

Зайцева В.Г., Нестеренко О.В., Чернишенко Г.О., Самохвалова А.І.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: v.zaitseva26@gmail.com; helenvester1972@gmail.com;

anna.pavl.cher@gmail.com; samohvalova_anya@mail.ua; orcid.org/0000-0003-0408-9287,

orcid.org/0000-0002-5113-2009, orcid.org/0000-0002-0685-925X, orcid.org/0000-0001-5948-8408)

ВЕРМИКУЛЬТУРА, ЇЇ ЗНАЧЕННЯ У ВИРІШЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ТА ПОЛІПШЕННІ УМОВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

У статті розглянуті теоретичні питання пов'язані з аналізом використання компостних червоних дощових черв'яків з метою отримання із різних органічних речовин екологічно чистого добрива – біогумуса, який вміщує повний набір макро- і мікроелементів для сільськогосподарських (с/г) рослин.

Актуальність обраної теми обумовлена насамперед тим, що ефективне використання ресурсів у землеробстві гарно сприяє зростанню рослин та продуктивності підприємств у сільському господарстві.

Для вирішення цього питання у статті проведено аналіз умов сільського господарства в Україні, а також запропоноване їх поліпшення. Запропоноване впровадження нових та розробка інноваційних методів для забезпечення вирощення та сполучення рослин на основі науково обґрунтованого інструментарію, сформованого на базі передового досвіду зарубіжних країн.

Розглянуто методологічні підходи щодо поліпшення умов праці, а також розробка напрямків підвищення виробничої активності на підприємстві.

Ключові слова: альтернативне землеробство, дощові черви, біогумус, мінеральні добрива, вермикультура.

Вступ. Протягом ХХ сторіччя існувала думка про те, що основним засобом підвищення ефективності сільського господарства (с/г) є хімізація. При цьому мало уваги приділялось і приділяється закономірностям розвитку біологічних процесів у ґрунтах.

Сільське господарство є галуззю економіки, в якій виробництво найбільш тісно пов'язане з природою, проте науково-технічний розвиток сільського господарства і процеси переходу цієї сфери людської діяльності на промислову основу призвели до багатьох несприятливих змін у навколишньому середовищі.

Одне із перших наукових положень про ґрунт, як природне тіло, в якому живі і неживі компоненти пов'язані в єдине ціле висунуто Ч. Дарвіном в роботі «Про утворення ґрунтового шару діяльністю дощових черв'яків». В цьому виступі стверджувалось, що «дощові черви – це іскусні землероби, які в природних умовах відіграють роль «архітектора» родючого шару ґрунту» [1].

Дійсно, на певному етапі вдалось значно підвищити родючість сільськогосподарських (с/г) культур. Однак не враховуючи це, перевага віддавалась використанню мінеральних добрив і засобів хімічного захисту рослин, що поряд із позитивним ефектом привело до негативного впливу на агроценози у ґрунтах.

Питаннями ґрунтової зоології, ґрунтоутворюючими процесами займалися та присвятили свої дослідження та праці такі видатні вчені як: Ч.Дарвін, В.Гензен, М.С.Гіляров, В.В.Докучаєв, В.І.Вернадський, П.А.Костичев, Н.А.Дімо, В.Кірбі та ін. [2].

Мета роботи – проаналізувати значення дощових черв'яків у формуванні ґрунту, обґрунтувати актуальність використання методу вермикультивування для вирішення проблеми накопичення та переробки відходів.

Основна частина. В останні десятиріччя в усьому світі та в Україні виникла екологічна проблема в землеробстві і, відповідно, альтернативне землеробство. Його основне завдання – створення сприятливих умов для розведення та розмноження у ґрунті мікроорганізмів і дощових черв'яків, які сприяють природному відновленню родючості ґрунтів, що

необхідно для отримання екологічно чистої с/г продукції, а також збереження навколишнього середовища (НС) від забруднення шкідливими речовинами.

Особлива увага приділяється вермикультивуванню. Його суть полягає у можливості використання компостних червоних дощових черв'яків з метою отримання із різних органічних речовин екологічно чистого добрива – біогумусу, який містить повний набір макро- і мікроелементів для с/г рослин.

