

**TUPROQ NAMLIGINI GRAVIMETRIK NAZORAT QILISH VA SOLISHTIRMA SIRT YUZASI ASOSIDA BOG'LANGAN SUV ULUSHINI BAHOLASH
(TOSHKENT SHAHRI SERGELI TUMANI TUPROQLARI MISOLIDA)**

Egamberdiev Shukurjon Rasul o'g'li

Toshkent kimyo-texnologiya instituti, 24-41 EKO guruh talabasi

Ilmiy rahbar: Igitov Farrux Baxtiyarovich

E-mail: egamberdiyevshukurjon9@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23217338>

Annotatsiya. Tuproq namligi ifloslantiruvchi moddalarning migratsiyasi, tuproqdagi kimyoviy va biologik jarayonlar hamda o'simliklarning suv bilan ta'minlanishini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Ushbu ishda Toshkent shahri Sergeli tumani hududidan 0–20 va 20–40 sm chuqurlikdan olingan 18 ta tuproq namunasining namligi termostat-tortish (gravimetrik) usulida aniqlandi va solishtirma sirt yuzasiga asoslangan adsorbsion model natijalari bilan solishtirildi. Namunalarning namligi 4,78–7,16% oralig'ida bo'lib, 0–20 sm qatlamda o'rtacha $5,67 \pm 0,57\%$, 20–40 sm qatlamda $6,25 \pm 0,60\%$ ni tashkil etdi. Chuqur qatlamda namlik 0,58% ga yuqori bo'ldi (effekt kattaligi $d = 0,99$), ammo Welch t-testi bo'yicha farq statistik ahamiyatlilik chegarasida qoldi ($p = 0,055$). Adsorbsion model bo'yicha solishtirma sirt yuzasi $70 \text{ m}^2/\text{g}$ bo'lgan gilli tuproq 4,2–14,0%, $7 \text{ m}^2/\text{g}$ bo'lgan qumli tuproq esa 0,35–1,05% suvni adsorbsion bog'lab olishi mumkin. O'lchangan namlik gilli tuproq uchun 0,68–1,02 nm qalinlikdagi, ya'ni 2–4 molekula qatlamiga teng suv pardasiga mos keladi. Bu natija namunalardagi suvning asosiy qismi tuproq zarralari sirtida bog'langan holatda bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Taklif etilgan yondashuv gravimetrik o'lchovlarni tuproq granulometrik tarkibi bilan birgalikda talqin qilish va ekologik monitoringda suvning harakatchan ulushini baholash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: tuproq namligi, gravimetrik usul, solishtirma sirt yuzasi, adsorbsion suv, bog'langan suv, ekologik monitoring, gilli tuproq, qumli tuproq.

КОНТРОЛЬ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ И ОЦЕНКА ДОЛИ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ СЕРГЕЛИЙСКОГО РАЙОНА Г. ТАШКЕНТА)

Аннотация. Влажность почвы определяет миграцию загрязняющих веществ, химические и биологические процессы в почве и водообеспеченность растений. В работе термостатно-весовым методом определена влажность 18 образцов почвы, отобранных с глубины 0–20 и 20–40 см на территории Сергелийского района г. Ташкента, и проведено сопоставление с адсорбционной моделью, основанной на удельной поверхности.

Влажность образцов составила 4,78–7,16%: в слое 0–20 см в среднем $5,67 \pm 0,57\%$, в слое 20–40 см – $6,25 \pm 0,60\%$. Различие между слоями характеризуется большим размером эффекта ($d = 0,99$), однако по критерию Уэлча находится на границе статистической значимости ($p = 0,055$). Согласно модели, глинистая почва с удельной поверхностью $70 \text{ м}^2/\text{г}$ способна адсорбционно удерживать 4,2–14,0% воды, песчаная ($7 \text{ м}^2/\text{г}$) – 0,35–1,05%. Измеренная влажность для глинистой почвы соответствует водной плёнке толщиной 0,68–1,02 нм (2–4 молекулярных слоя), что указывает на преимущественно связанное состояние воды.

Ключевые слова: влажность почвы, весовой метод, удельная поверхность, адсорбированная вода, экологический мониторинг.

