

TUPROQ GRANULOMETRIK TARKIBINI ANIQLASHDA PIPETKA VA GIDROMETR USULLARINING QIYOSIY BAHOLANISHI

Qurolova Lobar Sultanboyevna

UrDU tayanch doktaranti

lobar.kurolova@urdu.uz

Annotatsiya. Tuproqning mexanik tarkibi uning muhim fizik xossalaridan biri bo‘lib, tuproqning suv-fizik xususiyatlari, unumdorligi va meliorativ holatini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tuproq granulometrik tarkibini aniqlashda keng qo‘llaniladigan pipetka usuli yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, katta mehnat sarfi va uzoq vaqt talab etadi. Hidrometr usuli esa nisbatan tezkor va amaliy jihatdan qulay usul hisoblanadi. Mazkur maqolada pipetka va gidrometr usullari yordamida aniqlangan mexanik tarkib ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik regressiya tahlili asosida baholandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, regressiya tahlilida aniqlangan determinatsiya koeffitsienti qiymatlari qum fraksiyasi uchun $R^2=0.83$ chang fraksiyasi uchun $R^2=0.77$ hamda loy fraksiyasi uchun $R^2=0.92$ ni tashkil etdi. Olingan natijalar har ikkala usul o‘rtasida kuchli statistik bog‘liqlik va yuqori darajadagi moslik mavjudligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari gidrometr usulini pipetka usuliga muqobil ravishda qo‘llash imkoniyatini ilmiy jihatdan asoslaydi.

Kalit so‘zlar: tuproq, mexanik tarkib, pipetka, gidrometr, qum, chang, loy, regressiya tahlili, determinatsiya koeffitsienti

Аннотация. Гранулометрический состав почвы является одним из важнейших физических свойств почвы и играет значительную роль в оценке её водно-физических свойств, плодородия и мелиоративного состояния. Несмотря на то, что пипеточный метод, широко применяемый для определения гранулометрического состава почвы, отличается высокой точностью, он требует значительных трудовых затрат и продолжительного времени анализа. В отличие от него, гидрометрический метод считается более быстрым и удобным в практическом применении. В данной статье взаимосвязь между показателями гранулометрического состава, определёнными пипеточным и гидрометрическим методами, была оценена с использованием регрессионного анализа. По результатам исследования коэффициенты детерминации составили: для песчаной фракции — $R^2 = 0,83$, для илистой фракции — $R^2 = 0,77$ и для глинистой фракции — $R^2 = 0,92$. Полученные результаты свидетельствуют о наличии тесной статистической взаимосвязи и высокой степени согласованности между двумя

методами. Результаты исследования научно обосновывают возможность применения гидрометрического метода в качестве альтернативы пипеточному методу.

Ключевые слова: почва, механический состав почвы, пипеточный метод, гидрометрический метод, песчаная фракция, илистая фракция, глинистая фракция, регрессионный анализ, коэффициент детерминации.

Abstract. Soil texture is one of the important physical properties of soil and plays a significant role in assessing its water-physical characteristics, fertility, and reclamation status. Although the pipette method, widely used for determining soil granulometric composition, provides high accuracy, it requires considerable labor and a long analysis time. In contrast, the hydrometer method is considered a relatively rapid and practically convenient technique. In this study, the relationship between the soil texture indicators determined by the pipette and hydrometer methods was evaluated using regression analysis. According to the research results, the coefficients of determination obtained from the regression analysis were $R^2 = 0.83$ for the sand fraction, $R^2 = 0.77$ for the silt fraction, and $R^2 = 0.92$ for the clay fraction. The obtained results demonstrated a strong statistical relationship and a high degree of agreement between the two methods. The findings scientifically substantiate the possibility of using the hydrometer method as an alternative to the pipette method.

Keywords: soil, soil texture, pipette method, hydrometer, sand, silt, clay, regression analysis, coefficient of determination.

