

УДК 631.431

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ ГИЖДУВАНСКОГО РАЙОНА)

Салимова Х.Х.

Бухарский государственный университет, Бухара, e-mail: h.h.salimova@buxdu.uz

В условиях интенсификации сельского хозяйства и расширения ирригации в аридных регионах Узбекистана особую актуальность приобретает изучение изменений механического состава орошаемых почв под воздействием антропогенных факторов. В настоящем исследовании проанализированы изменения гранулометрического состава луговых почв Гиждуванского района Бухарской области за 1984–2022 гг. на основе данных НИИ почвоведения и агрохимии, а также авторских исследований. Установлено, что за 11 лет (2011–2022 гг.) доля почв с тяжелым суглинистым составом увеличилась на 10,6%, в то время как доля легких суглинков снизилась на 7,0%, что свидетельствует об утяжелении текстуры почвенного покрова. Анализ вертикального распределения механических фракций показал увеличение содержания физической глины во всех горизонтах, особенно в подпахотных слоях, где доля частиц < 0,01 мм достигала 54,0%. Основными факторами трансформации состава почв являются многолетнее орошение, мутность поливной воды, особенности обработки почвы и внесение минеральных удобрений. Результаты исследования имеют практическое значение для оптимизации мелиоративных мероприятий, устойчивого использования орошаемых земель и предотвращения деградации почв в условиях агроэкосистем Центральной Азии.

Ключевые слова: луговая почва, орошение, механический состав, физический песок, физическая глина, суглинки, антропогенный фактор

CHANGES IN THE MECHANICAL COMPOSITION OF IRRIGATED SOILS UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS (ON THE EXAMPLE OF THE GIJDUVAN DISTRICT)

Salimova Kh.Kh.

Bukhara State University, Bukhara, e-mail: h.h.salimova@buxdu.uz

Under conditions of agricultural intensification and irrigation expansion in arid regions of Uzbekistan, the study of changes in the mechanical composition of irrigated soils under the influence of anthropogenic factors is of particular relevance. This study analyzes changes in the granulometric composition of meadow soils of Gijduvan district of Bukhara province for the period 1984-2022 on the basis of data from the Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, as well as the author's research. It was found that for 11 years (2011-2022) the share of soils with heavy loamy composition increased by 10.6%, while the share of light loams decreased by 7.0%, which indicates a heavier texture of the soil cover. Analysis of vertical distribution of mechanical fractions showed an increase in the content of physical clay in all horizons, especially in subsoil layers, where the share of particles <0.01 mm reached 54.0%. The main factors of transformation of soil composition are perennial irrigation, turbidity of irrigation water, peculiarities of soil tillage and application of mineral fertilizers. The results of the study are of practical importance for optimization of reclamation measures, sustainable use of irrigated lands and prevention of soil degradation in conditions of agro-ecosystems of Central Asia.

Keywords: meadow soil, irrigation, mechanical composition, physical sand, physical clay, loams, anthropogenic factor

Введение

Рациональное использование земельных ресурсов является одним из приоритетных направлений устойчивого развития аграрной отрасли в условиях нарастающего антропогенного давления и климатических изменений. Особенно актуальной становится проблема деградации почв, связанная с нарушением их структуры, состава и плодородия, что наиболее отчетливо проявляется в орошаемых агроландшафтах. Гиждуванский район Бухарской области Республики Узбекистан представляет собой типичный регион интенсивного сельскохозяйственного землепользования, где почвы подвергаются значительным нагрузкам в связи с мелиоративной деятельностью, многоукладным землепользовани-

ем, использованием минеральных удобрений и постоянной ирригацией. Изучение изменения механического состава орошаемых почв в данном районе под влиянием антропогенных факторов имеет важное научное и практическое значение, поскольку структура почвы определяет водный режим, воздухообмен, способность удерживать питательные вещества и в конечном итоге урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2].

Механический состав почвы, то есть соотношение в ней различных фракций минеральных частиц (песка, ила и глины), является относительно стабильным свойством, формирующимся в результате почвообразования. Однако в условиях интенсивной антропогенной трансформа-

ции – особенно при долговременном орошении и применении сельскохозяйственной техники – механический состав может существенно изменяться. Это связано с физическим разрушением почвенного профиля, вымыванием мелкодисперсных частиц, запылением верхнего горизонта и вторичным засолением. Подобные процессы влекут за собой изменение агрофизических характеристик почвы – пористости, водопроницаемости, влагоемкости, плотности сложения, а также снижают ее биологическую активность и потенциал для устойчивого земледелия [3].

