

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТИФІКАТОРА  
«БІОПЛАСТ-1» НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ БЕТОНУ**

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF APPLICATION OF  
BIOPLAST-1 PLASTICIZER ON FROST RESISTANCE OF CONCRETE**

**Кислюк Д.Я.** к.т.н., доц. ORCID: 0000-0001-5794-8466, **Самчук В.П.** к.т.н., доц. ORCID: 0000-0001-9045-9525, **Нінічук М.В.**, к.т.н., ст.викл., ORCID: 0000-0001-6018-5615, **Дробишинець С.Я.** к.т.н., доц ORCID: 0000-0002-9060-7716 (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк) **Савенко В. І.** к.т.н., професор ORCID: 0000-0002-1490-6730, (Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ)

**Kyslyuk D.Y.**, Ph.D., associate professor, **Samchuk V.P.**, Ph.D., associate professor, **Ninichuk M.V.** Ph.D., senior lecturer, **Drobyshynets S.Y.** Ph.D., associate professor, (Lutsk National Technical University) **Savenko V.I.** Ph.D., professor, (Kyiv National University of Construction and Architecture)

**Експериментально підтверджена можливість модифікації важкого бетону за рахунок застосування у склад біотехнологічного пластифікатора бетонів «Біопласт-1» на основі екологічно безпечних біополімерів, що приводить до збільшення пластичності цементу та підвищення морозостійкості бетону.**

**Most concrete mixtures are made using plasticizers, which increase their mobility, and ease of filling , reducing energy and labor costs when laying in the formwork of monolithic building structures. Chemical additives are the main regulator of the structure of concrete and its pore space. Based on the general scientific classification of additives, it can be noted that each class of additives contributes to the impact on frost resistance. Plasticizing additives affect the formation of ice in the pores of concrete during freezing and thawing. In the presence of additives, a stable frost-resistant structure of the pore space of concrete is formed with a predominance of micropores and gel pores; the amount of ice during freezing decreases; and ultimate elongation, dynamic modulus of elasticity, and strength of concrete - increase.**

**LLC "Microbioprom" in Lutsk organized the production of biotechnological plasticizer for concrete, cement mortars, and other mortars "Bioplast-1". The plasticizer is made on the basis of ecologically safe biopolymers which form beneficial, safe microorganisms - cellulose type, lignin-pectin type (microfibers), hydrocarbon, protein type (polymer molecules), alkali metals (potassium, sodium), alkaline earth metals (calcium,**

magnesium), phosphorus compounds and other biocomponents. Bioplast-1 is a thick syrupy liquid of dark brown color with a concentration of 50 - 60%, and a density of 1.25 - 1.29 g / cm<sup>3</sup>. It is used to manufacture precast reinforced concrete prestressed and monolithic structures, for operation in non-aggressive and aggressive gas and water environments.

It is established that the use of plasticizer "Bioplast" increases the mobility of the concrete mixture, increases the class of concrete, and can reduce water consumption by up to 13%. The possibility of modification of heavy concrete due to the use of bioplastic plasticizer concrete "Bioplast-1" based on environmentally friendly biopolymers, which helps to increase the density of cement stone, resulting in increased frost resistance of concrete by at least 100 cycles.

**Ключові слова:** пластифікатори, біотехнологічна добавка, морозостійкість plasticizer, biotechnological additive, frost resistance.

Наряду з пластифікуючими комплексними добавками, що є на ринку будівництва з'явилися нові високоефективні суперпластифікатори, що дозволяють забезпечувати необхідні властивості бетонів різного призначення. Разом з тим, випуск таких добавок обмежений, і важливим фактором є висока вартість, що стримує їх широке використання. Пластифікуючі добавки, впливають на льодовиникнення в порах бетону при заморожуванні і відтаванні. При присутності добавок формується стабільна морозостійка структура порового простору бетону з переважанням мікропор і пор гелю, зменшується кількість льоду при заморожуванні, підвищуються гранична розтяжність, динамічний модуль пружності і міцність бетону [1].

ТЗОВ «Мікробіопром» у м. Луцьку організовано виробництво біотехнологічного пластифікатора бетонів, цементних розчинів, інших будівельних розчинів «Біопласт-1». В попередніх роботах досліджено вплив пластифікуючої добавки «Біопласт» на рухливість бетонної суміші та міцність бетонів для виготовлення. Встановлено, що застосування пластифікатора «Біопласт» підвищує рухливість бетонної суміші, сприяє збільшенню класу бетону, може зменшувати витрату води до 13% [2, 3, 4].