Kirish. Mamlakatimiz iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri qishloq xo'jaligi bo'lib, sug'oriladigan yerlar maydoni 4,3 million gektardan ortiqni tashkil qiladi[1]. Biroq tuproqlarning sho'rlanishi, eroziyasi va degradatsiyasi yildan yilga ortib bormoqda.. Shu sababli tuproqning fizikaviy xossalarini, xususan mexanik tarkibini to'g'ri aniqlash har bir meliorativ va agrotexnik tadbirning asosini tashkil etadi[11].

Tuproqning mexanik tarkibi (granulometrik tarkibi) tuproqning eng muhim fizik xossalaridan biri bo'lib, u suv o'tkazuvchanligi, nam sig'imi, aeratsiya va o'simliklarning oziqlanish sharoitlarini belgilaydi. Mexanik tarkib asosan tuproq zarrachalarining o'lchamiga qarab qum, chang va loy fraksiyalariga ajratadi.

Tuproqning mexanik (granulometrik) tarkibini aniqlash tuproqshunoslik fanining eng muhim laboratoriya tahlillaridan biri hisoblanadi. Jahon tuproqshunoslik amaliyotida mexanik tarkibni aniqlashning ikki klassik gidrometr metodi va pipetka metodi keng qo'llaniladi. Bu ikkala metod ham Stokes qonuniga (1851) asoslanadi. Gidrometr usulida tuproq suspenziyasining zichligi o'lchanayotgan zarrachalar hajmiga qarab ma'lum vaqtlarda Bouyoucos gidrometri yordamida aniqlanadi[5]. Pipetka usulida loy zarralari ma'lum vaqt ichida pipetka bilan olib tashlanadi, qum zarralari 270 mesh (53,3 μM) ekran bilan ajratiladi

va loy va qum zarralari gravimetrik o‘lchov bilan miqdoriy jihatdan aniqlanadi[5]. Gidrometr usuli etalon sifatida qabul qilingan pipetka usulini o‘rnini bosishi mumkin yoki aksincha bu ikki usul bir-birini o‘rnini bosa olmasligi bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan[2, 4, 9].

Xususan Andrés N. Beretta va boshqalar gidrometr usulini bir qancha variantlarda qo‘llaganlar va Bouyoucos-M-T varianti ya’ni tuproqlarni organik moddasiga ishlov berib gravimetrik qum aniqlash usuli pipetka usulidan farq qilmasligini aniqlaganlar[2]. Hasan Mozaffari va boshqalar tuproq mexanik tarkibini gidrometr usulida aniqlashda vaqtini qisqartirish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishini o‘tkazganlar. Unga ko‘ra 6 soatlik gidrometr ko‘rsatkichida aniqlangan loy miqdori, standart usulda aniqlangan loy miqdori bilan yuqori bog‘liqlikni ko‘rsatgan. ($R^2 = 0.987$) [6].

Annalisa Stivenon va boshqalar esa tuproqdagi qum miqdorini sedimentatsiya, spektroskopiya va lazer difraksiyasi kabi usullar bilan aniqlab quyidagicha xulosaga kelganlar: gidrometr usuli pipetka bilan solishtirganda umumiy qum miqdorini oshirib baholaydi va pipetka va gidrometr usullari qum ($R^2 = 0,93$) va chang ($R^2 = 0,93$) o‘xshash natijalarni berdi, loy miqdori esa pipetka usuli yordamida yuqoriroq natijani ko‘rsatdi ($R^2 = 0,64$)[9].

Jamal T. Elfaki va boshqalar ham pipetka usulini gidrometr usuli bilan almashtirish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishini olib borganlar. Statistik tahlil shuni ko‘rsatganki, ko‘pchilik o‘rganilgan namunalarda ikki metod o‘rtasida sezilarli farq yo‘q ($P > 0,05$). Faqat 1-va 2-Nil daryosi terrasalaridan olingan alyuvial namunalarda gil va qum tarkibi bo‘yicha sezilarli farq kuzatildi ($P < 0,05$). Ikki metod o‘rtasida regressiya tahlili gil va qum tarkibi uchun mos ravishda $r^2 = 0,99$ va $r^2 = 0,98$ determinatsiya koeffitsientini bergan. Gidrometr usuli bilan aniqlangan tekstura sinflari 26 ta tuproq namunasidan 11 tasi uchun standart pipetka usulidan farq qilgan bo‘lib ushbu ko‘rsatgich, umumiy namunalarning taxminan 42% ni tashkil qilgan. Shuning sababli, bunday tuproqlarda tuproqni tasniflashda gidrometr usuli natijalaridan foydalanish tavsiya qilinmagan [4].