Одной из ключевых причин трансформации механического состава в орошаемых землях является неправильная организация водопользования. В Гиждуванском районе, как и в большинстве засушливых регионов Узбекистана, источником орошения служат воды Амударьи и подземные водозаборы, нередко содержащие растворенные соли. При отсутствии эффективной дренажной системы это приводит к аккумуляции солей в почвенном профиле, нарушению структуры агрегатов и разрушению глинистых частиц. Кроме того, регулярное внесение минеральных удобрений, особенно в избыточных дозах, без органической подпитки вызывает дегумусацию и усиливает эрозионные процессы. Все это способствует ухудшению структуры почвы и перераспределению ее механических фракций [4, 5].

Современные научные исследования свидетельствуют о том, что при многолетнем орошении, особенно в условиях слаборегулируемых равнин, в почве происходит иллювиально-элювиальное перераспределение частиц: из верхнего горизонта вымываются более мелкие частицы (ил, пыль), а нижние горизонты, напротив, уплотняются, обогащаясь более тяжелыми фракциями. Это не только снижает общую агрономическую ценность почвы, но и затрудняет корнеобеспечение растений, увеличивает плотность сложения и уменьшает проницаемость для влаги. На примере Гиждуванского района данные процессы носят комплексный характер, поскольку здесь сочетаются как природная предрасположенность к вторичному засолению, так и влияние нерациональных методов земледелия [6].

Особую тревогу вызывает тенденция снижения доли физической глины (частиц диаметром менее 0,01 мм) в верхних горизонтах почвы, что ухудшает ее влагоудерживающую способность и структуру. Одновременно происходит увеличение доли механических примесей – пылеватых

и крупнофракционных частиц, заносимых с полей и дорог, что также негативно влияет на агрофизическое состояние почвенного покрова. Результаты агрохимических и гранулометрических исследований показывают, что в Гиждуванском районе наблюдается явное нарушение равновесия между песчаными и глинистыми фракциями, особенно в активно эксплуатируемых сельскохозяйственных угодьях [7, 8].

Кроме ирригационного воздействия изменение механического состава почв обуславливается деятельностью самого земледелия. Постоянная механическая обработка, особенно с применением тяжелой сельхозтехники, приводит к уплотнению пахотного слоя, разрушению почвенных агрегатов и нарушению естественной пористости. Одновременно с этим повышается уязвимость почвы к эрозии, особенно в условиях сильных ветров, характерных для территории Гиждуванского района. В свою очередь, ветровая эрозия способствует выносу наиболее ценных мелкодисперсных фракций с поверхности почвы, обедняя ее и усугубляя деградационные процессы [9, 10].

Следует также учитывать социально-экономические и управленческие аспекты, способствующие нарушению устойчивости почвенных систем. Недостаточное внедрение технологий почвозащитного земледелия, низкий уровень агрохимической грамотности фермеров, ограниченное применение органических удобрений и сидеральных культур – все это усиливает давление на почву, снижая ее способность к восстановлению и регенерации. При этом в последние десятилетия в Гиждуванском районе наблюдается интенсификация сельского хозяйства – расширение орошаемых площадей, увеличение числа вегетационных поливов, внедрение высокоурожайных сортов и гибридов, требующих интенсивного питания и водообеспечения. Все эти факторы оказывают кумулятивное воздействие на почву и ее структуру, вызывая необратимые изменения в механическом составе [11, 12].

В условиях глобального изменения климата, сопровождающегося усилением засушливости и ростом температур, проблема рационального водопользования и сохранения структуры орошаемых почв становится особенно острой. Научный интерес представляет выявление взаимосвязей между различными типами антропогенных нагрузок и изменением гранулометрических характеристик почвенного профиля. Это позволит не только диагностировать степень деградации, но и разрабатывать эффек-

тивные рекомендации по восстановлению и поддержанию почвенного плодородия на длительный срок [13, 14].