GRAVIMETRIC MONITORING OF SOIL WATER CONTENT AND ESTIMATION OF THE BOUND WATER FRACTION BASED ON SPECIFIC SURFACE AREA (A CASE STUDY OF SOILS IN SERGELI DISTRICT, TASHKENT)

Abstract. Soil water content controls contaminant migration, chemical and biological processes in soil and plant water supply. In this study, the water content of 18 soil samples collected at 0–20 and 20–40 cm depth in Sergeli district of Tashkent city, Uzbekistan, was determined by the oven-drying gravimetric method and compared with an adsorption model based on specific surface area. Water content ranged from 4.78 to 7.16%, averaging $5.67 \pm 0.57\%$ in the 0–20 cm layer and $6.25 \pm 0.60\%$ in the 20–40 cm layer. The difference between layers showed a large effect size ($d = 0.99$) but was only marginally significant by Welch's *t*-test ($p = 0.055$). According to the model, a clay soil with a specific surface area of $70 \text{ m}^2/\text{g}$ can retain 4.2–14.0% water by adsorption, and a sandy soil ($7 \text{ m}^2/\text{g}$) 0.35–1.05%. For clay soil, the measured water content corresponds to a water film 0.68–1.02 nm thick (2–4 molecular layers), indicating that most of the water may be in a bound state.

Keywords: soil water content, gravimetric method, specific surface area, adsorbed water, environmental monitoring.

Kirish

Tuproq namligi tuproq ekotizimining holatini belgilovchi asosiy ko'rsatkichlardan biridir.

U tuproqdagi kimyoviy reaksiyalar tezligiga, mikroorganizmlar faolligiga, o'simliklarning suv bilan ta'minlanishiga va eng muhimi, ifloslantiruvchi moddalarning tuproq profili bo'ylab harakatlanishiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [1; 2]. Og'ir metallar va boshqa ifloslantiruvchilarning harakatchanligi ular eritmada bo'lgan suv fazasining miqdori va holati bilan chambarchas bog'liq [3]. Shu sababli ifloslangan va ifloslanish xavfi bo'lgan hududlarda namlikni muntazam nazorat qilish ekologik monitoringning zaruriy qismi hisoblanadi.

Shahar hududlarida tuproq qoplami qurilish, transport va sanoat faoliyati ta'siriga ko'proq uchraydi. Toshkent shahrining janubiy qismida joylashgan Sergeli tumani so'nggi yillarda jadal qurilish olib borilayotgan hududlardan biridir. Bunday hududlarda tuproqning suv rejimini o'rganish shahar ekologiyasini baholash, ko'kalamzorlashtirish ishlarini rejalashtirish va ifloslanish xavfini oldindan aniqlash uchun muhim ahamiyatga ega. Biroq tuman tuproqlarining namlik holati bo'yicha nashr etilgan ma'lumotlar deyarli uchramaydi.

Tuproqdagi suv bir xil holatda bo'lmaydi. Uning bir qismi tuproq zarralari sirtida yupqa parda ko'rinishida adsorbsion kuchlar bilan mahkam bog'langan bo'ladi, qolgan qismi esa kapillyar va erkin suv sifatida harakatchan bo'ladi [4; 5]. Bog'langan suv o'simliklar uchun deyarli o'zlashtirib bo'lmaydigan bo'lib, eritilgan moddalarni tashishda ham kam ishtirok etadi.

Bog'langan suv miqdori tuproqning solishtirma sirt yuzasiga bog'liq. Bu kattalik esa asosan loyli zarralar ulushi va ularning mineral tarkibi bilan belgilanadi [6; 7]. Tuproqning quruq qismidagi suv miqdori bilan solishtirma sirt yuzasi o'rtasida chiziqli bog'liqlik mavjudligi ko'plab tadqiqotlarda ko'rsatilgan [8; 9].

Amaliyotda tuproq namligini aniqlashning eng ishonchli va arbitraj usuli termostat-tortish (gravimetrik) usuli hisoblanadi [10; 11]. Biroq bu usul faqat umumiy suv miqdorini ko'rsatadi va suvning qaysi qismi bog'langan, qaysi qismi harakatchan ekanligini ajratib bermaydi.

Gravimetrik natijalarni solishtirma sirt yuzasiga asoslangan adsorbsion model bilan birgalikda talqin qilish bu kamchilikni qisman bartaraf etishga imkon beradi.