O‘zbekistonda ham tuproq mexanik tarkibini o‘rganish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan va olib borilmoqda. Jumladan, Uzoqov P.U. va Holiqulov Sh.T., Sattarov J. S., Mahammadiyev S. Q kabi olimlarimiz tuproq mexanik tarkibi bo‘yicha ko‘plab foydali ma’lumotlar taqdim qilganlar[7,8].

Biroq tuproq mexanik tarkibini aniqlashda gidrometr usuli qanchalik pipetka usuli bilan mos kelishi va uning o‘rnini bosa olishi haqida ma’lumotlar yetarli emas. Mazkur maqola aynan mana shu masalani yoritib berishni maqsad qilgan. Shu bilan birga mazkur metodlar orasidagi korelyatsiya ko‘rsatkichini aniqlash, usullarni aniqlik darajasi, vaqt sarfi, texnik murakkablik va ishlab chiqarish sharoitlariga moslashuvchanligi bo‘yicha taqqoslash va

olingan natijalar asosida ikki usulning qaysi hollarda qo‘llanilishi maqsadga muvofiqligini aniqlash va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish asosiy vazifalaridan biri sanaladi

Tadqiqot metodologiyasi. Tuproq namunalari Xorazm viloyati Urganch tumani dalalaridan 3 nuqtadan 10-30sm, 30-50 sm va 50-100 sm qatlamlaridan bur yordamida olindi va laboratoriyada xona haroratida quritildi.

Tuproq namunalaridan dastlab pipetka metodi bilan mexanik tarkib aniqlandi. Bunda namunalar 2mm elakdan o‘tkaziladi. Loy miqdoriga qarab tuproq namunasi massasi belgilanadi: yengil tuproqlarda 10 gr, loy miqdori ko‘proq bo‘lgan tuproqlarda 30 gr namuna tanlab olinadi. Shunga muvofiq biz 20 gr tuproq namunasi olindi. Undan keyin organik modda, karbonat va tuzlarga ishlov beriladi. Tayyor bo‘lgan namuna ustiga 5 % li 25 ml dispergant qo‘shiladi va 10 daqiqa davomida aralashtirilib 0.05 mm li elakdan o‘tkazildi. Ekaldan qolgan massani quritilib qum miqdori aniqlandi. Elakdan o‘tkazilgan eritmada esa chang va loy miqdori pipetkada namuna olish orqali aniqlandi [5]. Tuproqning granulometrik tarkibi Bouyoucos gidrometr usuli asosida aniqlandi. Taxminan 30 g quritilgan va elakdan o‘tkazilgan (<2 mm) tuproq 100 ml 50 g/L natriy geksametafosfat eritmasiga qo‘shildi va mexanik ravishda tun bo‘yi aralashtirildi. Ertasi kuni eritma shisha silindrlarga yuvildi va 1 l gacha distillangan suv bilan to‘ldirildi.. Gidrometr ko‘rsatkichlari qo‘lda aralashtirilgandan so‘ng 40 soniyada olindi va uch marta takrorlandi. Oxirgi o‘lchov 6 soat 52 daqiqadan so‘ng olindi. Ko‘rsatkichlar haroratga moslashtirildi va keyin qum, chang va loy fraksiyalarining massaga asoslangan foizlarini hisoblash uchun ishlatildi [3]. Barcha statistik tahlillar R versiyasi 4.5.2 da amalga oshirildi [10].

