

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ SELENIZZA НА  
ВЛАСТИВОСТІ ДОРОЖНЬОГО БІТУМУ**

**STUDY OF THE INFLUENCE OF THE SELENIZZA ADDITIVE ON  
THE PROPERTIES OF ROAD BITUMEN**

**Пиріг Я.І., к.т.н., с.н.с. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)**

**Pyrig Y.I., Ph.D. in Engineering, S. Researcher (Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv)**

*У статті розглянуто вплив природнього бітуму Selenizza на властивості дорожнього бітуму. Встановлено, що введення у вихідний бітум до 20% добавки Selenizza призводить до його модифікації, що проявляється у зменшенні пенетрації, збільшенні температури розм'якшеності та підвищенні зчеплюваності, при цьому температурна чутливість залишається на рівні вихідного бітуму.*

*Natural bitumen is one of the oldest road construction materials. Currently, this material is used exclusively as an additive (modifier) introduced into petroleum bitumen to change its specific properties. Selenizza SLN 120 is one of the common natural bitumens used in various countries around the world. The aim of this study is to investigate the effect of adding Selenizza SLN 120 on the properties of road bitumen. To achieve this goal, binders with different concentrations of natural bitumen were produced, and the full range of their standard quality indicators was determined, with a focus on adhesive properties and changes in their quality indicators after aging by various methods. According to the experimentally obtained data, the addition of Selenizza SLN 120 to the initial bitumen is predicted to result in its modification, which manifests itself in a decrease in penetration at a temperature of 25°C, an increase in softening point temperature, an increase in brittle point temperature, and a decrease in ductility at 25°C. It has been established that with an increase in the amount of Selenizza SLN 120 in the initial bitumen, the temperature sensitivity of the binders remains almost unchanged, as evidenced by practically equal penetration index values in all binders. The modification of the original bitumen with natural bitumen Selenizza SLN 120 leads to a significant improvement of the adhesion of bitumen to glass surfaces - increasing the concentration of natural bitumen to 20% increases the adhesion index by 3.08 times. The results of the changes in the properties of bitumen binders modified with natural bitumen after aging are quite contradictory. On the one hand, an increase in the concentration of natural bitumen leads to an increase in residual penetration values, which may indicate*

*less aging of the binder. On the other hand, an increase in the change in the softening point temperature, an increase in the brittle point temperature, and a decrease in adhesion indicate more intense aging of the modified binders compared to the initial bitumen. It has been established that more intensive aging is observed during the aging of binders by the RTFOT method, that is, the intensive contact of the entire volume of the binder with oxygen is a more significant factor than prolonged exposure to high process temperatures.*

*Ключові слова: в'язкий бітум, природний бітум, пенетрація, температура розм'якшеності, зчеплюваність, старіння.*

*Keywords: viscous bitumen, natural bitumen, penetration, softening point, adhesion, ageing.*

**Вступ.** Природний бітум є одним із найдавніших будівельних матеріалів, адже перші згадки про його застосування відносяться до 7500 р.р. до н.е. [1, 2]. Знайдені при розкопках виробу з природнього бітуму та чисельні згадки у літературних джерелах, що дійшли до наших часів, свідчать про широку сферу застосування цього матеріалу: в медичній практиці в якості складової ліків; як дезінфікуючий засіб та інсектицид; як клеюча речовина для скріплення різних побутових речей та частин художніх творів; в якості гідроізолюючого матеріалу (обробка човнів, глиняних глечиків, дерев'яних стовпів, складських приміщень тощо); як будівельний матеріал під час будівництва палаців, храмів, зіккуратів, терас; як дорожньо-будівельний матеріал для влаштування доріг.

Сучасний етап застосування природнього асфальту починається з XVIII - IX століттях, коли були відкриті численні поклади цього матеріалу в Америці (острів Тринідад, Куба, Мексика) та Європі (на території Швейцарії, Франції, Німеччини, Італії та інших країн) [3]. Саме на той час відноситься й початок промислового видобування природнього бітуму в одному з найдавніших родовищ Європи, що розташоване в Селениці (Албанія) на узбережжі Адріатичного моря (видобуток природнього бітуму з цього родовища розпочато ще в часи Римської імперії, але пізніше родовище було покинуто аж до 1868 р., коли було зроблено перше його геологічне дослідження). Розвідані запаси природнього бітуму оцінюються у 2 млн. т, а щорічний видобуток становить близько 20 тис. т [4].