Таким чином, метою вирощування дощових черв'яків є:

- максимальне перетворення органічних відходів в органічне добриво (вермикомпост, біогумус);
- нарощування біомаси самих дощових черв'яків, як найціннішого джерела білків, пептидів, ферментів і фізіологічно активних речовин;
- дощові черви, окрім того, швидко прискорюють розкладання органічної речовини, дозволяють в короткий термін екологічно чистим засобом перетворити різні органічні відходи у цінне добриво, багате гумусом.

Для вермикомпостування використовують види дощових черв'яків, які здатні до високої швидкості споживання органічних відходів, травлення та засвоєння органічних речовин, стійкі до широкого спектра факторів навколишнього середовища, мають короткі життєві цикли та високий репродуктивний потенціал.

Вермикультура (від лат. *Vermi* – черв'як) – це промислове розведення черв'яків для поліпшення ґрунту та підвищення врожайності, тобто це компостні черви в органічному субстраті. Іноді під цим терміном розуміють дощових черв'яків або тільки субстрат. Вермикультура – це складна біоценотична спільнота, обмежена певним біотопом у складі культурного ландшафту, також це сучасна біотехнологія, за допомогою якої можливо органічні відходи рослинного походження ефективно перетворювати у повноцінні животні білки [2 – 9]. Більш того, сама біомаса дощових черв'яків є унікальною та відновлювальною природною сировиною для отримання різних препаратів біологічно активних речовин. Біомаса черв'яків протягом 30 – 60 діб збільшується в два рази.

Включення біологічно активних речовин у біотехнологічний процес вермикультивування дає змогу позитивно впливати на репродуктивну функцію та ріст біомаси червоних каліфорнійських черв'яків [10 – 12].

Слід звернути увагу на те, що вермикультування не є простим способом і це – не панацея від усього екологічного лиха у землеробстві, бо воно потребує особливих знань і навиків. По-перше – це дуже трудомісткий процес; по-друге – через вартість вермикомпосту і його об'ємів обмежується можливість внесення його на великих територіях. Найбільш ефективний вермикомпост в умовах закритого ґрунту. Його доцільно використовувати при вирощуванні цінних лікарських і рідких рослин, при озелененні відкритих і закритих площ, а компостних черв'яків – для переробки екологічно забруднених твердих побутових відходів (ТПВ) комунального господарства.

Як показав аналіз, вермикультура розповсюджена в країнах Західної Європи (Угорщина, Польща), а також в США, Японії, в країнах Південно-Східної Азії. В цих країнах працює багато малих і середніх підприємств, які вирощують дощових черв'яків для любительського риболовства і на корм домашнім тваринам, садовий ґрунт або органічне добриво «вермикомпост».

Було проведено численні дослідження по вермикомпостуванню, наприклад, в Техасі (США) – по переробці за допомогою дощових черв'яків твердих побутових відходів, осадів стічних вод (СВ) на міських очисних спорудах та інші. При цьому зверталась увага на те,

що однією із проблем для ведення приватного бізнесу була фінансова (висока вартість ручної праці) внаслідок того, що цей процес не механізований. В Канаді працює підприємство, яке перероблює мул стічних вод в суміші з овочевими й фруктовими відходами та отримується продукт – «квітковий ґрунт» [13]. Процес також не механізований, більш половини вартості складають витрати на упаковку. В Японії використовується метод, при якому СВ фільтруються через шари ґрунту, заселені дощовими червами. У Франції на очисних спорудах були знижені витрати на 1/3 на очистку СВ [14]. Є свідчення про використання вермикультури для переробки міських відходів і СВ в інших європейських країнах – Італії, Данії, ФРН, Угорщині. Відомо також, що дощові черви використовуються як вермикультура за кордоном для переробки навозу крупного рогатого скота (КРС).

У різних країнах світу розроблені нормативні вимоги до складу вермикомпосту (біогумусу) (табл. 1) [3]. На екскременти червів в біогумусі має припадати не менше 70% сухої речовини. Істотних відмінностей у вимогах до складу біогумусу в різних країнах не відзначається. Середні дози вермикомпосту для внесення в ґрунт складають 3 – 5 т / га.

