

В.В. Данильчук, О.Д. Дятлов

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВАПНЯНО-КРЕМНЕЗЕМИСТИХ ПОРІД ПРИДНІСТРОВ'Я – СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведені результати експериментальних досліджень хімічного складу, гідравлічного, силікатного (кремнеземного), глиноземного (алюмінатного) модулів карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я – сировини для виробництва будівельних матеріалів. Залежно від хімічного складу названих порід виконана їх класифікація.

Силікатні вироби характеризуються порівняно низькою собівартістю, на будівництво і організацію їх виробництва потрібно значно менше затрат порівняно із залізобетонними, оскільки виготовляють їх, в основному, із широко поширених вихідних матеріалів – вапна, піску, зол, шлаків, шламів.

Широко відоме автоклавне в'язуче для силікатних бетонів на основі тонкопомеленої суміші вапна і піску в певних співвідношеннях. Кремнеземистим компонентом названого в'язучого є звичайний кварцовий пісок, кількість якого становить від 10 % до 30 %.

Дослідженнями П.П. Бутникова, О.В. Волженського, Ю.М. Бутта, П.І. Боженова, О.В. Саталкіна, С.А. Кржемінського та інших.

Встановлено, що для одержання одних і тих же цементуючих новоутворень можуть бути використані в ролі кремнеземистого компонента різні вихідні матеріали – шлаки, золи, шлами і деякі гірські породи.

Хімічний склад карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я визначався за індивідуальними, груповими, технологічними і заводськими пробами. Всього вивчено більше 100 проб карбонатно-кремнеземистих порід дев'яти родовищ Придністров'я: Немийського-1, Немийського-2, Ізраїловського, Сулятицького, Вронницького, Озаринецької, Лисої, Шаргородської та Довгої гір (табл. 1).

Досліджені карбонатно-кремнеземисті породи характеризуються значною непостійністю хімічного складу в межах родовища. Вміст окису кальцію в названих породах коливається в межах від 26,14 % до 41,37 %, окису кремнію – від 22,48 % до 46,45 %. Крім окису кальцію і окису кремнію, карбонатно-кремнеземисті породи Придністров'я вміщують окис алюмінію (1,03–3,13 %), окис заліза (0,01–0,61 %), закис заліза (0,13–0,45 %).

Результати хімічного аналізу показують, що більшість карбонатно-кремнеземистих порід родовищ Придністров'я вміщують 30–40 % окису кальцію та 30–40 % окису кремнію, що дає можливість використовувати їх для виробництва в'язучих речовин.

Важливими технологічними характеристиками карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я як сировини для виробництва в'язучих речовин є числові значення модулів: гідравлічного, силікатного і глиноземистого. Поряд з процентним вмістом окремих окислів в породах, вказаних в табл. 1, відношення між ними наведені в табл. 2. Величина гідравлічного модуля, яка визначається відношенням кількостей основних і кислотних окислів, змінюється в карбонатно-кремнеземистих породах Придністров'я в межах від 0,69 до 1,64, а в деяких випадках – від 0,1 до 9,0.

Різновидності карбонатно-кремнеземистих порід, які мають гідравлічний модуль 1,42–1,64 (табл. 2), при незначному корегуванні складу сировини можуть бути використані для виробництва білого портландцементу. Із такого виду сировини в лабораторії кафедри будівельних матеріалів Київського інженерно-будівельного інституту одержано білий портландцемент марок 300 і 400 в результаті випалу його при температурі 1350–1400° С і різкого охолодження розжареного клінкера водою.

Величина гідравлічного модуля сировини для виробництва роман-цементу згідно ГОСТ 2542–84 "Роман-цемент" і ГОСТ 310–84 "Цементи", "Методы физических и механических испытаний" дорівнює 1,1–1,7.