Tadqiqotning maqsadi – Toshkent shahri Sergeli tumani tuproqlarining namligini gravimetrik usulda aniqlash, qatlamlar bo'yicha farqni statistik baholash va o'lgangan namlikni solishtirma sirt yuzasiga asoslangan adsorbsion model bilan solishtirib, suvning bog'langan holatda bo'lish ehtimolini baholashdan iborat.

Materiallar va usullar

Namunalar olish. Tuproq namunalari 2026-yil 3-oktabrda Toshkent shahri Sergeli tumani Xonobod MFY, Beruniy mahallasi, 46-uy atrofidagi hududdan olindi. Hammasi bo'lib 18 ta namuna olindi: 10 tasi 0–20 sm, 8 tasi 20–40 sm chuqurlikdan. Har bir namuna alohida nuqtadan olinganligi sababli ikki qatlam namunalari mustaqil tanlanmalar sifatida qaraldi.

Namunalar zich yopiladigan idishlarda laboratoriyaga keltirildi va 4 soat ichida tahlil qilindi.

Jihozlar. Analitik tarozi (o'lchash aniqligi 0,001 g), 105 ± 2 °C haroratni ta'minlovchi quritish shkafi (termostat), eksikator, alyuminiy byukslar. Tahlillar Toshkent kimyo-texnologiya instituti «Sanoat ekologiyasi va “yashil” texnologiyalar» kafedrasi laboratoriyasida bajarildi.

Namlikni aniqlash. Namlik GOST 28268-89 va ISO 11465 standartlariga muvofiq termostat-tortish usulida aniqlandi [10; 11]. Bo'sh byuks tortildi (m_0), unga 5,000 g nam tuproq solinib qayta tortildi (m_1), so'ngra 105 °C da o'zgarmas massagacha quritilib, eksikatora sovutilgandan keyin tortildi (m_2). Namlik quruq tuproq massasiga nisbatan quyidagi formula bo'yicha hisoblandi:

$$W = (m_1 - m_2) / (m_2 - m_0) \cdot 100\% \quad (1)$$

Tortish xatoligi ($\pm 0,001$ g) xatoliklarni qo'shish qoidasi bo'yicha hisobga olinganda, namlikni aniqlashning absolyut xatoligi $\pm 0,03\%$ dan oshmadi.

Adsorbsion model. Tuproqning quruq qismi suvni faqat sirtidagi ma'lum qalinlikdagi qatlamda adsorbsiyalaydi, deb qabul qilindi. U holda 1 g tuproqdagi adsorbsion suv hajmi, massasi va ulushi quyidagicha topiladi:

$$V = S \cdot h; \quad M = \rho \cdot V; \quad W_{ads} = (M / m_n) \cdot 100\% \quad (2)$$

bu yerda S – solishtirma sirt yuzasi, m^2/g ; h – adsorbsiyalangan suv qatlamining qalinligi, m ; ρ – suv zichligi (10^6 g/ m^3); $m_n = 1$ g. Hisoblashlar gilli ($S = 70$ m^2/g) va qumli ($S = 7$ m^2/g) tuproqlar uchun $h = 0,5$ – $2,0$ nm oralig'ida bajarildi. Bundan tashqari, (2) formuladan teskari hisoblash yo'li bilan o'lgangan namlikka mos keladigan samarali suv pardasi qalinligi aniqlandi:

$$h_{ef} = W / (S \cdot \rho \cdot 100) \quad (3)$$

Suv molekulasi samarali diametri 0,28 nm deb olinib, h_{ef} ning molekula qatlamlari soniga mos keluvchi qiymati hisoblandi [5].

Statistik tahlil. Har bir qatlam uchun o'rtacha qiymat, standart chetlanish (SD), variatsiya koeffitsiyenti (CV) va 95% ishonch oralig'i hisoblandi. Taqsimotning normalligi Shapiro–Uilk testi bilan tekshirildi. Qatlamlar o'rtasidagi farq dispersiyalar tengligini talab qilmaydigan Welch t-testi va parametrik bo'lmagan Mann–Uitni testi bilan baholandi, effekt kattaligi Koen d koeffitsiyenti orqali ifodalandi.

Hisoblashlar Python 3 dasturlash tilining SciPy kutubxonasi va MS Excel dasturi yordamida bajarildi.