Таблиця 1 – Нормативні вимоги до складу вермикомпосту в різних країнах [3]

Показники	Країна		
	Росія	ФРН	Польща
Вміст органічної речовини, %	40 – 45	40 – 45	40 – 60
Відношення C/N	15	15	-
Вміст доступного азоту, %	не менше 1,5	не менше 1,5	1,5 – 3
Вміст P ₂ O ₅ , %	1,2	1,2	1,8 – 4,0
Вміст K ₂ O, %	0,5	0,5	1,5 – 3,0
Гумус, %	не менше 15,0	-	-
Вологість, %	50,0	40 – 60	40 – 60
pH, %	6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	6,8 – 7,2

Слід звернути увагу на те, що життєдіяльність та продукція біомаси дощових червів суттєво залежить від низки едофагених умов (азоту, вологості, кислотності, температури, засоленості, плодovitості).

Використання вермикультури в с/г дозволяє використовувати ґрунт безперервно, не знижуючи його родючість. Окрім того, мікроорганізми, що вміщуються в вермикомпостах, сприяють переводу токсичних форм важких металів в малорухомі сполуки. На наш погляд, це дуже важливо, тому що внесення вермикомпостів у ґрунти навколо великих міст, промислових комбінатів, а також там, де використовувалось багато мінеральних добрив і пестицидів, буде сприяти оздоровленню цих ґрунтів і в цілому навколишнього середовища. Для нашої країни це є особливо актуальним.

Тут тільки можна звернути увагу на те, що їжею для червів є різні органічні відходи з високим вмістом целюлози, які пройшли процес ферментації. Основою раціону для них є навозна біомаса, до якої додають визначену кількість інших органічних відходів [15]. Для отримання якісного корму для червів до початкового органічного субстрату існують відповідні вимоги: вологість 70% – 80% ; pH 6,8 – 7,2; вміст окислів заліза – не більш 10%, відсутність твердих часток (металевих, дерев'яних, каміння і т.п.).

Сам процес ферментації субстрату проходить при термофільному режимі (50 – 60°C), а потім переходить до мезофільного (25 – 35°C) і через декілька місяців знижується до температури навколишнього середовища. Це свідчить про закінчення процесу

та придатності використання субстрату для годування черв'яків. Показником готовності субстрату є співвідношення вуглецю до азоту (C:N) в межах 20.

В кормі для черв'яків не повинно бути пестицидів, протеїну (не більш 25 – 30%), аміаку, метану, патогенної мікрофлори, яєць і личинок гельмінтів. При кількості протеїну у кормі 40% черви гинуть. Незалежно від виду субстрату, який ферментується, корм повинен вміщувати 20 – 25% целюлози у вигляді січки із соломи, папіру, картону тощо. Біомаса черв'яків використовується в тваринництві, у харчовій промисловості та у фармакології.

Біотехнологічний процес отримання біогумусу заснований на здатності черв'яків використовувати органічні залишки, трансформувати їх у кишковому каналі та виділяти у вигляді копролітів. Біогумус або вермикомпост – це органічне добриво, отримане внаслідок розповсюдження гетеротрофними організмами органічних речовин.

Біогумус, який утворюється в результаті переробки червами органічних відходів: гною великої рогатої худоби, свиней, овець, посліду птахів, кроликів, а також трави, листя, овочевих залишків, формується протягом року. Восени вилучають з буртів робочу популяцію черв'яків і вибирають готовий субстрат за допомогою спеціальної техніки (навантажувача) або ручного інструменту, а на звільнене місце кладуть новий шар їжі завтовшки 25 – 30 см, повертають популяцію вермикультури, яку поливають, вкривають від сонця та висихання і розпочинається новий річний технологічний цикл.

Зимують черви на своєму «робочому місці», тільки з осені їх треба щедро нагодувати й укрити 30-сантиметровою осінньо-зимовою «ковдрою» від холодів: для цього придатне опале листя, гичка рослин, солома, «черв'як працює доти, доки температура в компості є вищою за +3 °С, температура у верхньому шарі компосту не повинна перевищувати +35 °С, інакше черв'як загине. Тому компостні ями та бурти треба поливати й розміщувати в затінених місцях, або вкривати шаром трави, листя, соломи.

Оскільки черв'як «працює» у верхньому 15-сантиметровому шарі субстрату, поживне середовище треба час від часу перевертати, необхідно вилами акуратно зняти верхній шар бурту, в якому накопичилася основна маса черв'яків, забрати з-під них готовий біогумус, перевернути пласт і покласти на попереднє місце, після такої операції, яких за сезон (квітень-серпень) має бути 4 – 5, необхідно підгодувати черв'яків, поклавши згори пласт нової «їжі» завтовшки 10 – 15 см.

