология, изображения MODIS для дистанционного зондирования, высота над уровнем моря (DEM).
3. Классификация почв по степени засоления.

Таблица 5. Организация данных почвенных профилей

Образец	Углубление	Долгота	Широта	Диапазон глубины	Выше	Ниже	Горизонтально	Глубина	Почвенные данные, сумма солей
41	13	66,73	44,36	0_32	0	32	1	110	0,91
42	13	66,73	44,36	60_70	60	70	2	110	0,8
43	13	66,73	44,36	100_110	100	110	3	110	0,73
44	14	66,75	44,33	0_26	0	26	1	100	0,94
45	14	66,75	44,33	40_50	40	50	2	100	0,41
46	14	66,75	44,33	90_100	90	100	3	100	0,31
47	15	66,77	44,33	0_29	0	29	1	110	0,38
48	15	66,77	44,33	40_50	40	50	2	110	0,25
49	15	66,77	44,33	100_110	100	110	3	110	0,22
50	16	66,76	44,29	0_31	0	31	1	100	0,19

Рисунок 14. Расположение почвенных профилей на территории области

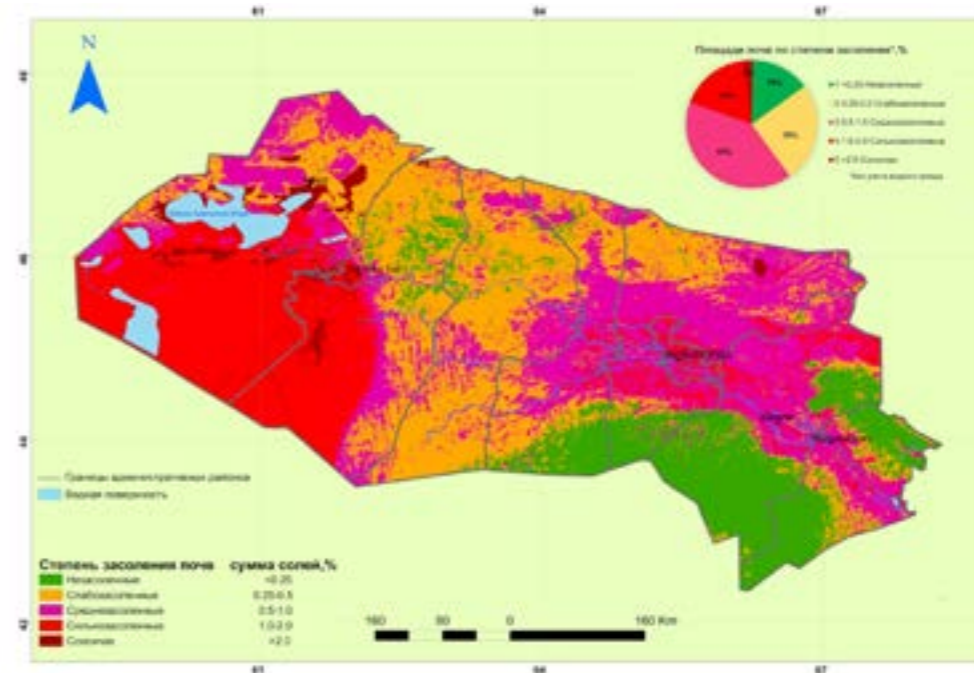


Другие файлы ГИС являются растровыми файлами с пространственным разрешением один километр и проецируются как WGS 84 (UTM 36N). Изображения дистанционного зондирования корректируются с помощью спектральных диапазонов MODIS (Таблица 6).

Таблица 6. Изображения дистанционного зондирования MODIS

Изображение	Спектральные диапазоны	
MODIS MOD09GA V6	Диапазон 3	Синий: 0.459-0.479 мкм
	Диапазон 4	Зеленый: 0.545-0.565 мкм
	Диапазон 1	Красный: 0.62-0.67 мкм
	Диапазон 2	NIR: 0.841-0.876 мкм
	Диапазон 6	SWIR1:1.628-1.652 мкм
	Диапазон 7	SWIR2:2.105-2.13 мкм

Рисунок 15. Карта засоления почв Кызылординской области, Казахстан



На основе методики и ее адаптации оставлена карта засоления почв Кызылординской области. Площадь засоленных почв составляет 85 процент от всех территории области. Для увеличения кондиционности карты необходимо детальные данные, на всю территорию по степени засоления и типу химизма почв учитывая все типы почв.

Оценка состояния орошаемых земель Джизакской области Узбекистана. В этом разделе приводится в качестве примера технология региональной оценки состояния орошаемых почв Узбекистана на основе анализа разновременных снимков Landsat с разрешением 30 м для четырех сроков наблюдений (1990, 2000, 2010, 2019 гг.).

Вся процедура обработки данных ДЗЗ была направлена на последовательное снижение размерности с помощью метода главных компонент, пока не было достигнуто инвариантное пространство признаков в соответствии с подходом, описанным в работе (Пузаченко, 2009). Для сглаживания колебаний, вызванных различными погодными условиями, был взят трехлетний промежуток времени для каждого из сроков наблюдений: 2017–2019 гг. для оценки состояния в 2019 г.; 2009–2011 гг. для 2010 г.; 1999–2001 гг. для 2000 г.; 1990–1992 гг. для 1991 г.

На последнем этапе проводится дискриминантный анализ с конечными классами и оценка качества классификации на основе матрицы классификации. Стабильные (инвариантные) классы, полученные в результате проведенной процедуры, соответствуют агроэкологическим группам почв. Поскольку основным негативным процессом, снижающим продуктивность почв в изученной области, является засоление, ожидается, что эти классы должны хорошо соответствовать состоянию засоленности почв.

На последнем этапе анализа был выполнен обратный анализ, когда внутри каждого выделенного спектрального были проанализированы значения индексов NDVI и S4 внутри каждого класса, чтобы увидеть, что происходит с растительностью (NDVI) и спектральным отражением поверхности (S4).

Вегетационный индекс NDVI является показателем запасов живой (зеленой) фитомассы и рассчитывается согласно формуле 1. Индекс засоленности S4 является показателем засоленности земель и рассчитывается согласно формуле 2 (Abbas et al., 2013).

$$NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED) \quad \text{формула 1}$$

$$S4 = \sqrt{BLUE \times RED} \quad \text{формула 2}$$

где BLUE – отражение в голубом канале спектра, RED – отражение в красном канале спектра, NIR – отражение в инфракрасном канале спектра.

В результате проделанной работы были созданы тематические карты (слои ГИС), описывающие текущие и ретроспективные агроэкологические условия, а также материалы анализа тематических карт и другой вспомогательной информации.

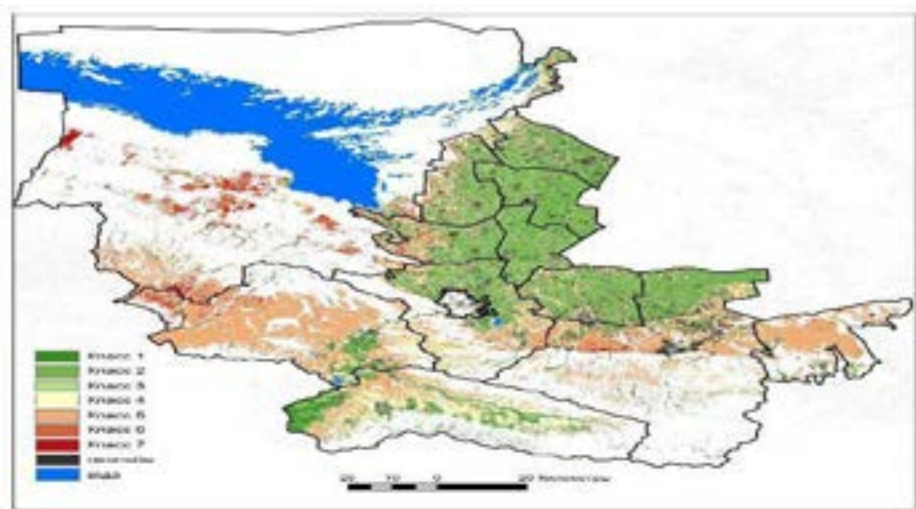
Также в результате работы были созданы картографические материалы для построения

региональной тематической Агро-ГИС, позволяющие на регулярной основе с ограниченными трудозатратами проводить работы по актуализации тематических карт оценки плодородия земель, что создает основу для перехода сельского хозяйства области на «цифровую основу» и будет способствовать реализации проектов точного земледелия.

В результате анализа были выделены устойчивые агропроизводственные группы земель, различающихся по качеству и продуктивности (Рисунок 16):

- ◆ Класс 1 - самые высокопродуктивные земли (40,1 тыс. га / 5,7 процент от общей площади);
- ◆ Класс 2 - высокопродуктивные земли (144,0 тыс. га / 20,7 процент от общей площади);
- ◆ Класс 3 – среднепродуктивные земли (119 тыс. га / 17,2 от общей площади);
- ◆ Класс 4 - малопродуктивные земли (115,8 тыс. га / 16,7 от общей площади);
- ◆ Класс 5 - самые малопродуктивные земли (178,7 тыс. га / 25,9 от общей площади);
- ◆ Класс 6 – пустыни (43,4 тыс. га / 6,3 процент от общей площади);
- ◆ Класс 7 – пустыни с солончаками (51,8 тыс. га / 7,5 процент от общей площади)

Рисунок 16. Агропроизводственные группы земель Джизакской области Республики Узбекистан по данным анализа разновременной съемки Landsat



Эти группы характеризуются ярко выраженной временной устойчивостью, то есть сохраняют свое положение в пространстве в течение длительного времени.

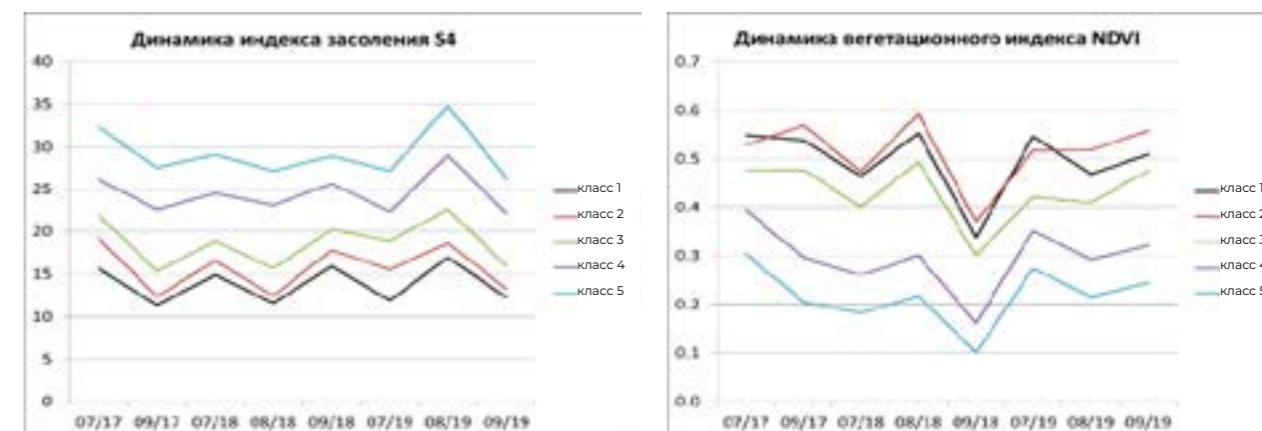
Классы №№1-4 приурочены преимущественно к орошаемым массивам. Класс №5 приурочен преимущественно к богарным и залежным землям предгорий, подгорных равнин и низкогорий. Частично земли этого класса обнаружены и на орошаемых массивах на участках, характеризующихся самыми неблагоприятными мелиоративными условиями (переувлажнение, сильное засоление). Классы № 6-7 приурочены к целинным территориям.

Ниже мы рассмотрим подробно почвенно-мелиоративные характеристики первых пяти классов земель, приуроченных к пахотным землям.

В целом, в направлении от класса 1 к классу 5 происходит снижение качества земель и ухудшение их почвенно-мелиоративных характеристик, что приводит к уменьшению их продуктивности (плодородия).

Анализ временной динамики спектральных индексов показал, что, несмотря на сезонную и межгодовую динамичность этих показателей, иерархия классов относительно друг друга сохраняется на всем изученном промежутке времени (с 2017 по 2019 гг.). Имеется в виду следующее. Значения спектральных индексов (и соответственно, состояние растительности и почв) меняются от сезона к сезону и от года к году. Однако, например, классы земель № 1 и 2 (самые лучшие) всегда имеют ниже уровень засоления и выше уровень продуктивности, чем остальные классы (Рисунок 17).

Рисунок 17. Временная динамика индекса засоления (S4) и вегетационного индекса NDVI по разным агропроизводственным группам (классам) пахотных земель в период 2017-2019 гг.



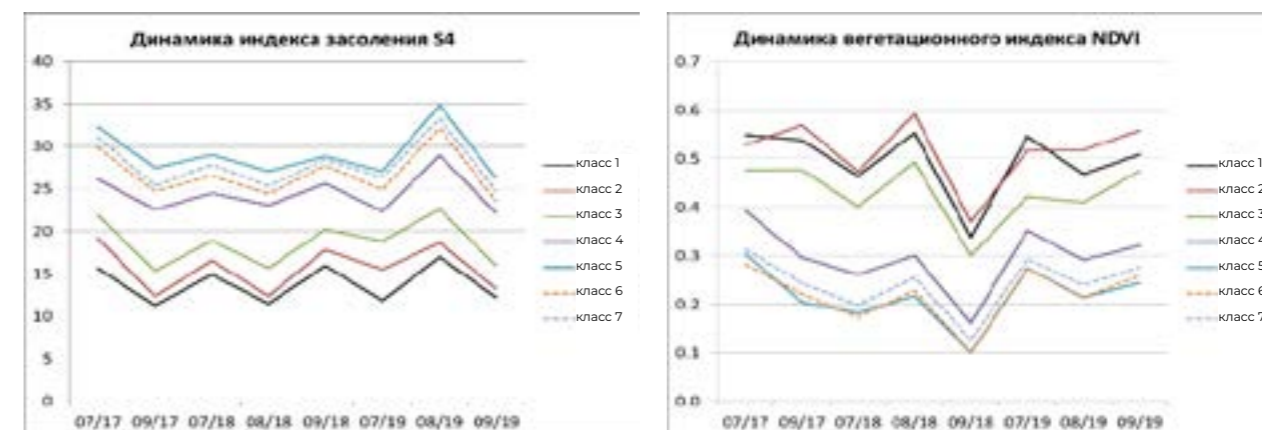
Характеризуя выделенные классы земель по уровню засоленности (согласно спектральному индексу S4), можно отметить следующее. Степень засоленности почв постепенно нарастает от класса 1 к классу 3, затем резко увеличивается, начиная с класса 4 и достаточно существенно увеличивается при переходе к классу №5. Полученная закономерность говорит о том, что агропроизводственные группы №1-3 сильно отличаются (в лучшую сторону) по уровню засоленности от класса №4 и тем более от класса №5.

Характеризуя выделенные классы земель по биопроductивности (согласно спектральному индексу NDVI), можно отметить следующее: классы №1 и №2 смешиваются, то есть их продуктивность очень близка между собой. Затем продуктивность несколько уменьшается для класса №3. Затем, также как и с индексом засоления, наблюдается резкое изменение (в сторону снижения продуктивности) при переходе к классу №4 и существенное уменьшение продуктивности при переходе к классу №5.

Таким образом, относительно агропроизводственных групп №1-5, расположенных под пахотными угодьями, можно заключить следующее исходя из данных дистанционного зондирования. Группы №1-2 характеризуются самыми лучшими показателями по состоянию почв и с.-х. культур, группа №3 имеет средние показатели, наихудшие среди земель орошаемых массивов являются земли группы №4. Земли группы №5 имеют самую низкую биологическую продуктивность и самую высокую засоленность, что связано, в первую очередь с богарным использованием этих земель в сельском хозяйстве при низком уровне естественного увлажнения. Как отмечалось выше, частично земли этого класса (№5) обнаружены и на орошаемых массивах на участках, характеризующихся самыми неблагоприятными мелиоративными условиями (переувлажнение, сильное засоление).

Кратко охарактеризуем почвенно-мелиоративное состояние земель классов № 6 и 7, которые относятся к целинным территориям (Рисунок 18).

Рисунок 18. Временная динамика индекса засоления (S4) и вегетационного индекса NDVI целинных земель (классы 6 и 7 выделены пунктиром) по сравнению с пахотными землями (классы 1-5) в период 2017-2019 гг.



По уровню засоленности земли целинных территорий расположены между классами №4 и №5, то есть их уровень засоленности в среднем выше, чем у малопродуктивных земель орошаемых массивов (класс №4), но ниже, чем у земель под богарной пашней и залежью или у самых «плохих» земель под орошением (класс №5).

По биологической продуктивности земли целинных территорий (классы №6-7) очень близки в классу №5 (богара и залежь). Можно отметить незначительное увеличение продуктивности на целинных землях класса №7.

Проведенный ретроспективный анализ показывает, что эти группы являются устойчивыми, земли сохраняют свой класс продуктивности на протяжении всего периода обследования, в ряде мест наблюдается незначительное ухудшение или улучшение класса продуктивности и переход в соседний класс. Данные изменения также носят стабильный характер и, вероятно, связаны с применяемыми на данных территориях технологиями агропроизводства, соответствующим образом влияющими на состояние земель.

Выделенные таким образом классы земель могут считаться соответствующими их актуальному состоянию и потенциалу продуктивности, поэтому могут использоваться при территориальном планировании и планировании развития сельскохозяйственного сектора региона, в том числе, и при проведении инвестиционных программ, поскольку дают потенциальному инвестору объективную оценку конкретного земельного ресурса и его потенциала продуктивности.

Общий анализ произошедших в регионе изменений показывает относительную стабильность агропроизводственной продуктивности выделенных групп земель. Пятьдесят семь процентов сельскохозяйственных земель сохраняют свой класс продуктивности на протяжении обследуемого периода (1990-2019 гг); 21 процент поменяли класс продуктивности на соседний, из них 11,3 процент земель показали улучшение продуктивности на один класс, 9,3 процент - ухудшение продуктивности на один класс.

В западных районах, например в Арнасайском, Зафарабадском и Мирзачульском (на границах с пустыней), наблюдаются процессы опустынивания и дефляции. В предгорьях Зааминского района, на территориях, прилежащих к конусам выноса, наблюдается развитие сельскохозяйственной деятельности и улучшение агроэкологических условий. Также значительные улучшения условий наблюдаются в долинах Бахмальского и Галляаральского районов на юге области. В этих районах наблюдается интенсификация сельскохозяйственной деятельности.

В целом можно отметить пространственное «выравнивание» агроэкологических состояний территории: группы земель, близких по агропроизводственной продуктивности, укрупняются к 2019 г относительно уровня 1990 г. По всей видимости это обусловлено усилиями, направленными на централизацию управления сельским хозяйством. В рамках отдельных участков территории можно выделить зоны однородности изменений (улучшения или ухудшения) продуктивности.

В целях улучшения текущей ситуации рекомендуется обратить более пристальное внимание на территории, на которых наблюдается ухудшение класса продуктивности земель. На территориях, прилегающих к пустыням, эти процессы носят в большей степени естественный характер. Однако в других районах такое ухудшение может быть связано нерациональным землепользованием и с нарушениями мелиоративных режимов.

На основе полученных карт могут быть выбраны разные стратегии. Первая стратегия, которая использовалась традиционно, направлена на унификацию качества почвенного покрова за счет промывок, чтобы промыть соли в более глубокие слои почвы или за пределы орошаемого массива. Экономические затраты на улучшение качества плохих (маргинальных) земель крайне высоки. Другой стратегией может быть дифференцированное управление территорией. В случае такого подхода основные усилия должны быть сосредоточены на хороших землях, где отдача от деятельности будет наибольшей, тогда как бедные (маргинальные) земли должны использоваться для сельскохозяйственной деятельности, не требующей больших вложений. Оба подхода требуют экономической оценки, основанной на достоверной информации о площадях, занимаемых различными агроэкологическими группами почв, а также о планируемой деятельности.

Худшие категории почв, которые постоянно, из года в год показывают низкие значения NDVI и высокие значения индекса засоления, предлагается использовать в галофитном земледелии. На землях среднего состояния можно выращивать солеустойчивые сорта растений с пониженной требовательностью к влаге. На землях с хорошими почвами, которые постоянно демонстрируют высокие значения NDVI и низкий индекс засоления, можно выращивать наиболее экономически выгодные культуры, а также следует уделять повышенное внимание состоянию почв, чтобы состояние этих земель не ухудшалось со временем.

Оценка состояния почв солонцовых комплексов Прикаспия. В этом разделе приводится в качестве примера методика картографирования почв солонцовых комплексов Прикаспия, которые широко распространены на юге России и на западе Казахстана. Для этого используются детальные космические с разрешением около 2 м.

Методика основана на том принципе, что незасоленные почвы (лугово-каштановые и каштановые), входящие в состав солонцовых комплексов, характеризуются повышенными

значениями вегетационного индекса NDVI по сравнению с окружающей территорией.

Основные этапы анализа изображения включают:

- ♦ расчет средних значений NDVI в окне размером 31x31 пиксел (т.е. 62x62 м на местности) с помощью фильтра. NDVI после фильтрации будет отражать среднее (фоновое) значение вегетационного индекса в окрестности порядка 60 м.
- ♦ выявление пикселей, в которых значения NDVI в пикселе 2 м превышают на 0.03 единицы значения среднего NDVI в окне 62x62 м, что будет соответствовать растительности на незасоленных почвах (Рисунок 19)

Рисунок 19. Карта незасоленных почв (лугово-каштановых почв), входящих в состав солонцовых комплексов



Подробная инструкция приведена в сборнике «Цифровая почвенная картография» (Конюшкова, 2017) и дана в приложении данного руководства.

Для выделения незасоленных почв больших падин площадью в десятки и сотни гектар, требуется проводить аналогичную процедуру с использованием снимков Landsat и расчета среднего в окне порядка 15-30 пикселей (450-900 м).

Устойчивое управление засоленными почвами

Согласно «Добровольным руководящим принципам рационального использования почвенных ресурсов», использование почв является устойчивым, если обеспечиваемые почвой поддерживающие, производственные, регулирующие и культурные услуги сохраняются или приумножаются без значительного снижения почвенных функций, ответственных за указанные услуги, или биологического разнообразия. «Особую важность имеет баланс между предоставляемыми почвой услугами механической опоры и питания растений и регулирования качества и количества воды и состава атмосферных парниковых газов» (ФАО, 2017).

