

5. Mishustin Ye.N. Assotsiatsii pochvennykh mikroorganizmov. – М.: Nauka, 1975. – 114 s.

6. Muravlev A. Sto let popytкам akklimatizirovat duby na Altae: mozhet li eto derevo rasti na yuge Sibiri? // Altayskaya pravda. – 14.09.2006 g.

7. Khaziev F.Kh. Sistemno-ekologicheskiy analiz fermentativnoy aktivnosti pochv. – М.: Nauka, 1982. – 203 s.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-04-00866, А.



УДК 631.43:631.421: 631.67(571.15)

**Н.Ю. Боронина, П.А. Мягкий,
В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев
N.Yu. Boronina, P.A. Myagkiy,
V.L. Tatarintsev, L.M. Tatarintsev**

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА ГРАНУЛОМЕТРИЮ АГРОПОЧВ

THE INFLUENCE OF IRRIGATION ON PARTICLE-SIZE OF AGRICULTURAL SOILS

Ключевые слова: орошение, гранулометрия, гранулометрический состав, агропочвы, свойства почв, физическая глина, гранулометрические фракции.

Изучению физических и водно-физических свойств орошаемых агропочв посвящено довольно большое количество работ. Многие исследователи подтверждают негативное влияние орошения на физические и водно-физические свойства, в частности, заметно снижаются порозность, содержание водопрочных агрегатов, повышаются плотность, водоудерживающая способность, водопрочность агрегатов. Авторами работы экспериментально установлено, что орошение влияет на гранулометрию агропочв неоднозначно. Судя по величине потерь ила в пахотном слое орошаемых среднесуглинистых агропочв, процесс иллювиирования в них имеет большую интенсивность, чем в легкосуглинистых. В легкосуглинистых почвах на фоне увеличения содержания иловых частиц уменьшается количество частиц размером меньше 0,01 мм. Причём более весомая потеря «физической глины» отмечается в иловато-песчаных почвах. В крупнопылевато-песчаных почвах среднесуглинистой разновидности потеря «физической глины» происходит за счет всех фракций, имеющих размер меньше 0,01 мм. Тогда как в песчано-крупнопылеватых общее количество «физической глины» существенно возрастает в основном за счёт средней и тонкой пыли. Доказано, что для протекания различных почвенных процессов и режимов имеет состояние почвенной микроструктуры, которая оценивается водопрочностью структурных агрегатов размером меньше 0,25 мм. Микроагрегатный состав каштановых почв весьма устойчив к воздействию поливной воды. В условиях орошения обнаружена тенденция к увеличению количества истинных агрегатов, ярче выраженная в среднесуглинистой разновид-

ности, чем в легкосуглинистой. Увеличение количества микроагрегатов в орошаемых почвах обусловлено появлением подвижного железа и гумусовых кислот, образующих железисто-гуминные комплексы, участвующие в цементации микроагрегатов.

Keywords: irrigation, particle-size determination, particle-size distribution, agricultural soils, soil properties, physical clay, particle-size fractions.

Physical and hydro-physical properties of irrigated agricultural soils are discussed in numerous research works. Many researchers confirm negative impact of irrigation on physical and hydro-physical properties, in particular, the porosity and the content of water stable aggregates considerably decrease; the density, water-retaining ability and water stability of aggregates increase. The authors of this work have found experimentally that the irrigation affects the particle-sizes of agricultural soils differently. Judging by the losses of silt in the arable layer of irrigated medium loamy agricultural soils, illuviation process is of larger intensity than that in sandy loam. In sandy loam soils against the background of increased content of silt particles, the quantity of particles less than 0.01 mm decreases. Large loss of “physical clay” occurs in silt and sand soils. In coarse silt and sand soils of medium loamy type, the loss of “physical clay” occurs at the expense of all fractions having the size less than 0.01 mm. While in sand-coarse silt soils, the total amount of “physical clay” significantly increases, generally at the expense of medium and fine silt. It is proved that for the course of various soil processes and the regimes it matters that the condition of soil microstructure with water stability of structural units less than 0.25 mm. The micro-aggregate structure of chestnut soils is very steady against the effect of irrigation water. Under irrigation, the tendency of increasing the number of

true aggregates is revealed; it is more expressed in medium loamy type than in sandy loam. The increase of micro-aggregate number in irrigated soils is caused by emergence

of mobile iron and humic acids forming ferruginous-humic complexes involved in micro-aggregate cementation.