Natijalar

Gravimetrik namlik. Barcha namunalar uchun tortish natijalari va hisoblangan namlik 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Tuproq namunalarining gravimetrik namligi

N _o	Chuqurlik, sm	m ₀ , g	m ₁ , g	m ₂ , g	Suv, g	Quruq tuproq, g	W, %
1	0–20	24,683	29,683	29,421	0,262	4,738	5,53
2	0–20	25,127	30,127	29,841	0,286	4,714	6,07
3	20–40	23,914	28,914	28,623	0,291	4,709	6,18
4	0–20	26,352	31,352	31,067	0,285	4,715	6,04
5	20–40	24,761	29,761	29,503	0,258	4,742	5,44
6	0–20	25,438	30,438	30,118	0,320	4,680	6,84
7	20–40	27,146	32,146	31,812	0,334	4,666	7,16
8	0–20	22,835	27,835	27,563	0,272	4,728	5,75
9	20–40	26,719	31,719	31,436	0,283	4,717	6,00
10	0–20	24,526	29,526	29,298	0,228	4,772	4,78
11	20–40	23,681	28,681	28,397	0,284	4,716	6,02
12	0–20	25,914	30,914	30,657	0,257	4,743	5,42
13	20–40	27,328	32,328	31,994	0,334	4,666	7,16
14	0–20	22,946	27,946	27,674	0,272	4,728	5,75
15	20–40	26,183	31,183	30,896	0,287	4,713	6,09
16	0–20	24,397	29,397	29,151	0,246	4,754	5,17
17	20–40	25,762	30,762	30,481	0,281	4,719	5,95
18	0–20	23,548	28,548	28,294	0,254	4,746	5,35

Namunalarning namligi 4,78% (10-namuna) dan 7,16% gacha (7- va 13-namunalar) o'zgardi, umumiy o'rtacha qiymat $5,93 \pm 0,64\%$ ni tashkil etdi. Har ikki qatlamda variatsiya koeffitsiyenti 10% atrofida bo'ldi (2-jadval). Bu hudud bo'yicha namlik nisbatan bir xil taqsimlanganini ko'rsatadi. Shapiro–Uilk testi har ikki tanlanmada normal taqsimotdan ahamiyatli chetlanishni aniqlamadi ($p = 0,85$ va $p = 0,07$).

2-jadval. Qatlamlar bo'yicha namlikning statistik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	0–20 sm	20–40 sm
Namunalar soni, n	10	8
O'rtacha, %	5,67	6,25
SD, %	0,57	0,60
CV, %	10,0	9,6
Mediana, %	5,64	6,06
95% ishonch oralig'i, %	5,26–6,08	5,75–6,75
Minimum–maksimum, %	4,78–6,84	5,44–7,16

20–40 sm qatlamda o'rtacha namlik 0,58% ga yuqori bo'ldi. Effekt kattaligi katta ($d = 0,99$), ammo Welch t-testi bo'yicha farq statistik ahamiyatlilik chegarasida qoldi ($t = -2,08$; $p = 0,055$). Mann–Uitni testi esa $p = 0,045$ qiymatni berdi. Testlar natijalari bir-biriga yaqin bo'lib, kichik tanlanma hajmida farqni ishonchli tasdiqlash uchun namunalar sonini oshirish zarurligini ko'rsatadi.

Shunga qaramay, olingan tendensiya tuproq fizikasidagi umumiy qonuniyatga mos keladi: sirtqi qatlam bug'lanish natijasida tezroq quriydi, chuqurroq qatlam esa namlikni uzoqroq saqlaydi [4; 12].

Adsorbsion model natijalari. (2) formula bo'yicha hisoblangan adsorbsion suv sig'imi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Gilli va qumli tuproqlarning adsorbsion suv sig'imi (model hisobi)

Variant	Gilli: h, nm	Gilli: W _{ads} , %	Qumli: h, nm	Qumli: W _{ads} , %
1	1,0	7,0	1,0	0,70
2	0,7	4,9	0,8	0,56
3	0,8	5,6	1,1	0,77
4	1,2	8,4	1,5	1,05
5	1,5	10,5	1,3	0,91
6	1,6	11,2	0,5	0,35
7	0,9	6,3	0,6	0,42
8	0,6	4,2	1,2	0,84
9	2,0	14,0	0,9	0,63
10	0,6	4,2	1,3	0,91

Model bo'yicha gilli tuproq 4,2–14,0%, qumli tuproq esa atigi 0,35–1,05% suvni adsorbsion bog'lab olishi mumkin. Bir xil parda qalinligida gilli tuproqdagi bog'langan suv qumli tuproqnikidan 10 marta ko'p bo'ladi. Bu solishtirma sirt yuzalari nisbatiga to'liq mos keladi va adabiyotdagi ma'lumotlar bilan tasdiqlanadi [6; 8].