Їжа для черв'яка не потребує попередньої підготовки – за винятком гною та пташиного посліду, які мають бути не менше як піврічної витримки.

Протягом усього процесу вермикультивування у шарі компосту 25 – 30 см постійно має зберігатися волога 65 – 70%, потрібен полив, або для збереження вологи поверхню буртів треба вкрити травою чи листям, у жодному разі не поліетиленовою плівкою, що захистить черв'яків від прямого сонячного світла, яке для них є згубним.

Для вермиферми не потрібно великих виробничих площ.

Позитивний вплив біогумусу на врожайність сільськогосподарських культур визначається тим, що він містить необхідні для рослин живильні елементи в добре збалансованій і легкозасвоюваній рухливій формі.

Внесення біогумусу в ґрунт не тільки підвищує урожайність сільськогосподарських культур, але й значно покращує його мікробну структуру, збільшує загальне число бактерій. Це, в свою чергу, інтенсифікує «напруженість» мікробних процесів і поліпшує засвоюваність рослинами необхідних поживних речовин.

Вермикомпост містить не лише копроліти черв'яків, але й матеріали підстилки, яка використовувалась для вермикультивування, а також органічні рештки на різних стадіях

розкладу. Він також містить черв'яків на різних стадіях розвитку та цілий комплекс мікроорганізмів, які приймають активну участь у процесі компостування органіки. Копроліти черв'яків містять у 5 – 11 разів більше азоту, фосфору та калію, ніж оточуючий ґрунт. Виділення з кишкового тракту черв'яків, разом з ґрунтом, який пройшов через них, роблять поживні речовини більш концентрованими та доступними для споживання рослинами, а також містять поживні мікроелементи, які досить складно створити звичайним способом. Іншими словами, черв'яки розкладають складні органічні сполуки на більш прості, доступні рослинам. Вміст поживних речовин у вермикомпості значно більший ніж у традиційних компостах.

Важливою характеристикою вермикомпосту як екологічно чистого добрива є його макро-та мікроелементний склад (від 14 до 18 та 25%) азоту, фосфору, кальцію, магнію, міді та цинку. У вермикомпості, який отримують після переробки перегною ВРХ, відмічено найбільший вміст Mn (94 – 148 мг/кг) та Fe (74 – 195 мг/кг), менше Zn, S, B, а кількість Co та Cu не перевищила 1 мг/кг. Отже, застосування вермикомпосту обов'язково має бути включеним як у сучасну технологію вирощування різних с/г культур.

Висновки. В наш час, в складних еколого-соціально-економічних і політичних умовах не тільки в Україні, але й у всьому світі, велика увага приділяється вирішенню питання землекористування, розвитку аграрно-промислового комплексу України, а також розвитку малого і середнього бізнесу, як приватного, так і громадських об'єднань.

Можна стверджувати, що екологічне добриво – продукт вермикультури – біогумус являє собою нове, нетоксичне, екологічно чисте добриво, яке є продуктом переробки органічної маси червоними гнойовими червами. Одержаний таким способом біогумус в 15–20 разів ефективніший за будь-яке органічне добриво, оскільки здатний відновлювати ґрунт, має всі необхідні для рослини поживні речовини в збалансованій формі, а також високу вологоємність.

На основі аналізу вищенаведених даних відносно вирішення екологічних проблем землеробства пропонується використання і впровадження методу альтернативного землеробства – вермикультивування (використання дощових червей). Це дозволить забезпечити високу якість ґрунту, відновити його родючість і відповідно отримання екологічно-чистої конкурентоздатності сільськогосподарської продукції, зменшити забруднення НС шкідливими хімічними засобами, які використовуються в наш час для підвищення ефективності сільського господарства, без урахування нормативних вимог до їх кількості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аріон О.В., Купач Т.Г., Дем'яненко С.О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник. К., 2017. 226 с.
2. Жуков О.В., Пилипенко О.Ф., Кірієнко С.М. Основи ґрунтової зоології та біоіндикації. Ч.1. Дніпропетровськ: ДНУ, 2002. 90 с.
3. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Гамзиков Г. П. и др. Агрохимия. Учебник / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
4. Городний Н.М., Ковалев И.Б., Мельник И.А. Вермикультура и ее эффективность: уч. пособие. Київ, 1990. 40 с.
5. Городний Н. М. и др. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве. Киев: Урожай, 1990. 256 с.
6. Мельник І. П. та ін. Дощові черв'яки: наукові основи вирощування і практичне використання. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 444 с.
7. Кунах О. М., Жуков О. В., Пахомов О. Є. Морфологія дощових черв'яків (Lumbricidae): навч.-метод. посіб. Дніпро: ФОП Дрига Т. В., 2010. 52 с.
8. Повхан М. Ф. Вермикультура: производство и использование: уч. пособие. Киев: УкпИНТЭИ, 1994. 128 с.
9. Титов И. Н. Дождевые черви. М.: ООО «МФК Точка опоры», 2012. С. 272.

