

Санкт-Петербургский Государственный Университет

ЛОБАНОВА Полина Станиславовна

Выпускная квалификационная работа

Почвенно-экологические условия произрастания солеустойчивых растений

Уровень образования: бакалавриат

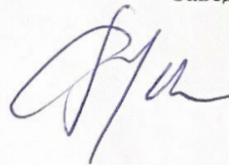
Направление 06.03.02. Почвоведение

Основная образовательная программа СВ.5022 "Почвоведение"



Научный руководитель:

Заведующий кафедрой почвоведения
и экологии почв д.г.н., проф.



Алексей Валентинович Русаков

Научный консультант:

к.б.н., с.н.с. Института
микробиологии АН РУз



Ксения Валентиновна Кондрашева

Рецензент:

Доцент к.с.-х.н.

Ксения Арнольдовна Бахматова

Санкт-Петербург

2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.	
1.1. Описание региона. Понятие Аралкумы.....	4
1.2. Проблемы уменьшения зеркала Аральского моря.....	6
1.3. Почвенный покров района исследования.....	7
1.4. Понятие «ризосфера»	10
1.5. Почвенно-экологические условия произрастания солеустойчивых растений.....	11
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.	
2.1. Морфогенетические характеристики почв.....	13
2.2. Описание растений-галофитов.....	23
2.3. Методы микробиологического анализа почвенных образцов.....	24
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.	
3.1. Сравнительная характеристика морфологического строения почв.....	26
3.2. Тип засоления, состав солей.....	31
3.3. Микробиологический анализ почвенных образцов.....	39
3.4. Влияние растений на засоленность почвы.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
ВЫВОДЫ.....	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы:

Засоление почв выделено как один из наиболее существенных типов деградации почв и земель с учетом встречаемости и природно-хозяйственной значимости последствий. Один из способов рассаливания деградированных земель – выращивание растений-галофитов на засоленных территориях. В данной работе проведено сравнение засоленности почв без растительности и ризосферы галофитов, чтобы установить опытным путем степень влияния растения на изменение состава засоленных территорий.

Цель работы:

Определение засоленности и количественная оценка некоторых групп микроорганизмов в почвах ризосферы галофитов в сравнении с почвой без растительности на примере почв Аралкумов.

Задачи работы:

1. Провести морфологическую характеристику почв и отдельных горизонтов вблизи растений-галофитов и на расстоянии от них.
2. Определить химический состав засоленных почв.
3. Сравнить ризосферные и неризосферные почвенные образцы по присутствию в них аммонификаторов (общая численность аэробных мезофильных бактерий) и микроскопических грибов.
4. Определить экологические условия произрастания солеустойчивых растений.

Методы исследования:

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования:

1. Морфологическое описание почв.
2. Мезоморфологическое описание (при помощи бинокля).
3. Определение рН водной вытяжки.
4. Определение концентрации ионов водной вытяжки по общепринятой методике при отношении почва : вода – 1:5 (Аринушкина, 1970).

Щелочность от растворимых карбонатов и общую щелочность определяли при помощи 0,001 н раствора серной кислоты, содержание ионов хлора определяли аргентометрическим методом, содержание ионов кальция, сульфатов, магния определяли

трилонометрическим методом, содержание ионов калия и натрия определяли на пламенном фотометре.

Структура и объем выпускной квалификационной работы:

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, выводов и списка использованной литературы. Работа изложена на 49 страницах компьютерного текста, содержит 10 таблиц, включает 20 рисунков.

По теме ВКР были опубликованы работы:

1. Кондрашева К.В., Давранов К.Д., Гулямова Т.Г., Лобанова П.С. Химическая и микробиологическая характеристика образцов воды Аральского моря и почвы Приаралья. Материалы V Международной научно-практической конференции (г. Ростов-на-Дону, 29 июля 2022 г.). в 2-х ч. Ч.1. — Ростов-на-Дону: Изд-во «МАНУСКРИПТ», 2022. — 382с. стр. 262–265.

2. Kondrasheva K.V., Davranov K.D., Gulyamova T.G., Lobanova P.S. Assessment of the diversity of culturable microorganisms in Aral Sea soil samples in the autumn-winter period. Global Symposium on Soil for Nutrition. 26-26 July 2022 (https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/GSOIL4N/GSOIL4N-Posters/ID_199.pdf)

3. Лобанова П.С., Малинина И.Д., Кондрашева К.В. Ризосфера солеустойчивых растений Приаралья как источник выделения галотолерантных микромицетов. Материалы Международной научной конференции XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2023, стр. 104–105.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Описание региона. Понятие Аралкумы

Аральское море – древний соленый водоем, который начал образовываться в позднем плиоцене и превратился в солоноватое море лишь в период голоцена. История известного современникам Аральского моря прекратилась катастрофически быстро – всего за несколько десятилетий. В начале 60-х годов прошлого столетия бассейн Арала, на тот момент занимавшего четвертое место по площади среди внутренних озер Земли, распался на два водоема. С этого момента начался его новый, антропогенный, этап (Свиточ, 2009).

В настоящее время в результате антропогенного влияния произошло почти полное высыхание Аральского моря (Томина, 2009). С начала 1960-х годов в результате резкого сокращения притока речной воды, отобранной на полив сельскохозяйственных угодий, началось и в дальнейшем пошло ускоренными темпами обмеление и осолонение этого водоема (Чембарисов и др., 2017).

В 1960 г. морской уровень был 53,2 м абс. в, объем моря составлял 1062 км², акватория – 66,1 тыс. км². Установлено, что с этого времени началось быстрое и постоянное понижение уровня моря и сокращение его акватории. Морской уровень в 1970 г. был на 1,9 м ниже и к 1994 г. он достиг наиболее низкого уровня 38,0 м абс. в. В 1975 г. объем моря составлял 820 км³, его акватория – 56,7 тыс. км², средняя глубина 13 м, длина береговой линии более 4,5 тыс. км, средняя величина минерализации около 9 г/л (Чембарисов и др., 2017).

К январю 1994 г. объем воды в море уменьшился до 390 км³, а площадь сократилась до 38,3 тыс. км². По сравнению с 1960, к 1 января 1998 г., морской уровень стал на 13,2 м ниже, объем уменьшился на 62,5% и площадь – на 40,5%. В 1960 г. 37,9 км³ воды впадало в Аральское море из Амударьи, в 1994г. количество поступающей в море воды составляло 21,7 км³. В период сильнейшей засухи 2000–2001 гг. в Арал впадало лишь около 2 км³/год речной воды. Несмотря на увеличение речного стока в период с 2002 г по 2010 г (Миклин, Аладин и др., 2016), значительно пополнить акваторию Аральского моря не удалось.

К 2014 г. по сравнению с 1960 г. уровень Аральского моря понизился на 25,0 м. Объем воды сократился до 105 км³, соленость возросла с 9 до 110 г/л. Площадь усохшего дна превысила 4 млн. га (рис. 1) (Чембарисов и др., 2017).



Рисунок 1. Изменение Аральского моря с 1967–2017 гг. (Чембарисов и др., 2017).

В настоящее время территория осушенного дна Аральского моря, которая носит название Аралкумы, составляет около 6 млн га (Бакиров, Хамзаев и др., 2020). Аралкумы считается одной из самых молодых пустынь на Земле, ее возраст не более 60 лет, а ее территория продолжает увеличиваться.

Очевидно также, что формирование почвенного покрова на территориях, обнажившихся после исчезновения воды, все еще продолжается, и обусловлен рядом факторов: рельефом, литологией осадков, но в большей мере – аридным пустынным климатом. В результате почвообразующих процессов на высохшем дне бывшего Арала происходит формирование приморских солончаковых почв, характеризующихся, тем не менее, четкой локальной зональностью (Мониторинг осушенного дна., 2020; Томина, 2009).

В течение всего периода формирования новой солончаковой пустыни происходит естественное заселение территорий галофитной растительностью (Мониторинг осушенного дна., 2020). Кроме того, на протяжении нескольких десятилетий специалисты проводят масштабную работу по созданию лесонасаждений на осушенном дне Аральского моря (Бакиров, Хамзаев и др., 2020).

Сформированная на территории бывшей акватории Арала пустыня Аралкум, представляет собой уникальный объект, характеризующийся экстремальными условиями для жизни всего живого, особенно для человека. Негативные последствия опустынивания огромных территорий, резкое ухудшения эколого-климатических условий, являются предметом пристального внимания общественных и правительственных организаций. Основные проблемы региона уже обозначены и ежегодно предпринимаются посильные

действия по внедрению мер, способствующих смягчению неблагоприятного влияния сложившейся ситуации.

1.2. Проблемы уменьшения зеркала Аральского моря

В настоящее время Аральское море продолжает усыхать. К началу 90-х гг. Аральское море разделилось на две самостоятельные акватории: Большой и Малый Арал. Уровень Малого моря в 1990 г. был на отметке 39,7–39,5 м абс. в, его площадь равна 2,9–3,0 тыс. км², объем воды около 20,0 км³, средняя минерализация 30 г/л.

Уровень Большого моря в 1990 г. был на отметке 38,5–38,7 м абс. в. Его площадь составляла около 40 тыс. км², объем порядка 310 км³, средняя соленость около 32 г/л. Большое море при отметке 31 м абс. в. разделилось на восточную и западную части (Чембарисов и др., 2017).

С уменьшение акватории Арала образовался новый вид ландшафта – пустыня Аралкум. Под влиянием природных условий и в следствии появления новой пустыни произошло значительное изменение экологических условий. Пылевые и солевые бури разносят на сотни километров миллионы тонн соли, пыли и песка (Палуаниязова, 2020). Аральское море – гидродинамический фактор и место разгрузки грунтовых вод. Его усыхание сопровождается не только снижением уровня грунтовых вод, но и повышением их минерализации, что, в совокупности со снижением влажности воздуха, повышением летней и понижением зимней температуры, усиливает степень аридности территории (Кабулов, 1989).

Напряженность экологических условий усиливается под действием аридизации осушенной части Аральского моря, где процессы засоления, дефляции и эолового выноса засоленной пыли являются важнейшим экологическим фактором, определяющим условия формирования и функционирования экосистемы (Кабулов, 1989).

Мелкодисперсная пыль, состоящая из токсичных солей, делает воздух ядовитым, а затем выпадает в виде соленых осадков, увеличивая распространение опустынивания (Палуаниязова, 2020; Бакиров и др., 2020). В результате разрушаются сложившиеся экологические системы, происходит деградация форм органической жизни, все новые территории становятся непригодными для возделывания, а развитие животноводства и рыбководства невозможным. Все это приводит к экономическому кризису, увеличивает бедность и негативно сказывается на здоровье населения.

В то же время на территориях, удаленных от современной линии моря, активизируются биологические и микробиологические процессы, влияющие на

формирование нового почвенного покрова, что открывает новые перспективы и возможности для борьбы с опустыниванием (Stulina, et al, 2019).

1.3. Почвенный покров района исследования

По почвенно-биоклиматической схеме районирования мира, место отбора образцов для проведения экспериментов располагается в суббореальной пустынной и полупустынной области, центрально-азиатской территории (Добровольский, Урусевская, 2004).

На суббореальный почвенно-биоклиматический пояс приходится 16% площади почвенного покрова земного шара. Суббореальный пояс хорошо обеспечен теплом и резче дифференцирован по увлажнению. Влажные области занимают несколько меньше 1/3 его площади, а 2/3 приходится на аридные и семиаридные. Годовая сумма температур более 10°C колеблется в пределах 2200—4000°, продолжительность вегетационного периода от 130 до 210 дней. Зимой почвы промерзают на срок от нескольких дней до 4—5 месяцев, за исключением почв некоторых океанических побережий. Почвообразование протекает на сиаллитных карбонатных и бескарбонатных корках выветривания. В глубине материков ландшафты более сухие с нарастанием континентального климата (Добровольский, Урусевская, 2004).

Суббореальные полупустынные и пустынные области охватывают более 1/3 площади пояса и распространены на обширных территориях Средней и Центральной Азии.

Почвенный покров суббореальных пустынь и полупустынь складывается светло-каштановыми и бурыми полупустынными, серо-бурыми пустынными почвами, а также песками, такырами и солончаками. Крайне низкое количество атмосферных осадков способствует сохранению продуктов выветривания в почвенной толще и развитию процессов осолонцевания и засоления почв. В замкнутых депрессиях широко распространены солончаки, окружающие соленые озера. На равнинных территориях Центрально-Азиатской области проявляется горизонтальная зональность в распределении светло-каштановых, бурых полупустынных и серо-бурых пустынных почв. Характернейшая черта структуры почвенного покрова, особенно в полупустыне, — комплексность (Добровольский, Урусевская, 2004).

Большие территории заняты каменистыми и щебнистыми слаборазвитыми почвами. В депрессиях рельефа вокруг озер распространены солончаки и солонцы.

В сельскохозяйственном отношении суббореальный пояс является самым освоенным поясом Земли, на его территории сосредоточено более 1/3 земледельческих площадей мира. Однако в пустынях и полупустынях земледелие орошаемое, пашни занимают очень

незначительные площади и приурочены к оазисам, где имеются источники воды. Здесь развито преимущественно пастбищное животноводство (Добровольский, Урусевская, 2004).

Генезис и свойства полупустынных и пустынных почв суббореального пояса.

Климат зоны очень континентальный, сухой. Годовая сумма осадков колеблется от 80 до 180—200 мм, несущественно отличаясь от таковой в пустынно-степной зоне. Однако годовой ход выпадения осадков заметно меняется. В то время как в пустынной степи осадки выпадают более или менее равномерно, с некоторым превышением весной и летом, в пустыне максимум осадков приходится на весну, несколько меньше их выпадает зимой, значительно меньше осенью и крайне мало летом. Лето длинное и жаркое, зима очень короткая, малоснежная на севере и бесснежная на юге. Зимой почвы промерзают, а летом иссушаются до воздушно-сухого состояния. Температура наиболее теплого месяца 22,5—27°C, наиболее холодного от -2 до -5° на западе зоны и от -5 до -15° на востоке. Озеро Балхаш и Аральское море зимой скованы льдом (Добровольский, Урусевская, 2004).