Сировиною для виробництва роман-цементу служать мергелі з вмістом глинистих і кремнеземистих домішок в межах від 25 % до 30 %. Проведеними дослідженнями встановлено, що карбонатно-кремнеземисті породи, які вміщують 67–75 % карбонату кальцію і 25–30 % кремнезему, глинистих і залізовміщуючих мінералів, гідравлічний модуль у яких дорівнює 1,1–1,64, можуть бути використані як сировина для виробництва роман-цементу. Випал цієї різновидності карбонатно-кремнеземистих порід виконувався при температурі 900–1000° С. Випробування одержаного роман-цементу виконані відповідно до вимог державних стандартів, в результаті чого отримані три марки даного цементу 25, 50 і 100.

Таблиця 1

Хімічний склад карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я

№ п/п	Окис ли	Родовища									
		Немійське-1	Немійське-2	Озаринецька гора	Лиса гора	Шаргородська гора	Сулятицьке	Ізраїловське	Бронницьке	Довга гора	
1	SiO ₂	24,11-46,45	25,06-34,95	30,77-41,50	22,48-26,47	24,03-32,57	29,44-34,26	29,15-32,45	31,81-43,09	34,32-38,64	
2	TiO ₂	0,02-0,09	0,02-0,05	0,01-0,14	0,01-0,03	0,01-0,03	0,01-0,02	0,02-0,06	0,02-0,03	0,02-0,05	
3	Al ₂ O ₃	1,83-3,13	1,65-2,10	2,01-2,24	1,03-2,25	1,64-2,01	2,08-2,27	2,30-2,46	1,52-2,46	2,12-2,38	
4	Fe ₂ O ₃	0,20-0,44	0,20-0,26	0,31-0,61	0,01-0,45	0,06-0,27	0,04-0,18	0,06-0,23	0,05-0,09	0,31-0,37	
5	FeO	0,18-0,40	0,18-0,36	0,18-0,27	0,29-0,45	0,13-0,27	0,31-0,36	0,36-0,45	0,31-0,40	0,18-0,42	
6	MnO	0,02-0,03	0,02-0,03	0,01-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03	0,02-0,03	0,01-0,03	
7	MgO	0,49-1,08	0,49-0,85	0,49-0,98	0,29-0,75	0,59-0,88	0,59-0,78	0,59-0,78	0,59-0,68	0,54-0,69	
8	CaO	26,14-39,07	33,76-39,34	28,99-35,11	38,45-41,37	34,30-39,27	33,21-36,21	34,17-35,93	28,31-31,44	30,22-33,72	
9	Na ₂ O	0,22-0,45	0,22-0,30	0,23-0,31	0,27-0,29	0,27-0,40	0,27-0,29	0,27-0,32	0,23-0,29	0,22-0,42	
10	K ₂ O	0,25-0,41	0,33-0,25	0,22-0,25	0,11-0,44	0,28-0,42	0,31-0,33	0,33-0,44	0,21-0,33	0,22-0,28	
11	P ₂ O ₅	0,03-0,29	0,04-0,63	0,07-0,10	0,09-0,20	0,08-0,17	0,10-0,13	0,07-0,11	0,07-0,10	0,04-0,10	
12	SO ₃	0,02-0,43	0,03-0,06	0,05-0,06	0,05-0,08	0,03-0,04	0,03-0,05	0,04-0,05	0,02-0,05	0,02-0,08	
13	H ₂ O	0,50-2,23	0,86-1,13	1,37-1,60	0,74-1,46	1,10-1,49	1,35-1,41	1,33-1,55	1,45-1,62	1,36-1,54	
14	П.п.п.	21,80-32,02	27,32-31,07	23,79-28,53	30,88-32,77	27,84-31,75	27,16-28,98	27,56-28,90	23,27-25,38	25,10-26,90	
15	Сума	99,65-100,64	100,14-100,34	99,80-100,06	99,52-100,16	100,28-100,46	99,84-100,34	100,05-100,23	99,57-100,40	99,75-100,53	

Таблиця 2

Основні характеристики карбонатно-кремнеземних порід Придністров'я
як сировини для виробництва в'язучих речовин