10. Мерзлов С. В., Машкін Ю. О. Нарощування біомаси черв'яків за різних концентрацій феруму в субстраті. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2015. № 1. С. 103-106.
11. Мерзлов С. В., Мельниченко О. М., Машкін Ю. О., Бількевич В. В. Ріст біомаси каліфорнійських черв'яків і накопичення у ній кобальту за різних концентрацій металу в поживному середовищі. WEB OF SCHOLAR. 2017. 5(14). С. 10-12.
12. Вовкогон А. Г., Мерзлов С. В. Вплив різних джерел та доз йоду на нарощування біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків. Науковий вісник НУБІП України. Київ, 2014. № 202. С. 286-291.
13. Титов И. Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов. Твердые бытовые отходы. 2008. № 8. С. 18-25.
14. Скочко С. А., Нестеренко О. В., Самохвалова А. І. Дослідження біоценозу активного мулу на очисних спорудах. Зб. наукових праць Науковий вісник будівництва. Харків, 2018. Том 92. № 2. С.274-278.
15. Скочко С.А., Нестеренко О.В., Юрченко В.О. Утилізація органічних відходів шляхом переробки в біогазових установках з отриманням біодобрив. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. (2) 84. С. 329-332.
5. Gorodniy N. M et al. Bioconversion of organic waste in biodynamic economy. Kiev: Harvest, 1990. 256 p.
6. Melnyk I. P. et al. Rain worms: scientific bases of cultivation and practical use. Ivano-Frankivsk: Symphony forte, 2015. 444 p.
7. Kunakh O. M., Zhukov O.V., Pakhomov O. E. Morphology of earthworms (Lumbricidae): teaching method. way. Dnipro: FOP Dryga T.V., 2010. 52 p.
8. Povkhan M. F. Vermiculture: production and use: uch. allowance. Киев: УкпИИТЭИ, 1994. 128 с.
9. Titov I. N. Earthworms. M.: LLC «IFC Point of support», 2012. P. 272.
10. Merzlov S. V., Mashkin Y. O. Increase of worm biomass at different concentrations of iron in the substrate. Technology of production and processing of livestock products. 2015. № 1. P. 103-106.
11. Merzlov S. V., Melnichenko O. M., Mashkin Y. O., Bilkevich V. V. Growth of biomass of California worms and accumulation of Cobalt in it at different concentrations of metal in the nutrient medium. WEB OF SCHOLAR. 2017. 5 (14). P. 10-12.
12. Vovkogon A.G., Merzlov S.V. Influence of different sources and doses of iodine on the growth of biomass of a hybrid of red California worms. Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Kyiv, 2014. № 202. P. 286-291.

REFERENCES:

1. Arion O.V., Kupach T.G., Demyanenko S.O. Geography of soils with the basics of soil science: Educational and methodical manual. K., 2017. 226 p.
2. Zhukov O.V., Pylypenko O. F., Kirienko S. M. Fundamentals of soil zoology and bioindication. Part 1. Dnipropetrovsk: DNU, 2002. 90 p.
3. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G. P. and others. Agrochemistry. Textbook / under ed. V.G. Mineeva. M.: VNIA Publishing House D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 p.
4. Gorodniy N. M., Kovalev I. B., Melnik I. A. Vermiculture and its effectiveness: uch. manual. Kyiv, 1990. 40 p.
13. Titov I. N. Vermiculture: processing of organic waste fraction. Solid household waste. 2008. № 8. P. 18-25.
14. Skochko S. A., Nesterenko O.V., Samokhvalova A. I. Investigation of biocenosis of activated sludge at treatment plants. Coll. scientific works Scientific Bulletin of Civil Engineering. Kharkiv, 2018. Volume 92. № 2. P. 274-278
15. Skochko S. A., Nesterenko O. V., Iurchenko V. O. Utilization of organic waste by processing in biogas plants to obtain biofertilizers. Scientific Bulletin of Civil Engineering. Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU, 2016. Issue (2) 84. P. 329-332.