Типы экосистемных услуг и функций почвы, перечисленные в определении, можно детализировать следующим образом:

- ♦ Поддерживающие услуги включают первичную продукцию, кругооборот питательных веществ и почвообразование.
- ♦ Производственные услуги включают производство продовольствия, волокон, топлива, древесины и воды: строительный материал; прочность поверхности; формирование и поддержание местообитаний и генетических ресурсов.
- ♦ Под регулируемыми услугами понимается регулирование таких показателей окружающей среды, как водоснабжение и качество воды, связывание углерода, регулирование климата, контроль наводнений и эрозии.
- ♦ К культурным услугам относятся эстетические и культурные блага, получаемые от использования почв.

Устойчивое управление засоленными почвами касается не только мероприятий по мелиорации и промывке почв от солей, а включает в себя весь комплекс мер по устойчивому управлению водными ресурсами, мониторингу состояния почв, правильному подбору сельскохозяйственных культур и использованию практик и технологий, способствующих

улучшению водно-физических свойств почв, увеличению содержания гумуса, увеличению биоразнообразия почв, т.е. поддерживающих здоровье почвы (FAO and ITPS, 2020).

Эти меры должны включать:

- ◆ Уменьшение испарения с поверхности почвы (мульчирование и другие методы);
- ◆ Эффективное использование влаги;
- ◆ Эффективный дренаж;
- ◆ Контроль качества оросительной воды;
- ◆ Химическая, физическая и биологическая мелиорация почв;
- ◆ Использование солеустойчивых видов на слабо- и средnezасоленных почвах и галофитное земледелие в случае сильнозасоленных почв и солончаков.

Вопросы по Модулю 1

- ◆ Каковы критерии отнесения почв к засоленным, согласно различным классификациям?
- ◆ Что такое первичное и вторичное засоление почв?
- ◆ Какие основные способы определения засоленности почв с помощью химических методов?
- ◆ Что такое почвенная спектроскопия? Каковы достоинства и ограничения этого метода исследования свойств почв?
- ◆ Назовите приборы, с помощью которых измеряют электромагнитную индукцию (ЭМИ) почв. Какие факторы, помимо засоления, сильно влияют на результирующие показания ЭМИ? Как можно снизить мешающее влияние этих факторов?
- ◆ Что такое спектральный вегетационный индекс? Как он рассчитывается?
- ◆ Дайте определение устойчивому управлению почвенных ресурсов. Какие основные экосистемные услуги оказывают почвы? Каковы основные меры по устойчивому управлению засоленными почвами?

МОДУЛЬ 2

Подходы и наилучшие практики борьбы с засолением и повышения продуктивности маргинальных земель с использованием галофитов

Особое значение в биомелиорации и повышении продуктивности маргинальных земель в условиях аридной и полуаридной занимают галофиты. ГАЛОФИТЫ (греч. halі — соль и phytos — растение) — солелюбивые растения, способные переносить высокие уровни засоления почвы. Термин галофит ввел американский геолог Оскар Э. Мейнзер (1876-1948). Термин «галофильный» («солелюбивый»), описывающий организмы, которые растут или живут в соленых условиях, таких как солончаки, был впервые использован в 1888 году Ф.А.Лисом во флоре Западного Йоркшира во фразе «Определенные галофильные».

Галофильные растения естественным образом эволюционировали и приобрели морфологические, физиологические и анатомические особенности, которые позволяют им сохраняться в засоленных почвах и поливной воде и даже получать от них пользу. Кроме того, поскольку галофитные растения могут извлекать соль из засоленных почв, они могут задерживать дальнейшее засоление или даже восстанавливать определенные ионы из засоленных почв, что в конечном итоге позволяет выращивать традиционные культуры, такие как люцерна, пшеница или рис (Glenn *et al.*, 1999; Micklin, 2007; Toderich *et al.*, 2010, 2013).

Исключение ионов связано с тем, что корни растений регулируют солевую нагрузку на свои чувствительные органы. Обычно это происходило на профилях почвы корневой зоны или с помощью внутренних механизмов исключения (Grasso and Bickel, 1999; Toderich *et al.*, 2008). Исключение ионов на корневом уровне - не очень эффективный механизм из-за мощного эффекта осмоса. Внутри растения могут исключать соли из чувствительных органов, улавливая ионы соли в специализированных тканях и удаляя их из транспортной системы.

У суккулентных растений появляются толстые или мясистые листья, содержащие большие и сильно вакуолизированные клетки. Листовые суккулентные галофиты часто имеют мясистые листья, тогда как стеблевые суккулентные галофиты часто безлистные (Breckle and Wucherer, 2012; Gintzburger *et al.*, 2003; Butnik *et al.*, 2016). Суккуленты накапливают больше Na⁺ и Cl⁻ (3000-5000 ммоль / кг), чем другие виды (Breckle and Wucherer, 2006; Akinshina *et al.*, 2016; Shuyskaya *et al.*, 2017).

Галофиты – растения, которые хорошо развиваются на засоленных почвах и при поливе соленой водой, они поглощают соль и не наносят ущерба почве. Границей между гликофитами и галофитами большинство учёных считают 80 мМ (4,68 г/л) NaCl, при таком подходе их насчитывается около 2600 видов (Larin, 1951, Aronson and Whitehead, 1989; Menzel and Lieth, 1999; Flowers *et al.*, 2010). Эти недоиспользованные фиторесурсы малоизвестны и не нашли широкого применения в системе сельского хозяйства, медицины и экономики страны. Галофиты могут использоваться для рассоления и фитомелиорации почв, поскольку многие из них способны накапливать соли в наземной биомассе, вытягивая их из почвы или орошаемой воды. Время рассоления земель занимает в среднем примерно 3-5 лет, и 6-7 лет при очень высокой степени засоленности. В результате данных мероприятий эти земли могут быть использованы для выращивания сельхозкультур.

Рисунок 20. Естественные местообитания различных жизненных форм галофитов (Бухарский оазис, Узбекистан)



© Кристина Тодерич

Мокрый солончак с густыми зарослями саликорнии (*Salicornia herbaceae* L. -соленаккумулятивный галофит)



© Кристина Тодерич

Заросли тамарикса (*Tamarix hispida* Willd -солевыделяющий галофит)



© Кристина Тодерич

Climacoptera lanata (Pall.) Botsch.



© Кристина Тодерич

Halostachys capsica C. A. Mey.



© Кристина Тодерич

Amaranthus cruentus L. Sub. *virescens*

Виды галофитов перспективные для введения в системе биосолевого сельского хозяйства

Галофиты подразделяются на эугалофиты, криногалофиты и гликогалофиты.

1. Эугалофиты

Способны поддерживать высокое осмотическое давление внутри клетки путем избирательной аккумуляции ионов минеральных солей (Na⁺ и Cl⁻) в вакуолях.



© Елена Шуйская

Salicornia europaea L.-солерос европейский

2. Криногалофиты

Имеют солевые железы, выводящие соли из клеток растений на поверхность; или способны сбрасывать листву, содержащую высокие концентрации солей.



© Елена Шуйская

Tamarix hispida Willd.- Гребенщик щетинистоволосый

3. Гликогалофиты

Создают высокое осмотическое давление, синтезируя углеводы или другие низкомолекулярные органические соединения; препятствуя входу солей в клетки корня.



© Елена Шуйская

Peganum harmala Могильник обыкновенный (Рута)

Мировая флора насчитывает около 2600 видов галофитов, которые относятся к 550 родам и 120 семействам (Шамсутдинова и др., 2013; Шамсутдинов и др., 2018). Во Флоре Центральной Азии были описаны более 760 хозяйственно-ценных видов галофитов, предназначенных для освоения сильно засоленных земель, относящихся к 34 семействам и 214 родам (Акжигитова, 1982; Курочкина и др., 1986; Toderich et al., 2009)

Спектр 10 ведущих семейств по содержанию галофитов образуют Chenopodiaceae Vent., Poaceae Barnhart, Asteraceae Dumort., Plumbaginaceae Juss., Aizoaceae Rudolphi, Cyperaceae Juss., Papilionaceae Oiseke, Tamaricaceae Link, Arecaceae Sch. Bip., Zygophyllaceae R. Br., насчитывающие более половины (56,17 процент) всех видов флоры галофитов мира.

Наибольшее количество галофитов содержится в семействе Маревых - Chenopodiaceae (23,75 процент), существенна роль и других семейств. Так, в мировой флоре семейства Poaceae (137 видов), Asteraceae (69), Plumbaginaceae (57), Aizoaceae (53) являются не только исключительно галофитными, но и составляют ядро галофитов во всех флорах земного шара.

В настоящее время галофиты остаются недоиспользованным растительным ресурсом.

Галофиты имеют богатый генетический ресурс в качестве:

- ◆ кормовых,
- ◆ пищевых,
- ◆ масличных,
- ◆ лекарственных растений,
- ◆ биомелиорантов, содержащих качественно новый класс генотипов высших растений, которые заполняют экологические ниши на засоленных и солонцовых почвах, и могут быть использованы вместо традиционных культур. (Aronson and Whitehead, 1989; O'Leary, 1985; Шамсутдинов, 1980; Toderich et al., 2018).

Галофиты, рассматриваемые в качестве объекта растениеводства, являются ценным ресурсом для восстановления деградированных земель, особенно в аридных зонах, где ощущается острый недостаток продовольствия. Они могут использоваться для экологической реставрации пастбищ и получения кормов.

Галофиты могут выращиваться при орошении солеными водами (морская, подземная, коллекторно-дренажная) (Aronson and Whitehead, 1989; Pasternak, 1990; Шамсутдинов и др., 2000; Toderich et al., 2016).

Так, Кохия вечная на 10 тыс.га малопродуктивных земель способна обеспечить зимнюю подкормку для 1 млн овец.

Таблица 7. Урожайность галофитов

<i>Spartina alterniflora</i>	40 т/га биомассы
<i>Spartina patens</i>	14,4 т/га биомассы
<i>Salicornia bigelovii</i>	12,7-24,6 т/га сухой биомассы и 1,39-2,46 т/га семян (Glenn et al., 1999, Lyra et al., 2016)
<i>Salicornia europaea</i>	без полива 2,6-3,9 т/га, при поливе минерализованной водой 7,5-9,6 т/га сухой массы
<i>Climacoptera lanata</i>	0,3-0,6 т/га (солончак, Кызылкум)
<i>Atriplex</i> spp.	12,6-20,9 т/га биомассы
Кохия вечная (<i>Kochia scoparia</i>)	7-14 т/га сухой массы, семян – 0,6-1,3 т/га (Шамсутдинова Э.Э., 2013)
Сведа дуголистная (<i>Suaeda arcuata</i>)	13,6 т/га сухого вещества
Сведа заостренная (<i>Suaeda acuminata</i>)	без полива 2,2 т/га, с поливом 5,4-6,1 т/га
Лебеда мелкоцветковая (<i>Atriplex micrantha</i>)	без полива 0,238 т/га, с поливом – 5,56 т/га
Лебеда украшенная (<i>A. ornata</i>)	без полива 0,256 т/га, с поливом – 3,52-4,25 т/га
для наиболее продуктивных видов галофитов	13,6-17,9 т/га сухой массы

Применение галофитов:

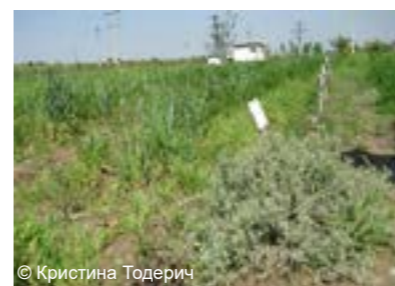
- ◆ **Корм для животных** на засушливых землях, естественные пастбища или культивируемые посадки (*Elymus elongatus*, *Hedysarum carnosum*, *Cynodon dactylon*, *Atriplex* spp., *Haloxylon* spp., *Suaeda* spp., *Medicago* spp., *Melilotus* spp., *Kochia* spp., *Pearl millet* spp., *Sesbania bispinosa*)
- ◆ **Зерно** с высоким содержанием крахмала (*Zostera marina*; просо *Pennisetum typhoides*, *Chenopodium quinoa*)
- ◆ Растительное **масло** из семян (*Salicornia* spp., *Mentha piperita*, *Jajoba* – *Simmondsia chinensis*, *Sesbania bispinosa*)
- ◆ Растительный **белок** (*Kochia scoparia*, *Salsolakari*, *Beta maritima*, *Salicornia* spp., *Atriplex* spp.)
- ◆ Древесина в качестве **топлива** (*Acacia* spp., *Tamarix* spp., *Haloxylon* spp., *Populus* spp.)
- ◆ **Декоративные** растения (*Conocarpus erectus*, *Eucalyptus argentea*, *Acacia ampliceps*)
- ◆ **Лекарственные** растения (*Mentha piperita*, *Glycyrrhiza glabra*, *Artemisia halophylla*, *Peganum harmala*)
- ◆ **Технические растения** (*Salicornia bigelovii*, *Sesame indicum*, *Helianthus tuberosus*)

По исследованиям ученых (Нечаева, 1978; Балян, 1972; Иванов, и др., 1986; Курочкина и др., 1986; Шамсутдинов, 1980, 1981; Шамсутдинов, и др., 2000; Gintzburger et al., 2003; Toderich et al., 2009, 2018) в список наиболее перспективных галофитов входят:

- ◆ *Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey) Bunge
- ◆ *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin.
- ◆ *Salsola richteri* (Moq.) Kat. ex. Litv.
- ◆ *Salsola Paletziana* Litv.
- ◆ *Ammodendron karelinii* var. *conollyi* (Bunge)
- ◆ *Salsola orientalis* S.G. Gmel.
- ◆ *Halothamnus (Aellenia) subaphyllus* (C.A. Mey.) Botsch.
- ◆ *Atriplex cana* C.A. Mey
- ◆ *Atriplex nitens* Schkuhr
- ◆ *Eurotia ceratoides* Botsch ex Ikonn.
- ◆ *Kochia prostrata* (L.) Schrad.
- ◆ *Kochia scoparia* (L.) A.J. Scott.
- ◆ *Camphorosma lessingii* (Litv.) Aell.
- ◆ *Climacoptera lanata* (Biebl.) Botsch.
- ◆ *Suaeda arcuata* Bunge
- ◆ *Suaeda acuminata* (C.A. Mey.) Moq.
- ◆ *Halocharis hispida* (Schrenk.) Bunge
- ◆ *Tamarix ramosissima* Ledeb.
- ◆ *Tamarix hispida* Willd.
- ◆ *Glycyrrhiza glabra* L.
- ◆ *G. uralensis* Fisch.
- ◆ *Artemisia monogyna* Waldst. et Kit.
- ◆ *A. Diffusa* ex Poljak.
- ◆ *A. Halophila* Krasch.
- ◆ *A. turanica* Krasch.
- ◆ *Elytrigia elongata* (Host) Nevski.
- ◆ *Onobrychis viciifolia* Scop. и др.
- ◆ *Vigna radiata* L.
- ◆ *Vicia faba*
- ◆ *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

В настоящее время технологии выращивания галофитов в чистых и/или смешанных посадках и посевах широко применяются в Центрально-азиатском регионе с целью обеспечения непрерывного круглогодичного зеленой биомассы, улучшения кормопроизводства и пустынно-пастбищного животноводства кормами, а также для рассоления, улучшения качества земель и стабильного функционирования аридных экосистем.

Рисунок 21. Примеры протестированных практик выращивания галофитов в чистых и смешанных посевах



Совмещенные посевы злаково-бобовых растений с *Atriplex* spp., Сырдарьинская обл.



Галофитный агрофитоценоз с преобладанием кохии (*Kochia scoparia*), Центральные Кызылкумы



Полосковые посевы кукурузы с галофитами *Climacoptera* spp. (Центральные Кызылкумы)

Рассоляющий эффект галофитов складывается из следующих элементов. В метровом слое почвы на сильнозасоленных среднесуглинистых почвах полупустынь содержание солей составляет 48 т/га. При фитомассе надземной части 18-20 т/га галофиты выносят из почвы 8-10 т солей с 1 га в год. Затеняя почву, галофиты препятствуют испарению, и связанному с ним подтягиванию солей в верхний слой почвы. Эффект зеленой мульчи составляет 2,5 т/га солей. В итоге, на участке, занятом насаждениями галофитов, процесс выноса солей из почвы достигает 10-12,5 тонн в год.

Рассоление почвы с помощью галофитов является единственным способом удаления вредных для культурных растений солей из почвы. При дренаже, промывках и промывном режиме орошения соли только перераспределяются в почвенном профиле, но не выводятся из биологического круговорота.

Одним из примеров наилучших практик управления засолением является биологический метод рассоления засоленных почв путем внедрения в состав рисово-люцернового севооборота солодки голой (Ибраева и Отаров, 2015)

Рисунок 22. Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.)



© Кристина Тодерич



© Кристина Тодерич

В рамках совместной работы Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова (Казахстан) и Института экологии и географии (Китай) на демонстрационном участке в Балхашском районе Алматинской области были опробованы три варианта окультуривания солодки голой – (i) посадка солодки клонами; (ii) посев семенами; (iii) посадка солодки корневыми черенками.

Рисунок 23. Варианты окультуривания солодки голой (1-й год)



В первый год был получен следующий урожай зеленой массы – Таблица 8.

Таблица 8. Урожай зеленой массы солодки голой

Варианты	Повторности			Сумма кг/м ²	В среднем	
	1	2	3		кг/м ²	т/га
Посадка клонами	1,3	1,5	1,5	0,4	0,14	1,4
Посадка корневыми черенками	2,2	2,5	2,3	0,7	0,23	2,3

Рисунок 24. Варианты окультуривания солодки голой (2-ой год)



В результате проведенных работ было установлено, что при различном способе посадки, солодка голая снижает степень засоления вторично-засоленных почв на 1/3, т.е. позволяет освоить вышедшие из сельскохозяйственного оборота засоленные земли.

Рисунок 25. Изменение степени засоления почв



Кроме того, было выявлено, что с 1 гектара можно получить до 8 тонн корма и корней солодки, который используется в фармацевтике и в настоящее время пользуется достаточно большим спросом.

Таблица 9. Урожайность солодки голой

Варианты	Урожайность по годам, ц/га			Урожай корней, ц/га
	2014 г	2015 г	2016 г	
Посадка клонами	10,8	13,3	44,1	50,8
Посев семенами	0,0	8,3	22,5	25,0
Посадка корневыми черенками	17,5	22,5	82,5	86,7

Источник: © ФАО/ Мария Ибраева и Отаров (2015)

В рамках совместного ИВМИ/ИКАРДА/ИКБА проекта «Яркие Пятна», финансируемым АБР, было показано, что перспективным биомелиорантом для эффективного освоения засоленных орошаемых земель оказалась солодка голая, являющаяся одновременно ценной лекарственной и кормовой культурой. В условиях Сырдарьинской области и в Центральном Кызылкуме на засоленных орошаемых землях с близким залеганием грунтовых вод солодка дает с 1 гектара 6-8 т сена и 8-10т солодкового корня - ценного сырья для фармацевтической и пищевой промышленности. После выкапывания корней (через 5 лет) орошаемые земли могут быть использованы под менее солеустойчивые культуры, такие как подсолнечник, ячмень, тритикале и др. (Kushiev et al., 2005; Toderich et al., 2016).

Вопросы по Модулю 2

- ◆ Что такое галофиты?
- ◆ Дайте определение солевыносливости и солеустойчивости растений?
- ◆ Назовите солеустойчивые растения.
- ◆ Галофиты подразделяются на различных экологических функциональных групп? Назовите основные критерии классификации
- ◆ Где могут применяться галофиты?
- ◆ Приведите пример хорошей практики рассоления засоленных почв с применением биологического метода.
- ◆ Опишите основные элементы фиторемедиацией вторично-засоленных почв с использованием солодки голой

МОДУЛЬ 3

Скрининг и определение порога солеустойчивости, основы современной селекции и биотехнологии в условиях засоления и засухи

Оценка и отбор исходного материала для селекции галофитов, нетрадиционных культур на устойчивость к абиотическим (засуха, засоление, заболачивание и др.) и биотическим (вредителям, вирусным инфекциям) стрессам являются ключевыми направлениями развития альтернативного ведения сельского хозяйства в условиях засоления.

Благодаря наличию С4-типа фотосинтеза, галофиты и нетрадиционные культуры обладают значительной засухо- и солеустойчивостью и имеют большой адаптационный потенциал (Toderich *et al.*, 2007). В условиях засоления у галофитов с С4-типом фотосинтеза эффективность физиологических процессов выше, а расход воды в ходе транспирации ниже. Растительные генетические ресурсы этих культур являются полиморфными видами и, несмотря на имеющиеся сведения об эколого-биологических и хозяйственных свойствах, следует отметить, что данных о реакции различных видов, экотипов, сортов, улучшенных линий на неблагоприятные условия среды, в том числе и к засолению недостаточно.

Кроме того, отсутствие знания генетических параметров многих культур не дает возможности определить, является ли морфологическая и анатомическая изменчивость генетически закрепленной, или же это модификационная изменчивость, т.е. широкая норма реакции растений на солевой стресс. Сведения о природе изменчивости признаков также необходимы при проведении селекционно-интродукционных работ с дикими видами галофитов, так как при введении их в культуру полиморфизм может выступать как негативный фактор, препятствующий выравниванию посевов по хозяйственным признакам.

Применяемые до настоящего времени традиционные методы селекции (массовый, семейственный, экотипический отборы) не являются эффективными для данной группы растений. Отбор на основе полигенных, зависящих от многих факторов, хозяйственно-ценных признаков (высота растений, облиственность, размеры листьев и плодов, урожай кормовой массы, урожай семян и т.д.) уже не представляется перспективным. Поэтому для проведения интродукционно-селекционных и семеноводческих работ крайне необходимо использование более простых консервативных признаков, характеризующих потенциальные возможности генотипа. Кроме того, объектами интродукционной и селекционной работы должны быть не виды и даже не экотипы растений, а их конкретные популяции, генетически улучшенные линии, формирующиеся в соответствии с определенными экологическими условиями.

Одним из перспективных путей получения информации о солеустойчивости генотипа популяций может служить исследование полиморфизма белков. Эти исследования открыли совершенно новые возможности использования полиморфизма ряда белковых систем, начиная от ферментов и заканчивая запасными белками растений. Установлено, что белки отражают особенности генотипа и его адаптационный потенциал к стрессу значительно лучше, чем любые морфологические признаки.