№ п/п	Родовища	Гідралічний модуль	Силікатний (кремнеземистий) модуль	Глиноземистий (алюмінатний) модуль
1	Немийське-1	0,78–1,00	11,9–13,0	7,1–9,1
2	Немийське-2	1,07–1,26	13,5–18,3	6,4–8,2
3	Озаринська гора	0,79–0,88	13,3–14,5	3,7–6,5
4	Лиса гора	1,42–1,64	9,8–22,1	5,0–10,3
5	Шаргородська гора	1,13–1,33	14,1–14,3	7,5–27,3
6	Сулятицьке	0,96–1,05	13,9–14,0	12,6–52,0
7	Ізраїловське	1,02–1,08	12,1–12,4	10,7–38,3
8	Броницьке	0,69–0,72	16,9–24,1	27,3–30,4
9	Довга гора	0,81–0,82	14,0–14,1	6,4–6,8

Сировиною для виробництва гідралічного вапна служать мергелісті вапняки, тобто вапняки, які містять від 6 % до 25 % глинистих речовин, що надає продукту, отриманому в результаті випалу, гідралічні властивості. Крім мергелістих вапняків, для одержання гідралічного вапна, використовуються окремілі вапняки, які відрізняються великим вмістом тонкодисперсного кремнезему і порівняно невеликим вмістом глинозему і окису заліза. Карбонатно-кремнеземисті породи Придністров'я, які містять 75–94 % карбонату кальцію та 6–25 % тонкодисперсного кремнезему (опалу), глинезему і залізовміщуючих мінералів, можуть служити цінною сировиною для виробництва гідралічного вапна, що підтвердили проведені дослідження.

В залежності від величини гідралічного модуля гідралічне вапно поділяється на слабогідралічне (модуль 4,5–9,0), гідралічне (модуль 4,5–9,0) і сильногідралічне (модуль 1,7–4,5). Деякі різновидності карбонатно-кремнеземистих порід, гідралічний модуль у яких дорівнює 1,7–4,5, можуть бути використані для одержання сильногідралічного вапна. Ці породи вміщують 42–50 % окису кальцію та 11–25 % кислотних окислів. Для виробництва слабогідралічного вапна (гідралічний модуль 4,5–9,0) можуть бути використані різновидності карбонатно-кремнеземистих порід, які містять 50–51,5 % окису кальцію та 6–11 % кислотних окислів. Випал карбонатно-кремнеземистих порід з метою одержання гідралічного вапна проводився при температурі 900–1000° С. Випробування гідралічного вапна проведені згідно ГОСТ 9179–84.

Величина силікатного (кремнеземного) модуля, який визначається відношенням кількості в породі мінералів-силікатів і мінералів-плавнів, коливається в основному від 9,8 до 24,1, а в деяких випадках – від 1 до 76.

Для звичайного портландцементу величина силікатного модуля складає 1,7–3,5, для деяких інших видів цементу, в тому числі і романцементу, досягає 4,0 і більше, а в деяких випадках буває нижче 1,7. У гідралічного вапна величина силікатного модуля звичайно коливається в межах від 1,0 до 6,0. Отримані дані (табл. 2) свідчать про те, що досліджені карбонатно-кремнеземисті породи родовищ Придністров'я, мають сильно збільшений силікатний модуль, який обумовлений наявністю в породах значної кількості кремнезему.

Глиноземний (алюмінатний) модуль карбонатно-кремнеземистих порід, який визначається відношенням кількості окислів алюмінія та заліза, коливається в дуже широких межах – 3,7–10,3, що свідчить про несталість хімічного складу досліджених порід. Величина глиноземного модуля для звичайного портландцементу дорівнює 1–4, для білого портландцементу, який містить невелику кількість окислу заліза, глиноземний модуль більший 4.

Для виробництва автоклавних силікатних виробів звичайно використовується вапняно-піщане в'язуче, яке одержують в результаті сумісного помелу вапна активністю 70–80 % і кварцового піску у відповідних відношеннях. Тонкість помелу вапняно-піщаного в'язучого за питомою поверхнею складає 4000–4500 см²/г, активність коливається в межах 30–60 %. Від 10 до 30 % вапна може бути замінено молотими відходами вапняка.

