

УДК 631.43

Г.А. Мазур, доктор сільськогосподарських наук, академік НААН

О.Г. Ізюмова, аспірант

ННЦ “ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН”

ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ЕМІСІЙ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

У процесі виробництва цементу, окрім газоподібних викидів, у великих кількостях викидається нелокалізований цементний пил. У ґрунті, як основному компоненті екосистеми, в найбільшій мірі проявляються негативні наслідки техногенного навантаження подібного характеру. Дослідженнями встановлено, що у районах цементних виробництв відбувається підлугування ґрунтів, накопичення окремих біогенних елементів та важких металів [1, 2]. Мають місце зміни у біологічній активності ґрунту, рухомості елементів живлення, інтенсивності в спрямованості метаболізму органічної речовини.

Надходження значних обсягів цементного пилу в ґрунт може істотним чином впливати на його фізичні та водно-фізичні властивості. На наш погляд, зміна фізичних показників ґрунту під впливом цементного пилу може відбуватись як за рахунок зміни процесів структуроутворення, внаслідок насичення ґрунтового комплексу іонами кальцію, натрію, магнію, заліза тощо, які містяться у цементному пилу, так і за рахунок фізичної акумуляції та седиментації дрібних часточок пилу у ґрунтових порах. Замулення пор ґрунту призводить до змін таких показників його фізичної будови, як щільність складення, загальна пористість, співвідношення капілярної пористості до некапілярної. Як наслідок, докорінним чином можуть змінюватись параметри водно-фізичних констант ґрунту, а саме: повна вологоємність (ПВ), найменша (НВ) та капілярна (КВ), показники вологості розриву капілярного зв’язку (ВРК), стійкого в’янення (ВСВ), максимальної гігроскопічності (МГВ). Перераховані показники відображають як кількісний ступінь зволоженості ґрунту, так і якісну характеристику вологи стосовно її рухомості й доступності рослинам: легкодоступна, доступна, важкодоступна, непродуктивна і недоступна [3]. Разом з тим, зміна агрофізичних показників ґрунту, окремо і водно-фізичних констант, під впливом цементних викидів обґрунтовані значно меншою мірою порівняно з агрохімічними показниками.

Результати вивчення трансформації водно-фізичних характеристик ґрунту наводяться за підсумками досліджень, проведених на опідзолених чорноземах західної провінції Лісостепової зони, які розміщені у територіальних межах Здолбунівського району Рівненської області, і знаходяться під впливом аеротехногенних емісій Здолбунівського цементного заводу. Дослідження базувались на методі порівняльної аналогії та здійснювались шляхом порівняння різного ступеня зміни ґрунтових властивостей (в просторі) з контролем. Вибір пробних площадок (ПП) для відбору зразків непорушеного стану ґрунту здійснювався з урахуванням напрямку переважаючих вітрів: у північно-західному контрольному напрямку, як імовірно незабрудненій частині району, на віддалі 18 км (ПП-1) та у південно-східному, забрудненому напрямку на віддалі 600 м від джерела емісії (ПП-2). Зразки ґрунту відбирали на посівах багаторічних злакових трав з п'ятирічним періодом використання. Такий період часу є достатнім для встановлення природного стану ґрунту за показниками його фізичної будови.

Будову ґрунту та водно-фізичні константи визначали лабораторним методом у непорушених зразках, відібраних за допомогою металевих циліндрів: ПВ, щільність складення, шпаруватість загальну, капілярну та некапілярну (шляхом насичення зразка водою), ГПВ – методом С. І. Долгова, ВРК – методом В. Б. Мацкевича в модифікації Є. С. Гниди [4], ВСВ – методом вегетаційних мініатюр, МГВ – методом А. В. Ніколаєва.

Відомо, що водно-фізичні властивості ґрунту визначаються його фазовим станом, який виражається через щільність складення. Дослідження (табл. 1) показали, що при вилученні опідзолених чорноземів з обробітку на тривалий період за межею аеротехногенного впливу (ПП-1) щільність їх складення є досить значною і для 0-25 см шару ґрунту становить $1,24 \text{ г/см}^3$.

У зоні впливу джерела емісії (ПП-2) показник щільності для орного шару ґрунту зріс до $1,30 \text{ г/см}^3$. Найістотнішим зростання цього показника було встановлено для верхнього 0-10 см шару ґрунту. Під впливом викидів цементного пилу зменшився і показник загальної шпаруватості. Для верхнього (0-10 см) шару зниження було найпомітнішим і становило майже 3%.