Боронина Наталья Юрьевна, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Мягкий Пётр Александрович, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Татаринцев Владимир Леонидович, д.с.-х.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Татаринцев Леонид Михайлович, д.б.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: kafzem@bk.ru.

Boronina Natalya Yuryevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Myagkiy Petr Aleksandrovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Tatarintsev Vladimir Leonidovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Tatarintsev Leonid Mikhaylovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: kafzem@bk.ru.

Введение

Многие исследователи подтверждают негативное влияние орошения на физические и водно-физические свойства агропочв [1-7]. Так, заметно снижается порозность, содержание водопрочных агрегатов, повышаются плотность, водоудерживающая способность, водопрочность агрегатов. Имеются достаточно неоднозначные результаты исследований по влиянию орошения на почвенно-физические условия. Причины такой неоднозначности можно объяснить целым рядом факторов: исходные свойства почв, различное качество поливной воды, возделываемые культуры, зональные особенности почв и другие. Гранулометрия агропочв также претерпевает значительные изменения, которые отрицательно сказываются на основной характеристике сельскохозяйственных угодий – продуктивности.

Цель исследования – изучение влияния многолетнего полива обскими водами в засушливой степи Алтайского края на гранулометрию агропочв. Задачи исследования: изучить распределение содержания различных фракций в орошаемых и неорошаемых почвах; показать особенности распределения отдельных групп содержания различных фракций в господствующих агропочвах.

Объекты и методы исследования

Новотроицкий массив орошения в целом характеризуется распространением типа каштановых, в частности, двух подтипов: тёмно-каштановых и каштановых почв. Они активно исполь-

зуются в сельскохозяйственном производстве. Полевые исследования и химические анализы проводились по общепринятым методам и методикам. При обобщении материалов широко применялся системный подход, использованы сравнительно-аналитический, сравнительно-географический методы, а также методы вариационной статистики.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим результаты наших исследований, проведённые на Новотроицком массиве орошения в засушливой степи. В условиях орошения гранулометрический состав является одним из главных свойств, определяющих почвенно-мелиоративное состояние. На массиве орошения чаще распространены среднесуглинистые каштановые почвы, реже легкосуглинистые. Особенности гранулометрического состава детально описаны выше. Здесь напомним, что морфологически выраженная слоистость пород подчеркивается и результатами анализа гранулометрического состава. В условиях орошения гранулометрический состав оказывается устойчивым показателем. Как в неорошаемых каштановых почвах, в орошаемых отмечается иллювированность по содержанию ила и физической глины (рис. 1). При этом в пахотном горизонте легкосуглинистых орошаемых почв по сравнению с неорошаемыми отмечается уменьшение илистой фракции на 1-2%, среднесуглинистых – на 3-5%.

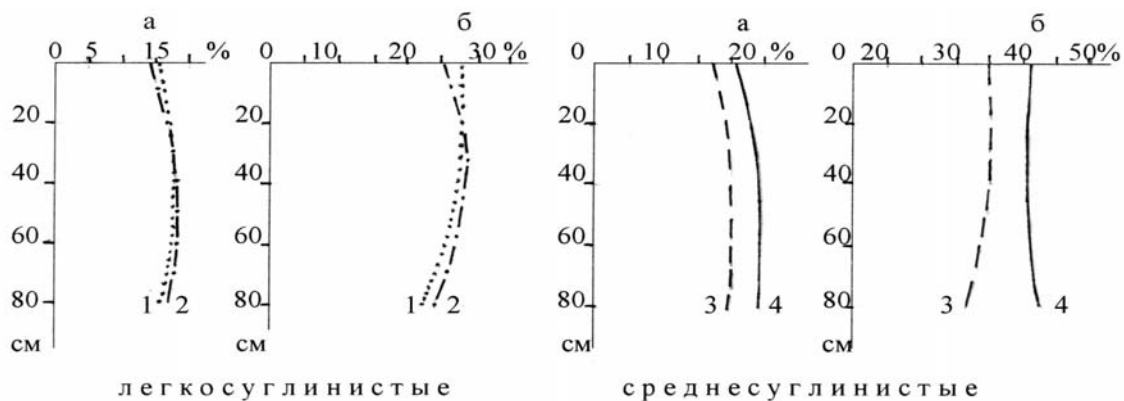


Рис. 1. Профильное распределение илистой фракции (а) и физической глины (б) в каштановых орошаемых иловато-песчаных (1), крупнопылевато-песчаных (2, 3), песчано-крупнопылеватых (4) почвах