Продолжительность основного периода вегетации 164—205 дней. Сумма температур выше 10°C составляет 3000-4200°C. Высокие температуры и большая солнечная радиация вызывают сильную испаряемость: 750—1050 мм; $KУ < 0,12$ (Добровольский, Урусевская, 2004).

Литологическое своеобразие пустынной зоны заключается в том, что элювиальные, пролювиальные и делювиальные отложения имеют преимущественно песчаный или супесчаный гранулометрический состав и в той или иной мере скелетны. Причиной этого считается удаление мелкоземистых продуктов выветривания горных пород (главным образом пыли и ила) за пределы пустынной зоны с помощью ветра. Основной процесс формирования равнин Средней Азии в палеогеографическом отношении связан с развитием древних речных систем, порожденных альпийским орогенезом. В результате размыва горных поднятий Памира, Тянь-Шаня и др., наиболее интенсивного в ледниковую эпоху, и аккумуляции продуктов их разрушения блуждавшими по равнинам нынешних пустынь потоками были созданы аллювиальные песчаные равнины (Добровольский, Урусевская, 2004).

Геохимическая особенность пустынного ландшафта заключается в широком распространении древних форм коры выветривания из-за сухого климата, способствующего сохранению продуктов былых геохимических процессов.

Пустынную зону отличает сильно выраженная загипсованность различных отложений. Ввиду бессточности здесь преобладает хлоридное и сульфатное засоление, засолены даже элювии (Добровольский, Урусевская, 2004).

Общие особенности растительности пустынной зоны – ее разреженность и своеобразие форм, выработанных как приспособление для экономного расходования влаги (ксерофильность, сокращение листовой поверхности, суккулентность). Так как почвы летом высыхают до воздушно-сухого состояния, в вегетации растений наряду с зимним появляется устойчивый летний период биологического покоя. Это препятствует развитию степных дерновинных злаков, и широкое распространение получает полынно-солянковая растительность (Добровольский, Урусевская, 2004).

Крайняя аридность климата, низкая продуктивность растительности и быстрая минерализация растительных остатков, соленакопление определяют общие черты пустынного почвообразования: малую мощность профилей, слабую гумусность, карбонатность и почти повсеместную (за исключением песчаных массивов) засоленность почв. Наряду с этими общими признаками почвы пустынь имеют ряд специфических свойств и особенностей, обязанных различиям литолого-геоморфологических факторов (Добровольский, Урусевская, 2004).

На почвенной карте Узбекской ССР 1960 г. близ места обора образцов (красные квадраты на рис. 2) изображены серо-бурые почвы глинистые и суглинистые, местами щебневатые, на элювии известняков (1), серо-бурые почвы солонцеватые и корково-солонцеватые, глинистые и суглинистые, местами щебневатые, на элювии известняков (3), а также серо-бурые почвы эродированные скелетно-мелкоземистые на скелетном элювии и делювии с выходами коренных горных пород (6) (рис. 2) (URL: http://www.etomesto.ru/map-asia_uzbekistan_pochva-1960/p).

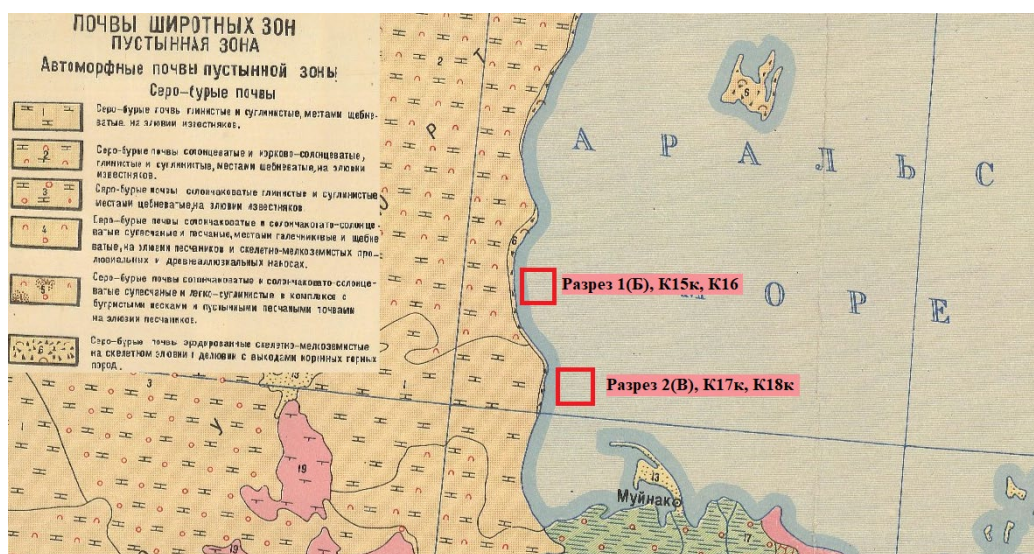


Рисунок 2. Почвенная карта Узбекской ССР 1960 г. Красными квадратами обозначены места отбора образцов. (URL: http://www.etomesto.ru/map-asia_uzbekistan_pochva-1960/p).

1.4. Понятие «ризосфера»

Ризосфера определяется как область почвы, окружающая корни растений и находящаяся под их влиянием. Эта область сосредоточена вокруг корня и лучше всего определяется биотической реакцией на воздействие корня. Таким образом, пространственные границы ризосферы определяются биотическим сообществом почвы под прямым или косвенным влиянием корней растений. Состав и динамика этого сообщества зависят от видов растений, архитектуры корней, распределения углерода растениями, физических и химических свойств почвы, разнообразия микробных популяций, среди множества других факторов. Размер и структура ризосферной зоны варьируются в зависимости от различных видов растений и микрофлоры, присутствующих в ней (Broeckling et al., 2008, URL: <https://biologyreader.com/rhizosphere.html>).

Понятие «ризосфера» неразрывно связано с активными микробными процессами, происходящими в этой области почвы, обусловленных большим по сравнению с незаселенными грунтами количеством веществ, которые ризосферные микроорганизмы могут использовать для своего роста и развития. При этом сообщества ризосферой микробиоты вносят значительный вклад в адаптацию растений, увеличивают доступность нерастворимых веществ, находящихся в почве, обладают некоторыми защитными свойствами. Таким образом, ризосфера может рассматриваться как пример успешных и взаимовыгодных отношений микробов и растений. При этом количество микроорганизмов в ризосфере может превышать их количество в незаселенной растениями почве до нескольких десятков процентов, а иногда даже на порядок. Активная деятельность микроорганизмов, распространение растений являются важными почвообразующими факторами. Ризосфера пустынных растений и растений-галофитов уникальна и является благоприятной нишей для процветания микробных сообществ, которые часто не способны существовать в засоленных аридных почвах, лишенных растительности. За последние десятилетия опубликовано ряд работ, посвященных изучению состава ризосферной микробиоты засоленных территорий, в частности и территории Приаралья (Жураева, Шакирзянова и др., 2006; Бегматов, 2020; Набиева, Махкамова, 2021).

Показано, что почвы с высокой засоленностью (корково-пухлый солончак), подавляют рост изучаемых групп микроорганизмов: споровых, аммонифицирующих, олигонитрофилов, актиномицетов и действуют губительно на *Azotobacter*, денитрифицирующие бактерии, дрожжи и грибы. Это тенденция к подавлению указанных групп микроорганизмов сохраняется и в ризосферной почве под солеустойчивыми растениями с небольшим увеличением их численности. По мере снижения засоленности

почв, содержание в них бактерий возрастает, но их численность не достигает экологического уровня. Однако в почве выявляются такие физиологические группы микроорганизмов как актиномицеты и грибы (Жураева и др., 2006). В то же время при сравнении обсемененности ризосферы галофитов различных географических регионов (Приаралье (Узбекистан), Латакия (Сирия), Эльтон (Россия)) показано, что в ризосфере солероса из Приаралья обнаружено значительно больше представителей галотолерантной микрофлоры, включающей представителей бактерий характерных для засоленных территорий (не ограничиваясь ризосферными микроорганизмами) (Бегматов, 2020).

Таким образом, ризосфера пустынных солеустойчивых растений играет важную роль в процессах почвообразования и несомненно является интересным объектом для изучения.

1.5. Почвенно-экологические условия произрастания солеустойчивых растений

Галофиты – группы растений, которые способны расти и развиваться при высоких концентрациях соли, цвести, иметь высокую устойчивость к солевому стрессу, бороться с экологическими последствиями, особенно с повышением солености в почвах. Кроме того, некоторые из этих растений обладают важным функциональным свойством накапливать большое количество соли в своих тканях или выводить соли из почвы другими способами, рассоляя их (Рахымжан и др., 2021). Галофиты составляют лишь 2% от наземных видов растений. Однако они присутствуют почти в половине семейств высших растений (Розенцвет и др., 2017).

На осушенной части дна Аральского моря с момента его высыхания по настоящее время произошло динамичное изменение всех экологических условий: эдафических (почвенных), гидрологических, растительных. Все эти факторы привели к регрессивным изменениям фитоценозов. На этой обширной территории происходило несколько смен (сукцессии) растительности и почв при естественном зарастании. При первичном осушении моря образовывались маршевые солончаки, на которых произрастали суккулентные, обычно представленными соленакапливающими разновидностями семейств *Chenopodiaceae* и *Frankeniaceae* (Кабулов, 1990). Изменение водно-солевого режима почв и эдафических условий дало возможность появлению растений более ксерофитного и галофитного характера, которые произрастают и сохраняют ценозообразующую роль при залегании грунтовых вод на глубине от 1,5 до 4,0 м (Трешкин, 2010).

Растительность солончаковых пустынь довольно бедна и однообразна, так как способностью развиваться на сильно засоленных хлоридами почвах обладают представители очень немногих семейств. На первом месте по ландшафтообразующей роли

стоят солянки растения из семейства маревых (*Chenopodiaceae*), широко распространенные по всей территории Средней Азии. К ним относятся полукустарник сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), кустарник соляноколосник (*Halostachys caspica*), травянистый однолетник солерос (*Salicornia europaea*), различные виды собственно солянок (*Salsola*), сведы (*Suaeda*) и др. В составе солончаковой растительности имеются в незначительном количестве представители других семейств (тамарисковые, парнолистниковые и др.) (Мониторинг осушенного дна..., 2020).

Анализ литературы и мировой опыт показывает, что на новоосушенных территориях первыми заселяются галофиты, которые представляют собой важнейший биологический ресурс в аридном климате. И сейчас многие страны заинтересованы в изучении проблемы выращивания галофитов с целью оптимизации агроландшафтов, повышения биологической продуктивности земель и увеличения производства кормов, лекарственного и масличного сырья, энергоресурсов (Novikova, 1998; Шамсутдинов и др., 2000).

По характеру растительности, тесно связанному с экологическими условиями, различают пустыни каменистые, песчаные, глинистые и солончаковые. Каменистые пустыни (гаммады) древних плато и останцовых возвышенностей покрыты полынно-солянковой полукустарничковой растительностью со слабым развитием эфемеров. Песчаные пустыни значительно богаче как по видовому составу, так и по продуцируемой растительной массе. Причина заключается в том, что на песках атмосферные осадки глубже проникают в почву и труднее испаряются. Кроме того, в них создается дополнительное увлажнение за счет конденсации влаги паров воздуха. В песчаных пустынях в составе травостоя преобладают эфемеры и эфемероиды. Наиболее широко распространены песчаная осока, мятлик луковичный, песчаный овес (селин), кустарники кандым, песчаная акация, белый и черный саксаул и др. «Глинистые» пустыни выделяются среди других типов пустынь мелкоземистыми почвогрунтами различного, не обязательно глинистого гранулометрического состава, но, как правило, имеют на поверхности глинистую либо илистую пленку и отличаются плохими водно-физическими свойствами. Характернейший ландшафт этой пустыни – безжизненные, лишённые высшей растительности пространства такыров, покрытые водорослями и лишайниками, либо в той или иной степени заросшие солянками такыровидные почвы (Добровольский, Урусевская, 2004).

Растительность солончаковых пустынь очень разрежена, нередко массивы «злостных» солончаков, на которых растительность совершенно отсутствует. Опад пустынных сообществ отличается высокой зольностью. В общем балансе химических элементов велика роль хлора и натрия (Добровольский, Урусевская, 2004). Натрий является основным токсичным ионом для большинства наземных растений (Flowers, Colmer, 2008).

Некоторые виды растений также чувствительны к хлору – наиболее распространенному аниону засоленных почв. Высокие концентрации натрия и/или хлора в почве вызывают у растений осмотический стресс, обусловленный резким падением водного потенциала корнеобитаемой среды, а избыточное поступление их в клетки сдвигает ионный баланс, нарушает многие физиологические и биохимические процессы (Розенцвет и др., 2017).

Поэтому на пустынных территориях с высоким засолением образуются сообщества галофитов, способных выдерживать экстремальные условия среды и, в отличие от мезофильной растительности, нуждающихся в повышенных концентрациях соли в почве.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Морфогенетические характеристики почв

В работе были проанализированы 10 образцов почвы, отобранные из разрезов, из ризосферы растений и в нескольких метрах от них.