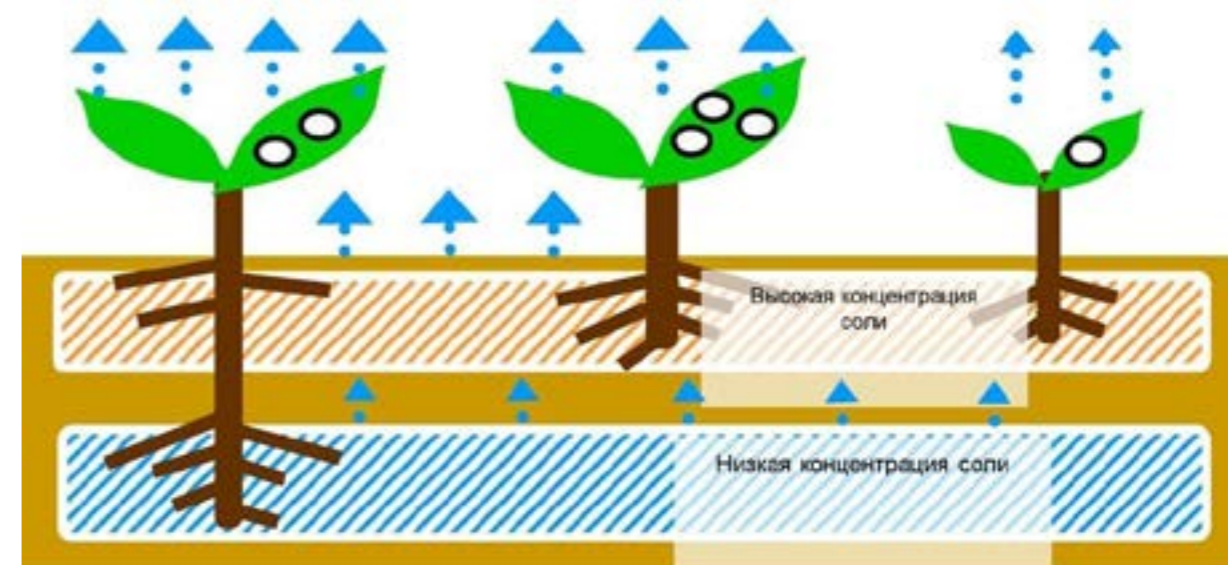
Кроме того, изучение полиморфизма белков предусматривает применение альтернативных методов оценки стрессоустойчивости галофитных растений и прогнозирования их поведения в условиях интродукции. Белки могут также служить маркерами для поиска и идентификации исходного материала в селекции, регистрации сортов и контроля качества семенного материала.

Оптимальный выбор культур включает:

I. Оценку засухоустойчивости и солеустойчивости видов галофитов с помощью использования стабильных изотопов (Matsuo *et al.*, 2013).

- ♦ эффективность использования воды (объем роста/объем потребления воды) и соотношение листы $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$;
- ♦ Коэффициент транспирации (водопоглощение/абсорбция соли) соотношение листы $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$;
- ♦ Водопоглощающий источник (грунтовые воды) отношение отводимых вод $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$.

Рисунок 26. Схема взаимодействия различных концентраций солей и осадков у различных экологических групп галофитов (на основе изотопного анализа)

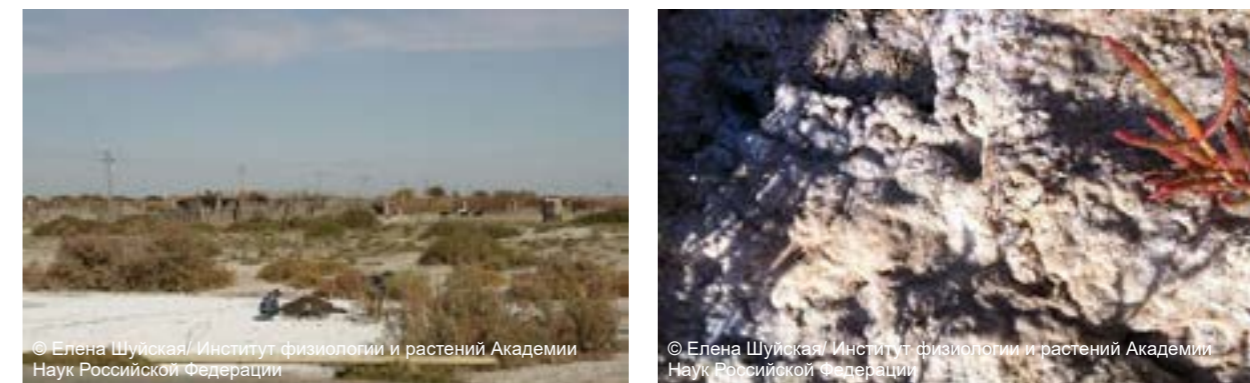


II. Генетический анализ и оценка физиологических и экологических характеристик растений-кандидатов нетрадиционных культур (НКС).

- ♦ Генотип (полиморфизм, связанный с засухоустойчивостью/солеустойчивостью)
- ♦ Физиологические характеристики (например, регулирующие внутриклеточное осмотическое давление)
- ♦ Экологические характеристики (стратегия воспроизводства); технологии возделывания, селекции первичного семеноводства.

Все эти научные направления используются при проведении скрининга и определения порога солеустойчивости диких видов и сельскохозяйственных культур (Shuyskaya *et al.*, 2015).

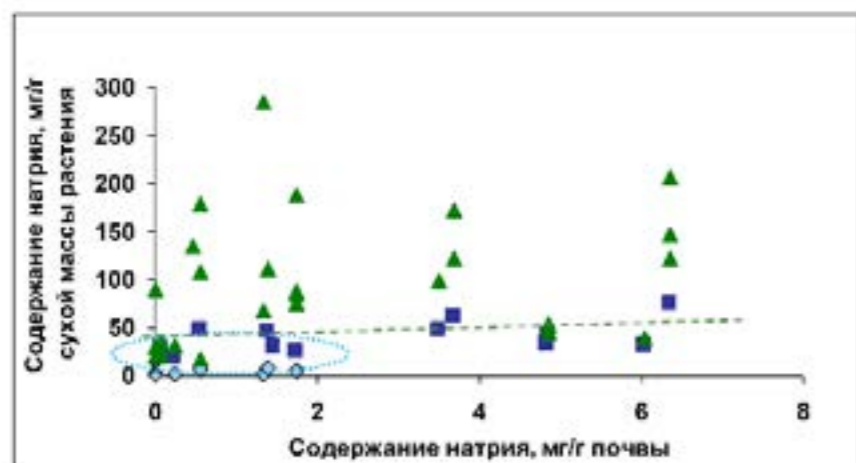
Рисунок 27. Зброшенні землі і процес накоплення токсических солей в верхніе профілей почв



Опытный участок близ кишлака Койбак, расположенный в 450 км от Аральского моря. Отбор проб почвы, участники совместной полевой экспедиции ИКБА и Почвенного Института им. В. В. Докучаева.

Данные методы/технологии использовались при проведении полевых экспресс анализов засоления почв и экстрактов растений на опытном участке близ села Казахдарья, расположенного в 50 км от Аральского моря (Рисунок 28, 29).

Рисунок 28. Накопление натрия/ на г сухой массы галофитов



- ◆ – псевдогалофиты – накапливают от 1 до 12 мг натрия /г сухой массы
- – криногалофиты - накапливают от 24 до 60 мг натрия /г сухой массы
- ▲ – зугалофиты - накапливают от 21 до 284 мг натрия /г сухой массы

На основе проведения оценки были получены следующие результаты:

(i)

Полезные свойства галофитов и их современное применение представлены в Таблице 10.

Таблица 10. Полезные свойства галофитов

Названия галофитов	Виды современного применения
<i>Salicornia europaea</i>	Кормовая ценность. Поедание животными ограничено из-за высокого содержания солей. Используется для мыловарения и стекольного производства.
<i>Halostachys belangeriana</i>	Низкая кормовая ценность. Топливо. Источник калия. Содержит алкалоид "галостахин".
<i>Climacoptera brachiata</i> ; <i>Climacoptera lanata</i>	Ценный корм для овец, коз и верблюдов; хорошо поедается осенью-зимой. Применяется для восстановления песчаных засоленных заболоченных земель. Содержит антиоксиданты (флавоноиды) и гликозиды.
<i>Suaeda paradoxa</i>	Ценный корм. Поедается овцами, козами и верблюдами. Используется для мелиорации земель. Перерабатывается как источник карбоната натрия, для стекольной промышленности. Алкалоиды присутствуют
<i>Karelinia caspia</i>	Низкое кормовое значение, немного поедается овцами, козами и верблюдами зимой. Медонос.
<i>Atriplex nitens</i>	Ценный корм. Поедается овцами, козами и верблюдами.

Источник: Gintzburger et al. (2003)

Рисунок 32. Артезианская вода для полива. Проект ЮСАИД, Центральные Кызылкумы



Галофиты имеют также высокую питательную ценность (Таблица 11) и содержат ценные минеральные компоненты (Рисунок 33), что позволяет обеспечивать скоту полный комплекс питательных веществ при их выращивании фермерами. Бассия веничная, Солянка жёсткоцветковая, Климакоптера шерстистая, Свезда странная, Лебеда садовая, Солодка используются как добавки к зеленому корму для коров, овец и коз.

Таблица 11. Питательная ценность галофитов

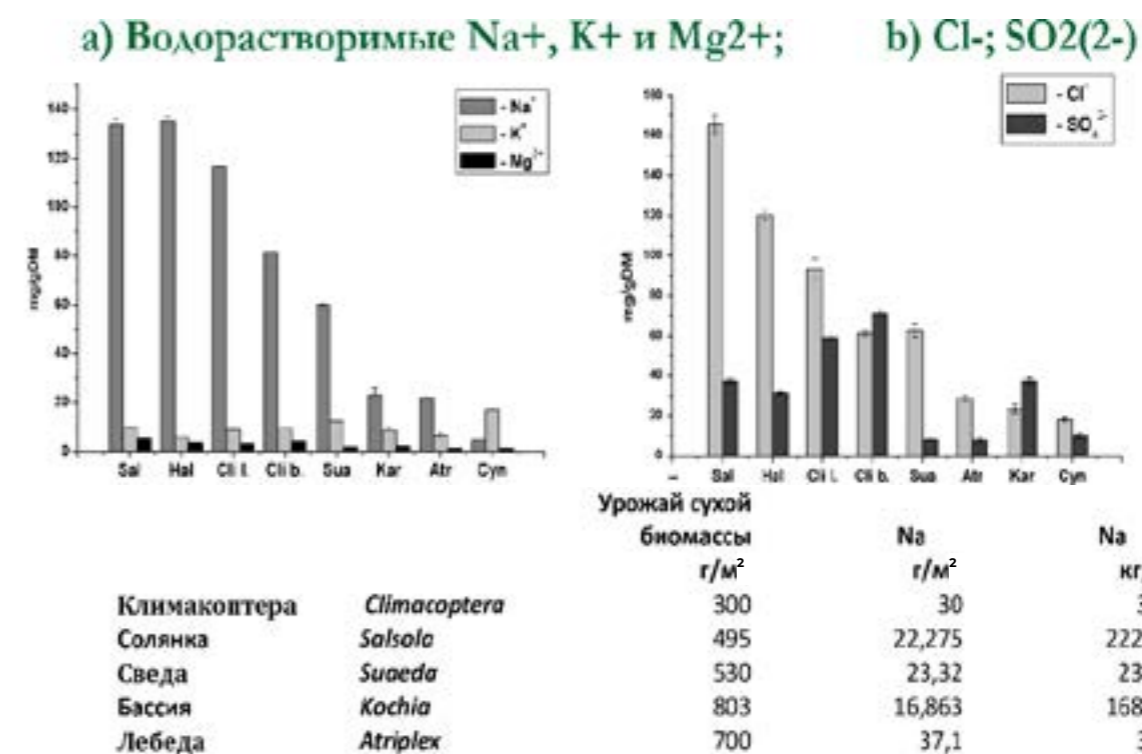
Культура	Место отбора	Протеин, процент	Целлюлоза, процент	Жир, процент
Климакоптера шерстистая <i>Climacoptera lanata</i>	Фермерский участок	5,02±0,04	17,26±0,06	1,26±0,06
Лебеда садовая <i>Atriplex nitens</i>	Фермерский участок	13,83±0,17	15,01±0,04	5,06±0,08

Солерос европейский <i>Salicornia europaea</i>	Солончак	6,79±0,17	11,99±0,24	4,63±0,18
Свезда странная <i>Suaeda paradoxa</i>	Фермерский участок	12,17±0,14	18,96±0,21	4,76±0,11
Бассия веничная <i>Kochia scoparia</i>	Фермерский участок	12,68±0,20	19,04±0,17	4,21±0,16
Солянка жесткоцветковая <i>Salsola sclerantha</i>	Фермерский участок	7,62±0,17	20,54±0,23	0,49±0,03
Африканское просо (сено)	Возделывается на засоленных землях	13,6	25,8	2,1
Кукуруза Узбекистан 100 (сено)	Возделывается на засоленных землях	5,12	31,08	2,1

Рисунок 33. Полученные кормовые ресурсы, проект ЮСАИД, Центральные Кызылкумы

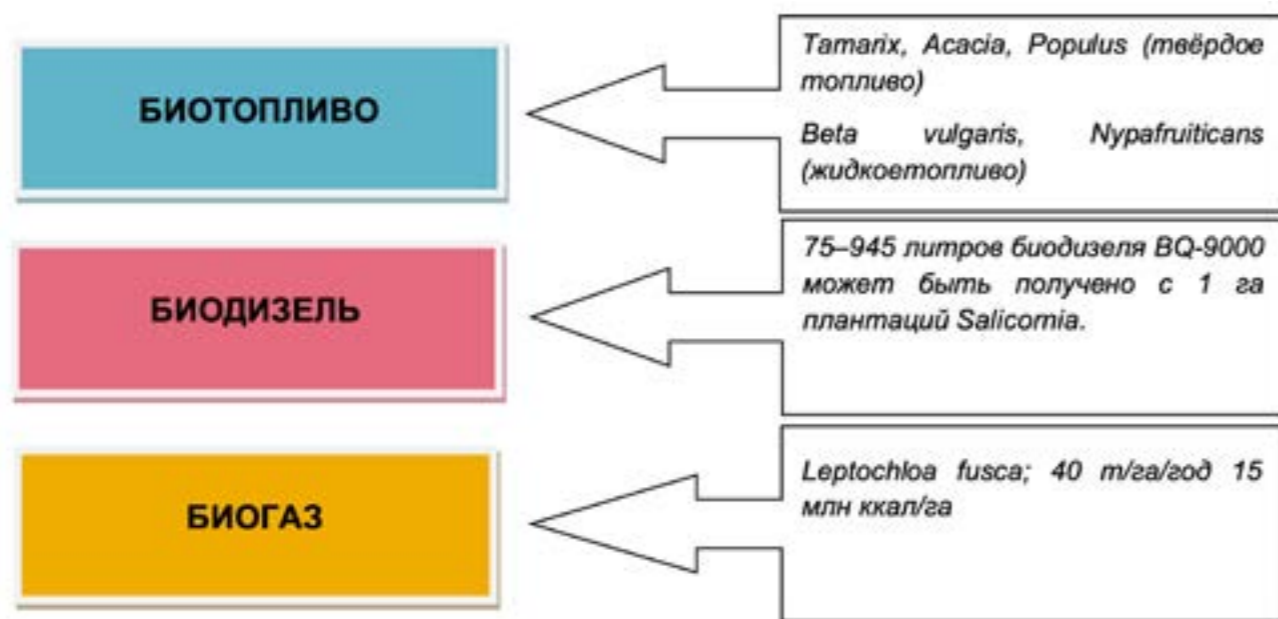


Рисунок 34. Содержание минеральных компонентов



Биомасса галофитов (не поедаемая) может использоваться в качестве ценного сырья для получения биогаза.

Рисунок 35. Использование галофитов для производства энергии



Продукция биогаза и этапы получения возобновляемой биоэнергии показаны на рисунке 35.

Рисунок 36. Лабораторные исследования по производству биогаза из галофитов



В Таблице 10 представлено количество выхода биогаза, который можно получить из различных источников сырья. Выход биогаза при АД галофитов составляет 0,200-0,380 м³/кг СВ (Akinshina et al., 2014, 2016).

Таблица 12. Выход биогаза при различных источниках сырья

Тип сырья	Выход газа (м ³ на килограмм сухого вещества)	Содержание метана (%)
А. навоз животных		
Навоз КРС	0,250 - 0,340	65
Свиной навоз	0,340 - 0,580	65 - 70
Птичий помет	0,310 - 0,620	60
Конский навоз	0,200 - 0,300	56 - 60
Овечьий навоз	0,300 - 0,620	70
Б. Отходы хозяйства		
Сточные воды, фекалии	0,310 - 0,740	70
Овощные отходы	0,330 - 0,580	50-70
Картофельная ботва	0,280 - 0,490	60 - 75
Свекловичная ботва	0,400 - 0,500	85
С. Растительные сухие отходы		
Пшеничная солома	0,200 - 0,300	50 - 60
Солома риса	0,200 - 0,300	59
Ячменная солома	0,250 - 0,300	59
Овсяная солома	0,290 - 0,310	59
Кукурузная солома	0,380 - 0,460	59
Листья подсолнечника	0,300	59
Д. Другое		
Трава	0,280 - 0,630	70
Листья деревьев	0,210 - 0,290	58

Выход биогаза и содержание метана при использовании разных типов сырья

Выход биогаза при АД галофитов – 0,200-0,380 м³/кг СВ

Введение в культуру нетрадиционных и недоиспользованных кормовых зерновых и зернобобовых культур в местные севообороты позволит снизить засоленность почв и обогатить их важными питательными элементами, а также восстановить структуру почвы. Кроме того, для освоения сильнозасоленных и маргинальных земель, вводится специальный

«переходной севооборот» или внедрение новых сельскохозяйственных культур, в виде альтернативных полос, на фоне сохранения дикорастущей аборигенной галофильной флоры, которые рассматриваются как «растения-осваиватели».

В рамках ряда международных проектов в коллекционных питомниках научно-исследовательских институтов и фермерских хозяйствах в различных агро-экологических условиях Узбекистана были испытаны высокоурожайные, солеустойчивые растения: сорта сорго, африканского проса, ячменя, топинамбура, видов бобовых, киноя, а также разработаны агротехнические приемы их возделывания.

Работа была направлена на разработку агротехнических приемов возделывания новых ценных культур для экономического и устойчивого развития аридного кормопроизводства и животноводства, а также на повышение экономического и жизненного уровня фермеров, проживающих на засоленных и маргинальных территориях путем введения новых солеустойчивых сортов сельскохозяйственных растений. На базе национальных институтов были созданы питомники для размножения и первичного семеноводства наиболее приспособленных образцов и улучшенных генотипов растений с высоким выходом зеленой биомассы и качеством семян.

Диверсификация культур, посредством внедрения и интеграции различных сельскохозяйственных практик на засоленных и деградированных землях, будет способствовать повышению производительности сельскохозяйственной продукции, что значительно увеличит доходы фермеров в отдаленных сельских местностях. Создание новых соле-, засухо- и жароустойчивых высокоурожайных видов и сортов зерновых, зернобобовых, технических и других культур, отзывчивых к орошению низко минерализованной водой, является обязательным для совершенствования сельскохозяйственного производства и поддержания средств к существованию фермеров и агропромышленных животноводов, особенно тех, кто зависит от маргинального качества земельных и водных ресурсов. Фермеры заинтересованы в диверсификации новых культур на маргинальных землях ввиду их высокой устойчивости к вредителям, засухе и засолению как почвы, так и воды, где выращивание хлопка и озимой пшеницы не рентабельны.

Солеустойчивость — полигенный признак, который проявляется в комплексе разнообразных физиологических реакций, затрагивающих практически весь метаболизм растения и реализующихся на разных уровнях организации. Известны прямые и косвенные методы определения солеустойчивости растений, предусматривающие оценку урожайности и продуктивности, скорости прорастания семян, интенсивности плазмолиза клеток, скорости выцветания хлорофилла в листьях проростков, помещенных в солевые растворы.

При введении в культуру галофитов и новых нетрадиционных культур необходимо учитывать к какой категории солеустойчивости они принадлежат. В научной литературе различаются:

Биологическая солеустойчивость – это способность растений осуществлять полный цикл индивидуального развития в условиях засоления почвы, нередко с пониженной интенсивностью накопления органического вещества при сохранении воспроизводительной способности.

Агрономическая солеустойчивость – способность растений осуществлять полный цикл развития на засоленной почве, с удовлетворительными результатами.

Биологическую солеустойчивость называют **солевыносливостью**, а агрономическую – **солеустойчивостью** (ФАО и др., 2018).

Солеустойчивость целесообразно оценивать по агрономической устойчивости, то есть, другими словами, по способности растений сохранить урожайность, определенную на незасоленном фоне, при выращивании на засоленной почве. Устойчивость к засолению почвы изменяется по фазам вегетации; при этом в онтогенезе у растений риса отмечены две критические фазы: в период прорастания — образования всходов и в фазу цветения.

Культурные растения по-разному реагируют на концентрацию солей в почве. Нужно отметить также, что на солеустойчивость растений влияют механический состав почвы, ее влажность в течение вегетационного периода, запас питательных веществ и другие условия (климат, микрорельеф), т.е. степень солеустойчивости растений изменяется от условий их произрастания. Накопление же органического вещества и воспроизведение потомства у растений разных видов и сортов при равном засолении подвергается резкому количественному изменению. Количественные показатели солеустойчивости и продуктивности (урожайности) различных растений изменяются в зависимости от их биологических свойств. У одних растений свойство высокой солеустойчивости совмещается с низкой продуктивностью, у других — с относительно высокой. Растения, совмещающие высокие показатели продуктивности и солеустойчивости, представляют наибольшую ценность.

Таблица 13. Относительная солеустойчивость растений

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Полевые культуры		
Фасоль (зерно)	Рожь (зерно), пшеница (зерно), сорго (зерно), соя, боб конский, кукуруза, рис, лен, подсолнечник	Ячмень (зерно), свекла сахарная, рапс, хлопок
Кормовые травы		
Клевер ползучий, лисохвост, клевер шведский (гибридный), клевер луговой, кровохлебка маленькая	Донник белый, донник желтый, райграсс многолетний, канареечник клубненосный, волоснец безостый, клевер земляничный, паспалум расширенный, суданская трава, донник белый однолетний, люцерна, рожь (сено), ежа сборная, голубая трава (бутелоя), овсяница луговая, канареечник тростниковый, лядвенец большой, костер безостый, райграсс высокий, донник индийский	Споробурус. солончаковые травы, бескильница, бермудская трава, пырей высокий, хлорис, кострец, волонец канадский, пырей американский, овсяница высокая, ячмень (сено), лядвенец рогатый
Овощные культуры		
Редис, сельдерей, фасоль (зеленые бобы)	Помидоры, капуста спаржевая, капуста кочанная, капуста цветная, салат-лук, сахарная кукуруза, картофель, белая роза, батат, перец, морковь, лук, горох, тыква большая столовая, огурцы	Свекла столовая, капуста листовая, спаржа, шпинат

Источник: Ковде (1967)

Растения различающиеся по степени солеустойчивости:

- ◆ Сорт **гороха турецкого**, погибает при концентрации 1,46 г/л NaCl (25 мМ) (Flowers et al., 2010).
- ◆ **Фасоль** может выдерживать 1-3 г/л, и считается несолеустойчивой, как и большинство возделываемых культур.
- ◆ **Ячмень** (*Hordeum vulgare*) может выращиваться при 5 г/л, и может рассматриваться как среднеусолеустойчивое растение
- ◆ **Arthrocnemum macrostachyum** выживает при концентрации солей 58.5 г/л (1 М, NaCl) (Khan et al., 2005)
- ◆ **Саликорния** (*Salicornia bigelovii*) растет хорошо при общей концентрации солей 70 г/л (Lyra et al., 2016).