Вирішальну роль у формуванні водно-повітряного режиму ґрунту відіграє капілярна шпаруватість, завдяки якій формуються стійкі вологозапаси та капілярний рух вологи в ґрунті. За сучасними поглядами найсприятливіші умови для розвитку рослин

створюються при загальній шпаруватості ґрунту 55-60% та співвідношенні некапілярної шпаруватості до капілярної у межах від 1:1 до 1:2,5.

Таблиця 1. Показники фізичного стану ґрунту

Місце відбору	Глибина, см	Щільність складення, г/см ³	Пористість, %			Некапілярна капілярна
			загальна	капілярна	некапілярна	
III-1	0-5	1,21	54,1	37,5	17,2	1:2,2
	5-10	1,21	53,9	36,9	17,0	1:2,2
	10-15	1,26	50,9	36,1	15,8	1:2,3
	15-20	1,28	51,2	36,2	15,0	1:2,4
	20-25	1,26	52,0	36,6	15,4	1:2,4
III-2	0-10	1,21	54,0	37,2	17,1	1:2,2
	10-20	1,27	51,6	36,1	15,4	1:2,3
	0-25	1,24	52,6	36,7	16,1	1:2,3
	0-5	1,26	52,3	39,0	13,3	1:2,9
	5-10	1,31	50,0	38,8	11,5	1:3,4
	10-15	1,32	49,9	38,2	11,7	1:3,3
	15-20	1,33	49,4	37,4	12,0	1:3,1
20-25	1,32	49,7	37,5	12,2	1:3,1	
	0-10	1,29	51,1	38,9	12,4	1:3,2
	10-20	1,33	49,6	37,8	11,9	1:3,2
	0-25	1,30	50,2	38,2	12,1	1:3,2

Дослідження показали, що зі зниженням показника загальної шпаруватості під впливом цементних емісій у ґрунті істотним чином змінювалось співвідношення некапілярних і капілярних пор. Зростання питомої ваги капілярних пор у верхніх шарах ґрунту (див. табл. 1) зумовлено як процесами замулення міжагрегатних проміжків ґрунту дисперсними фракціями пилу, так і коагулюючою функцією кальцію, що міститься у цементному пилу. За сучасними поглядами, у ґрунті слід виділити три види пор – між первинними частинками, мікроагрегатами і макроагрегатами. Капілярній шпаруватості відповідають, як правило, дві перші форми (між первинними частинками і мікроагрегатами). Механізм утворення мікроструктурних частинок ґрунту полягає в коагуляції ґрунтових суспензій та злипанні найдрібніших частинок. Основною умовою проходження такого процесу є наявність у ґрунті достатньої кількості обмінних іонів і, насамперед, кальцію, під впливом якого гумусові речовини в стані колоїдального розчину коагулюють, стають нерозчинними, твердіють і переходять у стан мікроструктурних частинок.

Основним джерелом водозабезпечення рослин є запас ґрунтової вологи, яка знаходиться в межах між НВ та ВСВ. До питання щодо доступності ґрунтової вологи для рослин у цьому діапазоні викладались різні точки зору. Одні автори вважали, що ґрунтова волога в інтервалі НВ-ВСВ однаково доступна для рослин. Прихильниками такої точки зору були переважно американські дослідники середини ХХ сторіччя (Веймейер, Гендриксон та ін.). Прихильниками іншої точки зору того історичного періоду були основоположники меліоративного землеробства С.І. Долгов, А.А. Роде, С.Н. Рижов та інших [5, 3, 6]. Вони стверджували, що ступінь доступності ґрунтової вологи в межах наведеного інтервалу неоднакова. Нижня межа оптимального зволоження відповідає не ВСВ, а лежить значно вище цієї величини. В інтервалі від ВСВ до НВ є ще одна межа вологості, за якої помітно знижується доступність вологи для рослин. А. А. Роде називає цю величину „критичною вологістю” або „вологістю уповільненого росту”. Пізніше цим же автором було уведено поняття „вологість розриву капілярного зв’язку” (ВРК). Являючись водно-фізичною константою, ВРК характеризує такий стан зволоження ґрунту, при якому з’являється “розрив” цілісності водяної маси, що займає ґрунтові капіляри. Такий розрив істотно знижує ступінь рухомості вологи в ґрунті і, як наслідок, доступність її рослинам. З огляду на це, межа вологості ґрунту, яка відповідає ВРК, вважається нижньою межею оптимального зволоження ґрунту для рослин.