Координаты и названия образцов:

Образцы разреза 1 (Б):

Б1 – *N: 44.40064 E: 58.259092*

Б2 – *N: 44.40064 E: 58.259092*

Б3 – *N: 44.40064 E: 58.259092*

Б4 – *N: 44.40064 E: 58.259092*

Образцы разреза 2 (В):

В1 – *N: 44.13017 E: 58.540224*

В2 – *N: 44.13017 E: 58.540224*

К15к – образец почвы на расстоянии 7–8 метров от растения сведа. *N:44.40064 E:58.259092*

К16 – образец почвы из ризосферы растения сведа. *N:44.40064 E:58.259092*

К17к – образец почвы на расстоянии 5–6 метров от растения соляноколосник. *N:44.13017 E:58.540224*

К18к – образец почвы из ризосферы растения соляноколосник. *N:44.13017 E:58.540224*

На рисунке 3 схематически изображено заложение 6-ти почвенных разрезов. В часть I приведены разрезы из первой группы (Разрез 1(Б), К15к, К16), в части II разрезы из второй группы (Разрез 2(Б), К17к, К18к). Расстояния между первой и второй группой разрезов и местом произрастания растений составляет 37,5 км.

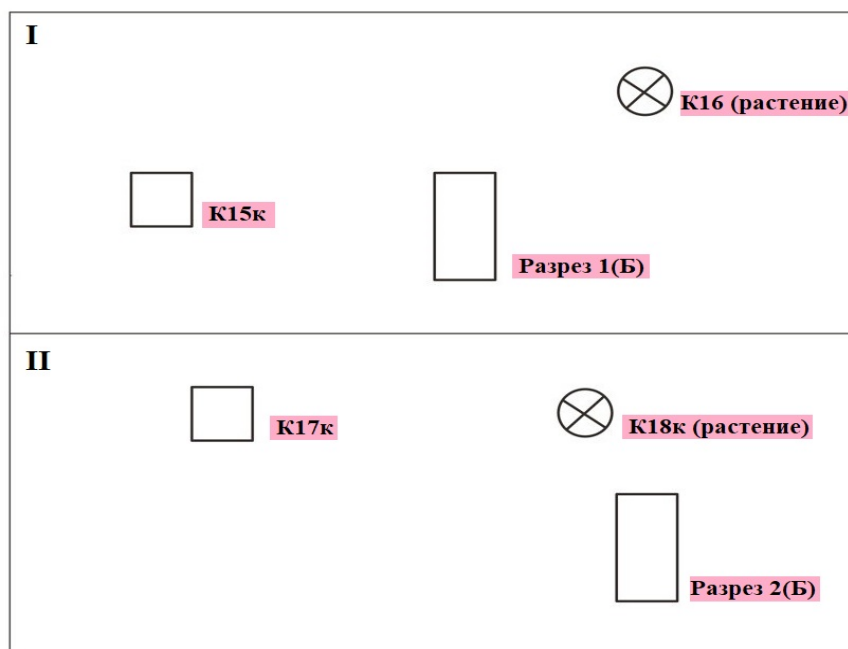


Рисунок 3. Схема заложения разрезов первой (Разрез 1(Б), К15к, К16) и второй групп (Разрез 2(Б), К17к, К18к).

Разрез 1 (Б)

10 сентября 2022

N: 44.40064 E: 58.259092

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (10–15 лет). При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы. Отсутствует гумусовый горизонт.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: плоская равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Suaeda salsa* (сведа солончаковая).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

<p>S 0–8 см</p>	<p>10% агрегаты плитовидной формы, 90% мелкозем пылевато-мелкопесчаный. Агрегаты разделяются на 2 типа: 1. Органоминеральный слоистый. 5Y 6/3 + 5/3 (pale olive/olive). 2. Детрит мохообразный с включением мелкозема. 10YR 5/4 (yellowish brown). Общий фон серовато-светло-палевый. 2,5Y 7/2 (light grey).</p> <p>Видны растительные остатки – детрит, содержание единичные двустворчатых раковин моллюсков составляет 5–7%, представлены видом <i>Cerastoderma sp.</i></p> <p>Под бинокляром. Микроагрегат органоминеральный: мелкопесчаный, песок полимиктовый, ноздреватая структура, слабощементирован. Присутствуют фрагменты мелких раковин и растительные остатки.</p> <p>Микроагрегат органогенный: много растительных остатков, часть из них ожелезненные, встречаются соляные скопления в виде отдельных агрегатов.</p>
<p>Cs1 8–15 см</p>	<p>Бесструктурный песок, преобладает среднепесчаная фракция.</p> <p>Окраска рыжеватого-желтого с локальными слабощементированными рыжеватого-охристыми агрегатами, размер агрегатов 0,5×0,3×0,2 см. 10YR 6/6 (brownish yellow).</p> <p>Цементация агрегатов произошла из-за соединений окисленных форм железа. Присутствуют единичные включения ожелезненных двустворчатых раковин моллюсков, а также единичные растительные остатки как в верхнем горизонте.</p> <p>Под бинокляром. Микроагрегат: найдены фрагменты солевых новообразований в виде отдельных кристаллов.</p>
<p>2Cs,q1 15–20 см</p>	<p>Резкое отличие от вышележащего горизонта.</p> <p>Хорошо агрегированный горизонт, мелкозема почти нет (а тот, что есть – тонко-пылеватый), агрегаты различной формы, преобладают плитовидные от 1-0,5 см, крупные агрегаты размером 3×2×2 см.</p> <p>Окраска неоднородная. На общем голубовато-сизом фоне ожелезненные охристо-рыжие пятна. Голубовато-сизый 5Y 8/1 + 7/1 (white/light grey), рыжеватого-охристый 7,5YR 6/8 (reddish yellow), красновато-охристый 2,5YR 5/6 (red).</p> <p>Присутствуют сохранившиеся фрагменты ожелезненных двустворчатых раковин моллюсков <i>Abra segmentum</i> размером 1,5×1 см.</p>
<p>3Cs,q2 20–50 см (дно)</p>	<p>Горизонт похож на вышележащий. Глинистый (суглинистый). Структура ореховато-плитчатая. Железистые пленки по краям граней.</p> <p>40% красновато-охристый 2,5 YR 5/6 (red), 60% сизовато-светло-оливковый 2,5YR 7/2 (light grey).</p> <p>Присутствуют единичные фрагменты раковин моллюсков.</p>

Почва: Солончак типичный.

Разрез К15к.

10 сентября 2022

N: 44.40064 E: 58.259092

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (10–15 лет). На расстоянии 7–8 метров от растения *Suaeda salsa*. При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы. Отсутствует гумусовый горизонт.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: плоская равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Suaeda salsa* (сведа солончаковая).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

S 0–10 см	10% по объему составляют агрегаты плитовидной формы, 90% – мелкозем пылевато-мелкопесчаный. Агрегаты ожелезненные, размером 1,5×1×0,7 см. Окраска рыжевато-желтая 10YR 5/6 (yellowish brown).
--------------	--

Почва: Солончак типичный.

Разрез К16.

10 сентября 2022

N:44.40064 E:58.259094

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (10–15 лет). Ризосфера растения *Suaeda salsa*. При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: плоская равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Suaeda sals* (сведа солончаковая).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

Gs
0–10 см

Глеевый горизонт слабо-пористый и слабогумусированный, по площади – 40% охристый с рыжевато-ржавыми пятнами, и 60% – сизоватый. Различная степень агрегированности, общее содержание агрегатов 20-25%. Крупные агрегаты размером 1,5×2×1 см, плитчатой формы. Мелкие агрегаты размером 1×0,7×0,5 см, плитчатой формы. Агрегаты слабооструктурены, легко распадаются на мелкозем.

Охристый 2,5Y 7/3 + 7/4 (pale/pale brown). Сизый 5Y 8/1 + 7/1 (white/light grey).

Глей окисленный. Железистые пятна приурочены к трещинам и образованию Fe³⁺ в виде диффузных пятен. Видны поры по ходам корней, а также присутствуют тонкие корешки. Состав пылевато-песчаный.

Почва: Солончак глеевый.



Рисунок 4. Разрез 1 (Б).



Рисунок 5. *Suaeda salsa*.



Рисунок 6. Территория отбора образцов.

Разрез 2 (В)

11 сентября 2022

N: 44.13017 E: 58.540224

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (30 лет). При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: слабоволнистая равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Halostachys belangeriana* (соляноколосник).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

S 0–10 см	<p>Слабо агрегированный горизонт, в котором агрегаты по объему составляют 20%, а 80% объема приходится на мелкозем. Структура непрочно мелкокомковатая, отдельные агрегаты небольшого размера (0,5-0,1 см), преобладают агрегаты размером от 0,5-0,3 см. Агрегаты средней степени цементированности. Остальная масса пылеватая.</p> <p>Окраска розовато светло-серая. 5YR 7/1 + 7/6 (light grey/grey).</p> <p>Включения двустворчатых раковин моллюсков примерно 2% по площади рассыпанного образца, раковины в основном целые, но есть и разрушенные, размер варьирует в пределах 0,6-1 см. Моллюски представлены видами: <i>Adacna vitrea</i>, <i>Abra sp</i>, <i>Dreissena sp</i>, <i>Ecrobia grimmii</i>. Морфологически выраженных новообразований не диагностировано.</p> <p>Под бинокляром. Микроагрегат размером 0,5 см: сложен из мелких пылевато-песчаных агрегатов, пористый, весь агрегат непрочный. Внутри агрегата единичные тонкие корешки, выцветов солей не наблюдается ни снаружи, ни внутри агрегата.</p>
Cs 10–41 см (дно)	<p>Сильно отличается от верхнего горизонта: по объему на 20% состоит из мелкозема, на 80% – из агрегатов. Плитчатое сложение с субгоризонтальной ориентировкой. Мелкозем похож на верхний горизонт, агрегаты цементированные, размером от 1,5-0,5 см (средние) и от 0,5-0,3 см (мелкие). Была субгоризонтально уплотненная масса, которая при отборе образца в полевых условиях разбивалась на агрегаты.</p> <p>Окраска светло-серая с розовато-фиолетовым оттенком. 7,5R 7/1 (pinkish grey).</p> <p>Включения двустворчатых раковин моллюсков, как в верхнем горизонте. Представлены видами: <i>Dreissena sp</i>, <i>Adacna sp</i>.</p>

Под бинокляром. Микроагрегат размером 1-0,5 см: белесые пятна внутри агрегата размером 1-2 мм – фрагменты раковин створчатых и брюхоногих моллюсков.

Микроагрегат размером 1,5-1,2 см: фрагменты раковин створчатых и брюхоногих моллюсков, солевых новообразований нет.

Микроагрегат размером 1,7-0,7 см: по верхней части полностью оккупирован брюхоногими моллюсками, с включениями двустворчатых. Моллюски представлены видом *Ecrobia grimmii*.

Почва: Солончак типичный.

Разрез К17к.

11 сентября 2022

N:44.13017 E:58.540224

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (30 лет), на расстоянии 5–6 метров от растения *Halostachys belangeriana*. При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: слабоволнистая равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Halostachys belangeriana* (соляноколосник).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

S
0–10 см

Структура: плитчатая от 1–0,5 см, от 0,5–0,3 см, более оструктурен (по сравнению с верхним горизонтом разреза 2 (B), на 40% состоит из агрегатов, на 60% – из мелкозема.

Окраска розовато-серая с более темным серым оттенком. 5YR 6/1 (grey).

Единичные включения двустворчатых раковин моллюсков, преобладают нарушенные. Представлены видами: *Cerastoderma sp.*, *Dreissena caspia*.

Под бинокляром. Микроагрегат: пористый, морфологические выделения солей не наблюдаются.

Почва: Солончак типичный.

Растение К18к.

11 сентября 2022

N:44.13017 E:58.540224

Местоположение: высохшее дно Аральского моря (30 лет), ризосфера растения *Halostachys belangeriana*. При проведении полевых работ, во время закладки разреза, не было видимых признаков наличия полноразвитой почвы.

Макрорельеф: обсохшее дно Аральского моря.

Мезорельеф: слабоволнистая равнина.

Микрорельеф: не выражен.

Виды растений: *Halostachys belangeriana* (соляноколосник).

Сообщество: галофиты.

Описание почвенного профиля:

S
0–10 см

По гранулометрическому составу мелкозем глинистый (тяжелосуглинистый), скелетная часть отсутствует. Выделяется 2 типа структуры. 1. Литогенная – мелко глыбистая непористая. 2. Условно педогенная – биологического происхождения, цементация материала вокруг корней, менее прочный, тонкопористый, имеет рыхлое сложение и более прогумусирован, общее содержание таких агрегатов 3–5%, остальное приходится на мелкозем. Светло-серый с розоватым оттенком, 7,5YR 6/2 (pinkish grey).

Ракушки, фрагменты семян растений, морфологические выделения солей не наблюдаются.

Почва: Солончак типичный.



Рисунок 7. Разрез 2(В).



Рисунок 8. *Halostachys belangeriana*.



Рисунок 9. Территория отбора образцов.

2.2. Описание растений-галофитов

В эксперименте отобрана ризосфера двух галофитных растений, идентификация которых проведена заведующей Лабораторией Кадастра и мониторинга редких видов растений Института ботаники Академии наук РУз Бешко Н.Ю. по Определителю растений Средней Азии (Определитель растений Средней..., 1972; URL: <http://powo.science.kew.org/>).

Suaeda salsa – однолетнее растение, относится к семейству Амарантовые (*Amaranthaceae*) (прежде *Chenopodiaceae*), с прямым, довольно высоким простым или более, или менее сильно ветвистым стеблем 40—90 см высотой, с косо вверх направленными прямыми ветвями. Листья мясистые, полуцилиндрические, Листорасположение на побеге очерёдное, побеги прямостоячие, размещение листьев по длине стебля. Галофит является важным представителем флоры к восстановлению полупустынь, соленых морей и морских побережий (Рахымжан и др., 2021).