Інтенсивний розвиток промисловості, поступове вдосконалення гужових транспортних засобів та поява автомобільного транспорту

привели в XIX століття до появи необхідності у вдосконаленні дорожнього будівництва та використання міцніших дорожніх одягів. Саме тоді значного поширення набуває застосування природнього бітуму в країнах Європи та США в якості в'язучого матеріалу для улаштування дорожніх покриттів. Але вже на початку XX століття у багатьох країнах світу на заміну асфальтовим дорожнім покриттям, влаштованим із природнього асфальту, приходять асфальтобетонні покриття, укладені з сумішей, приготованих на нафтовому бітумі. Завдяки меншій вартості та можливості виготовляти асфальтобетонні суміші різного гранулометричного складу з використання бітумів різних марок, асфальтобетонні покриття на нафтових бітумах практично витіснили з ринку дорожніх матеріалів природній бітум. У даний час природні бітуми використовуються головним чином як добавки (модифікатори), що вводяться у нафтовий бітум з метою зміни його певних властивостей.

**Аналіз публікацій.** Згідно з [5] природній бітум Selenizza за хімічним складом може бути віднесений до асфальтитів, а властивості бітумів з добавкою цього природнього бітуму та асфальтобетонів, виготовлених на таких бітумних в'язучих, близькі за властивостями до бітумів та асфальтобетонів з добавкою природнього бітуму Trinidad Epuré.

Згідно з даними виробника та розповсюджувача, добавка Selenizza SLN 120 характеризується показниками якості, що наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Властивості добавки Selenizza SLN 120

Перелік показників якості	Значення
Пенетрація за температури 25 °С, 0,1 мм	0 – 1
Температура розм'якшеності, °С	115 – 120
Розчинність, % за вагою	83 – 85
Індекс кислотності (мг КОН/г)	3,5
Щільність за температури 25°С (г/мл)	1,16- 1,25
Вміст асфальтенів, % за вагою	> 50
Зміна маси після прогрівання за 163 °С впродовж 5 год, %	0,08

Природній бітум Selenizza широко застосовується у дорожніх галузях різних країн світу в якості модифікатора, при цьому він може вводитися як у нафтовий в'язкий бітум, так і безпосередньо в асфальтобетонну суміш під час її приготування на заводі.

У [6] наведені дані дослідження впливу природнього бітуму в кількості від 5% до 25% з кроком у 5% на властивості нафтових бітумів та асфальтобетонів. Авторами встановлено, що додавання різної кількості Selenizza призводить до покращення властивостей бітумів та асфальтобетонів за високих експлуатаційних температур, але знижує їх низькотемпературні властивості. При збільшенні концентрації добавки природнього бітуму значно покращується колієстійкість асфальтобетону, його водостійкість та показники втомленості. Встановлено, що оптимальна концентрація природнього бітуму становить 15%, а рекомендованими для виробництва є концентрації в 10 – 20%.

У [7] стверджується, що зі збільшенням кількості в бітумі добавки Selenizza зменшується старіння в'язучого, а за рівних значень пенетрації бітуму без добавки Selenizza та з цією добавкою, старіння в'язучого до складу якого входить природній бітум є меншим. Крім цього, автори наводять дані, згідно яких мальтенова фаза бітуму з додаванням природнього бітуму починає розм'якшуватися за нижчих температур, за рахунок чого забезпечується краща зручноукладальність асфальтобетонних сумішей.

Однією із поширених сфер застосування природніх бітумів, в тому числі й Selenizza, є влаштування асфальтобетонних покриттів із високими модулями жорсткості (HiMA - High Modulus Asphalt). Зазвичай, для приготування таких асфальтобетонів використовуються спеціальні тверді бітуми або високомодифіковані бітумополімерні в'язучі. Експериментальні дані, наведені в дослідженні [8], свідчать про те, що за рахунок застосування природнього бітуму Selenizza, асфальтобетони HiMA мають нижчу температуру розтріскування, ніж ці ж асфальтобетони, але виготовлені на твердих бітумах із близькою пенетрацією, а також характеризуються більшою пластичністю за низьких температур та вищою міцністю на розтяг у широкому температурному діапазоні.