Настоящее исследование направлено на изучение изменений механического состава орошаемых почв Гиждуванского района под воздействием антропогенных факторов, таких как длительное орошение, применение удобрений, механическая обработка, засоление и эрозия. Основная задача – выявление основных тенденций изменения гранулометрического состава, определение факторов, наиболее активно влияющих на данный процесс, а также разработка научно обоснованных рекомендаций по предотвращению дальнейшей деградации и восстановлению агрофизических свойств почвы. Результаты работы будут способствовать более глубокому пониманию процессов трансформации почвенных систем в условиях интенсивного земледелия и послужат основой для выработки устойчивых стратегий управления земельными ресурсами региона [15].

Таким образом, тема исследования является крайне актуальной и многогранной, затрагивающей широкий спектр экологических, агрономических и социально-экономических аспектов. Научная новизна заключается в комплексном подходе к анализу антропогенных воздействий на структуру почвы с применением современных методов почвенной диагностики и системного моделирования. Практическая значимость исследования выражается в возможности использования полученных данных для корректировки мелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на повышение устойчивости сельского хозяйства в аридных регионах Узбекистана.

Цель исследования – разработка рекомендаций по эффективному использованию орошаемых земель путем изучения влияния антропогенных факторов на эволюцию и свойства орошаемых почв, распространенных в Гиждуванском районе Бухарской области.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на орошаемых луговых почвах Гиждуванского района Бухарской области, расположенного в условиях резко континентального аридного климата, где сельское хозяйство полностью зависит от мелиоративного водоснабжения.

Целью работы являлось выявление изменений механического состава почв под влиянием антропогенных факторов, в том числе многолетнего орошения, обработки, внесения удобрений и других видов хозяйственной деятельности.

Объект исследования

Общая площадь земель орошаемого земледелия Гиждуванского района по состоянию на 2020 г. составила 19 994 тыс. га. Основу почвенного покрова составляют следующие типы орошаемых почв: луговые – 52,8%, пустынно-луговые – 27,4%, лугово-такырные – 13,7%, серо-бурые – 3,3% и серо-бурые-луговые – 2,8% (по данным НИИПА, 2020 г.).

Для более детального изучения изменений механического состава были выбраны два почвенных разреза:

Разрез 7 (1984 г.) – данные по орошаемым луговым почвам, приведенные И.Н. Фелициантом.

Разрез 1 (2022 г.) – данные, полученные автором Х.Х. Салимовой на землях фермерского хозяйства «Омад» массива Х. Олимджон (Сармиджон).

Эти два разреза были выбраны для сопоставления изменений в почвенном профиле на интервале более чем в 35 лет.

Отбор проб и морфологическое описание

Почвенные образцы отбирались полойно, по стандартным методикам полевых почвенных исследований. Глубина отбора составляла до 115 см, с разбиением по основным генетическим горизонтам:

0–29 см – пахотный слой,

29–52 см, 52–79 см, 79–103 см, 103–115 см – подпахотные горизонты.

Каждый горизонт был охарактеризован по цвету, структуре, плотности сложения, наличию включений и другим морфологическим признакам. Особое внимание уделялось анализу профиля в динамике, с учетом факторов антропогенного воздействия – глубины вспашки, режима полива, типов возделываемых культур и др.

Гранулометрический анализ

Гранулометрический (механический) состав почв определялся лабораторным методом пипетки, с предварительной подготовкой образцов (удаление карбонатов и органического вещества 3%-ным H_2O_2 и HCl). Механические фракции распределялись по следующим фракционным группам:

Крупные частицы ($> 0,25$ мм)

Песок (0,25–0,1 мм)

Мелкий песок (0,1–0,05 мм)

Пыль (0,05–0,01 и 0,01–0,005 мм)

Тонкая пыль (0,005–0,001 мм)

Физическая глина ($< 0,001$ мм)

Физическая глина в анализе определялась как сумма всех частиц размером менее 0,01 мм, что соответствует методикам, принятым в советской и постсоветской школах

почвоведения. По содержанию физической глины проводилась классификация текстурного состава почвы: легкий, средний, тяжелый суглинок и др.

Сравнительный анализ данных

В рамках исследования проведено сравнение гранулометрического состава почв: за 1984, 2011 и 2022 гг.;

по вертикальному профилю почв (от пахотного до нижнего горизонта);

по пространственному распределению типов механического состава на уровне района.