Солеустойчивыми являются:

Зерновые, масличные: овес, просо зерновое и кормовое, пшеница, яровой рапс, рис, рожь озимая, сорго, соя, хлопчатник, ячмень;

Кормовые травы: бермудская трава, донник белый и желтый, кохия стелющаяся (прутняк), люцерна пестрогибридная и синегибридная, мятлик луговой, овсяница бороздчатая (типчак), красная, луговая и тростниковидная, райграсс;

Овощные: арбуз, горчица, дыня, капуста кормовая, капуста листовая, лук, морковь, репа, свекла кормовая, сахарная и столовая, спаржа, турнепс;

Фруктовые: шпинат, абрикос, айва обыкновенная, барбарис, боярышник обыкновенный, гранат, груша, облепиха смородина, шелковица белая.

Таблица 14. Способность культурных растений выдерживать засоление

Засоление	Засоление Содержание солей, процент от сухой массы почвы	Растения, растущие при данной степени засоления
Незначительное	меньше 0,1	все зерновые, кроме кукурузы; вика, люцерна
Слабое	0,1-0,4	хлопчатник, тимopheевка, ежа сборная, донник, пшеница
Среднесильное	0,6-0,8	кормовая брюква, кормовая капуста, пырей, сорго
Сильное	0,8-1,0	сахарная свекла, подсолнечник, пырей западный, райграс французский, костер безостый
Очень сильное	1,0-1,5	
Чрезвычайно сильное	больше 1,5	

Источник: Кузнецов и Дмитриева (2005)

Солеустойчивость зависит:

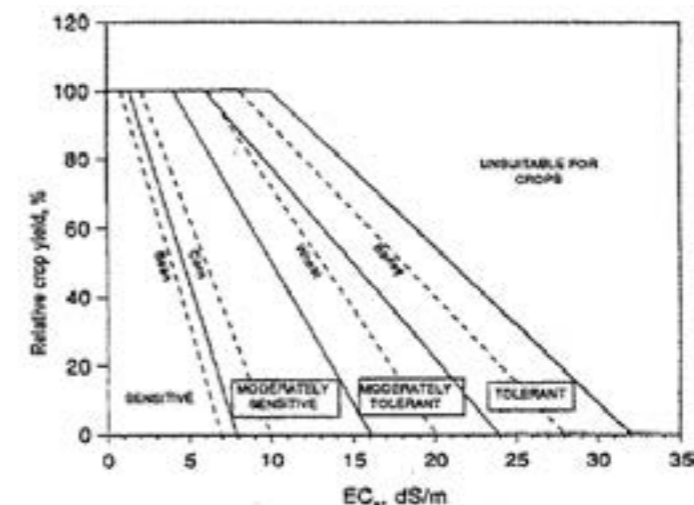
- ♦ от сорта растения;
- ♦ от условий среды обитания: температуры воздуха, уровня водообеспеченности растений, интенсивности освещения, минерального питания и плодородия, от структуры почвы;
- ♦ от возраста растения.

Невозможно создать единую классификацию растений по солеустойчивости, а тем более единую (универсальную) шкалу солеустойчивости. Каждое исследование справедливо для своих конкретных агроэкологических условий.

Таблица 15. Влияние засоления на урожайность основных сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственная культура	Урожайность при указанной засолённости почвы (дСм/м)		
	30 процент	80 процент	100 процент
Кукуруза	6	3	2
Рис	7	5	3
Пшеница	13	9	6
Картофель	7	4	2

Рисунок 37. Зависимость относительной урожайности от уровня засоления



Для удовлетворения спроса на продукты питания в будущем необходимы солеустойчивые альтернативные культуры. Установлено, что мобилизация и внедрение в культуру высокоурожайных, соле-, засухо- и морозоустойчивых видов аборигенной и интродуцируемой флоры путем создания многолетних древесно-кустарниковых агрофитоценозов в чистом виде или в смешанно-полосковых посевах, с сохранением местной галофитной растительности (strips-alley farming system), в том числе с включением в агрофиторазнообразие зерновых, зернобобовых, технических и других культур, является достаточно эффективным способом улучшения мелиоративных свойств засоленных почв и повышения их кормовой продуктивности. (Toderich et al., 2018). Исследования ученых показали, что такими культурами может быть киноа, сорго, африканское просо, амарант, могар, суданская трава, кунжут, тритикале, индигофера, топинамбур, солодка голая и др. Зерновые культуры двойного назначения (зерно и корм), такие как африканское просо и сорго, широко распространены во всем мире, и считаются весьма важными в стратегии развития аридного пастбищного кормопроизводства и животноводства. Несмотря на высокую экономическую ценность, в настоящее время они занимают менее 3,8 процент от общей площади зерновых культур в Центральной Азии.

Рисунок 38. Коллекционный питомник засухо- и солеустойчивых сорговых культур



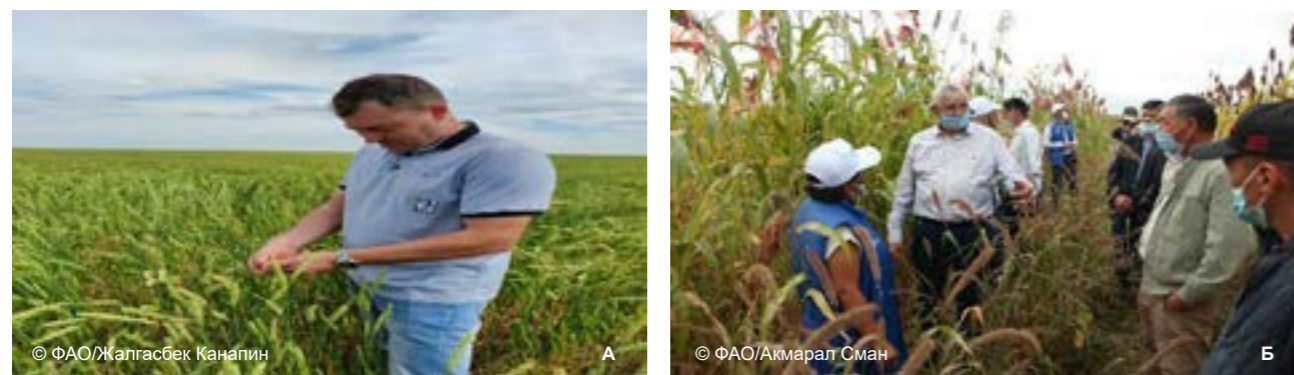
А. В Агропарке «Онтустик» Алматинской области (проект ИСЦАУЗР-2), (Июнь 2020, Алматы, Казахстан)
 Б. Тренинг-семинар в Сырдарье, демонстрируется использование рыболовных сетей для защиты семян сорговых культур от птиц.

Сорго, являясь растением с С4-типом фотосинтеза, успешно произрастает на засоленных почвах со скудными маргинальными ресурсами, как в качестве основной, так и повторной культуры после озимой пшеницы, ячменя или в рисовых севооборотах. Использование сахаристого сочно-стебельного сорго в качестве источника возобновляемой энергии из растительной биомассы не конкурирует с такими традиционными культурами, как кукуруза и др., которые могут произрастать только на плодородных почвах и в условиях орошения пресной водой. Сорго относится к числу растений, способных переносить сильную почвенную и воздушную засуху. Сахарное сорго – многоцелевая культура, биомасса которой может быть использована в качестве высокопитательного корма и жмыха для всех видов животных, а также послужить альтернативным сырьем для производства этанола, сахарного сиропа и других вторичных

продуктов.

Снижение засоленности почв при использовании альтернативных сельскохозяйственных культур может служить ключевой мерой адаптации во время использования воды низкого качества для орошения, что приведет к более рациональному использованию ограниченных водных ресурсов.

Рисунок 39. Демонстрационные посевы засухоустойчивых культур в проектных участках ИСЦАУЗР-2



А. Июнь 2020. Акмолинская область, Казахстан
Б. Июнь 2020, Алматинская область, Казахстан

С целью уменьшения засоления почвы, а также повышения урожайности, для некоторых видов галофитов и солеустойчивых культур были проведены полевые, лабораторные, лизиметрические эксперименты с применением различных методов орошения. Эксперименты сопровождалось изучением качества оросительной воды и почв маргинальных земель в различных агроэкологических системах (в предгорьях, равнинах, орошаемых землях, деградированных пустынных пастбищных угодьях). Местное население было активно вовлечено в данный процесс с целью определения динамики и характера соленакопления или снижения уровня солей в корнеобитаемом слое, а также изучения и определения потенциала производства продуктов питания для населения и кормов для животноводства.

Вопросы к Модулю 3

- ◆ Что необходимо выполнить для оптимального выбора культур для выращивания в условиях пустынь и полупустынь Центральной Азии?
- ◆ Можно ли использовать воду низкого качества для выращивания галофитов и солеустойчивых нетрадиционных культур?
- ◆ Назовите галофиты, которые имеют высокую питательность и могут быть использованы в качестве корма для скота.
- ◆ Расскажите об использовании галофитов в качестве источников энергии.

МОДУЛЬ 4

Документация, выгоды и масштабирование наилучших практик и технологий биоземледелия на засоленных почвах

В настоящее время возрастает необходимость в определении альтернативных систем производства сельскохозяйственной продукции и разработки инновационных технологий, которые способствовали бы мобилизации имеющихся маргинальных ресурсов в регионе, в том числе использование земельных ресурсов и воды низкого качества для орошения, что приносило бы экономическую выгоду местным фермерам, скотоводам, домашним хозяйствам, и в то же время обеспечило бы стабильное функционирование природных агроэкосистем.

Пастбища чрезвычайно важны для устойчивого развития стран ЦА региона. Пастбищное животноводство (каракулеводство, коневодство, верблюдоводство, козоводство) является важной составной частью аграрного сектора региона Центральной Азии. Снижение площади плодородных пастбищ могут иметь долгосрочные отрицательные последствия для общего национального развития, продовольственной безопасности (в частности, производства мяса), социальной стабильности, долгосрочной эффективности землепользования в засушливых районах, а также устойчивости к прогнозируемым климатическим изменениям. Снижение продуктивности пастбищ будет способствовать ухудшению уровня жизни сельского населения, что приведет к чрезмерной эксплуатации природных ресурсов и дальнейшей деградации земель.

Вместе с тем пустынные районы, используемые под пастбища, имеют, наряду с другими районами, глобальную значимость для сохранения разнообразия сельскохозяйственных ресурсов и расширенный потенциал поглощения парниковых газов.

Пастбища, сосредоточенные в регионах с низким природно-ресурсным потенциалом особо чувствительны к антропогенной нагрузке, и требуют особых усилий для сохранения их устойчивости. При использовании пастбищ без какого-либо управления и планирования с превышением нормативной нагрузки ведет к перевыпасу и деградации (Shaumarov *et al.*, 2012).

В качестве одной из технологий, позволяющих организовать кормозапасы и одновременно снизить нагрузку на пастбища в пустыне Кызылкум, в Канимехском районе Навоийской области, Узбекистана была успешно опробована технология использования маргинальных водных ресурсов для производства кормов.

Население, проживающее в Кызылкумах, традиционно занимается животноводством, которое является основным средством существования и выполняет своеобразную функцию накопления семейных сбережений. В целях повышения доходов население увеличивает поголовье, не учитывая площадь и состояние пастбищ. Бессистемный выпас и превышение нормативной нагрузки на пастбища создает угрозу биоразнообразию. В Канимехском районе имеется 63 артезианских скважины с дебетом 13-15 л/с каждая. Имеется возможность на базе всех этих скважин можно организовать поливное земледелие на площади 350-400га. В пустыне Кызылкум данную технологию можно внедрить на площади 25 000 га. Вода из скважин имеет нейтральную кислотную реакцию (РН 7,4) и среднее засоление ($E_c=5,6-8,3$ ds/m).

Рисунок 40. Демонстрационные участки в пустыне Кызылкум



Показаны примеры использования слабо-минерализованной воды для производства семян люцерны, а также бахчевых под покровом верблюжьей колючки.

Растительность пастбищ на этих сильно засоленных почвах представлена ограниченным числом количеством видов галофитов.

Применение данной технологии возможно только на легких почвах с обязательным условием экологизации земледелия - внедрением в севооборот галофитов. (см. Модуль 2). Исходя из интенсивности засоления рекомендуемая схема севооборота – 1:2 или 1:3, где 1 поле засеивается галофитами (кохия веничная, атриплекс нитенс, бассия иссополистная, сведа высокая, климакоптера), 2 или 3 поля – протестированными культурами (топинамбур, маш, кукуруза, сорго, просо, ячмень, рожь, солеустойчивые сорта пшеницы, люцерна и др.). При такой схеме галофиты сменяют другие культуры каждые 2-3 года, что позволяет избежать соленакопления в почве: галофиты выносят из прикорневой зоны до 40 процент солей. Таким образом, на легких почвах с высокой водопроницаемостью посредством биомелиорации будет поддерживаться в прикорневой зоне допустимое содержание солей.

Потенциально технология позволяет получать ежегодно 3-5 т/га соломы и 1,5-2 т/га зерна озимой пшеницы, 48-78 т/га кукурузной силосной массы, 144-150 ц/га сена люцерны, 23 т/га сена из надземной фитомассы солодки, 5-10 т/га сена растений-галофитов с хорошими питательными качествами.

Технологические процессы по организации поливного земледелия являются традиционными и включают планировку земли, вспашку, чизелевание, боронование, посев, нарезку поливных борозд и уход за посевами.

В рамках проекта «Доместикация и возделывание галофитов с использованием минерализованных артезианских вод для улучшения кормовой емкости деградированных песчаных пустынных пастбищ в условиях засоления» кормовые аборигенные галофиты (многокомпонентные галофитные пастбища) возделывались совместно с традиционными, менее солеустойчивыми культурами полосами шириной 15-25 м.

На опытном участке Кызылкесек (пустыня Центральные Кызылкумы) были опробованы испытания полосно-аллейной агропасторальной системы (pastoral-crops-alleying system) посевов смешанного использования аборигенных галофитов (*Climacoptera lanata* L. and *Alhagi pseudoalhagi* MB Desv.) чередующимися с солеустойчивыми традиционными культурами (*Zea mays* L.).

Рисунок 41. Использование галофитов для поверхностного улучшения деградированных пастбищ



А. Монотипное галофитное пастбище с участием Кохия веничной, Центральные Кызылкумы
Б. Совмещенное возделывание климакоптеры (суккулентный галофит) и кукурузы (типичный гликофит)

По минеральному составу надземной кормовой массы галофитные виды практически не уступают культурным бобовым и злаковым.

Рисунок 42. Концентрация ионов соли в сухом веществе *Climacoptera lanata*

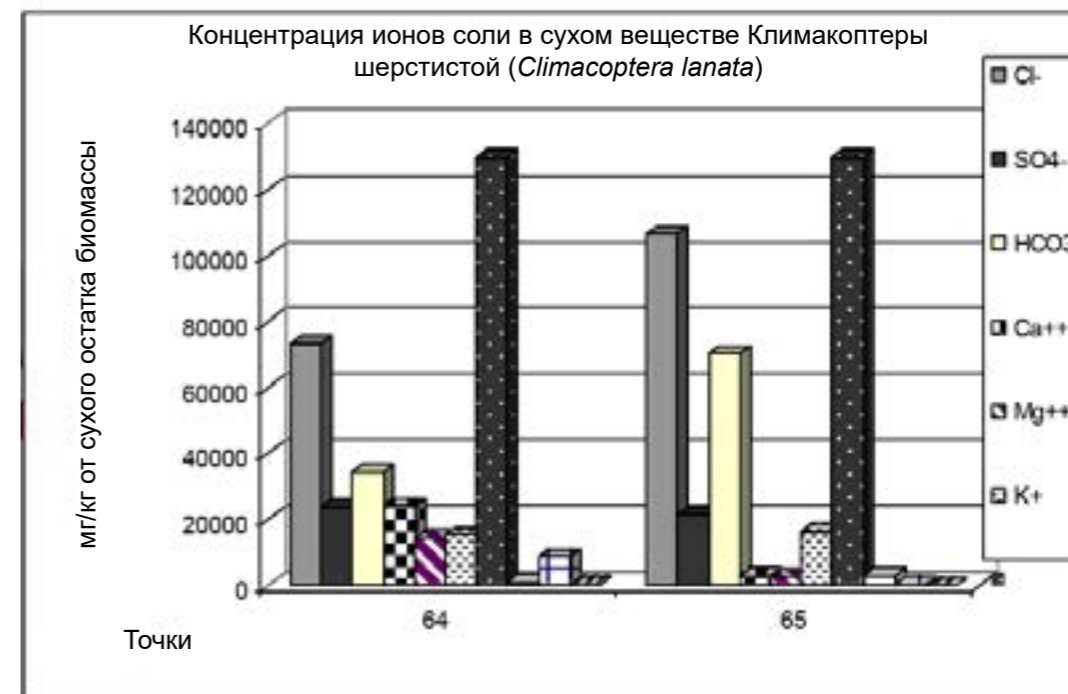
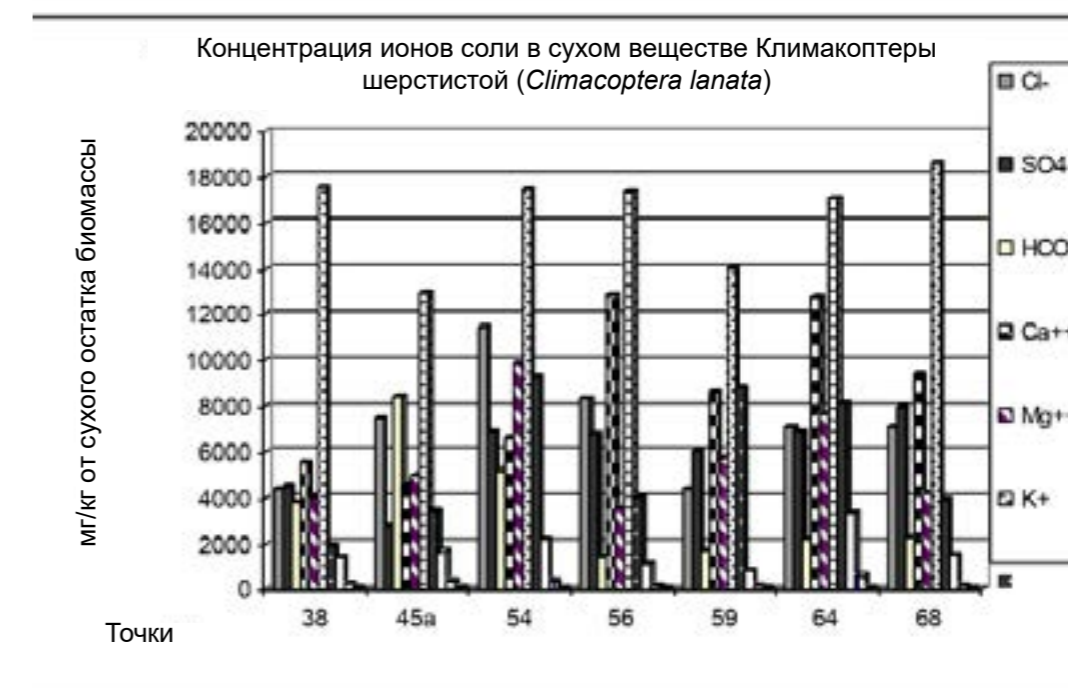


Рисунок 43. Концентрация ионов соли в сухом веществе *Alhagi pseudoalhagi*



Сведы дуголистная (*Suaeda arcuata*) и заостренная (*S. acuminata*), *S. paradoxa*, лебеда (кокпек, *Atriplex nitens*), климакоптера шерстистая (*Climacoptera lanata*), марь белая (*Chenopodium album*), *Salsola orientalis*, солерос, кохия веничная (*Kochia scoparia*), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*), полынь солончаковая (*Artemisia halophylla*) и другие отобранные виды галофитов формируют 10 - 12 т сухой кормовой массы, 1 - 1,5 т семян (плодов), обеспечивают получение до 1,5 т протеина в условиях орошения соленой водой на песчаных почвах.

Рисунок 44. Выращивание и заготовка кормовых культур на зиму в пустынной зонах



© ФАО/ Кристина Тодерич
Канимехский район, пустыня Кызылкум

Диверсификация культур посредством внедрения и интеграции различных сельскохозяйственных практик на засоленных и деградированных землях способствует повышению производительности сельскохозяйственной продукции, что значительно улучшит доход фермеров в сельских местностях. Создание новых соле-, засухо-жароустойчивых высокоурожайных видов и сортов зерновых, зернобобовых, технических и других культур, отзывчивых к рошению низко минерализованной водой, является обязательным для совершенствования сельскохозяйственного производства, поддержания средств к существованию и улучшения благосостояния фермеров и агропромышленных животноводов, особенно тех, кто зависит от маргинального качества земельных и водных ресурсов.

Таблица 16. Питательность 1 кг сена сорго

№	Показатели	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭв
1.	Содержание питательных веществ в 1 кг корма по данным хим.анализа, г.	130,4	12,0	177,4	502,6
2.	Коэффициенты переваримости, процент	48,0	50,6	50,6	57,3
3.	Содержание переваримых питательных веществ, г.	62,4	6,0	87,2	288,2
4.	Кормовые единицы	0,50			
5.	Обменная энергия, МДж	6,76			
6.	Переваримый протеин	62,4			

Источник: Massino et al. (2015)

Таким образом, важным резервом кормовой базы аридной зоны является диверсификация кормовых культур, хорошо адаптированных к стрессовым условиям (соле- и засухоустойчивые). На сегодняшний день в регионе адаптируются такие культуры как просо, сорго, смешанные посевы сорго+соя. Установлено, что данные культуры могут выращиваться на почвах с разной степенью засоленности как основные культуры, так и повторные, в качестве зеленого корма. В опытах на животных была установлена питательная и энергетическая ценность данных культур в 1 кг сена (Таблица 16).