Більшість різновидностей карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я вміщують 45–80 % карбонату кальцію та 20–50 % тонкодисперсного кремнезему, тобто є готовою природною сировиною для одержання в результаті випалу їх при температурі 900–1000° С і тонкого помелу, вапняно-кремнеземистого в'язучого, яке може бути використано для виготовлення силікатних виробів різного призначення. Ця різновидність карбонатно-кремнеземистих порід

характеризується гідравлічним модулем, який дорівнює 0,45–2,25, силікатним – 4,3–52,0, глиноземним – 3,7–103 (табл. 3).

Таблиця 3

Класифікація карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я як сировини для одержання в'язучих речовин і безцементних комплексних бетонів

№ п/п	Найменування в'язучого бетону	Вміст CaCO_3/CaO , %	Вміст $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, %	Гідравлічний модуль $\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	Силікатний (кремнеземний) модуль $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$	Глиноземний (алюмінатний) модуль $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$
1	Білий партландцемент	75–81/42–45,6	11–19	1,7–2,4	1,7–3,5	4–103
2	Роман-цемент	67–75/38–42	25–33	1,1–1,7	4,5–6	1–4
3	Гідравлічне вапно:					
	а) слабгідрл.	89–94/50–51,5	6–11	4,5–9	1,0–3,6	3,7–103
	б) сильногідрл.	89–75/50–42	11–25	1,7–4,5	1,5–6,0	1–4
4	Вапняно-кремнеземисте в'язуче	45–80/25–45	20–55	0,45–2,25	4,3–52,0	37–103
5	Безцементний комплексний бетон	20–45/11–25	55–80	0,1–0,45	13,7–76,0	3,7–103

На основі вапняно-кремнеземистого в'язучого в заводських умовах виготовлені дослідні партії силікатної цегли, стінових блоків, перемичок, плит теплотраси, карнізних плит, які використані при будівництві будинків і споруд різного призначення.

Карбонатно-кремнеземисті породи, які містять 20–45 % карбонату кальцію та більше 55 % кремнезему, глинозему і залізовміщуючих мінералів, необхідно використовувати для виробництва безцементних легких комплексних бетонів. Випал породи виконувався при температурі 850–900° С. Випалена порода розмелювалась в кульовому млині до повного проходу через сито з розмірами квадратних отворів 0,63 мм. Отримана суха бетонна суміш заміщувалась 50 % води (від ваги сухої суміші), а потім видержувалась в автоклаві при тиску 8 атмосфер протягом 8 годин. Випробування показали, що безцементний комплексний бетон має об'ємну вагу 1100–1250 кг/м³, границя міцності при стиску коливається в межах від 100 до 250 кгс/см². Даний бетон може бути рекомендований для виготовлення легких і полекшених конструкцій. Залежно від вимог, які пред'являються до вихідної сировини для виробництва в'язучих речовин діючими стандартами, а також на основі експериментальних доліджень, виконана класифікація карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я (табл. 3).

Як показали дослідження, карбонатно-кремнеземисті породи Придністров'я, які характеризуються завищеним силікатним модулем (4,3–52,0), є дешевою природною сировиною для виробництва вапняно-кремнеземистого в'язучого гідротермального твердіння.

Карбонатно-кремнеземисті породи, які містять до 20 % карбонату кальцію і більше 80 % кремнезему, глинозему і залізовміщених мінералів, необхідно використати для виробництва випаленого заповнювача-термоліта. Як показали дослідження, оптимальна температура для одержання термоліта дорівнює 1250–1300° С. Залежно від властивостей вихідної сировини і температури випалення, можна одержати термоліт з межами міцності при стиску від 150 до 1000 кгс/см² і об'ємній вазі від 650 до 1050 кг/м².

ДАНИЛЬЧУК Валентин Вячеславович – студент I курсу факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– вивчення властивостей карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я з метою використання їх у промисловості будівельних матеріалів України.

ДЯТЛОВ Олександр Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, працівник кафедри металорізальних верстатів та систем Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– вивчення властивостей карбонатно-кремнеземистих порід Придністров'я з метою використання їх у промисловості будівельних матеріалів України.