Сравнение проводилось как по индивидуальным разрезам (например, фермерское хозяйство «Омад»), так и по сводным данным Гиждуванского района, собранным НИИПА. Это позволило отследить динамику утяжеления или облегчения почвенного состава, влияние ирригации, процессов засоления и смыва, а также последствий длительного сельскохозяйственного использования.

Используемые источники и обработка данных

Источниками информации служили: авторские полевые наблюдения и лабораторные анализы, проведенные в 2022 г.

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакетов Microsoft Excel и Statistica 8.0, где рассчитывались:

доли фракций по глубине,
общее содержание физической глины,
распределение типов механического состава,

относительные изменения за 11 лет и более.

Результаты оформлялись в виде таблиц, графиков и диаграмм (рис. 1, 2), иллюстрирующих процессы трансформации механического состава под воздействием антропогенных факторов.

Учет внешних факторов

Также учитывались следующие агротехнические и мелиоративные параметры:

источники поливной воды – преимущественно вода Амударьи и дренажно-ирригационная сеть;

мутность поливной воды, способствующая отложению ила;

типы сельскохозяйственных культур (хлопчатник, пшеница, люцерна и др.) и особенности их водопотребления;

режимы полива – периодичность, нормы, способы (бороздковый, дождевание и пр.);

химическое и физическое воздействие – внесение удобрений, пестицидов, количество проходов сельхозтехники.

Ограничения и точность результатов

Для обеспечения надежности данных: отбор проб проводился в схожие сезоны (вегетационный период);

использовались параллельные пробы на каждой глубине;

методика отбора и анализа полностью соответствовала действующим стандартам; сопоставление данных прошлых лет осуществлялось через приведение к единой системе единиц и критериев.

Используемая методика позволила выявить как вертикальные, так и пространственные изменения механического состава орошаемых почв Гиждуванского района. Комплексный подход, основанный на сопоставлении данных разных лет и участков, обеспечивает достоверность результатов и позволяет формировать научно обоснованные рекомендации по рациональному использованию земель и предупреждению деградации почв в условиях орошаемого земледелия.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2020 г. общие земли орошаемого земледелия Гиждуванского района составили 19 994 тыс. га, из них 52,8% луговые почвы, 27,4% пустынно-луговые, 13,7% лугово-такрыные, 3,3% серо-бурые, 2,8% серо-бурые-луговые почвы (рис. 1).

Физическое содержание глины в пахотном слое (0–25 см) орошаемых луговых почв 7-го среза составляло 41,8%, а в подпахотном слое (25–45 см) – 43,6%. Оба слоя указаны как средний песок по механическому составу. В поперечном сечении почвы по мере того, как слой снова углублялся, содержание физического ила увеличивалось до 50,1%, образуя тяжелый суглинок по механическому составу, а в самом нижнем слое (80–90 см) содержание физического ила составляло 44,9%, снова средний суглинок по механическому составу.

По данным, полученным в 2022 г., содержание физической глины в пахотном слое почвы (0–29 см) орошаемого луга среза 1 составляло по механическому составу 43,8% – средний суглинок, по мере углубления слоя в сечении количество физической глины увеличивалось, и все слои, кроме пахотного, были определены как тяжелый суглинок по механическому составу.

При выращивании сельскохозяйственных культур за счет механических частиц, содержащихся в поливных водах, повышается содержание физического ила в основном в пахотных и подпахотных слоях почвы, что, в свою очередь, влияет на механический состав почвы (табл. 1).



Рис. 1. Типы орошаемых почв Гиждуванского района, в %
Источник: составлено автором

Таблица 1

Механический состав орошаемых луговых почв
Гиждуванского района Бухарской области

Глубина слоя, см	Размер частиц, мм (содержание, %)							Физическая глина	Механический состав почвы
	> 0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,05–0,001	< 0,001		
Срез 7. Орошаемая луговая почва									
0–25	0,65	3,76	18,79	35,02	10,83	17,10	13,80	41,8	средний суглинок
25–45	0,40	4,07	15,05	37,02	11,26	17,80	14,40	43,6	средний суглинок
50–60	0,37	0,28	3,93	45,93	11,92	21,46	16,72	50,1	тяжелый суглинок
80–90	0,22	0,29	17,65	36,96	16,46	17,64	10,78	44,9	средний суглинок
Срез 1. Орошаемая луговая почва									
0–29	2,5	2,5	7,6	43,6	7,2	6,4	30,2	43,8	средний суглинок
29–52	5,0	3,5	4,7	39,8	8,0	7,2	31,8	47,0	тяжелый суглинок
52–79	4,2	4,5	5,4	39,8	9,5	8,0	28,6	46,1	тяжелый суглинок
79–103	1,0	1,7	12,3	31	7,9	11,9	34,2	54,0	тяжелый суглинок
103–115	1,3	1,0	11,1	39,8	9,5	8,7	28,6	46,8	тяжелый суглинок

Источник: составлено автором.