По общей энергии- кормовым единицам и перевариваемому протеину они, согласно зоотехническим нормам, относятся к грубым кормам хорошего качества и являются сеном высшего класса, имеющие 0,55-0,68 кормовых единиц.

Среди перспективных нетрадиционных культур, вводимой в настоящее время во многих странах мира, можно отметить *Chenopodium quinoa* (киноа), возделываемое главным образом, в Перу и Чили. Киноа – псевдозерновая засухо-и солеустойчивая культура из семейства амарантовых. Родиной киноа является Анд, Южная Америка. Крупа семян киноа полезны для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, анемией, сахарным

диабетом, иммунно-дефицитными заболеваниями. Киноа способствует усвоению кальция, заживлению тканей и полезна детям для формирования костей и хорошего роста. Оно является хорошим источником легкоусвояемого белка для спортсменов, беременных женщин, детей и стариков. Киноа богата протеином (по качеству не уступает женскому молоку), а по качеству энергии, кальция, фосфора, железа, витамина В, клетчатки и комплексных углеводов намного превосходит ячмень, рис, овес и пшеницу. Поэтому белок киноа – это полный набор аминокислот, то есть, полноценная еда. Еще одна важная ценность зерна – способность замедлять процессы старения. В зародышах киноа есть фитиновая кислота и скуален, которые снижают риск возникновения онкологических заболеваний.

Оно обладает ценными качественными показателями как продукт питания, корм для животных. Только в последние годы киноа культивируется уже в 75 странах мира. В 2013 году ФАО объявило ее культурой года. Это растение многоцелевого назначения.

Зерна киноа не содержат глютена, очень питательны, богаты белком (11-18%) и характеризуются высоким разнообразием насыщенных аминокислот, жиров, микро- и макроэлементов (Choukr-Allah et al., 2016, Toderich et al., 2020).

Урожай семян в зависимости от агро-экологической зоны выращивания киноа варьирует от 3,8 т/га (в Каракалпакстане) до 5,1 т/га (на юге Таджикистана и предгорных районах Иссык-Кульской области). Семена могут быть использованы в пище, для диверсификации диет детей, улучшения качества питания. Сапонины и другие побочные продукты из семян киноа используются в косметических и фармацевтических целях.

Богатой питательными веществами частью растения являются листья киноа, которые содержат 8,75-10,85% протеина и небольшое количество клетчатки 7,68-8,90%. Количество углеводов содержится больше в соцветиях 95,84-92,73%. Надземная биомасса и отходы после уборки семян предназначены на корм скоту.

Рисунок 45. Опыт по выращиванию семян киноа (*Chenopodium quinoa* Willd) в странах Центральной Азии



© Тамара Матюнина

© Кауыркул Шалпыков

© Фарход Пулодов

© Фарход Пулодов

Таблица 17. Питательная и энергетическая ценность киноа в фазе молочно-восковой спелости

Фракция растений	Сырая зола	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырой протеин	БЭВ	Валовая энергия
	процент	процент	процент	процент	процент	ккал
Q ₅ -соцветие	1,3	1,76	0,28	3,32	92,73	4348,9
Q ₅ - листья	1,6	0,28	8,90	10,85	17,05	4329,4
Q ₅ - стебель	3,2	0,22	11,14	8,2	76,98	4268,7
Q ₃ - соцветие	1,2	0,96	0,20	1,8	95,84	4319,8
Q ₃ - листья	1,12	0,28	7,68	8,75	81,59	4353,7

Вся наземная часть киноа содержит 90,8-92,4 процент - сухого вещества; 8,8-16,9 процент протеина; 22,5-23,0 процент клетчатки; 2,92-4,78 процент лигнина; 16,9-32,4 процент БЭВ. Крупные стебли можно измельчать (12-13 см) закладывать по технологии сенажа или силоса с добавлением азото-, серо-, фосфорсодержащих веществ. Мякина после обмолота семян может использоваться в приготовлении кормовых блоков и гранул для мелкого рогатого скота. Таким образом, по питательности наземной части киноа является хорошим кормом для животных аридной зоны и может способствовать укреплению кормовой базы животноводства и поддержанию жизненного уровня фермеров, живущих на маргинальных территориях.

Рисунок 46. Производственные посевы киноа



А. Азамат Касеев - Успешный фермер по производству семян киноа (село Боконбаево, Иссык-Куль, Кыргызстан)
Б. Высокоурожайная, скороспелая генетическая линия киноа (Q5) (Шортанбай, Каракалпакстан)

Тематическая вставка 2

Азамат Касеев в 2012 году получил от ФАО первые семена южноамериканских сортов киноа «Регалона» и «Титикака». Урожайность этих двух перспективных сортообразцов высокая, с одного гектара при посеве 2,5 кг получается урожай от двух до трех тонн киноа. Сегодня цена на Лондонской бирже от 2 до 16 долларов за килограмм, так что прибыль получается высокая, - рассказывает Азамат Касеев.

Но не все было так просто с самого начала. Около пяти лет ушло у агронома Касеева и других успешных фермеров из различных областей Кыргызстана на то, чтобы испытывать и адаптировать данную культуру для местных условий. Особый вклад во внедрении киноа в Кыргызстане внес Международный центр биоземледелия в условиях засоления (ИКБА).

Киноа сеяли по всем областям Кыргызстана: в Чуйской, Таласской, Джалал-Абадской, в Баткенской и других областях. Но, как выяснилось, эта культура любит высокогорье, причем определенный температурный режим, когда днем жарко, а ночью холодно.

В результате многолетних опытов установлено, что оптимальным климатом для возделывания киноа Кыргызстане являются Тонский район Иссык-Кульской области, Бакай-Атинский район Таласской области и предгорья Джалал-Абадской области. Однако наибольшую сложность представляет то, что для посева, уничтожения сорняков, а также сбора урожая и дальнейшего

обмолота зерна механизированного оборудования нет ни в Кыргызстане, ни в Южной Америке. Поэтому всю эту работу агроном и все его члены семьи выполняют вручную. Еще одна проблема – сбыт урожая (ICBA, 2018)

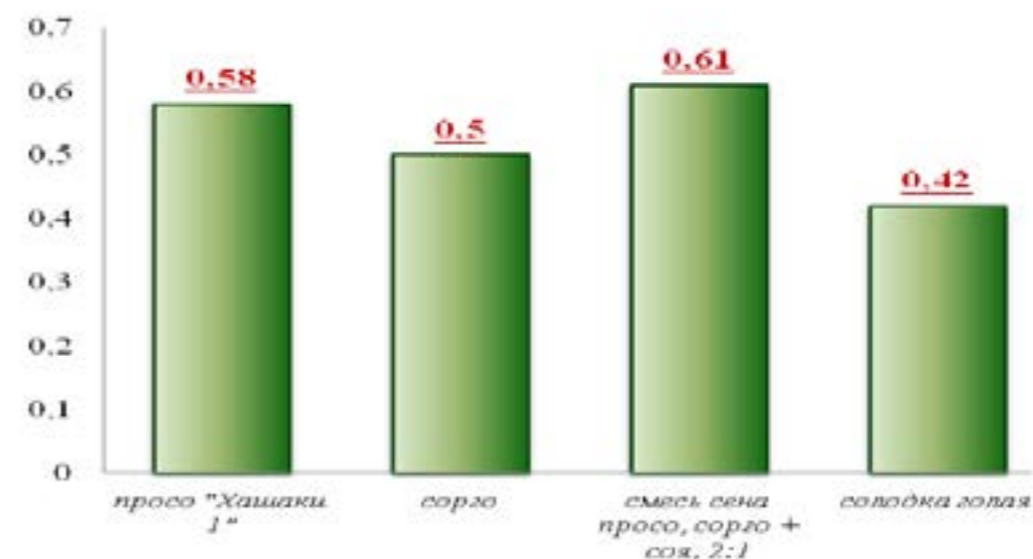
При уборке урожая количество зрелых семян киноа составляет от 30,3 до 48,5 процент, соломы и мякны 66,7-51,5 процент, поэтому такое количество биомассы должно найти рациональные применение в кормлении животных.

Нижняя часть куста киноа, после уборки урожая семян состоит из толстых грубых стеблей в диаметре от 1,5 до 5 см, которые могут быть использованы для скармливания животных.

При скармливании скоту грубых кормов потери в виде остатков могут доходить до 30-40 и более процентов, а это связано с тем, что их задают в неподготовленном виде, не учитывая состава и соотношения питательных веществ рациона. Для лучшей поедаемости необходимо использовать физико-химические и биологические методы обработки, которые направлены на процесс раздревеснения связи клетчатки с неперевариваемой частью лигнина, и превращение корма в удобную форму для переваривания. При составлении рациона необходимо учитывать, что в аридной зоне остро ощущается дефицит протеина, так как в этой зоне хозяйства в основном зернового направления, где больший удельный вес в кормовом балансе занимают зерно и отходы зернового хозяйства.

Результаты исследований показывают, что по общей энергетической ценности альтернативные культуры относятся к сене высшего качества и имеют 0,42-0,61 кормовых единиц.

Рисунок 47. Кормовые единицы альтернативных сельскохозяйственных культур



Суммируя вышесказанное и сравнивая энергетическую ценность нетрадиционных растений, выращенных на засоленных почвах, можно отметить, что данные растения имеют высокую биоэнергетическую ценность и отвечают зоотехническим нормам для кормовых растений.

Таблица 18. Биоэнергетическая ценность нетрадиционных культур

№	Вид культуры	Валовая энергия		Кормовые единицы	Переваримый протеин, г	обменная энергия, МДж
		Ккал	МДж			
1	Африканское просо «Хашаки»	4088	17,0	0,58	68,9	6,67
2	Сорго	4060	16,8	0,55	62,4	6,44
3	Смесь просо + соя 2:1	4237	17,5	0,61	62,5	7,01
4	Киноа	4269	17,8	-	-	-
5	Солодка голая	-	-	0,42	50,7	4,89

Агролесоводство. Одной из апробированных практик технологий биоземледелия, которая показала очень хорошие результаты на засоленных землях и рекомендована учеными для широкого внедрения (масштабирования) в регионе Центральной Азии является агролесомелиорация деградированных пахотных земель.

Рисунок 48. Выгоды внедрения агролесомелиорации



В настоящее время имеются следующие предпосылки и перспективы для широкого использования агролесоводства и облесения деградированных земель, пострадавших от заболачивания и засоления.

Имеются варианты крупномасштабного облесения деградированных земель:

- ◆ Многоцелевые породы деревьев с высоким адаптивным потенциалом, солеустойчивостью, засухо- и морозоустойчивостью, высокой полезностью
- ◆ Восстановление пустынных и прибрежных деревьев и кустарников
- ◆ Восстановление и охрана природных водно-болотных угодий;

Оптимальная комплексная агролесомелиоративная система, включающая 12 процент древесного покрова, 30 процент люцерны и 58 процент однолетних кормовых культур обеспечивает удовлетворительный дренажный контроль засоленных сред, предотвращая накопление солей на площади корневой зоны.

Рисунок 49. Заброшенное сильно засоленное фермерское поле в результате нерационального орошения



Вторичное засоление. (Аштский массив, Согдийский район, Северный Таджикистан)

Рисунок 50. Последовательное восстановление продуктивности засоленных земель под агролесоводством. Тот же самый фермерский участок через три года



Аштский массив, Согдийский район, Северный Таджикистан

Технология апробирована на маргинальных пахотных сильно засоленных и заболоченных землях Голодной степи, низовьях рек Амударьи, Сырдарьи и Зарафшана созданы плантации из солеустойчивых, засухоустойчивых древесных пород, преимущественно с азотфиксирующей и высокой биодренажной способностью.

За вегетационный период в аридной зоне благодаря этим растениям испаряется от 15 до 221 тыс. м³/га воды, что препятствует поднятию грунтовых вод на полях и вторичному засолению последних.

Рисунок 51. Пространственное распределение культур в системе агролесоводства



Территория экспериментальной станции ИКБА, Дубай, ОАЭ

Эксперименты по облесению, которые были проведены на площади 2 га, Янгибазар, Хорезм позволяет сделать выводы, что биовосстановление ресурсов на уровне одного хозяйства снижает засоление и позволяет возделывать менее солеустойчивые культуры и развивать альтернативные источники средств к существованию в сельской местности.

Для проведения исследований были отобраны следующие породы деревьев: лох узколистный (джида) (*Elaeagnus angustifolia*), тополь разнолистный (туранга) (*Populus euphratica*), вяз приземистый (кайрагач) (*Ulmus pumila*).

Рисунок 52. Схема посадки деревьев многоцелевого назначения

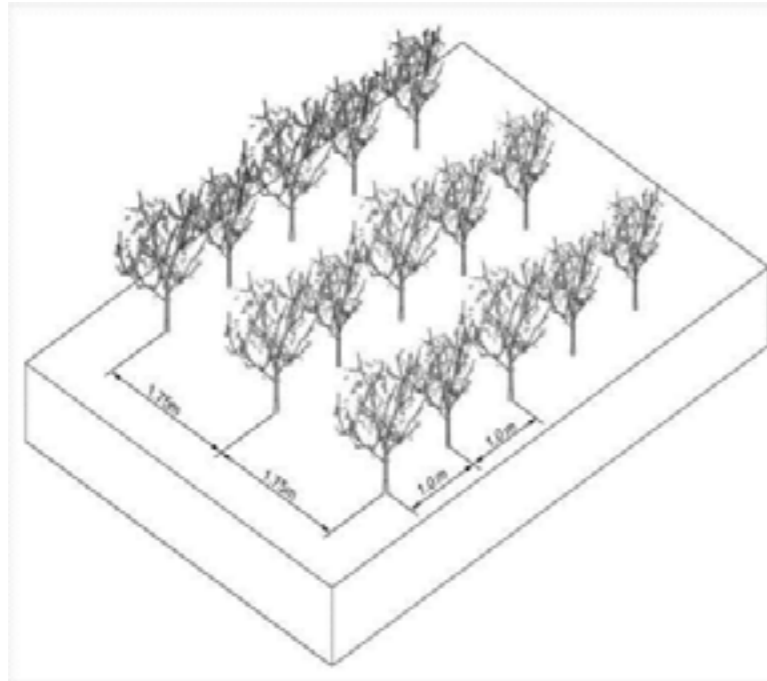


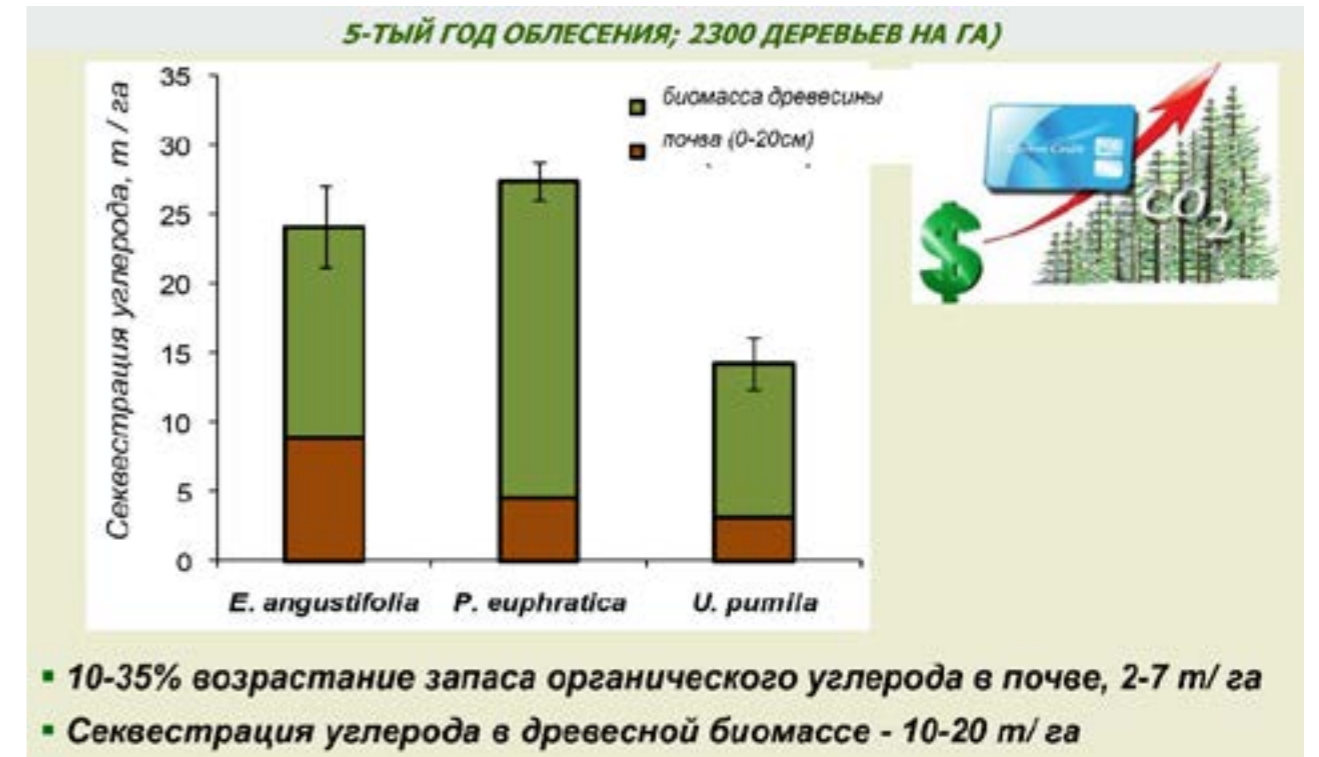
Рисунок 53. Результаты исследований по содержанию азота в почве



Источник: Khamzina et al. (2009)

Также исследования показали, что создание лесных насаждений на маргинальных землях дает возможность объединить усилия по борьбе с деградацией земель с сокращением концентрации CO_2 в атмосфере.

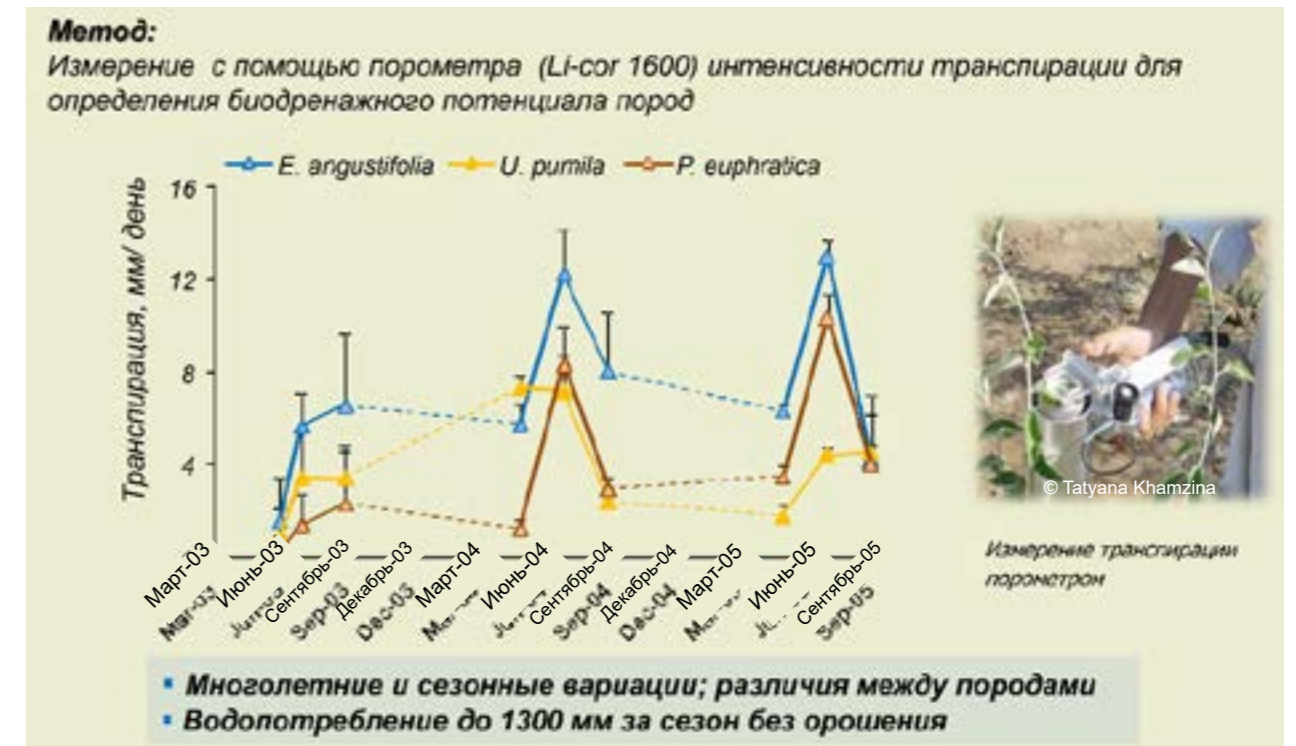
Рисунок 54. Секвестрация углерода



Источник: Khamzina et al. (2012)

Также произошло снижение уровня грунтовых вод за счет транспирации.

Рисунок 55. Изменение интенсивности транспирации



Источник: Khamzina et al. (2012)

Хотя мелкомасштабные плантации древесных насаждений не устраняют проблему засоления, тем не менее, они повышают продуктивность маргинальных пахотных земель, которые, в противном случае могут быть просто заброшены. Для долгосрочного успеха агролесомелиорации необходима промывка примерно раз в десять лет.

Созданные лесные насаждения обеспечили корм скоту и стали источником сухой древесины для использования в домашних хозяйствах местных жителей. Так теплотворная способность древесины в 4 раза превышает энергетическую ценность гузапаи (за пять лет).

Исследователями была проведена эколого-экономическая оценка агролесомелиорации, результаты которой представлены на рисунках 37, 38.