Таблица
Среднее содержание механических элементов в каштановых неорошаемых (числитель) и орошаемых (знаменатель) агропочвах

Структура гранулометрического состава	Содержание, %; размер, мм				
	1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,001	<0,001	<0,01
Легкосуглинистые					
Иловато-песчаная	59,7	13,9	10,7	15,7	26,4
НСР ₀₅	62,4	13,8	7,5	16,3	23,8
Крупнопылевато-песчаная	52,8	20	10,8	16,4	27,2
НСР ₀₅	52,6	21,3	8,7	17,4	26,1
НСР ₀₅	2,1	1,2	0,7	1,4	1,2
Среднесуглинистые					
Крупнопылевато-песчаная	38,9	25	15,9	20,2	36,1
НСР ₀₅	40,9	24,3	15,3	19,5	34,8
НСР ₀₅	1,5	1,5	1,6	0,9	1
Песчано-крупнопылеватая	29,3	32,4	16,7	21,6	38,3
НСР ₀₅	27,6	32,2	18	22,1	40,2
НСР ₀₅	2,1	1,8	1,6	1,2	1,6

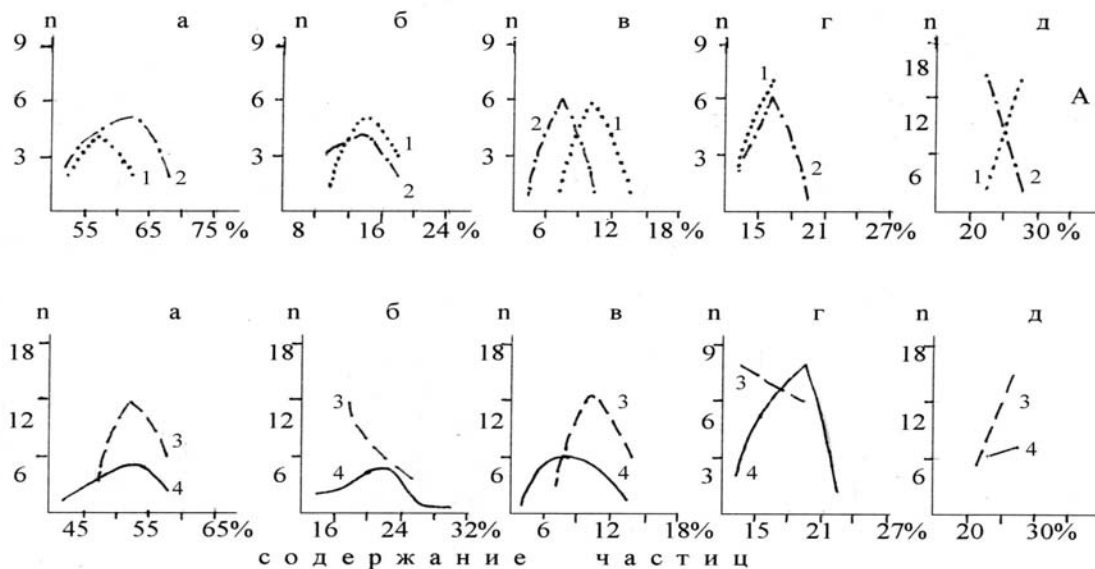


Рис. 2. Эмпирические кривые распределения песчаных фракций (а), крупной пыли (б), средней и мелкой пыли (в), илистой фракции (г) и физической глины (д) в темно-каштановых легкосуглинистых иловато-песчаных (А), крупнопылевато-песчаных (Б) почвах: 1, 3 – неорошаемые; 2, 4 – орошаемые

Результаты исследований гранулометрического состава орошаемых и неорошаемых агропочв представлены в таблице. Так, орошение каштановых почв легкосуглинистой разновидности привело к заметному изменению гранулометрического состава. Как в иловато-песчаных, так и в крупнопылевато-песчаных почвах (хотя и несущественно) выросло количество песчаных фракций (1-0,05 мм) и ила (частиц менее 0,001 мм). Одновременно существенно уменьшилось содержание средней и тонкой пыли и физической глины. В орошаемых среднесуглинистых крупнопылевато-песчаных почвах сохраняется такая же закономерность, что и в легкосуглинистых. Несколько иная тенденция наблюдается в среднесуглинистых песчано-крупнопылеватых почвах. Здесь, напротив, увеличилось содержание физической глины на фоне несущественного снижения количества песчаных фракций.