По данным 2011 г., изменение механического состава почв орошаемых лугов Гиждуванского района составило 0,1%, почвы с легким суглинистым (глинистым) механическим составом – 9,5%, почвы с тяжелым суглинистым механическим составом – 52,6%, почвы со средним суглинистым составом – 20,3%, почвы с легким суглини-

стым составом – 17,5%, а в 2022 г. почвы с легким суглинистым (глинистым) механическим составом составляли 0,1%, почвы с тяжелым суглинистым механическим составом – 20,1%, со средним суглинистым – 60,4%, с рукавным суглинистым – 13,3%, суглинистые – 5,9%, а почвы с механическим песчаным составом – 0,2% (рис. 2).

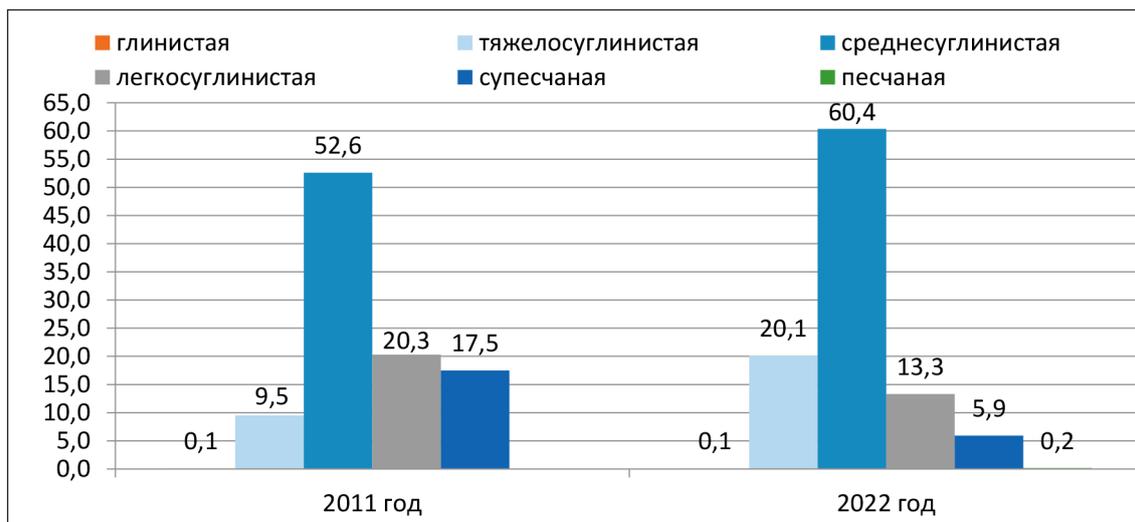


Рис. 2. Механический состав орошаемых почв Гиждуванского района
Источник: составлено автором

Таблица 2

Изменение механического состава орошаемых луговых почв Гиждуванского района

Глубина слоя, см	Размер частиц, мм (содержание, %)							Физическая глина, %	Механический состав почвы
	> 0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,05–0,001	< 0,001		
2011 год									
0–28	2,3	2,4	7,1	45,6	6,8	6,1	29,7	42,6	средний суглинок
28–50	4,8	3,4	4,6	55,1	7,1	6,9	30,9	44,9	средний суглинок
50–76	4,2	4,6	5,5	54,9	9,2	7,8	28,1	45,1	тяжелый суглинок
76–101	1,2	1,5	11,9	46,8	7,7	11,6	33,9	53,2	тяжелый суглинок
101–113	1,3	0,9	11	53,6	9,5	8,5	28,4	46,4	тяжелый суглинок
2022 год									
0–29	2,5	2,5	7,6	43,6	7,2	6,4	30,2	43,8	средний суглинок
29–51	5,0	3,5	4,7	39,8	8,0	7,2	31,8	47,0	тяжелый суглинок
51–77	4,2	4,5	5,4	39,8	9,5	8,0	28,6	46,1	тяжелый суглинок
77–103	1,0	1,7	12,3	31	7,9	11,9	34,2	54,0	тяжелый суглинок
103–114	1,3	1,0	11,1	39,8	9,5	8,7	28,6	46,8	тяжелый суглинок

Источник: составлено автором.