В Україні дослідження властивостей різних природніх бітумів здійснювались в ДП ДерждорНДІ, а безпосередньо добавки Selenizza SLN 120 представниками компанії ТОВ «НВП» ДОРТЕК», яка є офіційним дистриб'ютором Selenizza SLN в Україні [9-11]. На основі отриманих даних підтверджено, що природні бітуми можуть використовуватися в якості модифікаторів дорожніх бітумів, при цьому може мати місце економічний ефект за рахунок зменшення кількості дорожніх в'язких бітумів. Наведені дані виробничого застосування природнього бітуму

Selenizza SLN підтверджують ефективність цієї добавки.

**Мета і задача дослідження.** Метою представленої роботи є дослідження впливу природного бітуму Selenizza на властивості дорожнього в'язкого бітуму. Для досягнення поставленої мети здійснено виготовлення бітумних в'язучих із різною концентрацією природного бітуму та визначено весь комплекс стандартних показників якості з акцентуванням особливої уваги на адгезійних властивостях в'язучих та зміні їх показників якості після старіння різними методами.

**Методи та об'єкти дослідження.** Для проведення дослідження було прийнято вихідний бітум БНД 70/100 виробництва Мозирського нафтопереробного заводу, властивості якого відповідали вимогам ДСТУ 4044 [12]. В якості модифікатора використовувався природний бітум Selenizza SLN 120, що вводився у вихідний в'язкий дорожній бітум в кількості 5%, 10% та 20%.

Приготування модифікованих бітумних в'язучих здійснювалось шляхом суміщення вихідного бітуму з добавкою Selenizza SLN 120 в лабораторній мішалці при швидкості  $\approx 1000$  об/хв за температури 160 – 165 °С впродовж 15 хв.

Якість отриманих бітумних в'язучих була перевірена на відповідність вимогам [12]. Для всіх в'язучих була визначена зчеплюваність з поверхнею скла за методикою, наведеною в [13]. Крім цього, здійснена перевірка зміни властивостей, прийнятих у роботі в'язучих після старіння за методом, наведеним у [14] та методом RTFOT [15].

**Результати дослідження.** Стандартні показники якості бітумів, модифікованих різною концентрацією природного бітуму Selenizza SLN 120, наведені в табл. 2.

Згідно з експериментально отриманими даними, введення у вихідний бітум добавки Selenizza SLN 120 прогнозовано призводить до його модифікації, що проявляється у:

- зниженні пенетрації за температури 25°C в 1,11 рази, в 1,48 рази та 2,34 рази відповідно за 5%, 10% та 20% добавки природного бітуму, при цьому за концентрації добавки в 5% та 10% бітум знаходиться ще в межах марки вихідного бітуму (БНД 70/100), а введення 20% Selenizza SLN 120 призводить до переходу бітуму в марку БНД 35/50;

- підвищенні температури розм'якшеності на 1,5°C, 3,9°C та 9,4°C відповідно за 5%, 10% та 20% добавки природного бітуму, при цьому фактичні значення температури розм'якшеності всіх в'язучих з врахуванням значення відтворюваності відповідають вимогам, наведеним

у [12];

- підвищенні температури крихкості, при цьому за концентрацією природнього бітуму до 10% зміна температури крихкості знаходиться в межах похибки (не перевищує 1°C), а при збільшенні концентрації добавки до 20% температура крихкості значно підвищується, але при цьому значення температури крихкості всіх в'язучих з урахуванням відтворюваності відповідають вимогам, наведеним у [12];

- значному зниженні розтяжності за температури 25°C, особливо коли концентрація природнього бітуму перевищує 5%.