Температура: *Suaeda salsa* хорошо растет в диапазоне температур от 15°C до 30°C. Пустыня Аралкум характеризуется жарким и сухим летом, температура которого часто превышает 40°C, а зимы здесь холодные, температура опускается ниже точки замерзания. Важно отметить, что *Suaeda salsa* является универсальным растением и может в некоторой степени адаптироваться к более широкому температурному диапазону, как выше, так и ниже этого оптимального диапазона. (Chen et al., 2020; Zhao et al, 2014).

Свет: Для оптимального роста *Suaeda salsa* требуется обильное солнечное освещение. Это солнцелюбивое растение, и оно хорошо растет в местах с интенсивным освещением. В идеале для этого требуется полное пребывание на солнце, что означает по крайней мере 6–8 часов прямого солнечного света в день. Недостаточное освещение может привести к замедлению роста и развития растения, а также к снижению его общей жизнеспособности (Chen et al., 2020; Zhao et al, 2014; Vosátka, Maršík, 2012).

Засоленность: Растение известно своей высокой устойчивостью к засолению и классифицируется как галофит, что означает, что оно может выдерживать высокое содержание соли в почве. Он может переносить широкий диапазон уровней засоления, обычно от 20 до 200 граммов соли на литр почвы (от 2% до 20% засоленности). В некоторых случаях он может даже переносить экстремальные условия с концентрацией соли, превышающей 500 граммов на литр (50%-ная соленость) (Flowers, Colmer, 2008; Song et al, 2019; Zhang et al. 2021).

Влажность: *Suaeda salsa* может легко переносить засоление почв, но ей все равно требуется достаточное количество воды для поддержания своих физиологических функций и предотвращения обезвоживания (Zhao, Song, et al, 2014).

Halostachys belangeriana (соляноколосник) представляет собой многолетнее растение, галомезоксерофильный кустарник до 2–3,5 м высотой, относится к семейству маревых (*Chenopodiaceae*). Однолетние побеги сочные, цилиндрические, членистые, сизовато-темнозеленые, к осени чернеющие. Листья редуцированы до пленчатых, коротко-треугольных чешуек, которые, срастаясь попарно, образуют вокруг стебля несколько отстающий от него двухлопастный пояс. Ассоциации соляноколосниковой формации год за годом хорошо развиваются и формируются по всей осушенной территории моря и играют значительно большую роль в сложении растительного покрова и биоразнообразии (Мониторинг осушенного дна., 2020).

Температура: *Halostachys belangeriana* может переносить широкий диапазон температур. Он адаптирован как к жаркому, так и к холодному климату. Оптимальный рост обычно происходит при температуре от 20°C до 30°C.

Свет: Растение обычно предпочитает полное пребывание на солнце и нуждается в обильном солнечном свете для оптимального роста. Оно процветает в местах с высокой интенсивностью освещения (URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020856).

Засоленность: *Halostachys belangeriana* хорошо переносит засоленные почвы и может расти в районах с высокой концентрацией соли. Он обладает способностью накапливать соли в своих тканях, что позволяет ему выживать в соленой среде (URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020856).

Влажность: *Halostachys belangeriana* адаптирован к засушливым и полувлажным условиям и может выдерживать засуху. Он способен извлекать влагу из засоленных почв и может выживать в районах с ограниченной доступностью воды. (URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020856; URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/18014.html>).

2.3. Методы микробиологического анализа почвенных образцов

Испытания проведены в Институте микробиологии АН РУз.

Для определения численности мезофильных аэробных бактерий готовили разведения почвы в стерильной воде (до 6-го разведения) и высевали по 1 мл суспензии из последних разведений на чашки Петри, содержащие питательную среду мясо-пептонный агар, чашки Петри инкубировали при 30–32°C в течение 2–3 суток. Подсчет колоний проводили невооруженным глазом на параллельных чашках Петри, рассчитывали среднее значение (Зенова и др., 2002).

Выделение галотолерантных микроскопических грибов проводили стандартными методами (накопительных культур и обрастанием почвенных комочков) на среде Чапека-Докса с добавлением NaCl в концентрации 5% и цефтриаксона для подавления бактерий, при температуре 28–30°C (Звягинцев, 1991). Солеустойчивость изолятов определяли на аналогичной среде, содержащей от 5% до 20% NaCl. Родовую идентификацию грибов проводили по Определителю микроскопических почвенных грибов Литвинова (Литвинов, 1967).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Сравнительная характеристика морфологического строения почв

Разрез 1 (Б), ризосфера растения *Suaeda salsa* (К15к), образец почвы на расстоянии 7–8 метров от растения (К16).

Структура и агрегаты: у разреза 1 (Б) и образца почвы на расстоянии от растения (К15к) одинаковая ноздреватая слабосцементированная структура, плитовидные агрегаты (10%) с преобладанием в них пылевато-песчаного мелкозема. По сравнению с описанным выше поверхностным горизонтом фоновой почвы, образец из ризосферы характеризуется интенсивной сизой и охристой окраской, что, вероятно, обусловлено усилением биологической активности, обремененной ризосфере *Suaeda salsa*. Горизонт разреза К16 слабопористый, но в нем увеличивается общее содержание агрегатов до 20–25%, что также, по всей видимости, связано с действием корневой системы, способствующей структурообразованию. Также стоит отметить, что верхний горизонт разреза 1 (Б) по сравнению с верхним горизонтом разреза 2 (В) состоит из более грубого материала (детрита).

Окраска: окраска разреза 1 (Б) серовато-светло-палевая, а образца почвы на расстоянии от растения (К15к) – темнее 2 горизонта разреза 1 (Б) – рыжевато-желтая, из ризосферы растения (К16) сизоватая с охристыми и рыжевато-ржавыми пятнами. Таким образом, изменение окраски в этом ряду свидетельствует о появлении Fe в верхних слоях почвы.

Включения: в разрезе 1 (Б) присутствует много растительных остатков и часть из них ожелезненные, так же раковины моллюсков (*Cerastoderma. sp*, *Abra segmentum*). Наличие ожелезненных слабосцементированных конкреций показывает смену восстановительных условий на окислительные. В образце из ризосферы видны поры по ходам корней, присутствуют мелкие корешки. Также в нем присутствуют железистые пятна, приуроченные к трещинам, которых нет в разрезе 1 (Б), что также свидетельствует об активной биологической деятельности в почве под ризосферой.

Разрез 2 (В), ризосфера около растения *Halostachys belangeriana* (К17к), образец почвы на расстоянии 5–6 метров от растения (К18к).

Структура: образец из разреза 2 (В) и образец на расстоянии от растения (К17к) не сильно отличаются по соотношению содержания агрегатов и мелкозема. В первом образце 20% агрегатов, структура непрочной мелкокомковатая, во втором содержание агрегатов увеличивается до 40%, структура сменяется на плитчатую. Образец ризосферы (К18к)

имеет совершенно иную мелко глыбистую структуру, что обусловлено, по-видимому, тяжелым гранулометрическим составом мелкозема и отсутствием скелетной части.

Окраска: верхний горизонт из разреза 2 (В) и образец на расстоянии от растения (К17к) имеют схожую розовато-серую окраску, но второй отличается более темным оттенком, а образец ризосферы (К18к) заметно иную, в нем преобладает розоватый оттенок. Таким образом, в отличие от описанных выше разрезов первой группы, в данном случае не выявлено усиление темных оттенков в описании под ризосферой растения. Причины данного явления, как можно предположить, связаны как с возрастом соляноколосника (примерно 10 лет), а также с характером корневой системы растения (стержнекорневая).

Включения: во всех образцах присутствуют раковины моллюсков разной степени разрушенности (*Adacna vitrea*, *Abra sp*, *Dreissena sp*, *Ecrobia grimmi*, *Adacna sp.*, *Cerastoderma sp.*). В образце ризосферы также найдены фрагменты семян растений.

На основании морфологического описания составлены сравнительные характеристики, по которым можно провести сравнение исследованных почв. (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1. Морфологические признаки разрезов 1(Б), К15к, К16.

Разрезы		Морфологические признаки			
		Окраска	Структура	Включения	Новообразования
Фон (1(Б))	S 0–8 см	2 типа агрегатов: 1. Органоминеральный слоистый. 5Y 6/3 + 5/3 (pale olive/olive). 2. Детрит мохообразный с включением мелкозема. 10YR 5/4 (yellowish brown). Общий фон серовато-светло-палевый. 2,5Y 7/2 (light grey).	10% агрегаты плитовидной формы, 90% мелкозем пылевато-мелкопесчаный.	Растительные остатки, часть из них ожелезненные. Единичные двустворчатые раковины моллюсков, <i>Cerastoderma sp.</i>	Соляные скопления в виде отдельных агрегатов.
	Cs1 8–15 см	Рыжевато-желтый с локальными слабосцементированными рыжевато-	Бесструктурный песок, преобладает	Единичные включения ожелезненных	Фрагменты солевых новообразований

		охристыми агрегатами, 10YR 6/6 (brownish yellow).	среднепесчаная фракция.	двустворчатых раковин моллюсков. Единичные растительные остатки.	й в виде отдельных кристаллов.
	2Cs,q1 15–20 см	На общем голубовато-сизом фоне ожелезненные охристо-рыжие пятна. Голубовато-сизый 5Y 8/1 + 7/1 (white/light grey), рыжевато-охристый 7,5YR 6/8 (reddish yellow), красновато-охристый 2,5YR 5/6 (red).	Хорошо агрегированный горизонт, мелкозема почти нет (а тот, что есть – тонкопылеватый), агрегаты различной формы, преобладают плитовидные.	Фрагменты ожелезненных двустворчатых раковин моллюсков <i>Abra segmentum</i> .	Железистые пленки на поверхностях двустворчатых раковин. Морфологические выделения солей не наблюдаются.
	3Cs,q2 20–50 см	40% красновато-охристый 2,5 YR 5/6 (red), 60% сизовато-светло-оливковый 2,5YR 7/2 (light grey).	Горизонт похож на вышележащий. Глинистый (суглинистый). Структура ореховато-плитчатая.	Единичные фрагменты раковин моллюсков.	Железистые пленки по краям граней. Морфологические выделения солей не наблюдаются.
Фон (К15к)	S 0–10 см	Рыжевато-желтый 10YR 5/6 (yellowish brown).	10% по объему составляют агрегаты плитовидной формы, 90% – мелкозем пылевато-мелкопесчаный.	Отсутствуют.	Железистые пятна. Морфологические выделения солей не наблюдаются.

Ризосфера (К16)	Gs 0–10 см	Охристый 2,5Y 7/3 + 7/4 (pale/pale brown). Сизый 5Y 8/1 + 7/1 (white/light grey).	Различная степень агрегированности, Крупные агрегаты плитчатой формы. Мелкие агрегаты плитчатой формы.	Тонкие корешки.	Железистые пятна. Морфологическ ие выделения солей не наблюдаются.

Таблица 2. Морфологические признаки разрезов 2(В), К17к, К18к.

Разрезы		Морфологические признаки			
		Окраска	Структура	Включения	Новообразован ия
Фон (2 (В))	S 0–10 см	Розовато светло- серый. 5YR 7/1 + 7/6 (light grey/grey).	Непрочно мелкокомковатая структура агрегатов. Остальная масса пылеватая.	Двустворчатых раковин моллюсков: <i>Adacna vitrea</i> , <i>Abra sp</i> , <i>Dreissena</i> <i>sp</i> , <i>Ecrobia grimmi</i> Единичные тонкие корешки.	Морфологичес кие выделения солей не наблюдаются.
	Cs 10–41 см	Светло-серый с розовато- фиолетовым оттенком. 7,5R 7/1 (pinkish grey).	На 20% состоит из мелкозема, на 80% – из агрегатов. Плитчатое сложение с субгоризонтально й ориентировкой.	Двустворчатых раковин моллюсков: <i>Dreissena sp</i> , <i>Adacna sp</i> , <i>Ecrobia</i> <i>grimmi</i> .	Морфологичес кие выделения солей не наблюдаются.

Фон (К17к)	S 0–10 см	Розовато-серый с более темным серым оттенком. 5YR 6/1 (grey).	Плитчатая от 1-0,5 см, от 0,5-0,3 см, более оструктурен, на 40% состоит из агрегатов, на 60% – из мелкозема.	Единичных включения двустворчатых раковин моллюсков, преобладают нарушенные: <i>Cerastoderma sp.</i> , <i>Dreissena caspia</i> .	Морфологические выделения солей не наблюдаются.
Ризосфера (К18к)	S 0–10 см	Светло-серый с розоватым оттенком, 7,5YR 6/2 (pinkish grey).	2 типа структуры. 1. Литогенная – мелко глыбистая непористая. 2. Условно педогенная.	Ракушки, фрагменты семян растений.	Морфологические выделения солей не наблюдаются.

3.2. Тип засоления, состав солей

В работе были проанализированы 10 образцов почвы, отобранных из разрезов, из ризосферы растений и в нескольких метрах от них. В таблицах 3-8 приведены результаты испытаний водных вытяжек исследованных разрезов. Показано содержание ионов (смоль±/кг почвы). На рисунках 10-15 изображены солевые профили разрезов.

Таблица 3. Результаты водной вытяжки разреза 1 (Б).