Tahlil va natijalar. Tuproq mexanik tarkibi gidrometr va pipetka usulida aniqlanganda natijalar quyidagicha bo‘ldi: pipetka metodida 3 ta nuqtadagi qum miqdori 7.556-59.675 % gacha o‘zgardi, chang zarrachalari miqdori esa 29.734-67.374% ni tashkil qildi, loy miqdori esa 2.321-39.461 % artotida o‘zgarib turdi. Gidrometr metodida esa qum zarrachalari miqdori 10.09-55.32%, chang zarrachalari miqdori 17.34-68.106 % , loy zarrachalari miqdori esa 7.16-45.54 % ni tashkil qildi (1-jadval). 1-jadval ma’lumotlari tuproqlarning mexanik tarkibi qatlamlar bo‘yicha sezilarli darajada farqlanishini ko‘rsatdi. Ayrim qatlamlarda qum fraksiyasi miqdorining yuqori bo‘lishi tuproqning yengil mexanik tarkibli ekanligini bildirsa, chang va gil fraksiyalarining yuqori ulushi og‘irroq mexanik tarkibli qatlamlar mavjudligini ko‘rsatdi. Xususan, pipetka usulida 3-nuqtaning 50–100 sm qatlamida qum fraksiyasining eng yuqori qiymati 59.675 % ni tashkil etdi. Shu qatlamda gil fraksiyasining minimal qiymati 2.321 % ga teng bo‘ldi. Bu holat mazkur qatlamda qum zarrachalari ustunligini ko‘rsatadi. Chang fraksiyasi miqdori bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkich pipetka usulida 2-nuqtaning 50–100 sm qatlamida kuzatilib, 67.374 % ni tashkil etdi. Gidrometr usulida ham shu qatlamda

chang miqdori yuqori bo‘lib, 68.106 % ga teng bo‘ldi. Ushbu natijalar chuqur qatlamlarda mayda zarrachalar ulushi ortishini ko‘rsatadi.

Gil fraksiyasi natijalari ham qatlamlar bo‘yicha farq qilganligi bilan tavsiflandi. Pipetka usulida gil miqdorining eng yuqori qiymati 39.461 % ni tashkil etgan bo‘lsa, gidrometr usulida bu ko‘rsatkich 45.540 % ga teng bo‘ldi. Bu esa ayrim qatlamlarda mayda dispers zarrachalar ulushi yuqori ekanligini bildiradi.

Olingan natijalar gidrometr usuli qum miqdorini nisbatan yuqoriroq, loy miqdorini esa pipetka usuliga nisbatan pastroq baholash tendensiyasiga ega ekanligini ko‘rsatdi.

1-jadval

Tuproq namunalarining granulometrik tarkibi (%)



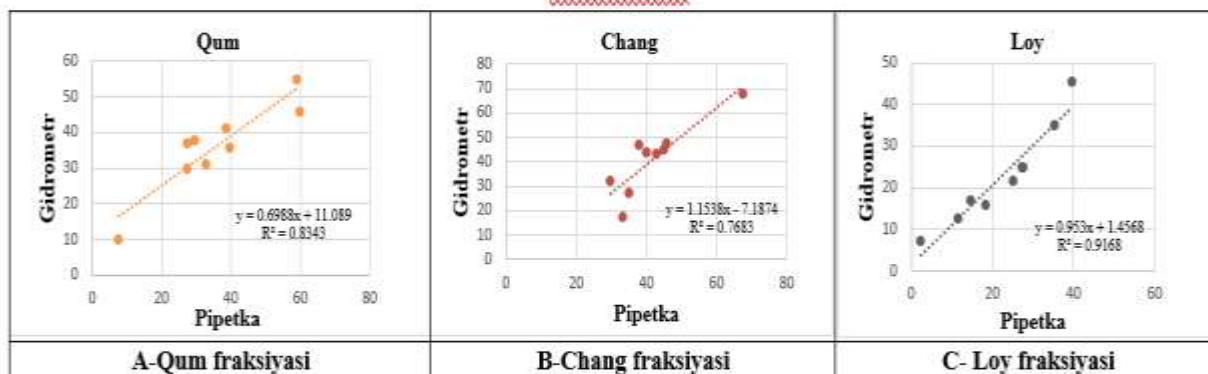
Nuqta	Qatlam chuqurligi, sm	Pipetka metodi			Gidrometr metodi		
		Qum > 0.05 mm	Chang 0.05- 0.002 mm	Loy <0.002	Qum > 0.05 mm	Chang 0.05- 0.002 mm	Loy <0.002
1	10-30	29.67	35.046	35.283	37.84	27.16	35
	30-50	27.32	33.218	39.461	37.12	17.34	45.54
	50-100	59.675	38.003	2.321	46.004	46.836	7.16
2	10-30	32.626	40.075	27.298	31.173	43.933	24.89333
	30-50	27.424	45.092	27.483	29.973	45.013	25.01333
	50-100	7.556	67.374	25.069	10.093	68.106	21.8
3	10-30	38.694	42.921	18.384	41.026	43	15.973
	30-50	58.752	29.734	11.513	55.32	31.92	12.76
	50-100	39.732	45.783	14.484	35.893	47.29333	16.813