O'lchangan va modeli qiymatlarni solishtirish. O'lchangan namlik (4,78–7,16%) qumli tuproqning eng yuqori adsorbsion sig'imidan (1,05%) 4,5–7 marta katta. Demak, agar namunalar qumli tarkibga ega bo'lsa, ulardagi suvning katta qismi bog'lanmagan, ya'ni kapillyar va harakatchan holatda bo'ladi. (3) formula bo'yicha bunday namlikni faqat adsorbsiya bilan izohlash uchun qumli tuproqda 6,8–10,2 nm qalinlikdagi parda talab etiladi. Bu esa adsorbsion qatlamning odatiy qalinligidan bir necha barobar katta.

Gilli tuproq uchun esa o'lchangan namlik 0,68–1,02 nm (o'rtacha 0,85 nm) qalinlikdagi suv pardasiga mos keladi. Bu taxminan 2–4 molekula qatlamiga teng va adsorbsion suvning odatiy qalinligi oralig'ida yotadi [5; 7]. Boshqacha aytganda, agar tekshirilgan tuproqlar gilli bo'lsa, ulardagi suv deyarli to'liq bog'langan holatda bo'ladi va o'simliklar uchun o'zlashtirilishi qiyin bo'ladi. Ekologik nuqtayi nazardan bunday sharoitda eritilgan ifloslantiruvchilarning tuproq profili bo'ylab harakati sekinlashadi, ular asosan zarralar sirtida to'planib qoladi [3; 13].

Shunday qilib, bir xil gravimetrik natija tuproq tarkibiga qarab ikki xil ekologik ma'noga ega bo'ladi: qumli tuproqda bu harakatchan suv, gilli tuproqda esa asosan bog'langan suv. Bu gravimetrik namlik ma'lumotlarini granulometrik tarkib yoki solishtirma sirt yuzasi bilan birgalikda talqin qilish zarurligini ko'rsatadi.

Samarali suv pardasi qalinligi. (3) formula bo'yicha har bir namuna uchun hisoblangan samarali parda qalinligi va unga mos molekula qatlamlari soni 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval. O'lchangan namlikka mos keladigan samarali suv pardasi qalinligi

№	Chuqurlik, sm	W, %	Gilli (70 m ² /g): h _{ef} , nm	Molekula qatlamlari	Qumli (7 m ² /g): h _{ef} , nm
1	0–20	5,53	0,79	2,8	7,9
2	0–20	6,07	0,87	3,1	8,7
3	20–40	6,18	0,88	3,2	8,8
4	0–20	6,04	0,86	3,1	8,6
5	20–40	5,44	0,78	2,8	7,8
6	0–20	6,84	0,98	3,5	9,8
7	20–40	7,16	1,02	3,7	10,2
8	0–20	5,75	0,82	2,9	8,2
9	20–40	6,00	0,86	3,1	8,6
10	0–20	4,78	0,68	2,4	6,8
11	20–40	6,02	0,86	3,1	8,6

12	0–20	5,42	0,77	2,8	7,7
13	20–40	7,16	1,02	3,7	10,2
14	0–20	5,75	0,82	2,9	8,2
15	20–40	6,09	0,87	3,1	8,7
16	0–20	5,17	0,74	2,6	7,4
17	20–40	5,95	0,85	3,0	8,5
18	0–20	5,35	0,76	2,7	7,6

Gilli tuproq uchun barcha namunalarda h_{ef} 0,68–1,02 nm oralig'ida bo'lib, 2,4–3,7 molekula qatlamiga to'g'ri keladi. Qatlamlar bo'yicha taqqoslaganda, 0–20 sm qatlamda o'rtacha 0,81 nm (2,9 qatlam), 20–40 sm qatlamda 0,89 nm (3,2 qatlam) qiymat olindi. Qumli tuproq uchun esa talab etiladigan parda qalinligi 6,8–10,2 nm ni tashkil etdi. Bu qiymatlar o'lchangan suvni qumli tuproqda faqat adsorbsiya bilan izohlab bo'lmasligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Muhokama