За 11 лет почвы с тяжелым суглинистым механическим составом увеличились на 10,6%, а почвы со средним суглинистым составом – на 7,8%. Установлено, что механический состав легких суглинистых почв

уменьшился на 7,0%, а супесчаных – на 11,6%. В течение 2011–2022 гг., то есть 11 лет, механический состав почв ухудшался под влиянием орошения сельскохозяйственных культур (антропогенных факторов).

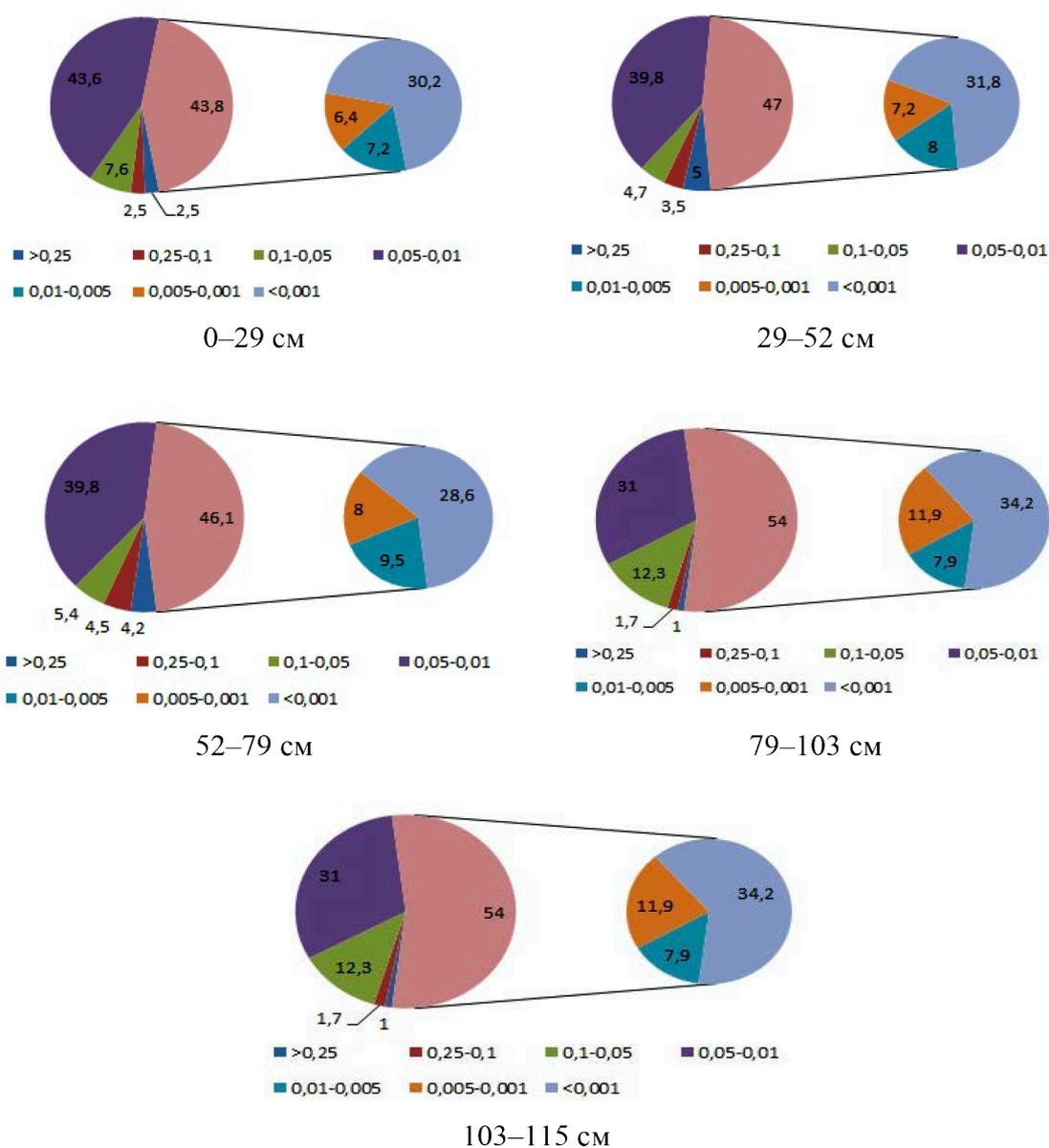


Рис. 3. Механический состав орошаемых луговых почв
Источник: составлено автором

Проанализированы изменения механического состава орошаемых луговых почв фермерского хозяйства «Омад» массива Х. Олимджон (Сармиджон) Гиждуванского района за 2011–2022 гг. По данным на 2011 г., в пахотном слое (0–28 см) содержание физического ила составляло 42,6%, что по механическому составу было средним суглинком, тогда как в пахотном слое содержание физического ила составляло 44,9%, что по механическому составу было средним суглинком. Механический состав почвы по профилю становился тяжелее, а в самом нижнем слое (101–113 см)

физическое содержание глины составляло 46,4%, что по механическому составу было определено как тяжелый суглинок. В 2022 г. было установлено, что в пахотном (0–29 см) слое почвы содержание физической глины составляло 43,8% и среднего суглинка по механическому составу, а в пахотном подпочвенном слое содержание физической глины составляло 47,0% и тяжелого суглинка по механическому составу. Физическое содержание глины в нижних слоях почвенного профиля составляло в среднем 46,1–54,0% и по механическому составу определялось как тяжелый суглинок (табл. 2).

За счет увеличения количества физического ила во всех слоях почвы несколько утяжелился механический состав, изменился механический состав пахотного подстиляющего слоя.

В 2022 г. физическое содержание глины в пахотном слое (0–29 см) луговых почв хозяйства «Омад» массива Х. Олимджон (*Сармиджон*) составило 43,8 %, в подпахотном (29–51 см) слое – 47,0 %, в следующем слое, 51–77 см, 46,1 %, в слое 77–103 см – 54,0 %. Механический состав пахотного слоя составлял средний суглинок, а последующие нижележащие слои были определены как тяжелый суглинок (рис. 3).