Таблиця 2

Властивості бітумних в'язучих

Перелік показників якості	Значення для бітуму БНД 70/100			
	без добавки	з Selenizza SLN 120		
		5 %	10 %	20 %
Пенетрація за 25°C, 0,1 мм	89	80	60	38
Температура розм'якшеності (Т <sub>р</sub> ), °C	48,9	50,4	52,8	58,3
Температура крихкості, °C	-17	-17	-16	-11,5
Розтяжність за 25°C, см	84,8	78,4	36,6	14,2
Індекс пенетрації, визначений за Т <sub>р</sub>	0,01	0,10	-0,08	0,04
Еквіпенетраційна температура (Т <sub>800</sub> ), °C	45,5	47	49,5	55,5
Індекс пенетрації, визначений за Т <sub>800</sub>	-0,99	-0,84	-0,90	-0,54
Зчеплюваність з поверхнею скла, %	8,9	15,5	25,0	27,4

Цікавими є результати впливу природнього бітуму на температурну чутливість в'язучого. Зі збільшенням кількості Selenizza SLN 120 у вихідному бітумі температурна чутливість в'язучих залишається майже без зміни, про що свідчать практично рівні значення індексів пенетрації у всіх в'язучих.

Модифікування в'язучого природнім бітумом Selenizza SLN 120 призводить до суттєвого покращення зчеплюваності бітуму з поверхнею скла (рис. 1). Так, при збільшенні концентрації природнього бітуму до 20% показник зчеплюваності збільшується у 3,08 рази. Найбільша зміна зчеплюваності (в 1,74 рази) спостерігається вже при введенні у вихідний бітум 5% добавки, а з подальшим збільшенням концентрації природнього бітуму темп зростання зчеплюваності зменшується. Також зі збільшенням концентрації природнього бітуму зменшується швидкість зміни показника зчеплюваності з часом (особливо в початковий період випробування), що може опосередковано характеризувати нижчу зміну водостійкості

асфальтобетону, виготовленого на цьому в'язучому, з часом експлуатації дорожнього покриття.

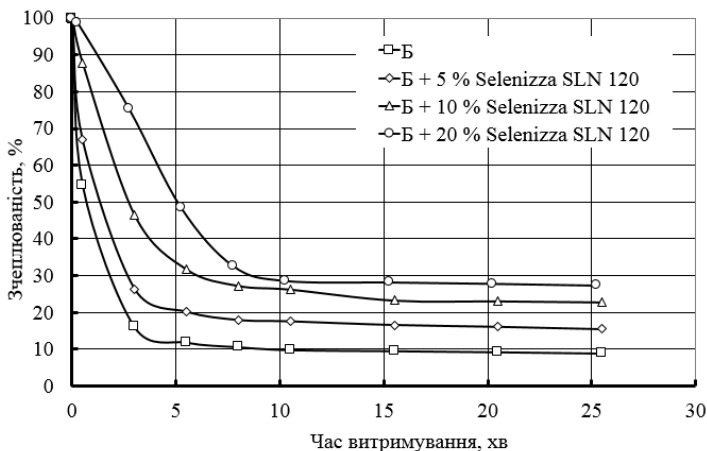


Рисунок 1. Залежність зчеплюваності в'язучих від часу випробування

Результати зміни властивостей бітумних в'язучих, модифікованих природнім бітумом, після старіння за двома методами, що наведені в табл. 3, є доволі суперечливими. Якщо оцінювати за значеннями залишкової пенетрації, то зі збільшенням концентрації добавки зменшується чутливість до старіння, що підтверджується даними інших дослідників (наприклад, у [7]), при цьому тривале витримування в'язучого за високої температури (старіння методом, наведеним у [14]) призводить до дещо більшого старіння, ніж короткострокове витримування з інтенсивним впливом повітря (старіння методом RTFOT).

У той же час, при оцінюванні за показниками зміни температури розм'якшеності та зчеплюваності, спостерігається інтенсивна зміна цих показників, особливо якщо у вихідний бітум додається більше 10 % природнього бітуму (при цьому значення показника зміни температури розм'якшеності відповідає нормам [12] навіть при введенні 20% добавки).

При порівнянні результатів старіння за двома методами більш інтенсивна зміна цих показників спостерігається під час старіння за методом RTFOT – зміна температури розм'якшеності є більшою на 1,2 – 1,3 °С, а значення показника зчеплюваності з поверхнею скла є меншою в середньому на 11%. Тим не менше, навіть після старіння в'язучих різними методами, зчеплюваність бітумів з добавкою Selenizza SLN 120 є вищою, ніж у вихідного бітуму, особливо у в'язучих з великою концентрацією добавки природнього бітуму.