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, gravimetrik usul namlikning umumiy miqdorini yuqori aniqlikda ($\pm 0,03\%$) baholash imkonini beradi, ammo suvning ekologik ahamiyatini to'liq ochib bermaydi. Bir xil o'lchangan namlik tuproq tarkibiga qarab bog'langan yoki harakatchan suvni anglatishi mumkin. Shu sababli gravimetrik natijalarni solishtirma sirt yuzasiga asoslangan model bilan birgalikda talqin qilish ifloslantiruvchilar harakatchanligi va o'simliklarning suv bilan ta'minlanishi haqida chuqurroq xulosa chiqarishga imkon beradi.

Namlikni ifodalash usuli haqida. Ushbu ishda namlik quruq tuproq massasiga nisbatan hisoblandi (1). Ba'zi amaliy ishlarda namlik nam tuproq massasiga nisbatan ifodalanadi. Bu holda o'rtacha qiymat 5,59% ni tashkil etib, quruq massaga nisbatan hisoblangan qiymatdan (5,93%) 0,34% ga kam bo'ladi. Kam namlikli tuproqlarda bu farq kichik bo'lsa-da, turli tadqiqotlar natijalarini solishtirishda hisoblash asosini aniq ko'rsatish zarur [10; 12]. Adsorbsion model ham quruq massaga nisbatan qurilganligi sababli, model va o'lchov natijalarini solishtirishda aynan (1) formula qo'llanilishi metodik jihatdan to'g'ri hisoblanadi.

Tadqiqot cheklavlari. Birinchidan, namunalarning granulometrik tarkibi va solishtirma sirt yuzasi bevosita o'lchanmagan. Model hisoblarida gilli va qumli tuproqlar uchun adabiyotdagi xos qiymatlar ishlatildi. Ikkinchidan, har bir nuqtadan faqat bitta chuqurlik namunasi olingan, shuning uchun qatlamlar juftlashgan holda solishtirilmagan. Uchinchidan, o'lchovlar bir martalik bo'lib, namlikning mavsumiy o'zgarishini aks ettirmaydi. Keyingi tadqiqotlarda har bir nuqtadan ikkala chuqurlikdan namuna olish, solishtirma sirt yuzasini suv bug'i adsorbsiyasi (BET) usulida aniqlash [9] va ifloslantiruvchilar konsentratsiyasini parallel o'lchash rejalashtirilgan.

Xulosa

1. Toshkent shahri Sergeli tumani tuproqlarining gravimetrik namligi 4,78–7,16% oralig'ida bo'lib, 0–20 sm qatlamda o'rtacha $5,67 \pm 0,57\%$, 20–40 sm qatlamda $6,25 \pm 0,60\%$ ni tashkil etdi. Hudud bo'yicha namlik nisbatan bir xil taqsimlangan ($CV \approx 10\%$).
2. Chuqur qatlamda namlik yuqoriroq bo'lish tendensiyasi kuzatildi ($d = 0,99$). Ammo farq statistik ahamiyatlilik chegarasida ($p = 0,055$) qoldi, uni tasdiqlash uchun tanlanmani kengaytirish zarur.
3. Adsorbsion model bo'yicha gilli tuproq ($70 \text{ m}^2/\text{g}$) 4,2–14,0%, qumli tuproq ($7 \text{ m}^2/\text{g}$) 0,35–1,05% suvni adsorbsion bog'lay oladi. Bir xil parda qalinligida bu farq 10 barobarga teng.

4. O'Ichangan namlik gilli tuproq uchun 2–4 molekula qatlamiga teng suv pardasiga mos keladi, qumli tuproq uchun esa adsorbsion sig'imdan bir necha barobar katta. Demak, gravimetrik namlikning ekologik ma'nosi tuproq tarkibiga bog'liq bo'lib, uni granulometrik tahlil bilan birga talqin qilish lozim.

5. Taklif etilgan yondashuv – gravimetrik o'lchov va solishtirma sirt yuzasiga asoslangan model birikmasi – ifloslangan hududlarda ekologik monitoring o'tkazishda tuproqdagi harakatchan suv ulushini oddiy va arzon usulda baholash imkonini beradi.