Проведені дослідження (табл. 2) показали, що під впливом цементного пилу істотно змінилися абсолютні величини вологості ґрунту для відповідних водно-фізичних констант.

Так, для орного (0-25 см) шару вологість ґрунту, яка відповідала ПВ знизилась від 39,61 до 36,15%, КВ від 38,76 до 35,58% і НВ відповідно від 33,18 до 32,05%. Найбільш чітко ця тенденція простежується у верхніх шарах ґрунту. Помітне зростання вологості ґрунту для таких водно-фізичних констант, як ВРК та ВСВ, на наш погляд, зумовлено тим, що внаслідок акумуляції фракцій пилу в ґрунтових порах розміри останніх істотно зменшувались. Із зменшенням діаметра ґрунтових капілярів різко підвищується їх водоутримувальна здатність і знижується доступність вологи для рослин. В результаті таких змін нижній поріг оптимального зволоження (ВРК) для 0-25 см шару ґрунту зростає від 24,48 до 25,27%, ВСВ відповідно від 11,25 до 12,94%.

Внаслідок негативної трансформації водно-фізичних показників ґрунту істотно змінилися діапазони оптимальних меж його вологості

(табл. 3).

Таблиця 2. Показники ступеня зволоження ґрунту для відповідних водно-фізичних констант, % від маси ґрунту

Місце відбору зразка	Глибина, см	ПВ	КВ	НВ	ВРК	ВСВ
ПП-1	0-5	42,17	41,54	35,50	26,98	11,62
	5-10	43,73	43,02	35,41	26,23	11,84
	10-15	37,42	36,86	32,51	23,20	11,13
	15-20	37,73	36,50	32,56	23,39	11,09
	20-25	37,02	35,90	29,94	22,58	10,56
	0-10	42,95	42,58	35,46	26,61	11,73
	10-20	37,58	36,68	32,54	23,30	11,11
ПП-2	0-25	39,61	38,76	33,18	24,48	11,25
	0-5	38,89	38,24	33,09	26,83	12,77
	5-10	35,79	35,29	32,02	27,91	13,48
	10-15	35,59	34,94	32,02	24,91	13,84
	15-20	34,58	34,25	31,31	24,21	12,52
	20-25	35,91	35,18	31,81	22,62	12,11
	0-10	37,34	36,77	32,56	27,37	13,13
10-20	35,08	34,60	31,67	24,56	13,18	
0-25	36,15	35,58	32,05	25,27	12,94	

Таблиця 3. Діапазони вологості ґрунту за ступенем доступності вологи для рослин, % від маси ґрунту

Місце відбору зразка	Шар ґрунту, см	Недоступна <ВСВ	Доступна				
			Всього (ПВ-ВСВ)	Надлишкова (ПВ-НВ)	Легкодоступна (КВ-ВРК)	Оптимальна (НВ-ВРК)	Важкодоступна (ВРК-ВСВ)
ПП-1	0-5	11,62	30,55	6,67	14,56	8,52	15,36
	5-10	11,84	31,89	8,32	16,79	9,12	14,39
	10-15	11,13	26,29	4,91	13,66	9,31	12,07
	15-20	11,09	26,64	5,17	13,11	9,17	12,30
	20-25	10,56	26,46	7,08	13,32	7,36	12,02
	0-10	11,73	31,22	7,50	15,68	8,82	14,88
	10-20	11,11	26,47	5,04	13,39	9,24	12,19
ПП-2	0-25	11,25	28,37	6,43	14,29	8,70	13,23
	0-5	12,77	26,12	5,80	11,41	6,26	14,06
	5-10	13,48	22,31	3,77	7,38	4,11	14,43
	10-15	13,84	21,75	3,57	10,03	7,11	11,07
	15-20	12,52	22,06	3,27	10,04	7,10	11,69
	20-25	12,11	23,80	4,10	12,56	9,19	10,51
	0-10	13,13	24,22	4,79	9,40	5,19	14,25
10-20	13,18	21,91	3,42	10,03	7,10	11,38	
0-25	12,94	23,21	4,10	10,28	6,75	12,35	