Рисунок 56. Выгоды агролесомелиорации

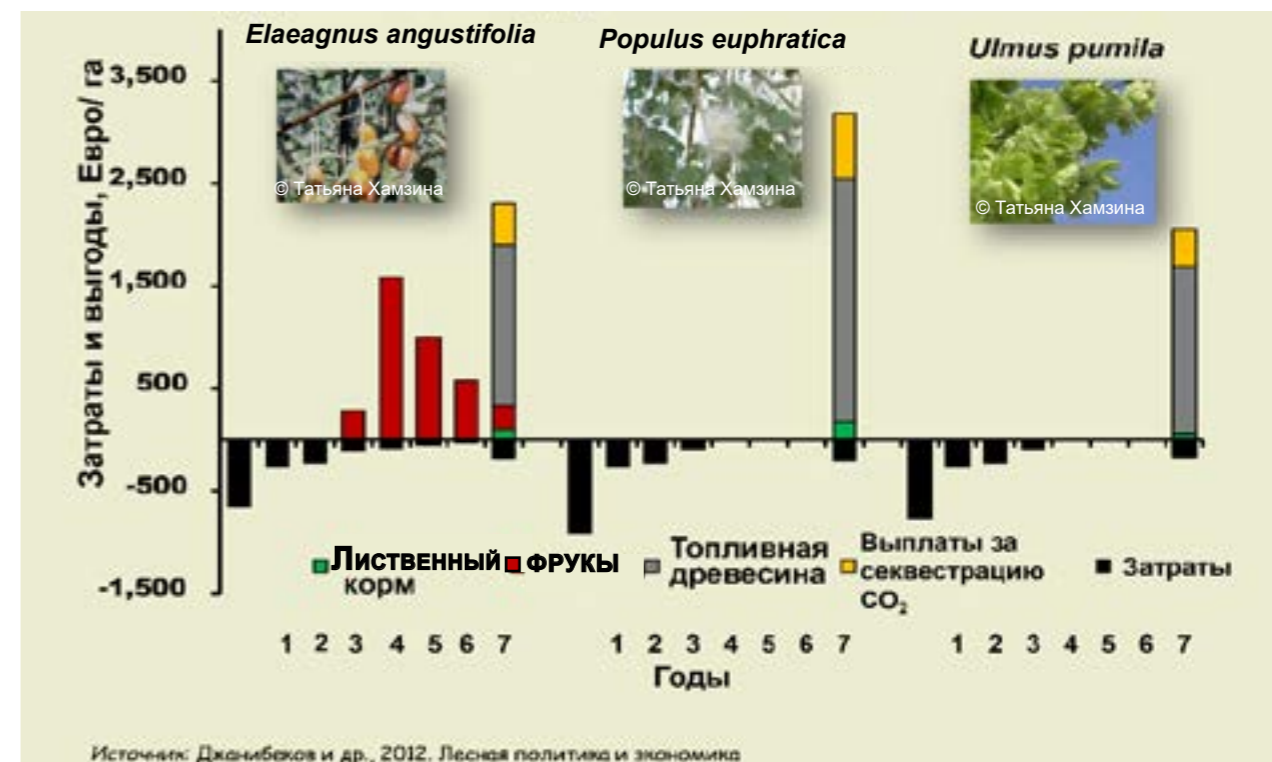
Показатели	Значения
Экологические выгоды	
Повышение почвенного плодородия:	
- биологическая фиксации азота	0,02-0,5 т/га за сезон
- прирост органического углерода в почве	2-7 т/ га
- биодренажный потенциал	1300 мм/сезон
Смягчение и адаптация к ИК	
- прирост органического углерода в надземной и подземной биомассе	10-20 тонн/га
Экономические выгоды	
древесная продукция:	
дрова, строевая древесина, добавочный корм скоту, съедобные плоды	
Косвенные выгоды	
Снижение нагрузки на естественные леса, Высвобождение водных ресурсов для продуктивных земель	

Источник: Khamzina et al. (2006)

Таким образом, преобразование деградированных пахотных земель путем агролесомелиорации:

- ◆ повышает продуктивную способность земель;
- ◆ минимальные затраты по поливу;
- ◆ повышает запас питательных веществ в почве;
- ◆ предоставляет финансовую выгоду.

Рисунок 57. Финансовая выгода от агролесомелиорации



Источник: Djanibekov et al. (2012, 2013)

Рисунок 58. Динамика изменений при применении агролесомелиорации на участке в Хорезмской области, Узбекистан



Вопросы по Модулю 4

- ◆ Чему способствует диверсификация сельскохозяйственных культур?
- ◆ Расскажите об опыте использования альтернативных водных ресурсов при выращивании кормовых культур.
- ◆ Какими ценными качествами обладает киноа?
- ◆ Назовите альтернативные сельхозкультуры перспективные для выращивания на засоленных землях Центральной Азии.
- ◆ В чем заключаются выгоды применения агролесомелиорации на засоленных землях?

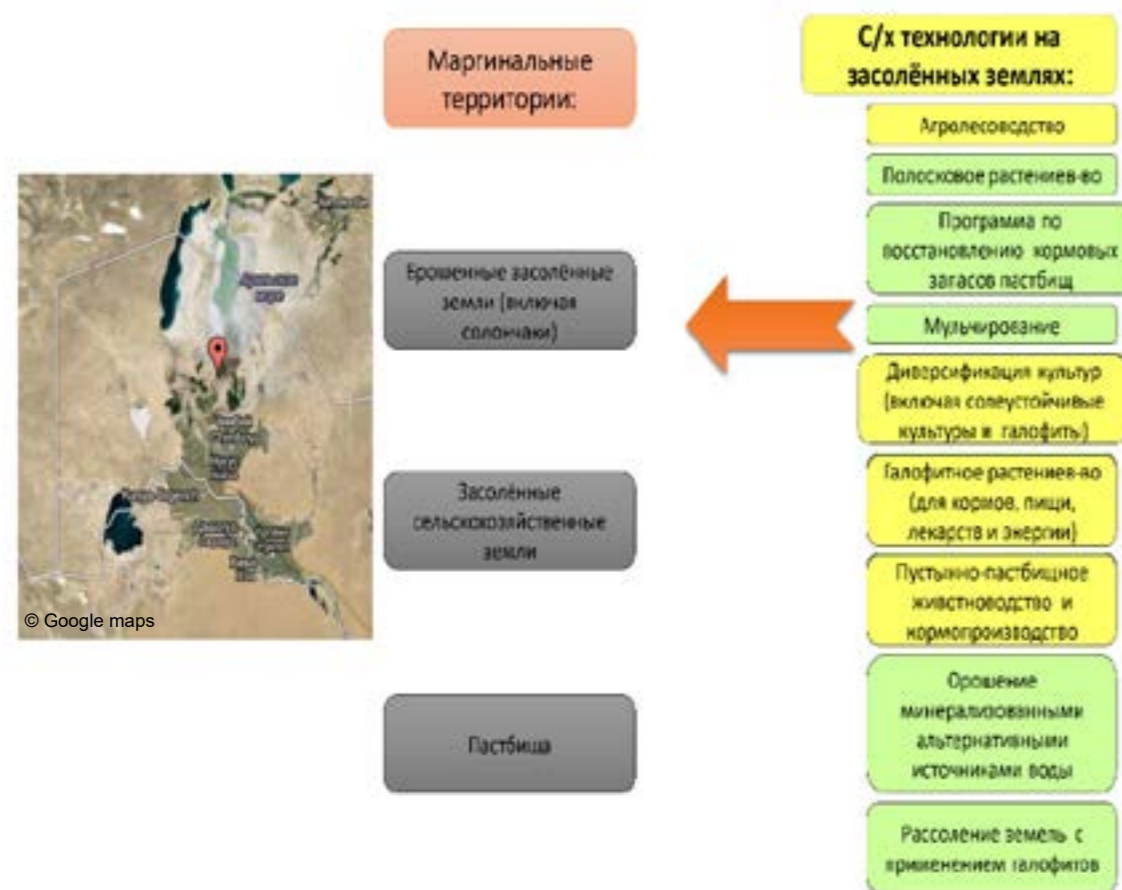
МОДУЛЬ 5

Перекрёстные темы (Продовольственная программа и качество питания, анализ цепочки добавленной стоимости, вопросы вовлечения женщин)

Продовольственная программа и качество питания

Развитие сельскохозяйственных технологий на засоленных землях имеет большие перспективы и может внести большой вклад в Продовольственные программы Центральной Азии и повысить качество питания местного населения.

Рисунок 59. Сельскохозяйственные технологии на засоленных землях



При этом требуется применять комплексный подход по созданию основы для многоцелевого использования маргинальных земельных и водных ресурсов (диверсификация культур, агроресоведство, пустынно-пастбищное животноводство) в условиях засоления с учетом необходимых и имеющихся ресурсов.

Рисунок 60. Адаптация и распространение сельскохозяйственных технологий на засоленных территориях



Инициативы в этом направлении могут включать:

- ◆ Развитие технических навыков и знаний молодых специалистов для повышения продуктивности сельского хозяйства и пастбищ;
- ◆ Развитие новых сфер бизнеса (производства) в целях повышения доходов местных сообществ;
- ◆ Создание и поддержка мелких агро-животноводческих многопрофильных кооперативов (улучшение продуктивности земель и вод, диверсификация животноводства);
- ◆ Развитие животноводства в фермерских хозяйствах, чтобы снизить зависимость от растениеводства; развитие альтернативных видов деятельности на пастбищах (использование естественных пастбищ, посев зерновых и создание многолетних пастбищ).

Большое значение при этом имеет вовлечение всех заинтересованных сторон, создание платформ по распространению знаний и партнерств.

В будущем, для успешной реализации продовольственных программ на маргинальных землях необходимо осуществлять последовательные шаги реальной научно-технической политики на основе диалога и координации действий. Такие как:

- ◆ Усиление социально-экономической базы и привлечения фермеров в деле развития промышленного биоземледелия на засоленных почвах как неизбежной меры реформирования традиционной системы сельского хозяйства и сохранения сбалансированных аридных экосистем;
- ◆ Внедрение интегрированного подхода при создании прочной кормовой базы на пастбищах и староорошаемых заброшенных землях;
- ◆ Создание и развитие животноводческих комплексов;
- ◆ Развитие осведомленности и заинтересованности лиц, принимающих решения в создании институциональных условий для инноваций и инвестиций по поддержке мелких, но многопрофильных аграрно-животноводческих кооперативов;
- ◆ Организация государственной поддержки по документированию, распространению и передаче инновационных технологий;
- ◆ Повышение осведомленности, наращивание потенциала и стимулирование фермеров инвестировать в повышение производительности маргинальных земель и создавать небольшие альянсы (кооперативы) и вкладывать инвестиции в рынки сбыта, агро-логистики и продаж;
- ◆ Создание институциональных механизмов и мер политики по расширению участия местных сообщества и применения традиционных знаний в целях устойчивого использования маргинальных ресурсов на всех уровнях и др.

Выращивание нетрадиционных культур также может внести значительных вклад в продовольственные программы улучшения качества питания местного населения Центральной Азии.

Приведем конкретные примеры лучших практик, выращивания таких культур как топинамбур, маш, амарант.

Выращивание топинамбура в Каракалпакстане и Навоийской области Узбекистана

В Узбекском научно-исследовательском институте растениеводства созданы и включены в Государственный Реестр сорта топинамбура «Файз Барака» (2006) и «Мужиза» (2012).

Рисунок 61. Продуктивность зеленой биомассы и клубней у сортов топинамбура местной селекции (Узбекистан)



© ФАО/ Р. Мавлянова
«Файз-Барака»



© ФАО/ Р. Мавлянова
«Мужиза»



© ФАО/ Р. Мавлянова

Основные показатели:

- ◆ Густота стояния растений – 67-89 тыс. га;
- ◆ Vegetационный период – 120-180 дней;
- ◆ Высота растения – 210-290 см;
- ◆ Урожай зелёной массы на засоленной почве – 58,2-87,9 т/га и урожай клубней - 35,6-42,0 т/га;

Качество клубней ниже по сравнению с выращиванием на несолёной сероземной почве.

Рисунок 62. Выращивание топинамбура (Узбекистан)

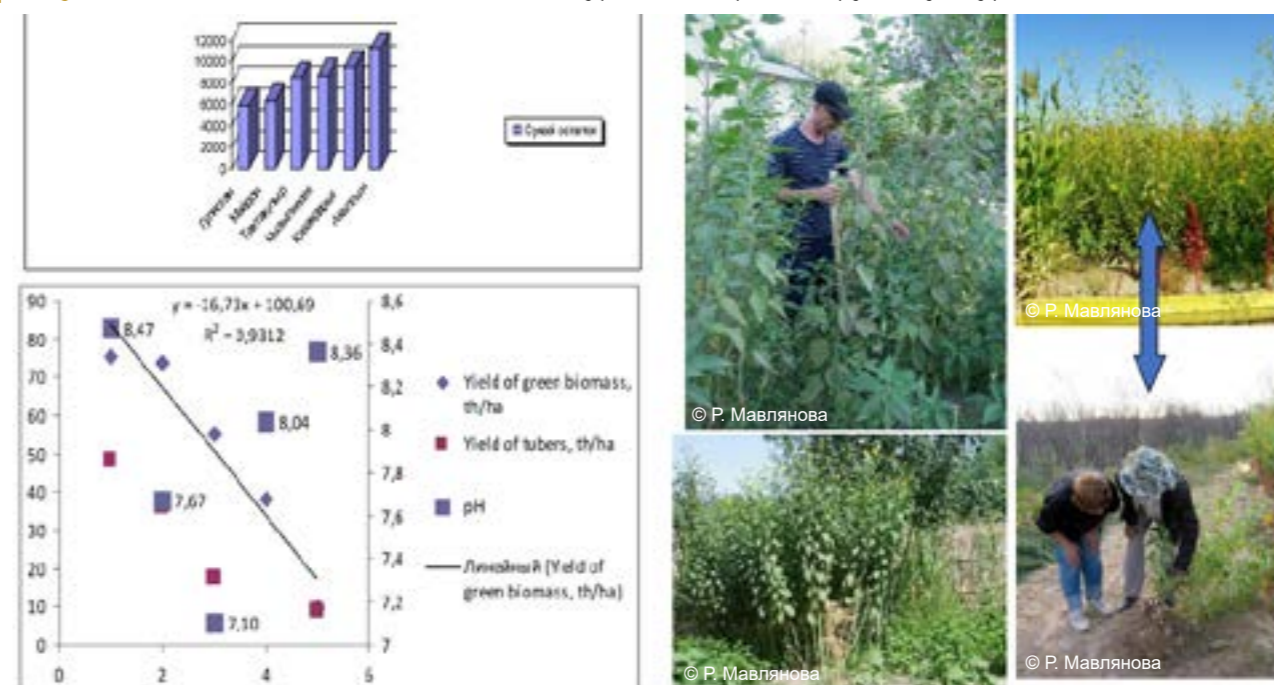


© Лилия Гисматулина «ФАЙЗ-БАРАКА»



© Лилия Гисматулина

Рисунок 63. Совмещенные посевы топинамбура под покровом других культур на засоленных почвах



Дехканско-животноводческое хозяйство "Маданият", пустыня Кызылкум, Узбекистан

В ходе мероприятий по выращиванию топинамбура в Кегейлийском районе в Каракалпакстане (2015-2017 гг.) использовалось также комбинированное выращивание топинамбура с другими культурами на засоленных почвах (Рисунок 63).

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты (Таблица 19):

Таблица 19. Влияние различных схем посадки на урожайность сортов топинамбура «Файз-Барака» и «Мужиза».

Схема посадки	На 1 растение		Урожай на 1 растение, г	Урожайность, кг/м ²	Товарность, процент	Урожай в процент к контролю	Урожай, т/га
	Кол-во клубней, шт	масса клубня, г					
Сорт «Файз-Барака»							
70x30 см (назорат)	11±0,38	42,5	467,5	2,1	98,0	100,0	21,4±0,87
70x40 см	17±0,59	47,0	799,0	2,7	99,0	123,1	27,2±1,11
70x50 см	16±0,56	47,7	763,2	2,3	97,0	106,1	22,7±0,93
Сорт «Мужиза»							
70x30 см (назорат)	10±0,34	50,1	501,0	2,4	98,0	100,0	24,1±0,98
70x40 см	13±0,44	62,0	796,9	2,8	98,0	117,9	28,3±1,16
70x50 см	13±0,44	61,3	780,0	2,2	96,0	92,1	22,2±0,91

Также были разработаны:

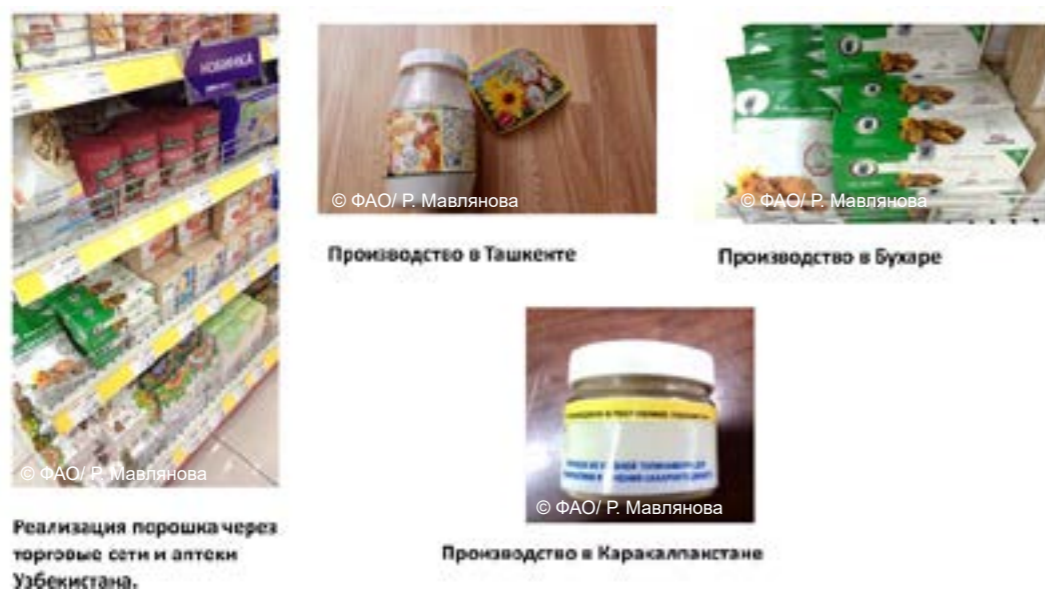
- ◆ Технология получения двойного высокого урожая зеленой массы топинамбура путем скашивания стеблей на высоте 40 см в июне.
- ◆ Улучшенная технология выращивания топинамбура сортов «Файз-Барака» и «Мужиза» на засоленных почвах с учетом сроков и схем посадки, массы семенного клубня и глубины посадки.
- ◆ Система кормового севооборота для топинамбура, исключающая засорение поля.

Топинамбур является ценным пищевым продуктом с широким спектром применения Рисунок 64, 65.

Рисунок 64. Продукты переработки топинамбура



Рисунок 65. Местное производство порошка топинамбура



Еще одним хорошим опытом по использованию альтернативных культур на засоленных землях является выращивание бобовых культур.

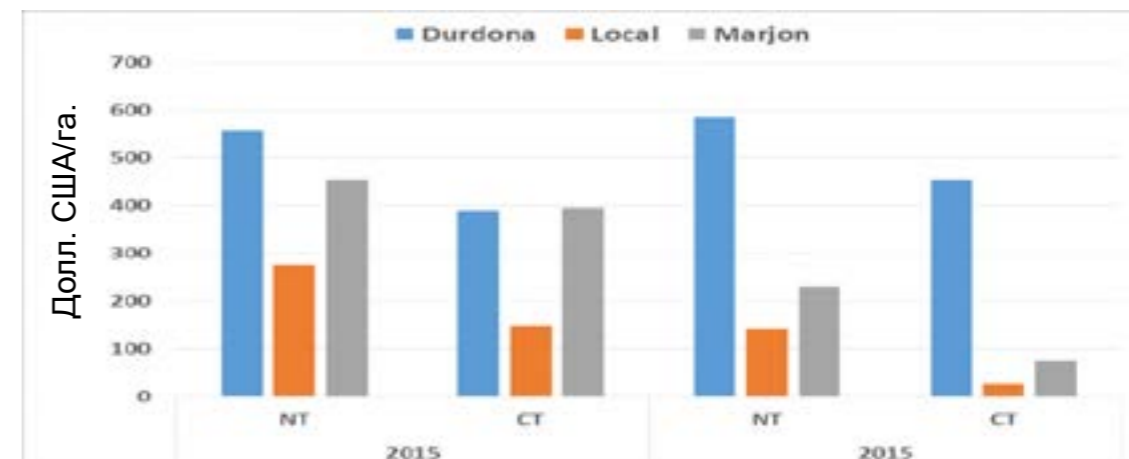
Бобовые культуры:

- ◆ универсальны для диверсификации культур;
- ◆ повышают плодородие почвы за счёт накопления азота клубеньковыми бактериями;
- ◆ являются ресурсосберегающими культурами;

- ◆ дают доход за короткий период времени (3-3,5 месяца);
- ◆ позволяют получать два урожая в год с одной и той же площади
- ◆ большая часть востребована на мировых рынках
- ◆ используются для питания населения.

На рисунке 66 показаны результаты при повторном посеве трех сортов маша при нулевой обработке почвы в Каракалпакстане:

Рисунок 66. Экономическая оценка повторного посева маша при нулевой обработке почвы в Каракалпакстане



При выращивании маша в междурядьях озимой пшеницы, при ее посеве разными способами были показаны следующие результаты (Мавлянова и др., 2020) (Таблица 20).

Таблица 20. Урожайность маша в зависимости от способа посева после уборки озимой пшеницы (2011-2013)

Способы посева маша	Расход дизеля, л га ⁻¹	Длина корней, см	Высота растений, см	Урожай, т га ⁻¹
Традиционный	53,6	25,4	67,17	1,85
Прямой посев +одна культивация	13,6	23,5	68,83	1,97
Прямой посев	5,9	23,8	65,35	2,24

Источник: Мавлянова (2019)

Анализ стоимости и эффективности показал, что больше всего прибыли было получено при нулевой обработке почвы (Таблица 21).

Таблица 21. Анализ стоимости и эффективности (2011-2013)

Методы обработки	ТО	Мо	НО
Урожайность, т га ⁻¹	1,61	1,77	1,94
Цена, тыс. долл. США	800,0	800,0	800,0
Валовой доход, тыс. долл. США	1,288	1,416	1,552
Общие затраты, тыс. долл. США	463,0	443,0	439,0

Прибыль, долл. США	825,0	973,0	1,113
--------------------	-------	-------	-------

Маш является ценным пищевым продуктом и имеет множество видов переработки.

Рисунок 67. Продукты переработки маша (*Vignaradiata*)



Еще одним из перспективных видов сельскохозяйственного растения является Амарант.

Амарант — это засухоустойчивое, жаростойкое и солеустойчивое однолетнее растение, достигающее высоты 1-2 м. Многочисленные стебли заканчиваются длинными висячими кистевидными метелками. Семена мелкие, круглые, красновато-коричневые. Всхожесть сохраняется в течение 4-5 лет. Используется для питания, кормовых и лечебных целей.

Рисунок 68. Разновидности амаранта



Международная продовольственная комиссия при ООН назвала амарант «культурой XXI века».

Всемирная организация здравоохранения настоятельно рекомендует для более эффективного удовлетворения потребности детей в белке строить их рацион при оптимальном соблюдении соотношения амаранта и риса.