Для оценки влияния орошения на гранулометрический состав были построены эмпирические кривые распределения содержания различных фракций в орошаемых и неорошаемых почвах (рис. 2).

Кривые показывают, что в легкосуглинистых иловато-песчаных орошаемых почвах наиболее вероятное содержание песчаных фракций с 55-60% выросло до 60-65%, содержание средней и мелкой пыли уменьшилось с 9-12 до 6-9%. Наиболее вероятное количество физической глины в неорошаемых почвах находилось в интервале 25-30%, в орошаемых почвах оно сместилось в область 20-25%. Кривые распределения подтверждают закономерность, выявленную при анализе среднеарифметических значений. Судя по вариационным кривым, в легкосуглинистых крупнопылевато-песчаных почвах наметилась тенденция к уменьшению содержания песчаных фракций, крупной пыли и увеличения илистой фракции на фоне снижения количества частиц размером менее 0,01 мм.

Вариационные кривые (рис. 3) указывают, что орошение среднесуглинистых крупнопылевато-песчаных почв не вызывает изменения гранулометрического состава.

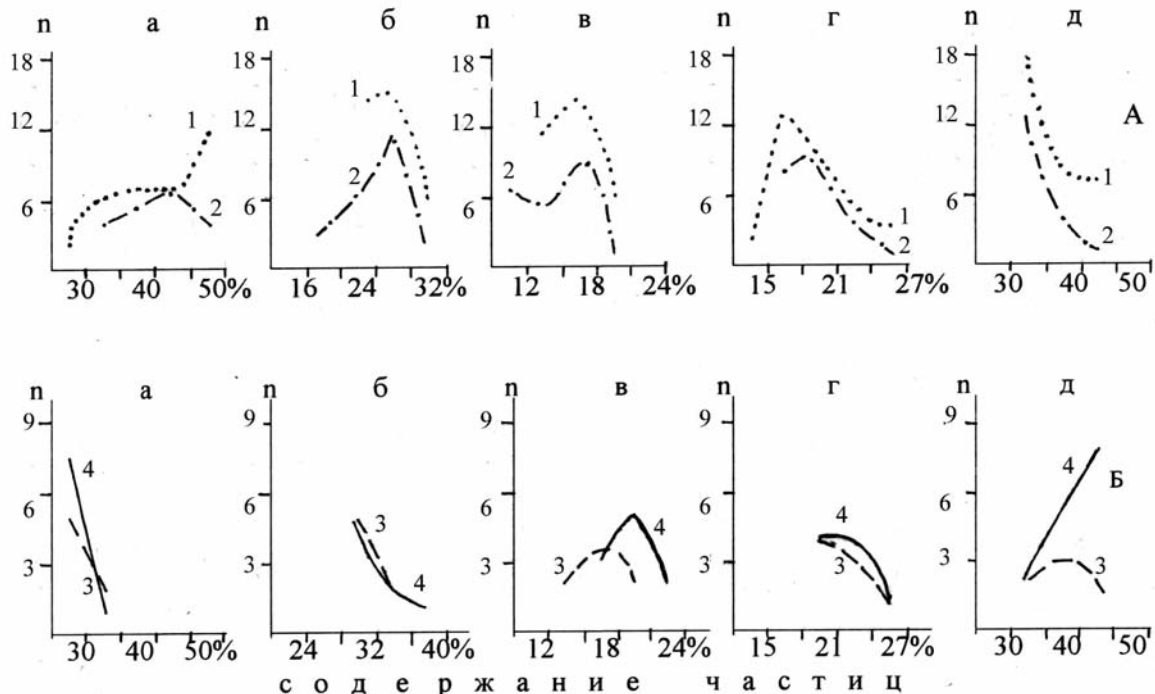


Рис. 3. Эмпирические кривые распределения песчаных фракций (а), крупной пыли (б), средней и мелкой пыли (в), илистой фракции (г) и физической глины (д) в темно-каштановых среднесуглинистых крупнопылевато-песчаных (А), песчано-крупнопылеватых (Б) почвах: 1, 3 – неорошаемые; 2, 4 – орошаемые

Обнаружено лишь слабое уменьшение количества песка и увеличение илистой фракции. Орошение среднесуглинистых песчано-крупнопылеватых почв привело к незначительному повышению содержания средней и тонкой пыли и физической глины. Среднеарифметические значения подтверждают тенденцию, обнаруженную при анализе вариационных кривых.