Як видно з результатів досліджень, внаслідок трансформації водно-фізичних показників ґрунту під впливом цементного пилу діапазон оптимальної вологості орного (0-25 см) шару звужувався з 8,70% (ПП-1) по 6,75% (ПП-2). Звуження межі діапазону вологості в межах КВ–ВРК, який визначає легкодоступні для рослин форми вологи, є найбільш виражене і змінюється відповідно від 14,29 до 10,28 відсотків. Внаслідок таких змін діапазон вологості, який формує загальнодоступні для рослин вологозапаси, звужується від 28,37 до 23,21%.

Необхідно також зазначити, що встановлені негативні зміни у формах доступності ґрунтової вологи для рослин найчіткіше простежуються для верхнього 0-10 см і найбільш виражені для 5-10 см шару ґрунту.

Висновки. Значні обсяги акумуляції цементного пилу в ґрунті призводять до істотної трансформації його фізичних та водно-фізичних властивостей. У зоні впливу джерела емісії зростає показник щільності складення ґрунту. Спостерігається зниження загальної його шпаруватості за одночасного зростання питомої ваги капілярних пор. Такі зміни фізичних параметрів ґрунту призводять до зниження показників повної, капілярної та найменшої вологоємності, помітного зростання таких водно-фізичних констант, як вологість розриву капілярного зв'язку та вологість стійкого в'янення. Внаслідок негативної трансформації водно-фізичних показників звужується діапазон загальнодоступних, легкодоступних та оптимальних для рослин ґрунтових вологозапасів.

1. Ворон, В.П. Кислотно-основні властивості ґрунтів в умовах забруднення довкілля викидами цементного виробництва / В.П. Ворон, С.П. Распоїна // Вісник ХДАУ серія „Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство”. – Харків: ХДАУ, 1999. – №2. – С. 302-308.

2. Якобчук, В.Ф. Забруднення території прилеглої до Миколаївського цементного комбінату / В.Ф. Якобчук, Д.М. Пузенко // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрохімія. – 2001. – №5. – С. 36-38.

3. Роде, А.А. Основы учения о почвенной влаге / А.А. Роде. – Л.: Гидрометиздат, 1969. – Том II. Методы изучения водного режима почв – 286с.

4. Гнида, Е.С. Критическая влажность почв / Е.С. Гнида // Сб.: Осушение и освоение низинных болот Полесской зоны УССР. – К.: Урожай, 1965. – С. 74-89.

5. Долгов, С.И. Исследование подвижности почвенной влажности и ее

доступности для растений. / С.И. Долгов – М.: Изд. АН СССР, 1948. – 218 с.

6. Долгов, С.И. К вопросу об определении максимальной высоты капиллярного поднятия воды в почвогрунтах. // С.И. Долгов, С.Н. Рыжов // Тр. ВИУА – М., 1933. – Вып. 2. – С. 24-29.

У роботі наведені результати досліджень щодо впливу аеротехногенних емісій цементного виробництва на фізичний стан та водно-фізичні показники ґрунту. Встановлено, що внаслідок зміни параметрів фізичної будови і трансформації водно-фізичних констант ґрунту під впливом цементного пилу докорінно змінюються діапазони легкодоступних та оптимальних для рослин вологозапасів в ґрунті.

Ключові слова: цементний пил, будова ґрунту, вологоємність, водно-фізичні константи, ґрунтові вологозапаси.

В работе представлены результаты исследований по влиянию аеротехногенных эмиссий цементного производства на физическое состояние и водно-физические показатели почвы. Обнаружено, что вследствие изменения параметров физического строения и трансформации водно-физических констант почвы под воздействием цементной пыли существенно изменяются диапазоны легкодоступных и оптимальных для растений запасов почвенной влаги.

Ключевые слова: цементная пыль, строение почвы, влагоёмкость, водно-физические константы, запасы почвенной влаги.

The work adduces the research results in regard to the effect of aerotechnogenous cement manufacture emissions on the physical state and water-physical indexes of soil. It is established that as a result of change of physical configuration parameters and transformation of soil water-physical constants under the influence of cement dust the ranges of available and optimal stored soil moistures for the plants radically change.

Key words: cement dust, configuration of soil, soil water capacity, water-physical constants, soil moisture storage.