В даній роботі було досліджено вплив біотехнологічного пластифікатора «Біопласт-1» на морозостійкість бетону, при випробуванні бетонних сумішей за однакової консистенції.

Для виготовлення бетонних зразків склад бетонної суміші приймався за вагою 1:2,74:4,74. Водоцементне відношення для дослідження добавок, що підвищують морозостійкість, приймають так щоб забезпечити однакову консистенцію з контрольними зразками ОК= 2-4 см. Для всіх зразків використовувався портландцемент з мінеральними домішками ПЦ П/А-Ш-500 марки М500 виробництва ПАТ «Волинь-Цемент» м. Здолбунів. В якості

крупного заповнювача використовувався гранітний щебінь фракції 5 – 20 мм, а дрібного – кварцовий пісок із модулем крупності 1,5 ...1,8.

Дозування біотехнологічного пластифікатора «Біопласт-1» Біопласт-1БЛ, Біопласт-1Б виконувалось згідно з ДСТУ Б В.2.7-175:2008 [5]. При виготовленні бетону додавали пластифікатор концентрацією 0,5% від маси цементу в перерахунку на суху речовину. Виготовлення бетонних сумішей відбувалось за однакової консистенції, при зменшенні водоцементного відношення в бетонній суміші з добавкою Біопласт-1 з В/Ц=0,55 до В/Ц=0,45.

Дослідження морозостійкості бетону з пластифікуючи ми добавками Біопласт-1БЛ та Біопласт-1Б проводилося по стандартній методиці. Згідно нормативних документів ДСТУ Б В.2.7-47-96 [6], ДСТУ Б В.2.7-42-97 [7] та ДСТУ Б В.2.7-171: 2008 [8].

Таблиця 1

Об'єм експериментальних досліджень

Номер серії	Кількість пластифікатора	Вид зразків	Розмір зразків, мм	Кількість зразків	Предмет досліджень
1 <b>КК</b>	0 %	Куби природнього твердіння	100x100x100	6	Кубикова міцність бетону у віці 7, 28 діб
				10	Маса. Кубикова міцність після заморожування/відтавання
2 <b>КБЛ</b>	0,5 %	Куби природнього твердіння	100x100x100	6	Кубикова міцність бетону у віці 7, 28 діб
				10	Маса. Кубикова міцність після заморожування/відтавання
3 <b>КБ</b>	0,5 %	Куби природнього твердіння	100x100x100	6	Кубикова міцність бетону у віці 7, 28 діб
				10	Маса. Кубикова міцність після заморожування/відтавання

У таблиці 1 об'єм експериментальних досліджень представлені дані про серії, кількість однотипних зразків, їх розміри, час витримки після формування.

Дослідження проводились за другим методом визначення морозостійкості. Цей метод дослідження є прискореним. Згідно цього методу середовищем насичення та відтавання для зразків був 5% розчин хлористого натрію. Температура заморожування  $-18\pm 20$  °С.

Зразки випробовувались згідно показника F300. Проведено 75 циклів для встановлення відповідності бетону заданій марці. Після закінчення строку у 28 діб 10 кубиків кожної партії поміщали у ванну насичення. Ванна заповнювалась на 1/3 висоти зразка 5% розчином хлористого натрію. В такому положенні кубики насичувались 24 години. Після проходження цього строку ванну доповнювали розчином хлористого натрію на 2/3 висоти зразка. Після проходження наступних 24 годин ванну заповнили на усю висоту зразка + 30 мм. В такому стані кубики витримувались ще 48 годин. По завершенні цього строку кубики виймали і відстоювали на повітрі 2 години. Після чого кубики вважались попередньо насиченими. З 16 зразків 10 піддаються циклічному заморожуванню/відтаванню. 6 з них є контрольними які випробовують на міцність на лабораторному пресі.

Цикли заморожування/відтавання проходили в такій послідовності:

- Зразки розміщувались в морозильній камері
- Коли морозильна камера набирала  $-18\pm 20$ С встановлювався відлік часу.
- Заморожування в морозильній камері тривало 2,5 години. При цьому необхідно було підтримувати температуру у вказаному діапазоні.
- Кубики поміщали у ванну відтавання з температурою 5% розчину хлористого натрію  $+18\pm 20$ С . Там вони відстоювались 2 години. При чому необхідно було підтримувати температуру розчину у заданому діапазоні.
- Зразки виймали з ванни і відстоювали 2 години.

За таким алгоритмом цикл повторюють 75 разів. 10 зразків, які піддавались циклічному заморожуванню/відтаванню, випробовували на міцність на лабораторному пресі і порівнювали з результатами зразків які одразу після насичення випробовувались на міцність.