Таблиця 3

Зміна властивостей бітумів з природнім бітумом після старіння

Перелік показників якості	Значення для бітуму БНД 70/100			
	без добавки	з Selenizza SLN 120		
		5 %	10 %	20 %
старіння за методикою, наведеною в ГОСТ 18180				
Залишкова пенетрація, %	67,4	70,0	71,7	73,7
Зміна температури розм'якшеності, °С	2,4	3,9	4,1	5,1
Температура крихкості, °С	-16,0	-14,0	-13,0	-9,0
Індекс пенетрації, визначений за $T_{800}$	0,66	0,91	0,85	0,81
Зчеплюваність із поверхнею скла, %	7,6	13,3	22,8	25,6
старіння за RTFOT				
Залишкова пенетрація, %	67,4	68,8	78,3	78,9
Зміна температури розм'якшеності, °С	2,7	2,9	5,5	6,4
Температура крихкості, °С	-16,0	-15,0	-12,5	-11,5
Індекс пенетрації, визначений за $T_{800}$	-0,78	0,54	1,36	1,99
Зчеплюваність із поверхнею скла, %	8,6	11,3	11,7	14,9

Ймовірно, такі тенденції можливо пояснити різними процесами, що відбуваються під час старіння бітумних в'язучих, за різними методиками, підтвердженням чого є значна різниця у температурній чутливості зістарених в'язучих. У той час, як після старіння за методом, наведеним у [14], індекс пенетрації усіх в'язучих є близьким, після старіння за методом RTFOT спостерігається чітка тенденція до переходу в'язучих від типу «золь» до типу «гель» зі збільшенням концентрації добавки.

**Висновки.** Добавка Selenizza SLN 120 може використовуватися як модифікатор дорожніх в'язких бітумів, застосування якої призводить до зміни властивостей в'язучого, що проявляється у зменшенні пенетрації та збільшенні температури розм'якшеності. Негативним фактором застосування природніх бітумів є підвищення температури крихкості та зниження розтяжності бітуму за 25°C. До переваг використання добавки Selenizza SLN 120 можна віднести збільшення показника зчеплюваності бітумного в'язучого. Встановлено, що модифікування бітуму добавкою Selenizza SLN 120 призводить до дещо більш інтенсивного старіння в'язучого, особливо, якщо цей процес супроводжується інтенсивним повітрообміном.

#### References

1. Forbes R. J. Bitumen and petroleum in antiquity. Brill Archive, 1936. 112 p.
2. Connan J. Use and trade of bitumen in antiquity and prehistory: molecular archaeology reveals secrets of past civilizations. *Philosophical Transactions of the Royal*



*Society B: Biological Sciences*, 1999. 354 (1379), P. 33–50.

3. Spornui Y. Asphalt y bytumu y tekhnicheskoe ykh pryomenenye. Sankt-Peterburh: Typohrafiya B.H. Yanpolskoho. 1878. 278 s.

4. Giavarin Carlo La nuova Albania e l'asfalto di Selenizza. *Rassegna del bitume*. 2010. № 65. P. 29-34.

5. Bilski M. Natural asphalts—properties and use. *Archives of Institute of Civil Engineering*. 2018. T. 27. P. 25-36.

6. Hu C., Mai Y., Cannone Falchetto A., Tartari E. Experimental investigation on the use of selenice natural bitumen as an additive for pavement materials. *Materials*. 2021. T. 14. №. 4. P. 1-35.

7. Tartari E. The natural bitumen additive Selenizza® SLN: A promising alternative for producing high-performance asphalt mixes. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences*. 2021. 7(2). P. 34-43.

8. Themeli A., Chailleux E., Chazallon C., Bueche N. Low temperature behavior of asphaltite modified binders and asphalt concretes. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements. Mairepav 9. 2020. P. 553-564.

9. Kishchynskiy S.V., Kyrychenko L.F., Kopynets I.V. Vplyv pryrodnykh bitumiv na vlastyvoli bitumiv ta asfaltobetoniv. *Dorohy i mosty*. 2010. №. 12. S. 63-73.