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	смоль±/кг почвы						
0–8	0.1	0.1	53	17.947	12.81	20.55	37.787
8–15	0	0.13	7.6	14.22	12.9	3.42	5.63
15–20	0	0.2	24.6	17.79	12.75	9.315	20.525
20–50	0	0.21	29.8	19.8	27.45	0.75	21.61

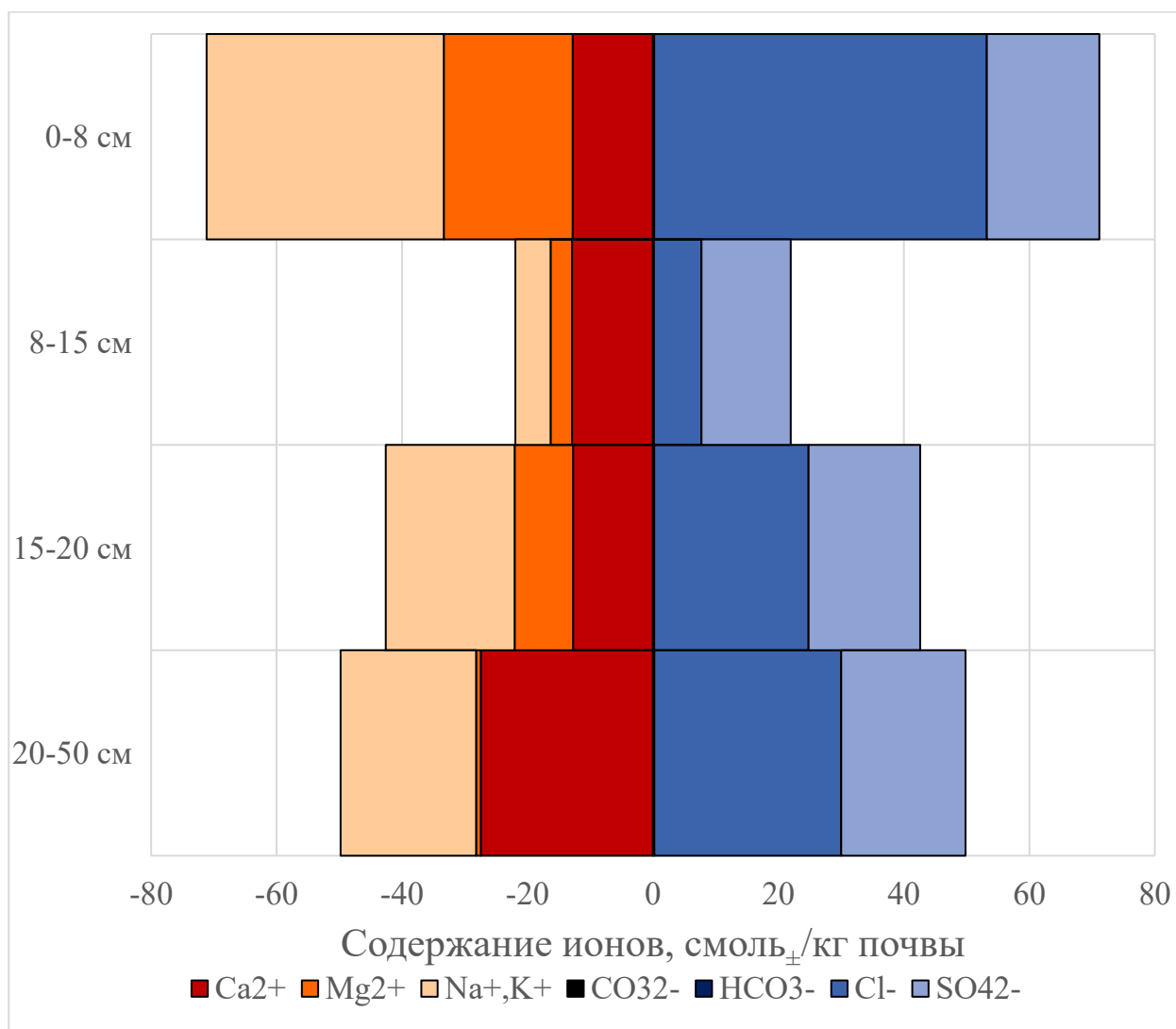


Рисунок 10. Солевой профиль разреза 1(Б).

Таблица 4. Результаты водной вытяжки разреза 2 (В).

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	СМОЛЬ±/КГ ПОЧВЫ						
0–10	0	0.15	67.6	14.662	18.6	7.725	58.087
10-41	0	0.34	43.8	9.6	7.5	7.95	38.29

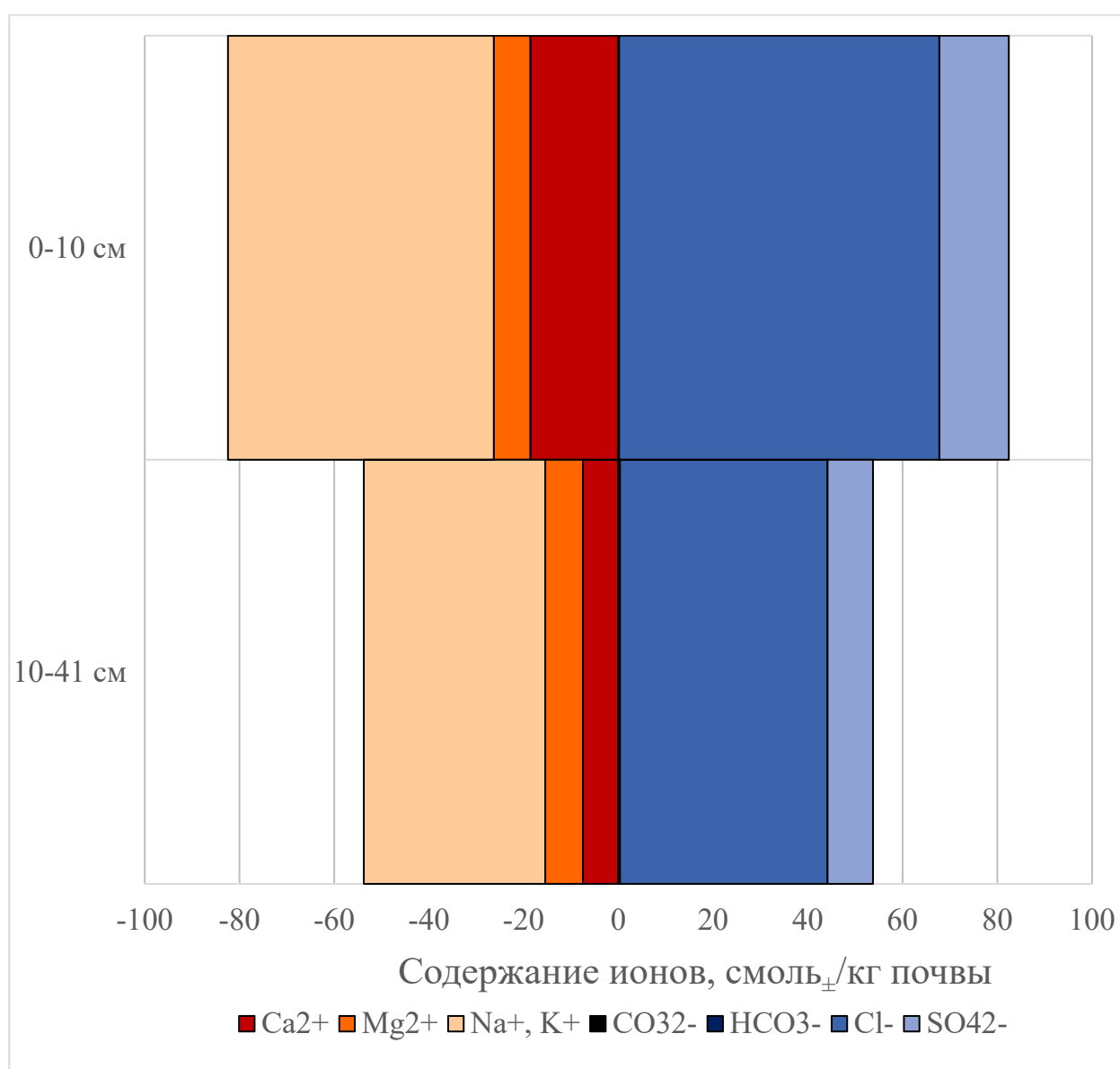


Рисунок 11. Солевой профиль разреза 2(В).

Таблица 5. Результаты водной вытяжки разреза К15к.

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	СМОЛЬ±/КГ ПОЧВЫ						
0–10	0	0.27	17.9	16.425	11.85	8.475	14.27

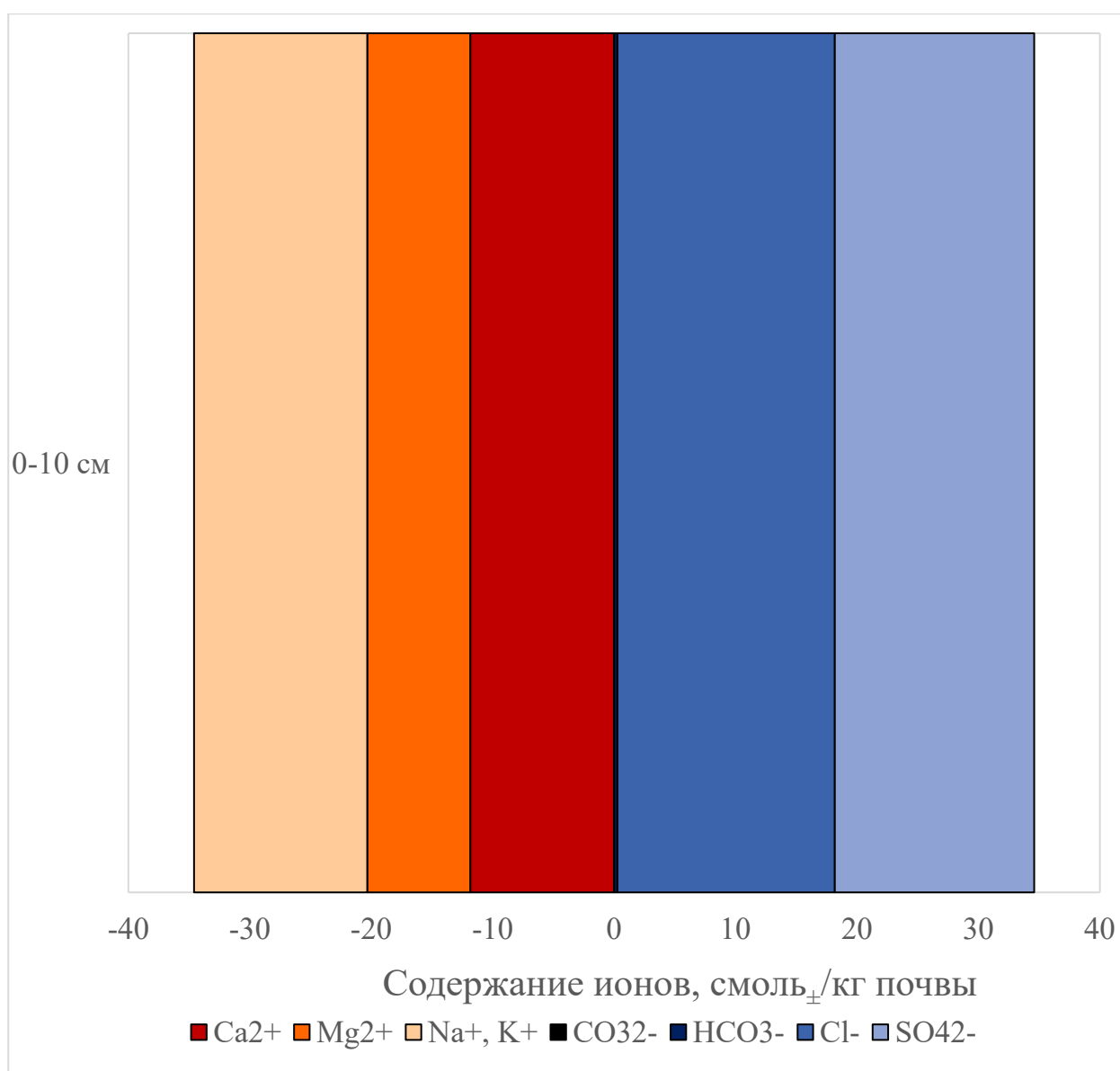


Рисунок 12. Солевой профиль разреза К15к.

Таблица 6. Результаты водной вытяжки разреза К16.