Після заданої кількості циклів зразки були оглянуті (зафіксовані наявні дефекти). Було визначено масу та міцність основних і контрольних зразків, за результатами випробувань було визначено втрату маси бетону, зниження міцності на стиск.

Нам необхідно не перевищити задані вище умови, тобто, міцність бетону на стиск не повинна знижуватись більше, ніж на 5 %, а втрата маси зразків не повинна перевищувати 5 %.

Втрату маси  $\Delta m$ , %, було обчислено за формулою:

$$\Delta m = \frac{m_k - m_y}{m_y} \cdot 100\%$$

де  $m_k$  – середнє значення маси шістьох зразків після водонасичення, г;

$m_u$  – середнє значення маси зразків після проходження заданої кількості циклів і дозволення, г;

Густина контрольних кубів становила 2,4 г/см<sup>3</sup>, а бетонних зразків з добавкою Біопласт-1БЛ, Біопласт-1Б 2,4 г/см<sup>3</sup>, 2,4 г/см<sup>3</sup> відповідно. Втрати маси в усіх зразках майже не зафіксовано вона складала 0,2 - 0,3%.

Важливою характеристикою морозостійкості зразків бетону є втрата міцності після обробки "заморожуванням/відтаванням". Значення втрати міцності  $\Delta f$ , %, для різних значень вмісту модифікуючої добавки розраховується за формулою:

$$\Delta f = \frac{f_k - f_u}{f_k} \cdot 100\%$$

де  $f_k$  – середнє значення міцності контрольних зразків у водонасиченому стані, МПа;

$f_u$  – середнє значення міцності зразків після проміжної або заданої кількості циклів, МПа. Результати таких розрахунків приведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Морозостійкість важкого бетону

Найменування добавки	Кількість добавки, % від маси цементу	Межа міцності при стиску, $f_{cm}$ , МПа				Втрата міцності, $\Delta f$ , %		
		До випробування	Кількість циклів			Кількість циклів		
			30	45	75	30	45	75
Без добавки	–	32,67	32,52	32,11	30,99	0,46	1,71	5,14
Біопласт-1БЛ	0,5	37,35	37,31	37,29	38,88	0,11	0,16	-4,10
Біопласт-1Б	0,5	36,15	36,7	36,46	37,61	-1,47	-0,83	-3,91

Втрату міцності оцінювали після 30, 45, 75 циклів "заморожування/відтавання", що відповідає марці за морозостійкості F150, F200, F300.

Міцність бетонних контрольних кубів після кожного контрольного числа циклів випробувань поступово зменшується і на 75 цикл становить 5,6%, що не відповідає заданій марці, Отже, марка контрольних кубів КК за морозостійкості відповідає F200. При застосуванні модифікуючої добавки Біопласт-1 міцність бетонних кубів показала приріст на 4% після 75 циклів "заморожування /відтавання" рис. 1.. Марка бетону за морозостійкості відповідає F300.

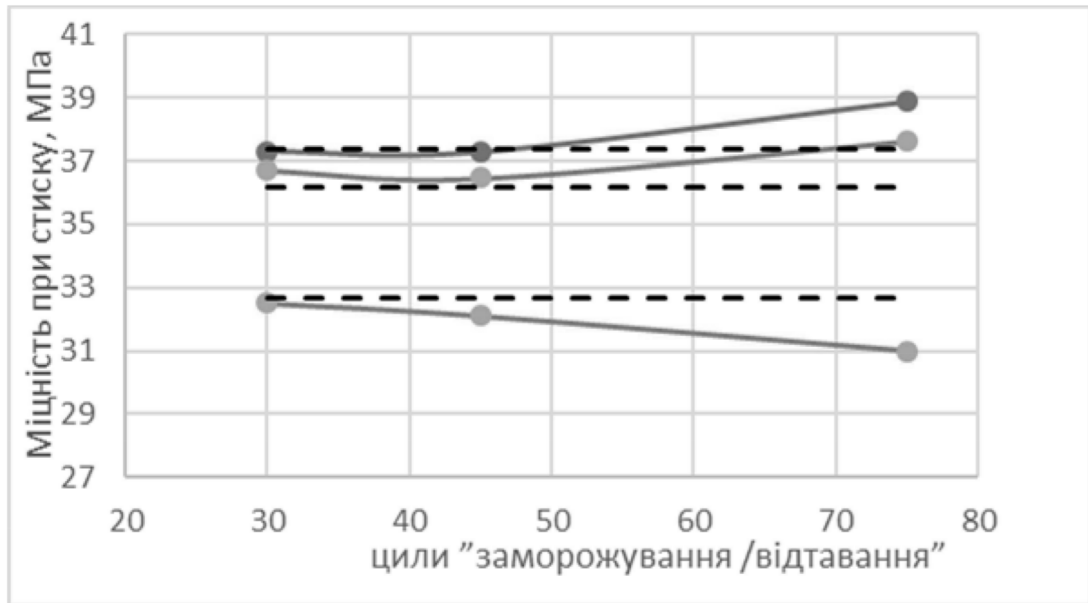


Рис. 1. Зміна міцності після 30, 45, 75 циклів "заморожування / відтавання":

■ – КК; ■ – КБЛ; ■ – КБ; - - -  $f_{cm}$ .