Taklif va tavsiyalar

Olingan natijalar asosida ifloslangan hududlarda tuproq namligini monitoring qilish uchun quyidagilar tavsiya etiladi: har bir nuqtadan kamida ikki chuqurlikdan (0–20 va 20–40 sm) namuna olish va natijalarni juftlashgan holda tahlil qilish; gravimetrik namlik bilan bir qatorda granulometrik tarkib yoki solishtirma sirt yuzasini aniqlash; namunalarni olish va tortish oraliq'ini 24 soatdan oshirmaslik; natijalarda hisoblash asosini (quruq yoki nam massa) aniq ko'rsatish. Bu talablar bajarilganda gravimetrik namlik ma'lumotlaridan ifloslantiruvchilar harakatchanligini baholashda foydalanish mumkin bo'ladi.

Sergeli tumani kabi jadal qurilish olib borilayotgan shahar hududlari uchun esa qurilish maydonlari atrofida tuproq namligi va ifloslanish ko'rsatkichlarini birgalikda kuzatib boradigan doimiy monitoring nuqtalarini tashkil etish, olingan ma'lumotlarni tuman ekologik pasportiga kiritish taklif etiladi. Ko'kalamzorlashtirish ishlarida esa ko'chat ekiladigan joylarning tuproq tarkibi va namligini oldindan aniqlab, gilli tuproqli maydonlarda sug'orish rejimini bog'langan suv ulushini hisobga olgan holda belgilash maqsadga muvofiq.

Sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish to'g'risida bayonot

Ushbu maqolani tayyorlashda muallif matnni tahrirlash va tuzilmasini shakllantirish uchun Claude (Anthropic) sun'iy intellekt vositasidan foydalandilar. O'lchovlar muallif tomonidan bajarilgan. Statistika hisoblar tekshirilgan, muallif maqola mazmuni uchun to'liq javobgarlikni o'z zimmasiga oladi. Rasmlar va grafiklar yaratishda sun'iy intellektdan foydalanilmagan.

Minnatdorchilik

Muallif tadqiqot uchun laboratoriya sharoitini yaratib bergan Toshkent kimyo-texnologiya instituti «Sanoat ekologiyasi va “yashil” texnologiyalar» kafedrasiga hamda ishni bajarishda bergan maslahatlari uchun ilmiy rahbar Igitov Farux Baxtiyarovichga minnatdorchilik bildiradi.

Adabiyotlar

1. Hillel D. Introduction to Environmental Soil Physics. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. – 494 p.
2. Sposito G. The Chemistry of Soils. 2nd ed. – New York: Oxford University Press, 2008. – 329 p.
3. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2011. – 534 p.
4. Kutilek M., Nielsen D.R. Soil Hydrology. – Cremlingen-Destedt: Catena Verlag, 1994. – 370 p.
5. Tuller M., Or D. Water films and scaling of soil characteristic curves at low water contents // Water Resources Research. – 2005. – Vol. 41. – W09403.
6. Petersen L.W., Moldrup P., Jacobsen O.H., Rolston D.E. Relations between specific surface area and soil physical and chemical properties // Soil Science. – 1996. – Vol. 161, No. 1. – P. 9–21.

7. Prost R., Koutit T., Benchara A., Huard E. State and location of water adsorbed on clay minerals: consequences of the hydration and swelling–shrinkage phenomena // *Clays and Clay Minerals*. – 1998. – Vol. 46, No. 2. – P. 117–131.
8. Resurreccion A.C., Moldrup P., Tuller M., Ferré T.P.A., Kawamoto K., Komatsu T., de Jonge L.W. Relationship between specific surface area and the dry end of the water retention curve for soils with varying clay and organic carbon contents // *Water Resources Research*. – 2011. – Vol. 47. – W06527.
9. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layers // *Journal of the American Chemical Society*. – 1938. – Vol. 60, No. 2. – P. 309–319.
10. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.
11. ISO 11465:1993. Soil quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method. – Geneva: ISO, 1993.
12. Gardner W.H. Water content // *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods* / Ed. A. Klute. 2nd ed. – Madison: ASA–SSSA, 1986. – P. 493–544.
13. Or D., Wraith J.M. Soil water content and water potential relationships // *Soil Physics Companion* / Ed. A.W. Warrick. – Boca Raton: CRC Press, 2002. – P. 49–84.