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	СМОЛЬ±/КГ ПОЧВЫ						
0–10	0	0.24	15.8	16.275	14.1	6.9	11.315

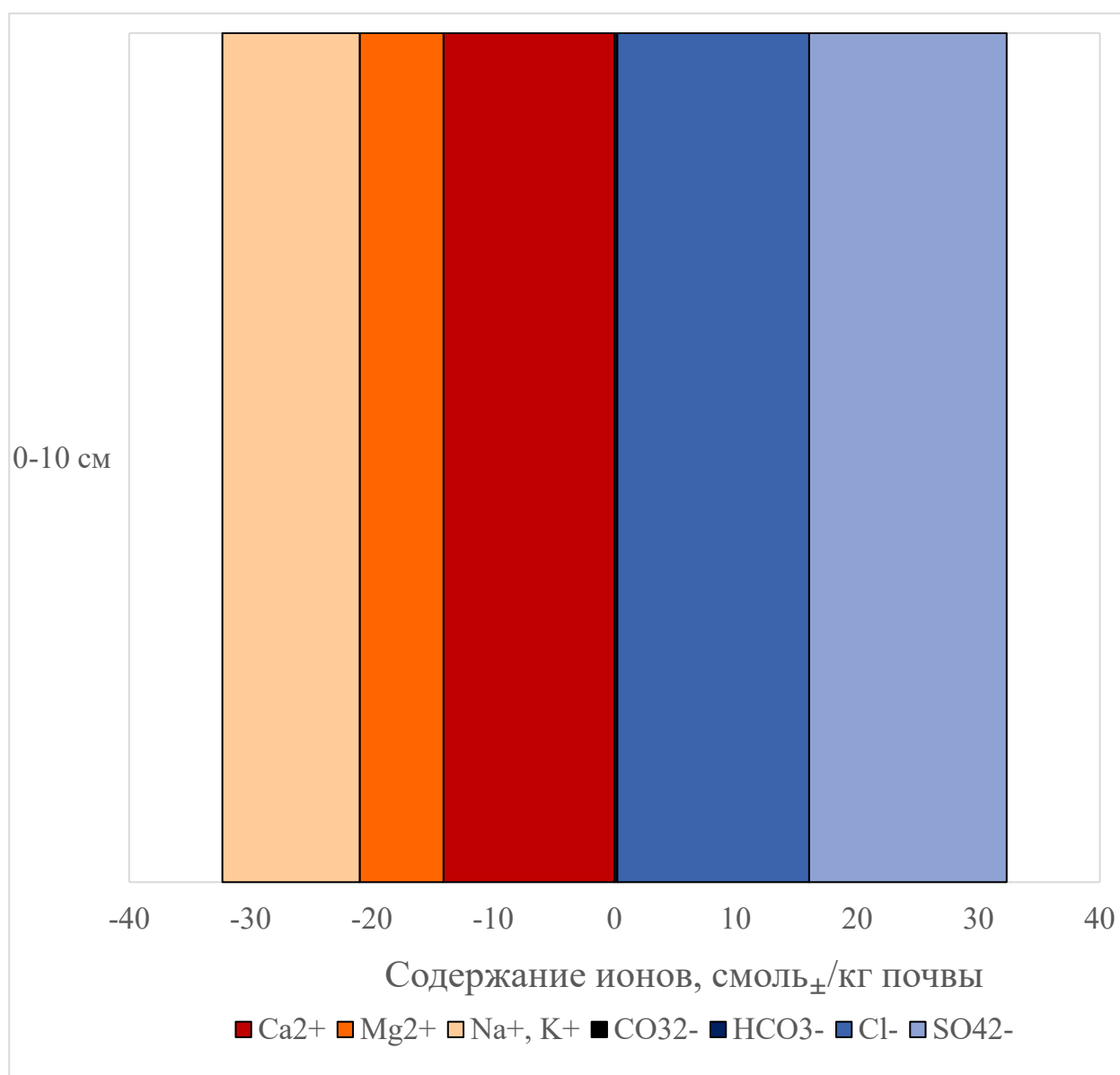


Рисунок 13. Солевой профиль разреза К16.

Таблица 7. Результаты водной вытяжки разреза К17к.

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	СМОЛЬ±/КГ ПОЧВЫ						
0–10	0	0.16	80.3	16.275	18.375	13.425	64.935

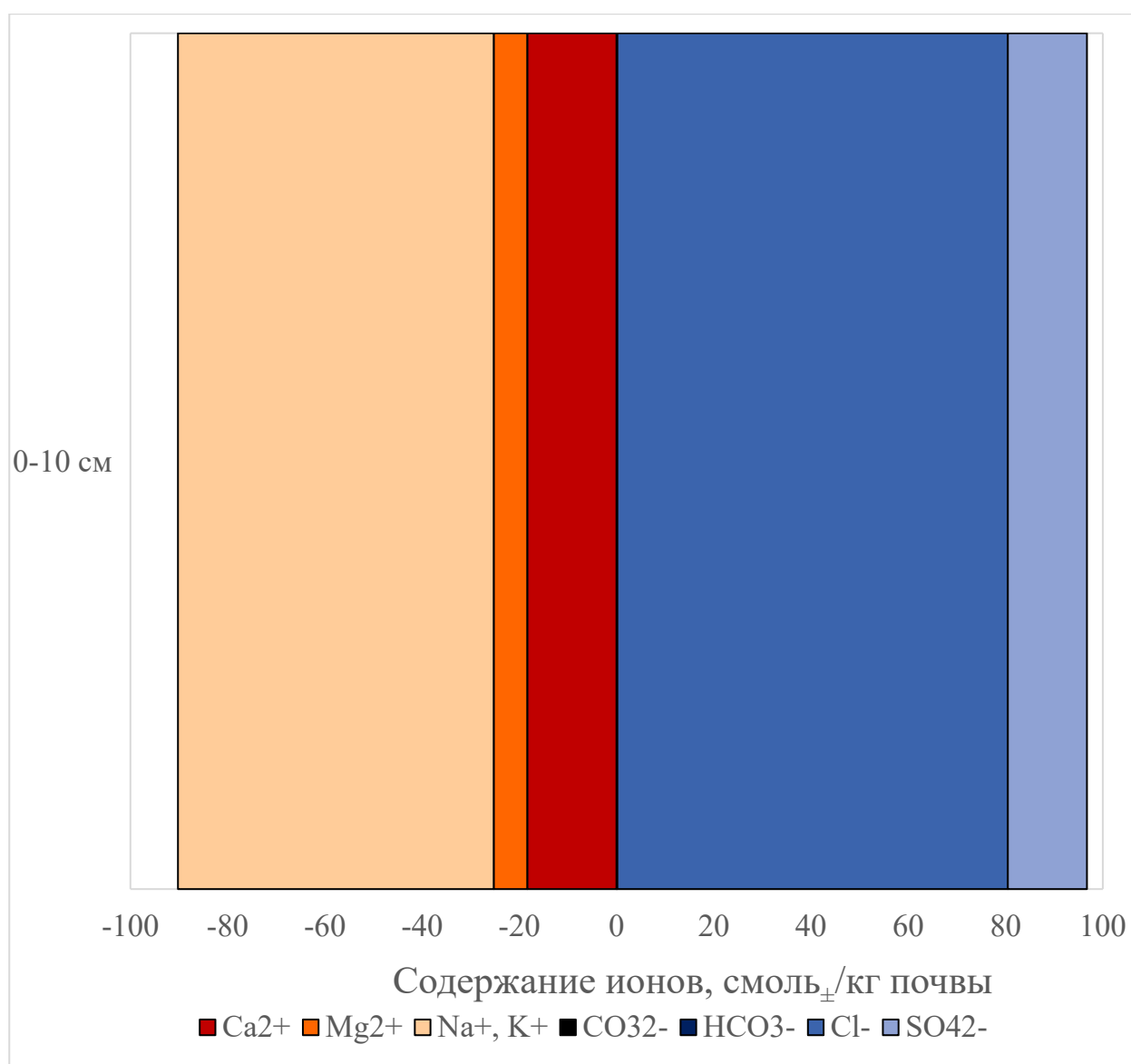


Рисунок 14. Солевой профиль разреза К17к.

Таблица 8. Результаты водной вытяжки разреза К18к.

Глубина отбора, см	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
	СМОЛЬ±/КГ ПОЧВЫ						
0–10	0	0.03	18.5	17.25	15	2.55	18.5

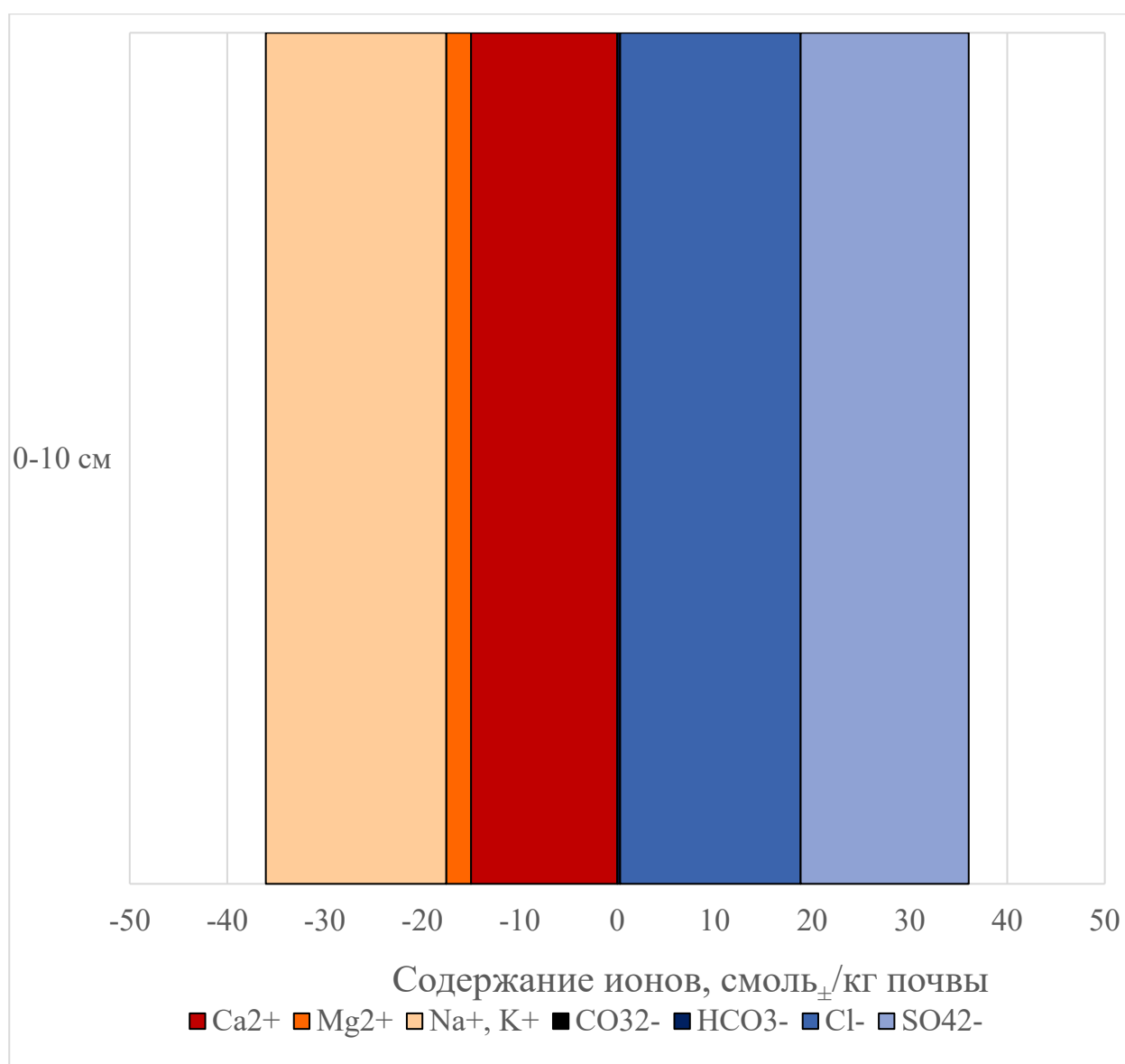


Рисунок 15. Солевой профиль разреза К18к.

Тип (химизм) засоления всех образцов по соотношению анионов – *хлоридный*, степень засоления в зависимости от химизма засоления – *очень сильная*. Степень засоления была определена по сумме токсичных солей с использованием табличных данных «Засоленные почвы России» (Панкова и др., 2006). По рисункам 10, 11 с изображением солевых профилей разрезов 1(Б) и 2(В) можно судить о том, что на поверхности содержится максимальное количество воднорастворимых солей. Такой тип распределения солей характерен для выпотного солончака и свидетельствует о стадии прогрессивного засоления.

В таблицах 9, 10 приведены полученные результаты степени засоления по сумме токсичных солей.

На рисунках 16, 17 изображены показатели суммы токсичных солей поверхностных горизонтов исследованных образцов, из которых видно, что самый низкий показатель степени засоления приходится на образцы, отобранных из-под растений–галофитов. Это подтверждает сведения о том, что растения действительно способны рассаливать почвы. Как видно из данных в таблице 9, сумма токсичных солей в ризосфере растения *Suaeda salsa* (К16) на 68,9% меньше, чем аналогичные показатели верхнего горизонта разреза 1 (Б), и на 21,4% меньше, чем показатели образца К15к. Сумма токсичных солей в ризосфере растения *Halostachys belangeriana* (К18к) на 72,8% меньше, чем показатели образца К17к, и на 68% меньше верхнего горизонта разреза 2 (В). Вероятно, такие значения объясняются тем, что растение является многолетником и произрастает на данном участке уже около 10 лет, в результате чего происходит выведение солей из почв.

Таблица 9. Степень засоления образцов первой группы (Разрезы 1(Б), К15к, К16).

Разрезы		Сумма токсичных солей, %	Степень засоления
Фон	0–8 см	3.276	Очень сильная
	8–15 см	0.509	Очень сильная
	15–20 см	1.708	Очень сильная
	20–50 см	1.711	Очень сильная
Фон	0–10 см	1.297	Очень сильная
Ризосфера	0–10 см	1.091	Очень сильная

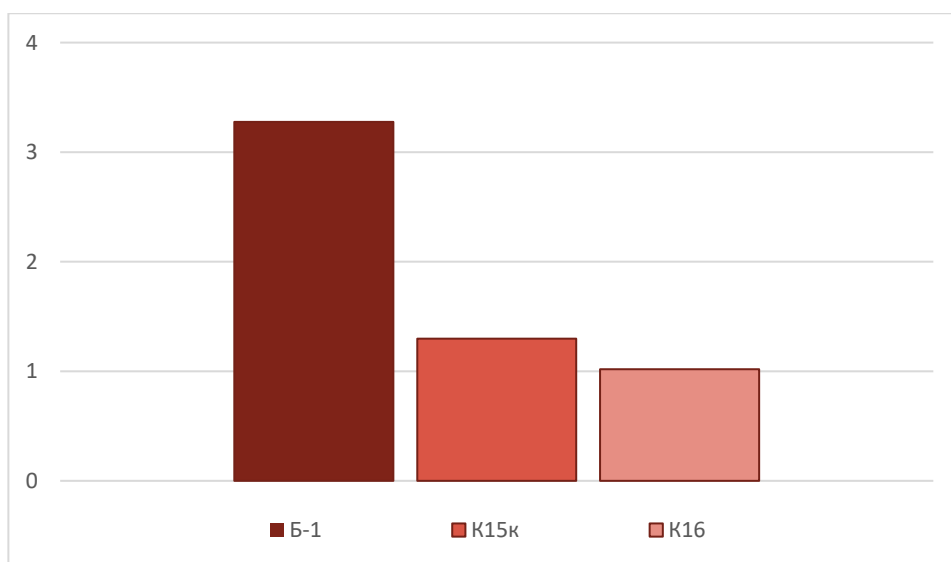


Рисунок 16. Показатели суммы токсичных солей поверхностных горизонтов первой группы (Разрезы 1(Б), К15к, К16).