Pipetka va gidrometr usullari natijalari o‘rtasidagi regressiya tahlili yuqori determinatsiya koeffitsientlarini namoyon etdi. Statistik tahlil natijalariga ko‘ra, qum fraksiyasi uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsienti $r=0.91$, determinatsiya koeffitsienti $R^2=0.83$, o‘rtacha mutlaq xatolik (MAE) 5.20 va o‘rtacha kvadratik xatolik ildizi (RMSE)

6.17 ni tashkil etdi. Ushbu natijalar qum fraksiyasi bo'yicha pipetka va gidrometr usullari o'rtasida kuchli musbat bog'liqlik mavjudligini ko'rsatdi. Chang fraksiyasi bo'yicha ham usullar o'rtasida yuqori darajadagi moslik kuzatildi. Xususan, Pearson korrelyatsiya koeffitsienti $r=0.88$, determinatsiya koeffitsienti $R^2=0.77$, MAE=4.89 va RMSE=6.24 ni tashkil etdi. Bu natijalar usullar o'rtasida kuchli regressiya bog'liqligi mavjudligini hamda gidrometr usuli yordamida olingan natijalar pipetka usuli ko'rsatkichlariga yaqin ekanligini ko'rsatdi. Loy fraksiyasi bo'yicha esa eng yuqori statistik moslik aniqlandi. Mazkur fraksiya uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsienti $r=0.957$, determinatsiya koeffitsienti $R^2=0.917$, MAE=2.81 va RMSE=3.26 ni tashkil etdi. Ayniqsa, yuqori determinatsiya koeffitsienti va nisbatan past xatolik ko'rsatkichlari loy fraksiyasi bo'yicha usullar natijalarining o'zaro yuqori muvofiqligini tasdiqlaydi. Umuman olganda, olingan natijalar pipetka va gidrometr usullari o'rtasida kuchli statistik bog'liqlik hamda yuqori darajadagi moslik mavjudligini ko'rsadi.

2-jadval.

Tuproq granulometrik fraksiyalarining pipetka va gidrometr usullari o'rtasidagi statistik bog'liqlik va xatolik ko'rsatkichlari



Fraksiya	Pearson r	R ²	MAE	RMSE
Qum	0.91	0.83	5.20	6.17
Chang	0.88	0.77	4.89	6.24
Loy	0.957	0.917	2.81	3.26

Izoh: r — Pearson korrelyatsiya koeffitsienti; R² — determinatsiya koeffitsienti; MAE — o'rtacha mutlaq xatolik; RMSE — o'rtacha kvadratik xatolik ildizi

Tuproq namunalari mexanik tarkibi qum, chang va gil fraksiyalari nisbatiga ko‘ra USDA tekstura uchburchagi asosida tasniflandi(3-jadval).