**Висновки.** Біотехнологічний пластифікатор «Біопласт-1» сприяє підвищенню щільності цементного каменю, внаслідок чого підвищується морозостійкість бетону мінімум на 100 циклів.

Експериментально підтверджена можливість модифікації важкого бетону за рахунок застосування у склад біотехнологічного пластифікатора бетонів «Біопласт-1» на основі екологічно безпечних біополімерів, що приводить до збільшення пластичності цементу та підвищення морозостійкості бетону.

1. Баженов Ю. М. Модифицированные высокопрочные бетоны / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. — М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. — 368 с.

Bazhenov Yu. M. Modyfytyrovannyye vysokoprochnyye betony / Yu. M. Bazhenov, V. S. Demianova, V. Y. Kalashnykov. — М. : Yzdatelstvo Assotsyatsyyu stroytelnykh vuzov, 2006. — 368 s.

2. Кислюк Д.Я., Ротко С.В., Канцелярчик О.М., Петричук Р.М. Дослідження впливу застосування пластифікатора Біопласт на властивості бетонної суміші. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць - Луцьк: Луцький НТУ, 2019. – Вип. 11. – С. 31-37.

Kysliuk D.Ia., Rotko S.V., Kantseliarchyk O.M., Petrychuk R.M. Doslidzhennia vplyvu zastosuvannia plastyfikatora Bioplast na vlastyvoli betonnoi sumishi. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb. nauk. prats. Lutsk: Lutskiy NTU, 2019. – Vyp. 11. – S. 31-37.

3. Кислюк Д.Я., Чапук О.С., Самчук В.П., Ротко С.В., Савенко В. І. Дослідження водоредукуючого ефекту бетонної суміші при застосуванні пластифікатора біопласт. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць - Луцьк: Луцький НТУ, 2019. – Вип. 12. – С. 67-73.

. Kysliuk D.Ia., Chapiuk O.S., Samchuk V.P., Rotko S.V., Savenko V. I. Doslidzhennia vodoredukuiuchoho efektu betonnoi sumishi pry zastosuvanni plastyfikatora bioplast. Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb. nauk. prats Lutsk: Lutskiy NTU, 2019. – Vyp. 12. – S. 67-73.

4. Кислюк Д. Я., Самчук В. П., Чапюк О. С., Дробишинець С. Я., Савенко В. І. Міцність бетону при використанні пластифікатора «Біопласт-1» // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць –Луцьк: ЛНТУ, 2021. Вип. №16. – С. 68-74.

Kysliuk D. Ya., Samchuk V. P., Chapiuk O. S., Drobyshynets S. Ya., Savenko V. I. Mitsnist betonu pry vykorystanni plastyfikatora «Bioplast-1» // Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb. nauk. prats –Lutsk: LNTU, 2021. Vyp. №16. – S. 68-74.

5. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 Будівельні матеріали. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010

DSTU-N B V.2.7-175:2008 Budivelni materialy. Nastanova shchodo zastosuvannia khimichnykh dobavok u betonakh i budivelnykh rozchynakh – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010

6. ДСТУ Б В.2.7-47-96 Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги (ГОСТ 10060.0-95) – Київ: НДІЗБ, 1996

DSTU B V.2.7-47-96 Betony. Metody vyznachennia morozostiikosti. Zahalni vymohy (HOST 10060.0-95) – Kyiv: NDIZB, 1996

7. ДСТУ Б В.2.7-42-97 Будівельні матеріали Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Держкоммістобудування України – Київ: 1997

DSTU B V.2.7-42-97 Budivelni materialy Metody vyznachennia vodopohlynannia, hustyny i morozostiikosti budivelnykh materialiv i vyrobiv. Derzhkommistobuduvannia Ukrainy – Kyiv: 1997

8. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ) – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.

DSTU B V.2.7-171:2008 Budivelni materialy. Dobavky dlia betoniv i budivelnykh rozchyniv. Zahalni tekhnichni umovy (EN 934-2:2008, NEQ) – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2010.