Zastseva V., Nesterenko O., Chernyshenko H., Samokhvalova A. VERMICULTURE, ITS VALUE IN SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND IMPROVING AGRICULTURAL CONDITIONS.

The article discusses theoretical issues related to the analysis of the use compost red earthworms in order to obtain an environmentally friendly fertilizer from various organic substances - biohumus, which contains a full set of macro- and microelements for agricultural plants. The relevance of the chosen topic is primarily due to the fact that the efficient use of resources in agriculture is good for the growth of plants and the productivity of enterprises in agriculture. To solve this issue, the article analyzes the conditions of agriculture in Ukraine, and also suggests their improvement. The introduction of new and development innovative methods to ensure the cultivation and combination of plants

on the basis of scientifically grounded tools formed on the basis of the advanced experience foreign countries is proposed. Methodological approaches to improving working conditions are considered, as well as the development of directions for increasing production activity at the enterprise.

Key words: alternative farming, earthworms, biohumus, mineral fertilizers, vermiculture.

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-228-237

УДК 681.5: 691.3

Сопов В.П., Корсун В.Є., Журавльов Ю.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net; korvik@ukr.net; jurj@ukr.net; orcid.org/0000-0002-1908-0421, orcid.org/0000-0002-9402-5457, orcid.org/0000-0002-4911-8478)

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ

Одним з необхідних технологічних прийомів забезпечення тріщиностійкості масивних бетонних споруд є проведення контролю зміни температури в різних частинах конструкції для своєчасної реєстрації неприпустимих температурних градієнтів і проведення відповідного догляду за бетоном, що твердіє. Розглянуто варіанти побудови автоматизованого програмно-апаратного комплексу вимірювання температури бетону в конструкції, збереження і передачі отриманих даних на віддалений комп'ютер для їх подальшого аналізу і видачі відповідних рекомендацій по догляду в процесі твердіння бетону. Його особливістю є використання серійно випускаються компонентів, гнучкість, масштабованість.

Ключові слова: твердіння бетону, тепловиділення, температурний моніторинг, автоматизована система, датчики температури, розподілена система збору даних.

Вступ. Зростання поверховості будинків і споруд викликає необхідність зведення відповідних масивних монолітних залізобетонних основ і фундаментів. В першу чергу, це відноситься до споруд гідро- і вітроенергетики. Наприклад, для зведення фундаменту під вітровий генератор необхідно укласти близько 1000 м³ бетону. До фундаментів таких споруд пред'являються особливі вимоги щодо забезпечення їх довговічності і надійності, що передбачає застосування певних класів бетону складного складу. Твердіння бетону обумовлено, в основному, екзотермічними процесами гідратації цементу з водою, які викликають нерівномірний розподіл температури за об'ємом, внаслідок диференційованості умов теплообміну в різних частинах конструкції. Наслідком цього є виникнення температурних градієнтів між різними частинами бетонного масиву, які призводять до появи тріщин на поверхні бетону (рис. 1).

Охолодження бетонного масиву відбувається внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем через його поверхні. Внаслідок цього у граней спостерігаються значні температурні градієнти, що призводить до утворення напруг, що розтягують, що створюють умови для розвитку тріщин в бетоні [1-4]. Таким чином, зміна температури бетону за рахунок впливу як зовнішніх, так і внутрішніх факторів може призвести до розтріскування і навіть до руйнування бетонних конструкцій. Сучасні будівельні правила встановлюють цілий ряд обмежень на температуру, швидкість нагріву і охолодження бетону до досягнення необхідної міцності монолітних конструкцій в ході їх виготовлення на будівельному майданчику. Як правило, максимальна внутрішня температура задається як дев'яносто градусів, а градієнт температур не повинен перевищувати 20 оС. Тому актуальним завданням є моніторинг тепловиділення при укладанні і твердінні бетонів [5-7].