Nuqta	Qatlam chuqurligi, sm	Pipetka metodi	Gidrometr metodi
1	10-30	Loyli qumoq	Loyli qumoq
	30-50	Loyli qumoq	Loy
	50-100	Qumli qulmoq	Qumoq
2	10-30	Loyli qumoq	Qumoq
	30-50	Loyli qumoq	Qumoq
	50-100	Changli qumoq	Changli qumoq
3	10-30	Qumoq	Qumoq
	30-50	Qumli qulmoq	Qumli qulmoq
	50-100	Qumoq	Qumoq

Unga ko‘ra jami 9 ta namunadan 5 tasida nomlar bir xil bo‘ldi. Biroq, 4 ta namunada textura nomlanishi turlicha bo‘lishi kuzatildi. Bu jami namunalarning 44.4 % ni tashkil qiladi. Jamal T. Elfaki va boshqalar o‘tkazgan tadqiqotlarda ham xuddi shu kabi holatlar kuzatilgan. Shu sababli tuproqni Xorazm viloyati tuproqlarida ham tuproqni tasniflashda gidrometr usulidan foydalanmagan maqul. Lekin tuproq fraksiyalarini foiz miqdorini aniqlashda foydalanish mumkin.

Xulosa Xorazm viloyatining sho‘rlangan sug‘oriladigan tuproqlari granulometrik tarkibini aniqlashda klassik pipetka va ekspress gidrometr usullari qiyosiy-statistik jihatdan baholandi. Olingan natijalar har ikkala metod tuproq kesmasi bo‘yicha teksturaviy o‘zgarishlar hamda granulometrik fraksiyalarning qatlamlar bo‘yicha taqsimlanish tendensiyalarini o‘xshash tarzda aks ettirishini ko‘rsatdi. Statistik tahlillar barcha fraksiyalar bo‘yicha usullar o‘rtasida kuchli musbat bog‘liqlik mavjudligini aniqladi. Xususan, loy fraksiyasi uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsienti $r=0.957$ va determinatsiya koeffitsienti $R^2=0.917$ aniqlanib, usullar o‘rtasida yuqori darajadagi moslik mavjudligi tasdiqlandi.

Shuningdek, MAE=2.81 va RMSE=3.26 kabi nisbatan past xatolik ko‘rsatkichlari loy fraksiyasi bo‘yicha olingan natijalarning o‘zaro yuqori muvofiqligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari gidrometr usulining laboratoriya amaliyotida vaqt va mehnat sarfini kamaytirish, tahlil samaradorligini oshirish hamda katta hajmdagi tuproq namunalari bilan ishlashda amaliy afzalliklarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Shu sababli Xorazm viloyati tuproqlarini teksturaviy tasniflashda gidrometr usulini ehtiyotkorlik bilan qo‘llash tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. (FAO), F. and A. O. (2003). Irrigation in Central Asia in Figures: AQUASTAT Survey – Uzbekistan.
2. Beretta, A. N., Silbermann, A. V., Paladino, L., Torres, D., Bassahun, D., Musselli, R., & García-Lamohte, A. (2014). Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. *Ciencia e Investigación Agraria*, 41(2), 25–26.
<https://doi.org/10.4067/s0718-16202014000200013>
3. Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 464–465.
<https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>
4. Elfaki, J. T., Gafer, M. A., Sulieman, M. M., & Ali, M. E. (2016). Hydrometer method against Pipette method for Estimating Soil particle size distribution in Some Soil Types Selected from Central Sudan. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, 02(02), 25–41.
5. G.W. Gee & J.W. Bauder. (1986). *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods* Front Matter.
6. Mozaffari, H., Moosavi, A. A., Baghernejad, M., & Cornelis, W. (2024). Revisiting soil texture analysis: Introducing a rapid single-reading hydrometer approach. *Measurement*, 228, 114330.
7. Sattarov J. S., Mahammadiyev S. Q. To‘raqulova M., O. (2025). American journal of multidisciplinary bulletin. *American journal of multidisciplinary bulletin*, (3), 71–81.

8. Sh. Xoliqulov, P. Uzoqov, I. B. (2011). Tuproqshunoslik (Vol. 2).
9. Stevenson, A., Hartemink, A. E., & Zhang, Y. (2023). Measuring sand content using sedimentation, spectroscopy, and laser diffraction. *Geoderma*, 429(September 2022).
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116268>
10. Team, R. C. (2025). A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, 0. <https://doi.org/10.4236/oalib.1107821>
11. Турсунов, Л. (1986). Тупроқ физикаси 1987.pdf.