Огромное количество ученых проводило научные исследования по изменению механического состава орошаемой почвы под воздействием орошения. Например, если в 2010 г. орошаемые луговые почвы, разбросанные по массиву Даргалы Каракульского района, имели содержание физической глины в пахотном слое 22,9 %, а механический состав был слегка суглинистым, то к 2020 г. количество физической глины увеличилось на 37,0 % из-за орошения водой Амударьи и антропогенных факторов, в то же время в нижних слоях под влиянием многолетнего орошения, выщелачивания можно увидеть накопление солей.

Механический состав почвы позволяет определять такие агротехнические мероприятия, как критерий полива сельскохозяйственных культур, приемы полива, продолжительность полива в оптимальных показателях. Изменение механического состава почвы по-разному влияет на показатели водных свойств почвы.

Изменение механического состава почвы под действием поливной воды будет зависеть от таких факторов, как тип культуры, критерий орошения, продолжительность, техника, мутность поливной воды.

Закключение

Проведенные исследования подтвердили значительное влияние антропогенных факторов, прежде всего длительного орошения, на изменение механического состава орошаемых луговых почв Гиждуванского района. В результате многолетней ирригации, сопровождающейся поступлением в почву тонкодисперсных частиц с поливной водой, а также вследствие агротехнической нагрузки произошло общее утяжеление почвенного профиля. Анализ гранулометрического состава почв показал, что содержание физической глины (< 0,01 мм) в подпахотных и нижних горизонтах увеличилось до 54,0 %, в то время как в 1984 г. аналогичные значения не превышали 44,9 %.

За период с 2011 по 2022 г. доля тяжелых суглинков в структуре орошаемых земель возросла более чем на 10 %, при одновременном снижении доли легких механических составов. Такие изменения отрицательно сказываются на водно-физических свойствах почв, а также снижают их агрономическую ценность. Полученные результаты подчеркивают необходимость пересмотра существующих методов ирригации, повышения эффективности дренажных систем и внедрения почвозащитных агротехнологий. Это позволит замедлить процессы деградации и обеспечить устойчивое земледелие Центральной Азии.