Еще более наглядно влияние орошения демонстрируют кривые распределения совокупности объектов на группы (классы) с разными качественными признаками, на которых изображается доля признака или относительная численность (частота) отдельных групп значений признака во всей совокупности. Такие кривые представлены на рисунке 4.

В иловато-песчаных легкосуглинистых почвах вероятность значений с содержанием песка 55-60% при орошении снижается с 50 до 32%, вероятность с содержанием 60-65% возрастает с 24 до 38%. Изменение появления указанных интервалов значений ведет к повышению содержания песчаных фракций размером 1-0,05 мм, что сопровождается увеличением среднеарифметической величины. Вероятность значений с содержанием крупной пыли 12-15% падает с 48 до 38%, а с содержанием 9-12% возрастает с 16 до 38%.

Вероятность значений содержания средней и мелкой пыли в группе 9-12% сокращается с 77 до 12%, в группе 6-9% увеличивается с 12 до 76%.

Изменение соотношения доли значений внутри групп сопровождается уменьшением среднеарифметической величины содержания средней и мелкой пыли. Вероятность значений содержания ила в группе 15-18% уменьшается по сравнению с неорошаемыми почвами на 10%. При этом появляется новая группа значений с содержанием ила в области 18-21%. Это привело к незначительному повышению среднеарифметической величины. При орошении относительная численность группы с содержанием физической глины 25-30% уменьшилась с 89 до 22%, в то же время доля значений в группе 20-25% увеличилась с 12 до 78%. Изменение соотношения относительной численности группы стало причиной снижения среднеарифметического содержания физической глины.

Орошение легкосуглинистых крупнопылевато-песчаных почв также изменило относительную численность в границах групп и привело к некоторому росту содержания крупной пыли, иловатой фракции и понижению содержания средней, мелкой пыли и физической глины. В то же время содержание песчаных частиц не изменилось.

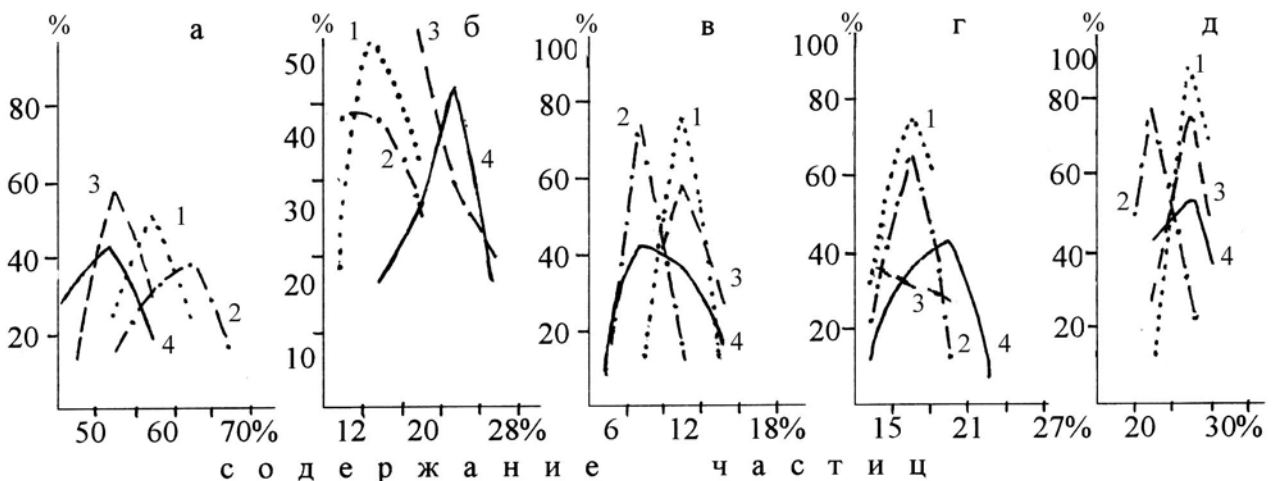


Рис. 4. Относительная численность отдельных групп содержания песчаных фракций (а), крупной пыли (б), средней и мелкой пыли (в), ила (г) и физической глины (д) в каштановых легкосуглинистых иловато-песчаных (1, 2), крупнопылевато-песчаных (3, 4) почвах: 1, 3 – неорошаемые, 2, 4 – орошаемые