В детском питании сок из листьев и цветков амаранта полезен как источник необходимого природного белка. Проросшие семена амаранта по содержанию полезных элементов равноценны материнскому молоку!

В листьях и семенах амаранта на 30 процент больше белка, чем в овсе, рисе и пшенице. 200 граммов листьев амаранта эквивалентны одному килограмму помидоров.

Лечебные свойства амаранта:

- ◆ Регулярное употребление в пищу семян амаранта предотвращает дефицит важных для жизни и здоровья веществ: кальция, железа, калия, витаминов С, А, В1, В2.
- ◆ Лечит болезни органов дыхания. астму, туберкулез, хронический бронхит. анемию, нехватку эритроцитов в крови, ишемическую болезнь сердца, гипертонию, экзему, ангину, остеопороз, снижает уровень холестерина в организме человека.

Таблица 22. Калорийность амаранта

Семена	Листья
Калорийность — 23 кКал	Калорийность - 371 кКал
Листья амаранта содержат 4,0 г углеводов в 100 г продукта, это примерно 56 процент всей энергии из порции или 16 кКал	Листья амаранта содержат 4,0 г углеводов в 100 г продукта, это примерно 56 процент всей энергии из порции или 16 кКал
Энергетическая ценность амаранта (соотношение белков, жиров, углеводов бжу): Белки: 13,6 г (~54 кКал) Жиры: 7 г (~63 кКал) Углеводы: 68,6 г (~274 кКал)	Состав листьев амаранта: Жиры — 0,33 г белки — 2,46 г углеводы — 4,02 г вода — 91,69 г зола — 1,50 г
Энергетическое соотношение (б ж у): 15 процент 17 процент 74 процент	

Источник: Мавлянова (2019)

Рисунок 69. Технология возделывания амаранта



Хорошие перспективы в регионе Центральной Азии имеют также выращивание таких как брокколи, дайкон и др.

Вопросы вовлечения женщин

Повышенное внимание к гендерному равенству и расширению прав и возможностей женщин отражено в Целях в области устойчивого развития (ЦУР) (FAO, 2020; GCF, 2017), как в качестве отдельной и самостоятельной цели гендерного равенства (ЦУР 5), так и в качестве сквозной темы в более 30 соответствующих задачах, связанных с другими ЦУР. FAO и ГЭФ ведут гендерную политику, способствующую сокращению гендерного неравенства посредством работы над разработкой норм и стандартов, обменом данными и информацией, политическим диалогом, развитием потенциала, знаниями и технологиями, партнерством, пропагандой и коммуникациями. Все аспекты работы FAO по гендерному равенству и расширению прав и возможностей женщин соответствуют международным приоритетам ЦУР и способствуют достижению каждой из 17 ЦУР, при этом следуя принципу - не оставлять никого позади.

Республика Казахстан приняла различные международные обязательства, такие как Конвенция о ликвидации всех форм дискриминации в отношении женщин (КЛДЖ), Пекинская декларация, и регулярно отчитывается перед Комитетом (КЛДЖ) о достигнутом прогрессе в соответствии с международными стандартами. Правительство разработало Концепцию семейной и гендерной политики на период до 2030 года, гарантирующую права женщин и гендерное равенство, при поддержке национальных стратегий, планов действий и программ, посвященных повышению гендерного равенства и расширению прав и возможностей женщин в качестве национальной цели. Однако в разработанном Плане действий уделяется ограниченное внимание потребностям сельских женщин.

Гендерное равенство предполагает, что женщины и мужчины имеют равные права и возможности реализовывать свой потенциал и развивать свои личностные качества. Между тем, как показывает опыт большинства стран мира, в том числе развитых, женщины по сравнению с мужчинами зачастую имеют меньше возможностей в доступе к ресурсам, трудоустройству, в продвижении по служебной лестнице, участии в политической деятельности и т.д.. В массовом сознании широко распространены стереотипы, согласно которым удел женщин – ведение домашнего хозяйства и забота о детях. Как результат, женщины, как правило, имеют меньше возможностей для получения образования, реализации своих способностей и навыков, доходы женщин чаще всего ниже, чем доходы мужчин.

Мужчины и женщины проявляют себя неодинаково в общественной и личной сферах, хотя во всех принятых государствами документах за ними юридически признаны равные права. Главным в сопоставлении ролей женщины и мужчины являются социальные причины. Как известно, перекося в гендерном плане в большей степени наблюдаются именно на селе.

Согласно данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, только 14 процент женщин являются зарегистрированными сельхозпроизводителями растениеводства, животноводства, охоты и оказания услуг на этих территориях. Среди индивидуальных предпринимателей 24,6 процент женщин ведут крестьянские или фермерские хозяйства, и лишь 1,99 процент из них являются землевладельцами. Возглавляемые женщинами домохозяйства более уязвимы к бедности, то есть женщины составляют непропорционально большую долю среди бедных слоев населения по сравнению с мужчинами. Такие домохозяйства беднее, потому что поддерживают большее количество иждивенцев. Как показывают социальные исследования, каждая семья занята домашним трудом в среднем во всех обследованных районах 65-80 часов в неделю, то есть 10-12 часов в день. Из них большая часть падает на плечи женщин, так как доля неработающих членов семей в этих хозяйствах выше, чем доля работающих.

Доля занятых в сельской экономике Казахстана среди женщин составляет 43,1 процент и 56,9 процент мужчин. Большие проблемы существуют в занятости женщин в сельском хозяйстве и в их правовом обеспечении. В Дорожной карте занятости предусмотрены программы микрокредитования сельских женщин, однако многие женщины не знают, как получить доступ к программе, не всегда сопровождаются поддержкой для совмещения работы и семейных задач по мере роста их бизнеса. По наблюдению проекта можно сказать, что чаще всего мужчина распределяет земельные участки под огороды, имеет доступ к сельхозтехнике, к рынку и сбыту, приоритет в получении кредитов, владеет правом на землепользование и водопользование, принимает решение о структуре посевных площадей хозяйства, чем женщины (Стулина Г.В., Научно-информационный центр МКВК).

Социальное и экономическое неравенство между женщинами и мужчинами подрывает продовольственную безопасность, сдерживает экономический рост и прогресс в сельском хозяйстве. Такие проблемы, как голод, недоедание и бедность в сельских районах, могут быть решены только при достижении равноправия между женщинами и мужчинами и устранении гендерного неравенства.

Для сельскохозяйственных областей на засоленных землях при работе по вовлечению женщин необходимо определить роль женщин и их восприятие, и практику управления в отношении проблем солевой среды, уровень готовности и приемлемости внедрения инновационных

биосолевых технологий.

При работе с женщинами в условиях Центральной Азии очень важна работа с людьми, навыки по коммуникации и межличностному общению.

Рисунок 70. Вовлечение женщин в распространение наилучших практик



А. В Афганистане (Афганистан)
Б. В Казахстане (Казахстан)



Опыт показывает, что при работе с людьми необходимо проявлять гибкость в ведении диалогов, учитывать философию сообщества / традиции /и культуры.

Зачастую одним из основных препятствий для успешного ведения женщинами сельскохозяйственной деятельности является низкий уровень знаний и ограниченный доступ к необходимой информации. Надлежащая информация, предоставляемая и получаемая на своевременной основе, имеет решающее значение для развития и использования технических новинок и усовершенствований. Для получения хороших результатов при ведении сельского хозяйства на засоленных землях в условиях засушливого климата необходимо вовлекать женщин в местные группы принятия решения, вовлекать в число консультационных советов, развивать их лидерские качества и повышать информированность женщин по темам, которые являются интересными и полезными для них. Такими темами могут быть:

- ♦ выращивание традиционных сельскохозяйственных культур и новых перспективных видов;
- ♦ разведение, выпас и содержание домашнего скота;
- ♦ конкретные виды деятельности по хозяйству, которые они выполняют или хотят изучить;
- ♦ различные методы домашнего консервирования фруктов и овощей и передовые методы их переработки;
- ♦ различные способы переработки продукции животноводства.
- ♦ упаковка и хранение сельскохозяйственной продукции.
- ♦ обучение вопросам реализации излишков производства.

Наряду с повышением потенциала бенефициаров в вышеуказанных технических вопросах, особое внимание рекомендуется уделить созданию потенциала и в вопросах по управлению финансовыми ресурсами и инструментами, ведения предпринимательства и бизнеса в условиях засоления.

Необходимо также создавать и регулярно распространять каталоги по мини-оборудованию и средствам переработки и указывать доступные способы их приобретения и обеспечивать их любой полезной информацией необходимой для ведения, успешного и приносящего пользу хозяйству или развития бизнеса.

Хорошим примером распространения информации и обучения женщин навыкам выращивания нетрадиционных сельскохозяйственных культур (галофитов) в целях эффективного использования водных и земельных ресурсов, является деятельность Альянсов по обучению сельских женщин. Этот подход был опробован в рамках проектов с участием ИКБА, осуществляемых с привлечением научного сообщества. Основной целевой группой при этом являлись женщины, которые возглавляли домохозяйства. Они объединялись потом в группы (альянсы) в целях получения лучшего результата. В ходе обучения внимание

фокусировалось на способностях солеустойчивых культур поглощать соль, помогая опреснению почвы, что позволяет поддерживать функции экосистем и в дальнейшем выращивать на данных территориях менее солеустойчивые культуры. В конечном счете это соответствует потребностям местного населения и приводит к увеличению экономических выгод местных домохозяйств.

Рисунок 71. Участие женщин в семинарах



А. Узбекистан
Б. Проект ИСЦАУЗР-2 (Таджикистан)

Кроме того, благодаря встречам, организации учебных курсов, «мастер-классов» на местах и другим инициативам женщины участвуют в построении платформы для обсуждения и поиска решений по наиболее важным для них вопросам.

Можно привести пример мастер-класса, организованного в Каракалпакии при участии Альянса по обучению сельских женщин по демонстрации приготовления и дегустации национальных блюд, приготовленных из нетрадиционных культур, таких как сорго, топинамбур, киноа, амаранта. Во время коллективного обеда с сельскими жителями была подчеркнута важность внедрения нетрадиционных культур для разнообразия рационов питания (особенно детей) и улучшения здоровья местных жителей, страдающих от диабета, низкого иммунитета, артериального давления, железодефицитных заболеваний и других.

Таким образом, женские инициативные группы могут служить основой для повышения потенциала женщин и активного их вовлечения в сельскохозяйственную деятельность. Эффективным подходом может быть формирование групп женщин по интересам с целью дальнейшего совместного обмена опытом полезного для всех сторон.

Успешный опыт усиления потенциала женщин и молодых специалистов в продвижении биоземледелия, в условиях засоления и текущего изменения климата в Южном Таджикистане может служить моделью для создания таких групп в других сельскохозяйственных районах подверженных засолению в Центральной Азии. Для работы с целевыми группами были выбраны три пилотных района в зоне орошаемого земледелия с наличием расположенных на засушливых землях в засушливой зоне.

Первый этап включал создание женских инициативных групп по интересам, при этом учитывался возраст и материальное положение участниц. Женщины высказали пожелание включать в состав своих групп участниц разного возраста, чтобы младшие могли перенимать опыт старших, имеющих богатый опыт. Однако этот опыт касался выращивания трудо- и ресурсозатратных сельскохозяйственных культур.

Для определения нужд и потребностей в обучении был проведен анализ того, какие знания нужны для повышения продуктивности деградированных земель. Для большей наглядности и

получения практических навыков были организованы демонстрационные участки - с новыми для населения засухо- и солеустойчивыми культурами (сафлор, сорго, африканское просо и киноа). Семена предоставлялись бесплатно. Планируется, что в дальнейшем участницы групп будут раздавать семена соседям, чтобы вовлечь как можно больше участников и расширить масштабы внедрения результатов.

Рисунок 72. Работа с женскими целевыми группами (а рамках различных проектах ИКБА-ЦАК)



Эти четыре вышеперечисленные сельскохозяйственные культуры, по результатам исследования ученых, экономически выгодно возделывать на маргинализированных засоленных землях Таджикистана. Это приведет к увеличению разнообразия кормов (зеленый корм, силос, сено, комбикорм, зерно- очень хороший корм для птиц и прудовых рыб), возможно использование их как биотопливо, сидераты и т.д., что создаст условия для улучшения жизни малообеспеченных фермеров.

Для более широкого распространения возделывания этих культур в республике («от фермера к фермеру») создается социальная сеть по выращиванию альтернативных солеустойчивых и засухоустойчивых культур и их семеноводству, где будут представлены, полученные в выбранных домохозяйствах женщин, результаты.

Серия тренингов поможет получить фермерам различную информацию и практические занятия необходимые для внедрения комплексного управления засоленными землями, с учетом существующих на местном уровне условий. При этом тренинги фокусируются не только на предоставлении необходимой технической информации, но и на формировании подходов для практического внедрения полученных знаний. Особое внимание, будет уделяться участию представителей женских инициативных групп с целью развития их потенциала.

Анализ цепочки добавленной стоимости и планирование

Цепочка добавленной стоимости (ЦДС) описывает **полный набор деятельности**, которая требуется для разработки **продукта или услуги**, начиная от его **концепции**, через различные этапы **производства** (включая комбинацию физических изменений и вклада различных поставщиков услуг), а также **доставку конечному потребителю** и послепродажные услуги (Kaplinsky and Morris, 2001).

На начальном этапе необходимо определить, какую сельскохозяйственную культуру вырастить и как, а также каким образом можно было бы улучшить свою прибыль за счет сокращения отходов и создания качественного продукта, соответствующего конкретным рыночным требованиям и возможностям.

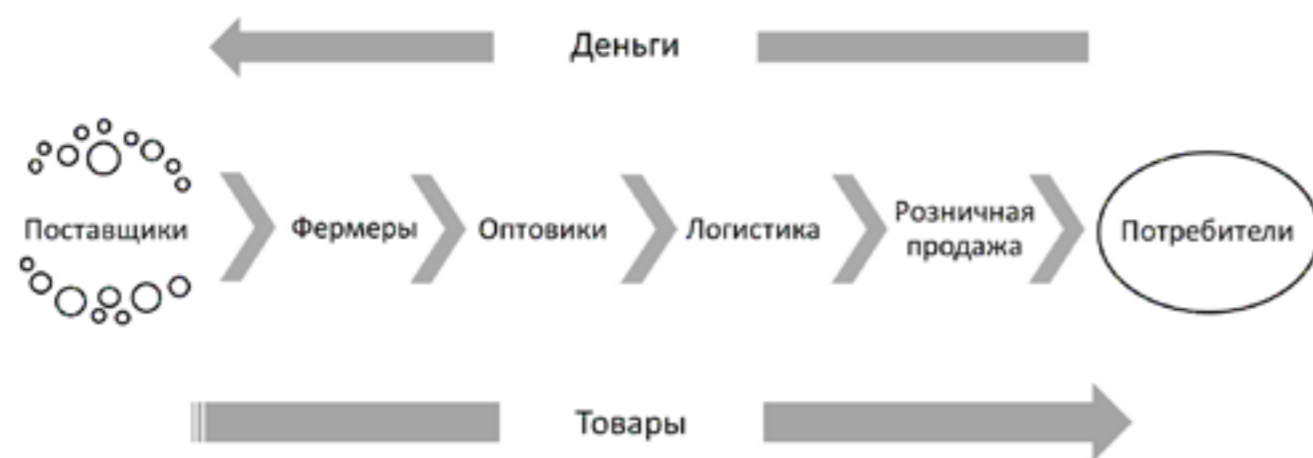
Упрощенно ЦДС для производства сельскохозяйственной продукции можно представить в виде схемы (Рисунок 72), где основными компонентами могут являться:

- ◆ Исходные материалы - семена, удобрения, агрохимия, лекарства, витамины, корм и т.д.
- ◆ Производство – овощи, фрукты, зерновые, мясо, молочные продукты и др.
- ◆ Первичная обработка, логистика, транспорт - первичная обработка, хранение, транспорт, перекупщики, биотопливо и т.п.
- ◆ Переработка, пищевое производство - выпечка, мясные продукты, молочные продукты,

продукты питания, закуски, напитки и др.

- ◆ Оптовая продажа, розница, дистрибуция (распространение товара по сети сбыта) – гипермаркеты, супермаркеты, магазины, рестораны и др.
- ◆ Потребители – городские, сельские.

Рисунок 73. Общая цепочка создания стоимости в сельском хозяйстве



Для получения полной картины и разработки стратегии как получить прибыль в конкретных условиях необходимо провести анализ ЦДС.

Анализ ЦДС дает хорошее и детальное представление обо всех сторонах, вовлеченных в процесс производства сельскохозяйственной продукции, их взаимоотношениях, об экономической деятельности на каждом этапе производства, информационных ресурсах, а также финансовых и материальных средствах, используемых в данной цепочке.

Применяя подход анализа ЦДС, вовлеченные стороны получают представление о возможных проблемах и основу для разработки путей их решения.

При работе с фермерами необходимо прививать «мышление цепочки создания стоимости», т.е. осознание того, что для достижения успеха необходимо: понимание потребностей потребителя, удовлетворение потребностей потребителя, уменьшение отходов, строительство партнерства.

На основе понимания основополагающих подходов и проведенного анализа и строится план действий, который должен содержать мероприятия, по основным компонентам ЦДС. Определив важнейшие мероприятия, необходимо обратить внимание на приоритезацию деятельности, сбор исходных данных, взаимодействие с важнейшими партнерами (например, поставщиками семян) и получение консультаций по основным вопросам (например, в консультативных центрах).

На всех этапах производства очень важным является также учет гендерных аспектов и предотвращение отрицательного влияния на окружающую среду в результате осуществляемой деятельности.

Разработка планов действий на основе анализа ЦДС по выращиванию новых засухоустойчивых видов культур таких как киноа, сафлор, сорго и др., с привлечением женских инициативных групп, позволит повысить потенциал землепользователей и способствовать налаживанию взаимодействия, передаче опыта и знаний на местном уровне.

Таким образом, ставя целью достижение значимого воздействия через улучшение питания, доходов и других преимуществ для жизни необходимо основываться на (i) целостном подходе при построении цепочки добавленной стоимости, (ii) высоком уровне участия всех вовлеченных сторон, (iii) учете гендерных вопросов и интересов уязвимых групп населения, (iv) междисциплинарном и межсекторальном взаимодействии, (v) результатах тестирования на пилотных участках.

Для создания эффективных ЦДС биосолевого сельского хозяйства следует решать следующие задачи:

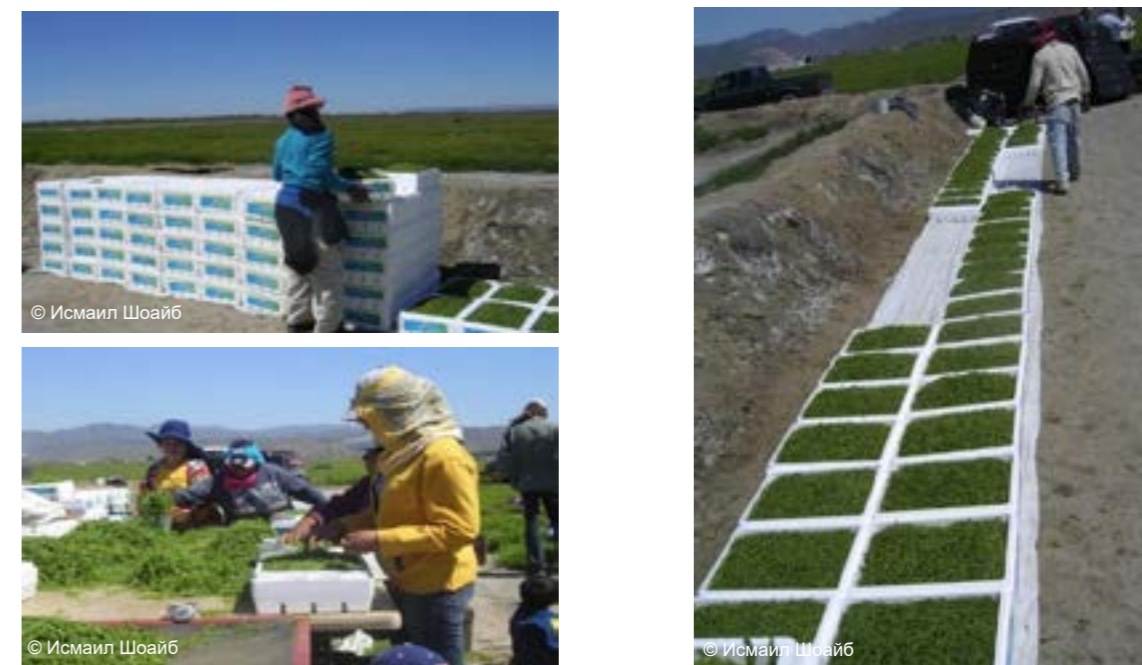
- ◆ повышение самооценки местных производителей;
- ◆ сохранение генетического разнообразия;
- ◆ уверенность в своих силах у участников цепочки создания стоимости.

При этом требуется принимать во внимание следующие аспекты:

- ◆ учет генетического разнообразия;
- ◆ выбор культур и выращивание, сбор урожая;
- ◆ обработка, придание дополнительной рыночной ценности продуктам;
- ◆ маркетинг;
- ◆ использование готового продукта.

На каждом этапе целесообразно привлечение имеющегося лучшего опыта, включая зарубежного. Например, по послеуборочным технологиям, обработке, логистике; упаковке, хранении.

Рисунок 74. Применение новых технологий в цепочке добавленной стоимости



В качестве примера использования готового продукта можно привести киноа. Семена могут использоваться при приготовлении каш и хлопьев для завтрака, а также напитков. Проросшие семена используются в салатах, листья используются как шпинат. Также киноа используется в качестве корма для животных, сырья, зеленого удобрения, для производства растительного масла и др.

Рисунок 75. Использование в более чем 100 рецептах блюд



ЦДС биосолевого сельского хозяйства следует также включать:

- ◆ исследование производственно-бытовых цепочек;
- ◆ анализ рынка продукции из засоленных почв;
- ◆ анализ затрат и выгод.

Вопросы к Модулю 5

- ◆ Назовите сельскохозяйственные технологии, которые могут внести значительный вклад в продовольственные программы стран Центральной Азии.
- ◆ Расскажите о хороших практиках выращивания нетрадиционных культур в ЦА.
- ◆ Какой вклад могут внести женщины в развитие сельского хозяйства на засоленных землях?
- ◆ Что Вы знаете о работе Альянсов по обучению и инициативных групп сельских женщин в районах подверженных засолению?
- ◆ Что включает в себя Цепочка добавленной стоимости (ЦДС)?
- ◆ Какие задачи нужно решать и что нужно учесть при построении эффективной ЦДС в области сельскохозяйственного производства на засоленных землях?