Список литературы

1. Мирзаев У.Б., Умаркулова Б.Н. Влияние антропогенного фактора на эволюцию орошаемых арзык-соховых почв // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 2. С. 5–9. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1183> (дата обращения: 09.07.2025).
2. Ортиков Т.К., Артикова Х.Т., Умаров О.Р. Микробиологическая активность лугово-аллювиальной почвы Бухарского оазиса в зависимости от типа и степени засоления // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 3. С. 27–31. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1234> (дата обращения: 11.07.2025).
3. Ортиков Т.К., Артикова Х.Т., Умаров О.Р., Бафоева З.Х. Изменение агрохимических и микробиологических показателей луговых почв Бухарской области в зависимости от степени засоления // Узбекский биологический журнал. 2019. № 4. С. 57–61. URL: <https://storage.academy.uz/source/1/2019%20%E2%84%964.pdf#page=57> (дата обращения: 11.07.2025).
4. Салимова Х.Х., Артикова Х.Т. Влияние антропогенных факторов на засоление, механический и агрохимический состав лугово-аллювиальных почв Бухарской области // Научное обозрение. Биологические науки. 2022. № 4. С. 96–100. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1300> (дата обращения: 14.07.2025).
5. Grégory Lesturgez, Roland Poss, Andrew Noble, Olivier Grünberger, Woraphan Chintachao, Daniel Tessier Soil acidification without pH drop under intensive cropping systems in Northeast Thailand // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2006. Vol. 114, Is. 2–4. P. 239–248. DOI: 10.1016/j.agee.2005.10.020.
6. Gruba P., Mulder J., Brožek S. Modelling the pH dependency of dissolved calcium and aluminium in O, A and B horizons of acid forest soils // Geoderma. 2013. Vol. 206. P. 85–91. DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.04.036.
7. Kazumichi Fujii, Shinya Funakawa, Chie Hayakawa, Takashi Kosaki. Contribution of different proton sources to pedogenetic soil acidification in forested ecosystems in Japan // Geoderma. 2008. Vol. 144, Is. 3–4. P. 478–490. DOI: 10.1016/j.geoderma.2008.01.001.
8. Ortikov T., Umarov O., Bafaeva Z., Jumaev J. Regime of salt in alluvial soils irrigated in Bukhara region, Uzbekistan. E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. № 04001. DOI: 10.1051/E3SCONF/202458704001.
9. Ortikov T., Umarov O., Bafaeva Z., Ochilova M. Microbiological activity of irrigated meadow-alluvial soil in Bukhara depending on salinity level. E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. № 04015. DOI: 10.1051/e3sconf/202458704015.
10. Ortikov T., Umarov O., Sayidov M., Artikova M., Bafaeva Z. Microorganisms of the taxonomic group of irrigat-

ed meadow-alluvial soils of the Bukhara region T. E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. № 04010. DOI: 10.1051/e3s-conf/202458704010.

11. Sarah J. Kemmitt, David Wright, David L. Jones Soil acidification used as a management strategy to reduce nitrate losses from agricultural land // *Soil Biology and Biochemistry*. 2005. Vol. 37, Is. 5. P. 867–875. DOI: 10.1016/j.soilbio.2004.10.001.

12. Schulze-Makuch D., Kennedy J.F. Microbiological and chemical characterization of hydrothermal fluids at Tortugas mountain geothermal area, southern new Mexico, USA // *Hydrogeology journal*. Heidelberg. 2000. № 3. P. 295–309. DOI: 10.1007/s100400050016.

13. Umarov O., Bafaeva Z., Avezov T. The effect of salinity levels on certain physiological groups of microorganisms in irrigated soils of Bukhara region. E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 549. № 03018. DOI: 10.1051/e3sconf/202454903018.

14. Yue Dong, Jin-Ling Yang, Xiao-Rui Zhao, Shun Hua Yang, Jan Mulder, Peter Dörsch, Xin-Hua Peng, Gan-Lin Zhang Soil acidification and loss of base cations in a subtropical agricultural watershed // *Science of The Total Environment* 2022. Vol. 827. P. 154338. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154338.

15. Yue Dong, Jin-Ling Yang, Xiao-Rui Zhao, Shun-Hua Yang, Gan-Lin Zhang Contribution of different proton sources to the acidification of red soil with maize cropping in subtropical China // *Geoderma*. 2021. Vol. 392. P. 114995. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114995.