При орошении среднесуглинистых крупнопылевато-песчаных почв (рис. 5) наблюдается повышение относительной численности групп с высоким содержанием песка. В песчано-крупнопылеватых почвах это повышение происходит за счет групп с низким содержанием песка. В связи с этим в крупнопылевато-песчаных почвах среднеарифметическое содержание песчаных фракций увеличилось, в песчано-крупнопылеватых, наоборот, уменьшилось. Относительная численность групп по содержанию крупной пыли осталась неизменной. В крупнопылевато-песчаных почвах не изменилась относительная численность групп по содержанию средней и тонкой пыли, тогда как в песчано-крупнопылеватых почвах выросла относительная численность значений в группах с высоким (18-24%) содержанием упомянутых фракций пыли. Вероятность значений по содержанию илистой фракции осталась неизменной, что подтверждается равенством средних величин содержания ила.

Важное значение для протекания различных почвенных процессов и режимов имеет состояние почвенной микроструктуры, которая оценивается водопрочностью структурных агрегатов размером меньше 0,25 мм. Зональные особенности структурообразования на юге Западной Сибири изучено Л.М. Татаринцевым [8]. Однако изменение

микроагрегатного состава каштановых почв остается пока малоизученным. Проводя специальные исследования, Л.М. Татаринцев с соавторами для оценки водопрочности микроагрегатов определяли количество истинных микроагрегатов. Оно определяется как разница между содержанием фракций 0,25-0,01 мм при микроагрегатном и гранулометрическом анализах.

Исследованиями было установлено, что микроагрегатный состав каштановых почв весьма устойчив к воздействию поливной воды. В условиях орошения обнаружена тенденция к увеличению количества истинных агрегатов, ярче выраженная в среднесуглинистой разновидности, чем в легкосуглинистой. Увеличение количества микроагрегатов в орошаемых почвах обусловлено появлением подвижного железа и гумусовых кислот, образующих железисто-гуминные комплексы, участвующие в цементации микроагрегатов. Количество микроагрегатов увеличивается на 3-5%. Железисто-гуминные комплексы оказываются устойчивыми во всех существующих диапазонах pH почвенного раствора. Незначительные темпы микроагрегирования объясняются высоким содержанием песчаных частиц и малым количеством глинистой плазмы, участвующей в микроагрегировании.