БИБЛИОГРАФИЯ

Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M.A. & Akbar, S. 2013. Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 55–57: 43–52.

Akinshina, N., Azizov, A., Karasyova, T. & Klose, E. 2016. On the issue of halophytes as energy plants in saline environment. *Biomass and Bioenergy*, 91: 306–311.

Akinshina, N., Naka, D., Toderich, K., Azizov, A. & Yasui, H. 2012. Anaerobic degradation of halophyte biomass for biogas production. *Journal of Arid Land Studies*, 22(1): 227–230.

Akinshina, N., Toderich, K., Azizov, A., Saito, L. & Ismail, S. 2014. Halophyte Biomass: A Promising Source of Renewable Energy. *Journal of Arid Land Studies*, 24(1): 231–235.

Akramkhanov, A., Brus, D.J. & Walvoort, D.J.J. 2014. Geostatistical monitoring of soil salinity in Uzbekistan by repeated EMI surveys. *Geoderma*, 213: 600–607.

Aronson, J.A. & Whitehead, E.E. 1989. *HALOPH: a data base of salt tolerant plants of the world*. Tucson, USA, Office of Arid Land Studies, University of Arizona.

Asian Development Bank (ADB). 2018. *Kazakhstan Country Gender Assessment*. Manila. (www.adb.org/documents/kazakhstan-country-gender-assessment-2018).

Bennett, D.L., George, R. & Ryder, A. 1995. *Soil salinity assessment using the EM38: Field operating instructions and data interpretation*. Report 4/95. Perth, Australia, Department of Agriculture, Western Australia. (also available at https://researchlibrary.agric.wa.gov.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1152&context=misc_pbns).

Breckle, S.W. & Wucherer, W. 2006. Vegetation of the Pamir (Tajikistan): Land Use and Desertification Problems 1. In E.M. Spehn, M. Liberman & C. Körner, eds. *Land use change and mountain biodiversity*, pp. 225–238. Boca Raton, USA, CRC Press.

Breckle, S.W. & Wucherer. 2012. Halophytes and Salt Desertification in the Aralkum Area. In S.W. Breckle, W. Wucherer, L.A. Kimeyeva & N.P. Ogar, eds. *Aralkum-a man-made desert: the desiccated floor of the Aral Sea (Central Asia)*, pp. 271–299. Berlin/Heidelberg, Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. 2018–2019. *Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan* [online]. Nur-Sultan. [Cited 20 August 2020]. gender.stat.gov.kz/ru

Burundukova, O.L., Shuyskaya, E.V., Rakhmankulova, Z.F., Burkovskaya, E.V., Chubar, E.V., Gismatullina, L.G. & Toderich, K.N. 2017. Kali komarovii (Amaranthaceae) is a xero-halophyte with facultative NADP-ME subtype of C4 photosynthesis. *Flora*, 227: 25–35.

Butnik, A.A., Toderich, K.N., Matyunina, T.E., Japakova, U.N. & Yusupova, D.M. 2016. *Handbook on fruit morphology and biology of seed germination of Central Asian desert and semidesert plants*. Tashkent, FAN.

Cauda, C., Micheletti, C., Minerdo, B., Scaffidi, C. & Signoroni, E., eds. 2013. *Quinoa in the Kitchen*. Bra (Cuneo), Italy, Slow Food.

Choukr-Allah, R., Rao, N.K., Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A., Toderich, K., Gill, S. & Butt, K.U. 2016. Quinoa for Marginal Environments: Toward Future Food and Nutritional Security in MENA and Central Asia Regions. *Frontiers in plant science*, 7: 346.

Dent, B., Macharia, J. & Aloyce, A. 2017. *Value chain thinking: A trainer's manual*. Tainan, Taiwan, World Vegetable Center.

Djanibekov, N., Van Assche, K., Bobojonov, I. & Lamers, J.P. 2012. Farm restructuring and land consolidation in Uzbekistan: New farms with old barriers. *Europe-Asia Studies*, 64(6): 1101–1126.

Djanibekov, U., Van Assche, K., Boezeman, D. & Djanibekov, N. 2013. Understanding contracts in evolving agro-economies: Farmers, dekhqans and networks in Khorezm, Uzbekistan. *Journal of Rural Studies*, 32: 137–147.

FAO. 2020. Gender – Background. In: *FAO Main Topics* [online]. Rome. [Cited 2 October 2020]. www.fao.org/gender/background/en

FAO & ITPS. 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Rome, FAO. 650 pp. (also available at <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199E.pdf>).

FAO & ITPS. 2020. *Protocol for the assessment of Sustainable Soil Management*. Rome, FAO. 24 pp. (also available at http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/SSM/SSM_Protocol_EN_006.pdf)

Flowers, T.J., Galal, H.K. & Bromham, L. 2010. Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology*, 37(7): 604–612.

Gintzburger G., Toderich K.N., Mardonov B.K. & Makhmudov M.M. 2003. *Rangelands of the Arid and Semi-Arid zones in Uzbekistan*. Montpellier, France, CIRAD-ICARDA.

Glenn, E.P., Brown, J.J. & Blumwald, E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical reviews in plant sciences*, 18(2): 227–255.

Global Environmental Facility (GEF). 2017. *Policy on Gender Equality* [online]. Washington, DC. www.thegef.org/sites/default/files/council-meeting-documents/EN_GEF.C.53.04_Gender_Policy.pdf

Global Soil Partnership (GSP). 2021. Resources. In: *The Global Soil Partnership* [online]. Rome. [Cited 15 September 2021]. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1269946/>

Heil, K. & Schmidhalter, U. 2017. The Application of EM38: Determination of Soil Parameters, Selection of Soil Sampling Points and Use in Agriculture and Archaeology. *Sensors*, 17(11): 2540.

Hossain, M.S. 2019. Present Scenario of Global Salt Affected Soils, its Management, and Importance of Salinity Research. *International Research Journal of Biological Sciences*. 1: 1–3.

International Center for Biosaline Agriculture (ICBA). 2018. Kyrgyz-grown quinoa makes its way into global markets. In *The International Center for Biosaline Agriculture* [online]. Dubai. [Cited 01 April 2021]. www.biosaline.org/news/2018-10-27-6696

Kaplinsky, R. & Morris, M. 2001. *A handbook for value chain research*. Ottawa, Institute of Development Research Centre.

- Khamzina A., Djanibekov U., Maharjan S., Lamers J.P.A. & Vlek P.L.G.** 2012. Turning to agroforestry in adaptation to water scarcity and land degradation in irrigated areas of the Amudarya downstream. Proceedings of the international conference "Hydrological and Ecological Responses to Climatic Change and to LUCC in Central Asia", 5-9 August 2012, Urumqi.
- Khamzina, A., Lamers, J.P.A., Worbes, M., Botman, E. & Vlek, P.L.G.** 2006. Assessing the potential of trees for afforestation of degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. *Agroforestry Systems*, 66(2): 129-141.
- Khamzina, A., Sommer, R., Lamers, J.P.A. & Vlek, P.L.G.** 2009. Transpiration and early growth of tree plantations established on degraded cropland over shallow saline groundwater table in northwest Uzbekistan. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(11): 1865-1874.
- Khan, M.A., Ungar, I.A. & Showalter, A.M.** 2005. Salt stimulation and tolerance in an intertidal stem-succulent halophyte. *Journal of Plant Nutrition*, 28(8): 1365-1374.
- Kushiev, H., Noble, A.D., Abdullaev, I. & Toshbekov, U.** 2005. Remediation of abandoned saline soils using *Glycyrrhiza glabra*: A study from the Hungry Steppes of Central Asia. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 3(2): 102-113.
- Larin, I.V., Agababyan, M.S. & Rabotnov, T.A.** 1951. *Fodder plants of hayfields and pastures*. Volume 2. Moscow-Leningrad, Selkhozgiz.
- Lyra, D.A., Ismail, S., Butt, K.U.R.B. & Brown, J.** 2016. Evaluating the growth performance of eleven '*Salicornia bigelovii*' populations under full strength seawater irrigation using multivariate analyses. *Australian Journal of Crop Science*, 10(10): 1429-1441.
- Massino, A.I., Edenbaev, D., Khujanazarov, T.M., Azizov, K., Boboev, F., Shuyskaya, E.V., Massino, I.V. & Toderich, K.N.** 2015. Comparative performance of corn, sorghum and pearl millet growing under saline soil and water environments in Aral Sea Basin. *Journal of Arid Land Studies*, 25(3): 269-272.
- Matsuo, N., Ojika, K., Shuyskaya, E., Rajabov, T., Toderich, K. & Yamanaka, N.** 2013. Responses of the carbon and oxygen isotope compositions of desert plants to spatial variation in soil salinity in Central Asia. *Ecological Research*, 28(5): 717-723.
- Mavlyanova, R.F., Abdullaev, F.Kh. & Mansurov K.G.** 2020. Cultivation agrotechnology of new intensive mung bean cultivars. *Agricultural Technologies*, 2(1): 1-7.
- Menzel, U. and Lieth, H.** 1999. Annex 4: Halophyte Database Vers 2. In H. Leith, M. Moschenko, M. Lohmann, H.-W. Koyro & A. Hamdy, eds. *Halophyte Uses in Different Climates I. Ecological and Ecophysiological Studies*. P. 159. Leiden, the Netherlands, Backhuys Publishers.
- Micklin, P.** 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35: 47-72.
- O'Leary, J.W.** 1984. High productivity from halophytic crops using highly saline irrigation water. In J.A. Replogle & K.G. Renard, eds. *Water Today and Tomorrow*, pp. 213-217. Proceedings of Speciality Conference Irrigation and Drainage Division of ASCE. New York, USA, American Society of Civil Engineers.
- O'Leary, J.W.** 1985. Halophytes. *Arizona land and people*, 36(3): 15.
- Oparin M.L., Nukhimovskaya, Y.D., Konyushkova, M.V., Trofimova, L.S., Oparina, O.S., Mamayev, A.B. & Trofimov, I.A.** 2018. Analysis of Soil and Vegetation Cover from Satellite Imagery to Assess its Relation to Lark Habitats (Alaudidae, Aves) in the Trans-Volga Semi-Desert. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 45(10): 1284-1292.
- Pasternak, D.** 1990. *Fodder production with saline water: project report, January 1982-December 1989*. Beer Sheva, Israel, BGUN ARI institutes for Applied Research, Ben Gurion University of the Negev.
- Qadir, M., Quill rou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Drechsel, P. & Noble, A.D.** 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4): 282-295.
- Rhoades, J.D.** 1982. Soluble Salts. In: A.L. Page, eds. *Methods of soil analysis, Part 2 Chemical and microbiological properties, 2nd edition*. pp: 167-179. Madison, USA, American Society of Agronomy.
- Richards, L.A., eds.** 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook No. 60. Washington, DC, United States Department of Agriculture.
- Rossel, R.A.V. & Bouma, J.** 2016. Soil sensing: A new paradigm for agriculture. *Agricultural Systems*, 148: 71-74.
- Shaumarov, M., Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Ismail, S., Radjabov, T.F. & Kozan, O.** 2012. Participatory management of desert rangelands to improve food security and sustain the natural resource base in Uzbekistan. In V. Squires, eds. *Rangeland Stewardship in Central Asia*. pp. 381-404. Dordrecht, the Netherlands, Springer Netherlands.
- Shuyskaya, E.V., Rakhankulova, Z.F., Lebedeva, M.P., Kolesnikov, A.V., Safarova, A., Borisochkina, T.I. & Toderich, K.N.** 2017. Different mechanisms of ion homeostasis are dominant in the recretahalophyte *Tamarix ramosissima* under different soil salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(3): 81.
- Shuyskaya, E., Rakhmankulova, Z., Voronin, P., Kuznetsova, N., Biktimerova, G. & Usmanov, I.** 2015. Salt and osmotic stress tolerances of the C3-C4 xero-halophyte *Bassia sedoides* from two populations differ in productivity and genetic polymorphism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(11): 1-8.
- Sonmez, S., Buyuktas, D., Okturen, F. & Citak, S.** 2008. Assessment of different soil water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma*, 144: 361-369.
- Toderich, K., Black, C.C., Juylova, E., Kozan, O., Mukimov, T. & Matsuo, N.** 2007. C3/C4 plants in the vegetation of Central Asia, geographical distribution and environmental adaptation in relation to climate. In R. Lal, M. Suleimenov, B.A. Stewart, D.O. Hansen & P. Doraiswamy, eds. *Climate change and terrestrial carbon sequestration in Central Asia*, pp.33-63. Leiden, the Netherlands, Taylor & Francis/Balkema.
- Toderich, K.N., Ismail, S., Juylova, E.A., Rabbimov, A.A., Bekchanov, B.B., Shuyskaya, E.V., Gismatullina, L.G., Osamu, K. & Radjabov, T.B.** 2008. New approaches for Biosaline Agriculture development, management, and conservation of sandy desert ecosystems. In C. Abdelly, M.  zt rk, M. Ashraf & C. Grignon, eds. *Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance*, pp. 247-264. Basel, Switzerland, Birkh user Basel.
- Toderich, K.N., Mamadrahimov, A.A., Khaitov, B.B., Karimov, A.A., Soliev, A.A., Nanduri, K.R. & Shuyskaya, E.V.** 2020. Differential Impact of Salinity Stress on Seeds Minerals, Storage Proteins, Fatty Acids, and Squalene Composition of New Quinoa Genotype, Grown in Hyper-Arid Desert Environments. *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Toderich K., Shoaib I., Khujanazarov T.M. & Khasankhanova, G.M.** 2018. Biosaline technologies and approaches to the management of salt-affected agricultural lands under arid climate conditions (by examples in Central Asia and Transcaucasia). In R. Varags, E.I. Pankova, S.A. Balyuk, P.V. Krasilnikov & G.M. Khasankhanova, eds. *Handbook for saline soil management*. pp. 62-72. Rome, FAO, and Moscow, Lomonosov Moscow State University. <http://www.fao.org/3/i7318EN/i7318en.pdf>
- Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Ismail, S., Gismatullina, L.G., Radjabov, T., Bekchanov, B.B. & Aralova, D.B.** 2009. Phytogenic resources of halophytes of Central Asia and their role for rehabilitation of sandy desert degraded rangelands. *Land Degradation & Development*, 20(4): 386-396.
- Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Khujanazarov, T.M., Ismail, S. & Kawabata, Y.** 2010. The structural and functional characteristics of Asiatic desert halophytes for phytostabilization of polluted sites. In M. Ashraf, M.  zt rk & M.S.A. Ahmad, eds. *Plant Adaptation and Phytoremediation*. pp. 245-274. Dordrecht, the Netherlands, Springer Netherlands.
- Toderich, K.N., Shuyskaya, E.V., Taha, F.K., Matsuo, N., Ismail, S., Aralova, D.B. & Radjabov, T.F.** 2013. Integrating agroforestry and pastures for soil salinity management in dryland ecosystems in Aral Sea basin. In S.A. Shahid, M.A. Abdelfattah & F.K. Taha, eds. *Developments in soil salinity assessment and reclamation*, pp. 579-602. Dordrecht, the Netherlands, Springer Netherlands.
- Toderich, K.N., Popova, B.B., Aralova, D.B., Gismatullina, L.G., Rezik, M. & Rabbimov, A.R.** 2016. *Halophytes and salt tolerant forages as animal feed at farm level in Karakalpakstan* [online]. Dubai. [Cited 30 January 2016]. <https://hdl.handle.net/20.500.11766/3490>
- Wang, J., Ding, J., Abulimiti, A. & Cai, L.** 2018. Quantitative estimation of soil salinity by means of different modeling methods and visible-near infrared (VIS-NIR) spectroscopy, Ebinur Lake Wetland, Northwest China. *PeerJ*, 6: e4703.
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburg, W. & Faaij, A.** 2011. The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils. *Energy & Environmental Science*, 4(8): 2669. <https://doi.org/10.1039/c1ee01029h>
- Ажигитова, Н.И.** 1982. *Галофильная растительность Средней Азии и ее индикаторные свойства*. Ташкент, Фан.
- Балян, Г.А.** 1972. *Прутьяк простертый и его культура в Киргизии*. Фрунзе, Кыргызстан.
- Воробьева, Л.А., ред.** 2006. *Теория и практика химического анализа почв*. Москва, ГЕОС.
- Иванов, А.И., Сосков, Ю.Д. & Бухтеева, А.В.** 1987. *Ресурсы многолетних кормовых растений Казахстана*. Алма-Ата, Кайнар.
- Ибраева, М. & Отаров А.** 2015. Биологический метод рассоления засоленных почв путем внедрения в состав рисово-люцернового севооборота солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.). Presentation prepared for the Project «Создание Казахстанско-Китайских демонстрационных участков с применением инновационных технологий» (unpublished).
- Ковда, В.А.** 1968. Почвы аридной зоны. Почвы аридной зоны как объект орошения: 5-30. Москва, Наука.
- Конюшкова, М.В.** 2017. Составление почвенной карты солонцовых комплексов на основе автоматизированного дешифрирования спутниковых данных Quickbird. В: И.Ю. Савин, П.А. Докукин, ред. *Цифровая почвенная картография: учебное пособие*. с. 137-148. Москва, РУДН.
- Кузнецов, В.В. & Дмитриева, Г.А.** 2005. *Физиология растений*. Москва, Высшая школа.
- Курочкина, Л.Я., Османова, Л.Т. & Карибаева, К.Н.** 1986. *Кормовые растения пустынь Казахстана*. Алма-Ата, Кайнар.
- Мавлянова, Р.** 2019. Технологии развития цепочки добавленной стоимости в маргинальных условиях Узбекистана и Каракалпакстана. Paper presented at the seminar «Развитие цепочки ценностей сельского хозяйства в маргинальных условиях», 19-21 декабря 2019, Ташкенте, Международным Центром биоземледелия в условиях засоления по Центральной Азии и Южного Кавказа.
- Международный Научный Комплекс «Астана» (МНКА).** 2021. Аналитика. В *Международный Научный Комплекс «Астана»* [online]. Нур-Султан. [Cited 15 September 2021]. <http://isca.kz/ru/analytics-ru/3122>
- Нечаева, Н.Т., Шамсутдинова, З.Ш. & Мухаммедов, Г.М.** 1978. *Улучшение пустынных пастбищ Средней Азии*. Ашхабад, Илим.
- Панкова, Е.И., Воробьева, Л.А., Балюк, С.А., Хасанханова, Г.М., Конюшкова, М.В. & Ямнова, И.А.** 2017. Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение. В: В. Р. Варгас, Е.И. Панкова, С.А. Балюк, П.В. Красильников & Г.М. Хасанханова, ред. *Руководство по управлению засоленными почвами. План реализации Евразийского почвенного партнерства*, с. 3-15. Рим, ФАО. (доступен по ссылке <http://www.fao.org/3/i7318r/i7318r.pdf>).
- ПРООН.** 2011. Руководство по современным способам ирригации и мелиорации, методам ведения сельского хозяйства в аридных зонах, потребляющих минимальное количество водных ресурсов. Проект ПРООН/ГЭФ/Правительства Республики Узбекистан «Достижение стабильности экосистем на деградированных землях в Каракалпакстане и пустыне Кызылкум». Ташкент.
- Пузаченко, М.Ю.** 2009. *Мультифункциональный ландшафтный анализ юго-запада Валдайской возвышенности*. Москва, Институт географии РАН. (Кандидатская диссертация)
- Рабочая группа IUSS WRB.** 2015. *Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014, исправленная и дополненная версия 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт*. Доклады о мировых почвенных ресурсах №106. Рим, ФАО. (доступен по ссылке <http://www.fao.org/3/i3794ru/i3794RU.pdf>).

Стулина, Г.В. 2012. Результаты гендерного обследования в рамках внедрения ИУВР в Ферганской долине [online]. Ташкент. [cited 01 April 2021]. http://www.gender.cawater-info.net/publications/pdf/stulina_6wwf_ru.pdf

Тодерич, Е.Н., Бабокулов, Н., Шуйская, Е., Мукимов, Т. & Хакимов, У. 2014. *Kochia prostrata (L.) Schrad* - ценное кормовое растение для улучшения пустынных и полупустынных пастбищ в Центральной Азии. Ташкент, Фан ва технология.

Управление Земельного кадастра и Автоматизированной информационной системы государственного земельного кадастра (АИС ГЗК). 2021. АИС ГЗК (online). Нур-Султан. [Cited 15 September 2021]. <http://www.aisgzk.kz/aisgzk/ru/>

ФАО. 2017. Добровольные руководящие принципы рационального использования почвенных ресурсов. Рим, ФАО. (доступен по ссылке <http://www.fao.org/3/i6874r/i6874R.pdf>).

ФАО & Центр обучения, консультации и инновации. 2018. Изучение и подбор солеустойчивых сельскохозяйственных оisbпкультур для возделывания на засоленных почвах. Бишкек. 23 стр. (размещено по адресу: www.fao.org/3/ca0395ru/CA0395RU.pdf).

Хамзина, Т. 2017. Агролесомелиорация подверженных засолению земель в маргинальных ландшафтах Хорезмского оазиса. Региональный обучающий семинар по управлению засолением почв, 25-29 сентября 2017 г, Харьков, Украина.

Шамсутдинов, З.Ш. 1980. *Селекция и семеноводство пустынных кормовых растений.* Москва, ВАСХНИЛ.

Шамсутдинов, З.Ш. 1981. Система улучшенных пастбищ в глинистых районах пустынь // Материалы для международного курса тренинга Пастбища и пути управления их продуктивности. Самарканд, Узбекистан.

Шамсутдинов, З.Ш., Косолапов, В.М., Шамсутдинова, Э.Э., Благоразумова, М.В. & Шамсутдинов, Н.З., 2018. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем. *Сельскохозяйственная биология*, 53(2): 270-281.

Шамсутдинов, З.Ш., Савченко, И.В. & Шамсутдинов Н.З. 2000. *Галофиты России, их экологическая оценка и использование.* Москва, Эдель.

Шамсутдинова, Э.Э., Старшинова, О.А. & Шамсутдинов, З.Ш. 2013. Галофитное растениеводство: концепция, опыт, перспективы. *Достижения науки и техники АПК*, 11: 36-39.



Глобальное почвенное партнерство (ГПП) было создано в 2012 году в качестве всемирно признанного механизма позиционирования почв в Глобальной повестке дня благодаря коллективным действиям. Наши основные цели состоят в содействии устойчивому управлению почвенными ресурсами и совершенствовании систем их использования для обеспечения здоровья и продуктивности почв и поддержки предоставления основных экосистемных услуг для обеспечения продовольственной безопасности и улучшения питания, адаптации к изменению климата и смягчения его последствий, а также для обеспечения устойчивого развития.

ISBN 978-92-5-136104-7



9 789251 361047

CB9685RU/1/06.22