10. Hameliak I., Reneiska S. Application of natural bitumen in highway and airfield construction in Ukraine. *Automobile Roads and Road Construction*. 2015. №. 94. P. 19-33.

11. Gameliak I.P., Palieshev O.S., Reneiska S.V. Efficiency of using bitumen and asphalt concrete modifiers in repair of trunk roads. *Automobile Roads and Road Construction*. 2020. Вип. 108. С. 12-21.

12. DSTU 4044:2019. Bitumy naftovi dorozhni v'yazki. Texnichni umovy. [Chynnyj vid 2020-05-01]. Vyd. oficz. Kyiv: Derzhstandart Ukrayiny, 2019. 15 s.

13. DSTU 9169:2021. Bitum ta bitumni v'jazhuchi. Vyznachennia zchepliuvanosti z mineralnym materialom. [Chynnyi vid 2022-01-08]. Vyd. ofits. Kyiv: UkrNDNTs, 2021. 12 s.

14. GOST 18180-72 Bitumy neftjanye. Metod opredelenija izmenenija massy posle progrevu [Petroleum bitumens. Method for determination of mass change after heating]. Not valid. M.: Mezghosudarstvennyj Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii. 1972. 4 p.

15. Bitum ta bitumni v'jazhuchi. Vyznachennja oporu do tverdinnja pid vplyvom teploty ta povitrya. Chastyna 1. Metod RTFOT [Bitumen and bituminous binders - Deterination of the resistance to hardening under influence of heat and air - Part 1: RTFOT method]. (2016). DSTU B EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT) from 1<sup>st</sup> July 2016. Kyiv: Minregion Ukrainy. 23 p.

## Література

1. Forbes R. J. Bitumen and petroleum in antiquity. Brill Archive, 1936. 112 p.
2. Connan J. Use and trade of bitumen in antiquity and prehistory: molecular archaeology reveals secrets of past civilizations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1999. 354(1379). P. 33-50.
3. Спорный И. Асфальт и битумы и техническое их применение. Санкт-Петербург: Типография Б.Г. Янпольского. 1878. 278 с.
4. Giavarin Carlo La nuova Albania e l'asfalto di Selenizza. *Rassegna del bitume*. 2010. № 65. P. 29-34.
5. Bilski M. Natural asphalts – properties and use. *Archives of Institute of Civil Engineering*. 2018. Т. 27. P. 25-36.
6. Hu C., Mai Y., Cannone Falchetto A., Tartari E. Experimental investigation on the use of selenice natural bitumen as an additive for pavement materials. *Materials*. 2021. Т. 14. №. 4. P. 1-35.
7. Tartari E. The natural bitumen additive Selenizza® SLN: A promising alternative for producing high-performance asphalt mixes. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences*. 2021. 7(2). P. 34-43.
8. Themeli A., Chailleux E., Chazallon C., Bueche N. Low temperature behavior of asphaltite modified binders and asphalt concretes. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements. Mairepav 9. 2020. P. 553-564.
9. Кишинський С.В., Кириченко Л.Ф., Копинець І.В. Вплив природних бітумів на властивості бітумів та асфальтобетонів. *Дороги і мости*. 2010. №. 12. С. 63-73.
10. Hameliak I., Reneiska S. Application of natural bitumen in highway and airfield construction in Ukraine. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2015. №. 94. P. 19-33.
11. Gameliak I.P., Palieshev O.S., Reneiska S.V. Efficiency of using bitumen and asphalt concrete modifiers in repair of trunk roads. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2020. Вип. 108. С. 12-21.
12. ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. [Чинний від 2020-05-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2019. 15 с.
13. ДСТУ 9169:2021. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення зчеплюваності з мінеральним матеріалом. [Чинний від 2022-01-08]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2021. 12 с.
14. ГОСТ 18180-72. Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева [Не действует]. М.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 1972. 4 с.
15. ДСТУ Б EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT). Бітум та бітумні в'язучі. Визначення опору до твердіння під впливом теплоти та повітря. Частина 1. Метод RTFOT. [Чинний з 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України. 2016. 23 с.