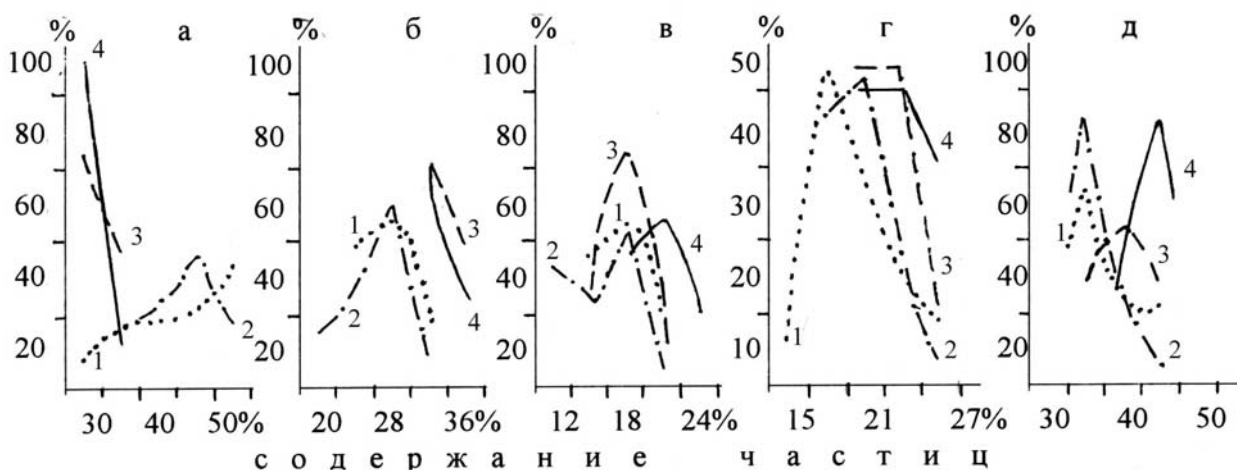


Рис. 5. Относительная численность отдельных групп содержания песчаных фракций (а), крупной пыли (б), средней и мелкой пыли (в), ила (г) и физической глины (д) в каштановых среднесуглинистых крупнопылевато-песчаных (1, 2), песчано-крупнопылеватых (3, 4) почвах: 1, 3 – неорошаемые; 2, 4 – орошаемые

Заключение

Таким образом, орошение влияет на гранулометрический состав неоднозначно. Судя по величине потерь ила в пахотном слое орошаемых среднесуглинистых почв, процесс иллювиования в них имеет большую интенсивность, чем в легкосуглинистых. В легкосуглинистых почвах на фоне увеличения содержания иловых частиц уменьшается количество частиц размером меньше 0,01 мм. Причем более весомая потеря «физической глины» отмечается в иловато-песчаных почвах. В крупнопылевато-песчаных почвах среднесуглинистой разновидности потеря «физической глины» происходит за счет всех фракций, имеющих размер меньше 0,01 мм. Тогда как в песчано-крупнопылеватых общее количество «физической глины» существенно возрастает в основном за счет средней и тонкой пыли. Важно подчеркнуть, что для выяснения влияния орошения на гранулометрический состав использование парных разрезов орошаемой и неорошаемой почвы недостаточно, особенно на почвах с контрастным гранулометрическим составом. При этом необходимо использовать статистико-математические методы исследования.

Библиографический список

1. Бондарев А.Г. Изменение физических свойств и водного режима почв при орошении // Проблемы почвоведения. – М., 1982. – С. 137-142.
2. Кудрявцев А.Е. Влияние орошения на физическое состояние каштановых и черноземных почв Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1995. – 170 с.
3. Стругалева Е.В. Солевой режим почв АОС и некоторые пути его регулирования: автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Иркутск, 1963. – 16 с.
4. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Пушкарева Т.И., Каблова Н.Ю. Орошение Кулундинской степи: мелиоративное состояние почв, проблема повышения урожайности // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 4. – С. 36-38.
5. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Евсюков В.А., Пушкарева Т.И. Экологические проблемы орошения в степной зоне Западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 30-32.

6. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Пушкарева Т.И. Изменение мелиоративного состояния каштановых почв сухой степи при орошении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 9 (95). – С. 25-29.

7. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Кострицина М.Н., Ещенко С.И. Модели мелиоративного состояния агропочв по данным гранулометрии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7 (153). – С. 72-78.

8. Татаринцев Л.М. Физическое состояние пахотных почв юга Западной Сибири. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с.

References

1. Bondarev A.G. Izmenenie fizicheskikh svoystv i vodnogo rezhima pochv pri oroshenii // Problemy pochvovedeniya. – M., 1982. – S. 137-142.
2. Kudryavtsev A.Ye. Vliyanie orosheniya na fizicheskoe sostoyanie kashtanovykh i chernozemnykh pochv Altayskogo kraya: dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Barnaul, 1995. – 170 s.
3. Strugaleva Ye.V. Solevoy rezhim pochv AOS i nekotorye puti ego regulirovaniya: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Irkutsk, 1963. – 16 s.
4. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Pushkareva T.I., Kablova N.Yu. Oroshenie Kulundinskoy stepi: meliorativnoe sostoyanie pochv, problema povysheniya urozhaynosti // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 2001. – No. 4. – S. 36-38.
5. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Yevsyukov V.A., Pushkareva T.I. Ekologicheskie problemy orosheniya v stepnoy zone Zapadnoy Sibiri // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 2004. – No. 2. – S. 30-32.
6. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M., Pushkareva T.I. Izmenenie meliorativnogo sostoyaniya kashtanovykh pochv sukhoy stepi pri oroshenii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 9 (95). – S. 25-29.
7. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M., Kostritsina M.N., Yeshchenko S.I. Modeli meliorativnogo sostoyaniya agropochv po dannym granulometrii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 7 (153). – S. 72-78.
8. Tatarintsev L.M. Fizicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv yuga Zapadnoy Sibiri. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 300 s.