Таблица 10. Степень засоления образцов второй группы (Разрезы 2(В), К17к, К18к).

Разрезы		Сумма токсичных солей, %	Степень засоления
Фон	0–10 см	3.868	Очень сильная
	10–41 см	2.646	Очень сильная
Фон	0–10 см	4.540	Очень сильная
Ризосфера	0–10 см	1.234	Очень сильная

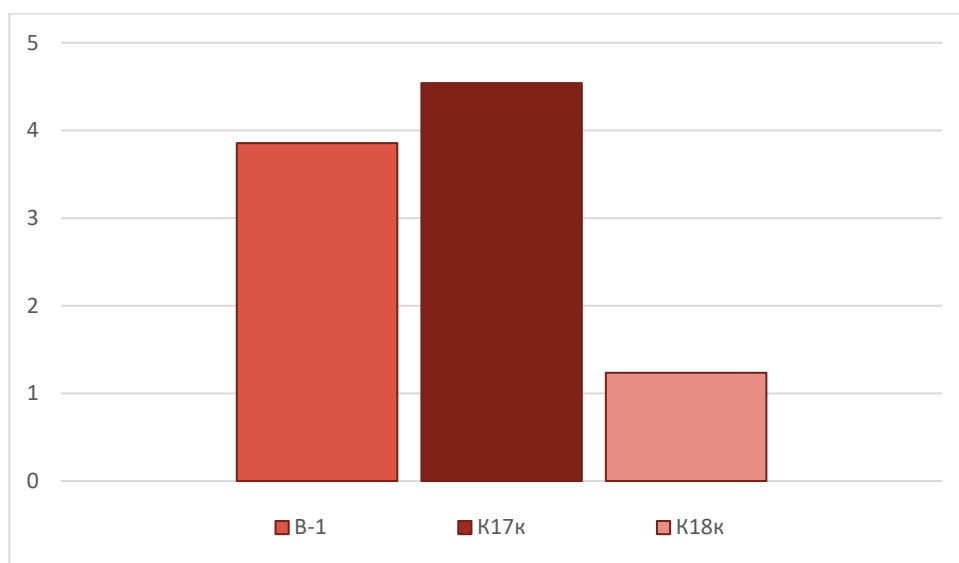


Рисунок 17. Показатели суммы токсичных солей поверхностных горизонтов второй группы (Разрезы 2(В), К17к, К18к).

3.3. Микробиологический анализ почвенных образцов

Для оценки микробной активности образцов почв Приаралья в сравнительном аспекте (ризосферная и неризосферная почва), специалистами Института микробиологии АН РУз при участии автора данной работы проведены два вида исследований:

1. Определение общего числа мезофильных аэробных бактерий, как важной составляющей микробиома ризосферы.
2. Оценено количество галотолерантных микроскопических грибов, как специфической части микробных сообществ, изученной слабо, но представляющей определенный прикладной интерес.

Известно, что среди ризосферных бактерий, растущих на среде МПА, многие могут быть отнесены к группе аммонификаторов, которые играют важную роль в превращениях азота в почве. Процесс аммонификации не всегда специфичен, и в нем могут принимать участие представители самых разных таксономических групп микроорганизмов (Андрюк и др., 1988). Мясо-пептонный агар представляет собой богатую питательную среду с высоким содержанием органического вещества и подходит для выявления как аммонификаторов, так и неспецифичной почвенной микрофлоры, принимающей участие в формировании микробных сообществ ризосферы.

В результате исследования показано, что в образцах ризосферы общее число бактерий значительно выше, чем в почве без растительности. Так, из образца ризосферы растения *Suaeda salsa* (K16) на среде МПА выросло 1×10^6 КОЕ/г почвы, а в образце на расстоянии от растения *Suaeda salsa* (K15к) – 9×10^4 КОЕ/г почвы. При подсчете колоний, образовавшихся при посеве образца ризосферы *Halostachys belangeriana* (K18к) обнаружено 4×10^6 КОЕ/г почвы, тогда как из образца на расстоянии от *Halostachys belangeriana* (K17к) выросло лишь 1×10^5 КОЕ/г почвы. Таким образом, ризосфера солеустойчивых растений заселена на порядок большим количеством мезофильных аэробных бактерий в сравнении с контрольной неризосферной почвой (рис 18).

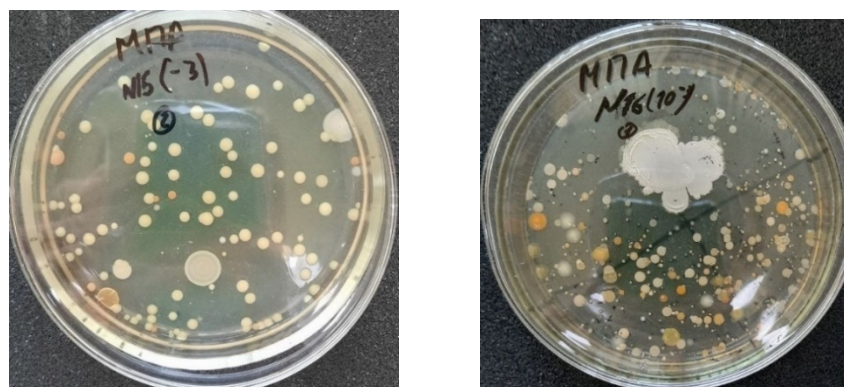


Рисунок 18. Количество аэробных микроорганизмов на среде мясо-пептонный агар в разведении 10^{-3} , полученных из ризосферы *S. salsa* (А) и из неризосферной почвы (Б).

Несмотря на уровень засоления почвенных образцов, наблюдается достаточно высокая концентрация полезных бактерий, что, вероятно, обусловлено пластичностью микроорганизмов и развитыми адаптивными механизмами, позволяющими им процветать в засоленных почвах.

В большинстве случаев изучение ризосферы ограничивается исследованием бактерий, населяющих прикорневую почву. Ризосферные бактерии являются источником полезных для растений веществ и служат основой для препаратов сельскохозяйственного назначения, повышающих плодородие почв, оздоравливающих культурные растения (Ибрагимова и др., 2018; Пыстина и др., 2018; Соболева, 2018).

В то же время известно, что непатогенные почвенные микромицеты могут вносить значительный вклад в адаптацию растений к жестким условиям среды, участвовать в разложении отмерших растительных остатков образовании сообществ арбускулярных микоризных грибов (Лабутова, 2009; Tarroum, Romdhane et al, 2022). Учитывая, что микроскопические грибы, населяющие засоленные почвы, кроме известных полезных свойств, могут обладать галотолерантностью, нами был проведен эксперимент по выделению и характеристике микромицетов из ризосферных и контрольных почвенных образцов.

Следует отметить, что в целом разнообразие галотолерантных грибов, выделенных из почвенных образцов, было весьма незначительным, что, вероятно связано со специфичностью местообитания и лимитирующим фактором в виде добавления NaCl в питательную среду. В результате эксперимента из описанных выше образцов почвы выделено 18 грибных изолятов, при этом 15 выделены из ризосферы галофитов, что составило 83% от общего числа микромицетов. Все грибы выдерживали от 0% до 10% натрия хлорида в среде, при этом 9 из них способны расти при 20% NaCl (рис.19).

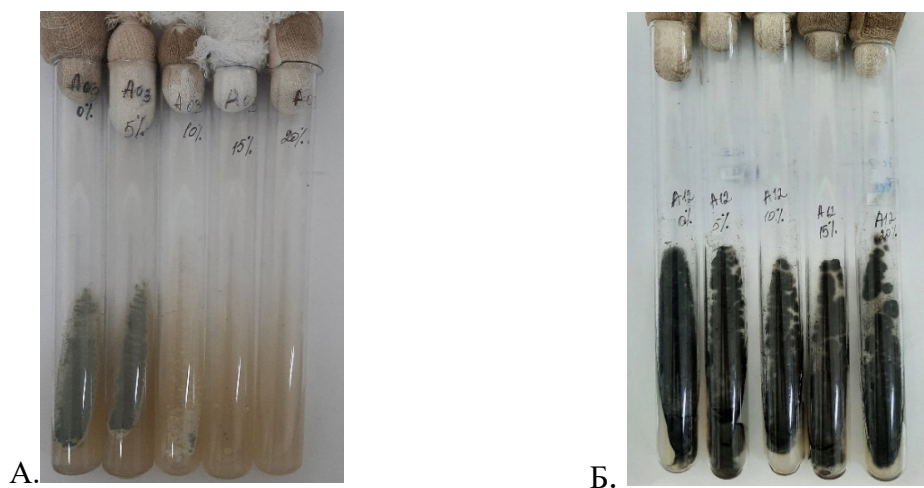


Рисунок 19. Определение галотолерантности изолятов на агаре Чапека-Докса с различным содержанием NaCl (А – изолят выдерживает не более 10% NaCl (р. *Penicillium*), Б – изолят выдерживает от 0% до 20% NaCl (р. *Alternaria*)).

В результате идентификации грибов, выделенных из ризосферы по морфологическим признакам, 7 культур отнесены к роду *Penicillium*, 5 – к роду *Aspergillus* и 3 – к роду *Alternaria* (рис. 20). Все эти грибы относятся к характерным представителям почвенной микрофлоры и могут вносить значительный вклад в питание и адаптацию растений к условиям повышенного засоления.

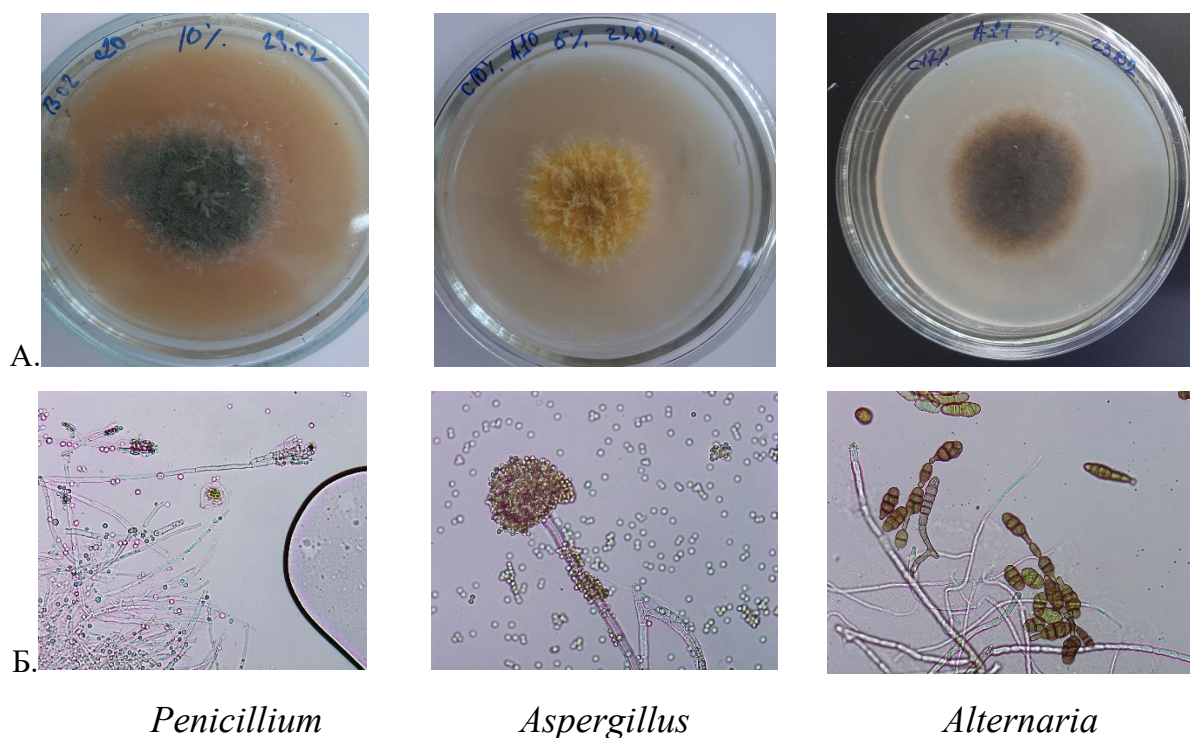


Рисунок 20. Характерные представители грибных изолятов при культивировании на агаре Чапека-Докса (А) и при микроскопировании (Б) (увеличение 10 x 40).

Полученные данные свидетельствуют о том, что, даже в условиях засоления, ризосфера растений является наиболее благоприятной нишей для микроскопических грибов. Выделенные микромицеты способны расти в широком диапазоне концентраций натрия хлорида.

3.4. Влияние растений на засоленность почвы

Галофиты, устойчивые к гиперсоленным условиям, не конкурируют за ресурсы, необходимые агрокультурам в традиционном сельском хозяйстве. Их масштабное выращивание может быть полезным не только для практики опреснения, но и для переработки растительного материала в сырье или для производства энергии. (Barbafieri et al., 2023).

В силу биологических особенностей, некоторые галофиты поглощают относительно малые количества солей, другие - значительное количество, накапливая их в тканях и тем самым регулируют внутреннее осмотическое давление. Отдельные виды обладают свойством регулировать свой солевой режим. Способность галофитов к формированию относительно высокорослых, разветвленных надземных органов обеспечивает испарения большого количества воды, снижение уровня грунтовых вод, сокращение испарения с поверхности почвы и уменьшение концентрации солей в ее верхних горизонтах. Наряду с высокой урожайностью, галофиты обладают повышенной средообразующей и средовосстанавливающей способностью: органическое вещество, поставляемое галофитами, обеспечивает улучшения водно-физических и агрохимических свойств, биологическую активность почвы, что позволяет вовлекать их в сельскохозяйственный оборот (Лапинская, Гуцева, 2014). Кроме того, солеустойчивые разновидности растений часто являются единственным доступным, богатым питательными веществами, кормом для овец, коз, верблюдов в аридных зонах (Шамсутдинов, 2015).

В процессе реализации программы исследований влияния галофитов на засоленные почвы показано, что период рассаливания в мелиоративном севообороте, включающем разные экологические группы галофитов, для условий средней степени засоления составляет 4-5 лет, сильной степени засоления – 6–7 лет (Шамсутдинов, 2015).

Очевидно, что галофиты могут быть использованы для рассоления почвы и удаления вредных для культурных растений солей. При проведении дренажа, промывок и промывного режима орошения соли просто перераспределяются, не покидая биологический круговорот. Чтобы долгосрочно улучшить мелиоративное состояние земли и плодородие почвы, необходимо удалить соли из почвы, а не перемещать их внутри биологического круговорота (Шамсутдинов, 2015).

Так, Шамсутдиновым был проведен эксперимент на примере почв Калмыкии, в результате которого установлено, что рассаливающий эффект галофитов складывается из нескольких этапов. В метровом слое почвы на сильнозасоленных среднесуглинистых почвах Калмыкии содержится 48 тонн солей на 1 га. При фитомассе надземной части 18–20 т/га галофиты выносят из почвы 8–10 т солей с 1 га. В течение холодного периода за счет атмосферных осадков в глубь почвы перемещается 2 т солей. Галофиты, затеняя почву, препятствуют подъему солей из более глубоких слоев в верхние слои 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 (Шамсутдинов, 2015).

Естественное рассаливание почвы галофитами происходит в определенной последовательности. Семя растения ветром переносится на участок будущего произрастания, прорастает, при этом вся территория вокруг имеет одинаковую степень засоления. Появляются молодые растения, которые начинают активно расти, увеличивая количество и размер ветвей и корневой системы. В процессе роста растение начинает затенять почву ветвями, из-за этого замедляется процесс засоления. В случае если растение многолетнее, то за счет зимних осадков в виде снега начинается процесс рассаливания, путем снегозадержания.

В ходе проведенной нами работы действительно был установлен рассаливающий эффект, который обнаруживается, как на примере многолетника (*Halostachys belangeriana*), там и однолетника (*Suaeda salsa*). Этот процесс происходит в естественных условиях без вмешательства человека, и, вероятно, через определенное время при понижении концентрации соли в почве, агроландшафт территории будет постепенно меняться. В то же время, использование рассаливающих свойств галофитов, как вспомогательной технологии, в перспективе является эффективным методом продуктивного освоения почв ранее непригодных для традиционных агрокультур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы проведено сравнительное морфологическое изучение фоновых почв и почв ризосферы на разных временных промежутках (10–15 и 30 лет). Определено, что на участках осушенных 30 лет назад начался процесс почвообразования (появление агрегированности и гумусированности верхнего горизонта), а на участках, освободившихся от воды 10–15 лет назад процесс почвообразования, плохо просматривается и отсутствует гумусовый горизонт. Также в результате работы показано что почвы, вновь образовавшейся на высохшем дне Аральского моря, отличаются высокой засоленностью с преобладает хлорид ионов. Характерные представители флоры данного региона представлены растениями–галофитами, способными выдерживать высокие содержания соли в среде. Ризосфера галофитов несколько отличается от почвы, свободной от растений и характеризуется снижением доли токсичных солей. Однако, даже ризосферная почва по общепринятой классификации является сильно засоленной и неприятной для культурных растений. Микробная активность в ризосфере выше, чем в неризосферной почве, некоторые микроорганизмы обладают значительной солеустойчивостью. Этот факт, вместе с данными о способности галофитов к рассаливанию почвы является важным подтверждением роли солеустойчивых растений в процессах регенерации почв и является основой для использования галофитов в фиторемедиационных программах восстановления засоленных территорий.

ВЫВОДЫ

1. В течение первых 10–15 лет в пределах Аралкумов сформированы типичные солончаки с наличием грубого гумуса (детрита) в фоновой почве и морфологическими признаками проявления окислительных условий. Под растением *Suaeda salsa* сформирован глеевый горизонт с педогенной агрегированностью и слабой гумификацией. Через 30 лет улучшается структура (появляются агрегаты первого типа) и гумусированность (особенно под многолетним растением *Halostachys belangeriana*).

2. В результате определения химического состава почв показано, что все они сильно засолены, тип засоления хлоридный, в ризосфере галофитов сумма токсичных солей и сумма общих ниже, чем в неризосферной почве.

3. Установлено, что ризосфера солеустойчивых растений заселена на порядок большим количеством мезофильных аэробных бактерий в сравнении с контрольной неризосферной почвой. В ходе эксперимента выделено небольшое количество микроскопических грибов, 83% из них являются представителями ризосферной почвы и отнесены к родам *Penicillium*, *Aspergillus* и *Alternaria*.

4. Солеустойчивые растения, произрастающие в Аралкумах обитают в условиях повышенной засоленности, в условиях жаркого климата и сниженного количества влаги. Места, где они произрастают (ризосферная почва) рассаливаются и заселяются большим количеством микроорганизмов, участвующих в почвообразовательных процессах. Рассаливание происходит, благодаря симбиозу растений с микроорганизмами. Таким образом, можно еще раз подтвердить важную роль галофитов в процессах почвообразования и рассаливания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрюк Е.И., Иутинская Г.А., Дульгеров А.Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 192.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв: учебное пособие. – МГУ, 1970.
3. Бакиров Н.Ж., Хамзаев А.Х., Новицкий З.Б. Лесные насаждения на осушенном дне Аральского моря // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 2. С. 51–59. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-51-59.
4. Бегматов Ш.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.03 Микробиология. — Москва, 2020. — 24 с.
5. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. – Изд-во Московского университета, 2004.
6. Жураева Р.Н., Шакирзянова М.Р., Золотилина Г.Д., Ташпулатов Ж.Ж. Галофильные микроорганизмы ризосферы пустынных растений. *Узбекский биологический журнал*, 2006, №6, с.7-10.
7. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Издательство Московского университета; 1991. 304 с.
8. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. Практикум по биологии почв. Учебное издание. М.: Издательство МГУ, 2002.- 120 с.).
9. Ибрагимова С. А., Астайкина В. Ф., Ревин В. В. Влияние ризосферных бактерий на рост и устойчивость растений кукурузы в условиях низкотемпературного стресса. *Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация*, 2018, № 1, с.81-89.
10. Кабулов С. Изменение пустынных фитоценозов при аридизации. Ташкент, Фан. 1990. 240 с.
11. Кабулов С. Изменение пустынных фитоценозов Приаралья в связи с усыханием Аральского моря : дис. – АН УзССР. Ин-т ботаники, 1989.
12. Лабутова Н.М. Взаимоотношения эндомикоризных грибов с микроорганизмами ризосферы // *Микология и Фитопатология*, 2009, Т. 43, № 1, с. 3-19.
13. Лапинская В. О., Гуцева Е. Ю. Способ рекультивации засоленных земель. – 2014.
14. Миклин Ф., Аладин Н.В., Плотников И.С., Смуров А.О., Жакова Л.В., Гонтарь В.И., Ермаханов З. Возможное будущее Аральского моря и его фауны // *Астраханский вестник экологического образования*. 2016. №2 (36).

15. Мониторинг осушенного дна Аральского моря. Под редакцией д.т.н., проф. В.А. Духовного, д.б.н. Г.В. Стулиной, д.б.н. Ш.М. Кенжабаева, Ташкент – 2020, Издательство ООО Редакция журнала «Avto-olam», 251 с.
16. Набиева Г.М., Махкамова Д.Ю., Ботирова Н.Т. Микробиологическая активность засоленных аллювиально-луговых почв Каракалпакской Республики (на примере Тахтакупырского тумана) // *Universum: химия и биология: электрон. научн. журн.* 2021. 5(83). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/11423>.
17. Онлайн определителю растений (Plants of the World Online. [Electronic resource] <http://powo.science.kew.org/>).
18. Определитель растений Средней Азии / Ташкент: Фан, 1972. – в 11 томах.
19. Палуаниязова Д. А. Еще раз о проблема Арала // *Организационный комитет конференции.* – 2020. – Т. 8. – С. 109.
20. Панкова Е. И. и др. Засоленные почвы России. – 2006.
21. Пыстина Н.Б., Листов Е.Л., Хохлачев Н.С., Лужков В.А., Буторова И.А. Разработка биопрепарата на основе ризосферных и азотфиксирующих углеводородокисляющих микроорганизмов для рекультивации и очистки загрязненных и нарушенных земель // *Газовая промышленность.* 2018. №5 (768). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-biopreparata-na-osnove-rizosfernyh-i-azotfiksiruyuschih-uglevodorodokislyayuschih-mikroorganizmov-dlya-rekultivatsii-i>
22. Рахымжан Ж., Текебаева Ж. Б., Бейсенова Р. Р. Галофитті ақсора (*Suaeda Salsa Pall.*) тұқымдарының өнуіне әр түрлі тұздардың әсері // *Вестник КазНУ. Серия экологическая.* – 2021. – Т. 69. – №. 4. – С. 43-52.
23. Розенцвет О.А., Нестеров В.Н., Богданова Е.С. Структурные и физиолого-биохимические аспекты солеустойчивости галофитов // *Физиология растений.* – 2017. – Т. 64. – №. 4. – С. 251-265.
24. Свиточ А.А. История последнего Аральского моря // *Аридные экосистемы.* 2009. №38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-poslednego-aralskogo-morya>.
25. Соболева О.М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов // *Достижения науки и техники АПК.* 2018. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-rizosfernyh-bakteriy-v-povyshenii-ekologizatsii-agrotsenozov>.
26. Томина Т.К. Почвы обсохшего дна Аральского моря, Гидрометеорология и экология, №1, 2009, с. 60-75.

27. Трешкин С.Е. Восстановление деградированных земель Приаралья в условиях изменения климата // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 1. – С. 32-36.
28. Чембарисов Э.И. и др. Экологические проблемы Арала и Приаралья //Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. – 2017. – С. 243-247.
29. Шамсутдинов З.Ш., Савченко И.В., Шамсутдинов Н.З. Галофиты России, их экологическая оценка и использование. Москва, РАСХН, 2000. 399 стр.
30. Шамсутдинов Н. З. Методы реабилитации засоленно-солонцовых почв с использованием средообразующей функции галофитов //Степи Северной Евразии. – 2015. – С. 935-938.
31. Barbafieri M, Bretzel F, Scartazza A, Di Baccio D, Rosellini I, Grifoni M, Pini R, Clementi A, Franchi E. Response to Hypersalinity of Four Halophytes Growing in Hydroponic Floating Systems: Prospects in the Phytomanagement of High Saline Wastewaters and Extreme Environments. *Plants*. 2023; 12(9):1737.) <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/9/1737>.
32. Broeckling C. D. et al. Rhizosphere Ecology. encyclopedia of ecology. – 2008.
33. Broeckling et al., 2008, URL: <https://biologyreader.com/rhizosphere.html> - Понятие ризосфера
34. Chen, S., et al. (2020). Physiological responses and mechanisms of *Suaeda salsa* to salt stress: a review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604611.
35. Chen, S., et al. (2020). Physiological responses and mechanisms of *Suaeda salsa* to salt stress: a review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 604611.
36. Flowers T.J., Colmer T.D. Salinity tolerance in halophytes // *New Phytol*. 2008. V. 179. P. 945–963.
37. Novikova N.M. Contemporary plan and soil cover changes in the Amudarya and Sirdarya river deltas / В сб. Ecological research and monitoring of the Aral Sea. UNESCO-1998. – P.100-128.
38. Song, J., et al. (2019). Adaptive strategies of halophyte *Suaeda salsa* to facilitate its ecological restoration in coastal salt marshes. *Ecological Engineering*, 134, 153-161.
39. Stulina G., Verkhovtseva N., Gorbacheva M. (2019). Composition of the Microorganism Community Found in the Soil Cover on the Dried Seabed of the Aral Sea. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7, 1-23.
40. Tarroum M., Romdhane W. B., Al-Qurainy F., Ali A. A. M., Al-Doss A., Fki L., Hassairi A. A novel PGPF *Penicillium olsonii* isolated from the rhizosphere of *Aeluropus littoralis*

promotes plant growth, enhances salt stress tolerance, and reduces chemical fertilizers inputs in hydroponic system // *Frontiers in Microbiology*, V. 13, 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.996054>.

41. URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020856.
42. URL: http://www.etomesto.ru/map-asia_uzbekistan_pochva-1960/p– Почвенная карта Узбекской ССР 1960 г.
43. URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/18014.html>.
44. Vosátka, M., & Maršík, P. (Eds.). ((2012). *Planet-Environment Interactions: From Sensory Plant Biology to Active Plant Behavior*. Springer Science & Business Media.
45. Zhang, J. L., et al. (2021). Physiology and molecular biology of *Suaeda salsa* adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 463(1-2), 1-26.
46. Zhao, K., Song, C., & Zhang, H. (2014). Adaptation of *Suaeda salsa* to saline environments: insights from transcriptomic analysis. *Frontiers in Plant Science*, 5, 559.