

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВ ДНОУГЛУБЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Столевич И.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведены результаты: химического анализа грунтов; физико-механические свойства заполнителей, оптимальные составы; прочностные и деформативные свойства.

Для создания и поддержания навигационных габаритов портов и внутренних водных путей проводятся капитальные и ремонтно-эксплуатационные дноуглубительные работы с выемкой большого объема грунтов. В портах Черноморского и Азовского бассейнов объем дноуглубительных работ составляет более 10 млн, м³/г.

Эти грунты, представленные до 80% типичными илами, сбрасываются на прибрежные подводные свалки (дампинг), что приводит к нарушению биологического равновесия в экологической системе «море-суша».

Кроме того, дампинг исключает возможность использования фунтов, разрабатываемых при дноуглубительных работах. Важность этого фактора пока недооценивается, как с позиции экологии, так и с позиции экономики.

Исследования физико-механических и термических свойств проб донных отложений проводились в лабораторных печах обжига в ЧерноморНИИпроекте, НИИКерамзите, НИИСтроМе и в промышленных печах обжига в гильзах на Кулиндоровском керамзитовом заводе (Одесса) [3].

Выявленные теоретические основы физико-механических процессов поризации илов при обжиге позволили отнести грунты, разрабатываемые при дноуглублении, к ценному исходному сырью для производства пористых заполнителей [3] - кератита, по аналогии с керамзитом.

Основные научные положения и результаты экспериментальных исследований проверены в промышленных условиях на предприятиях водного транспорта (Южный, Белгород-Днестровский, Измаильский и др. порты) и на предприятиях стройиндустрии г. Одессы. Материалы исследований были рассмотрены и одобрены на НТС Минфлота, в НИИСтроМе, в НИИКерамзите, в МинИнвестСтрое Украины, в

Черноморском и Азовском пароходствах, в портах Южный, Мариуполь, Белгород-Днестровский и др. [3].

Суглинистые и глинистые илы имеют широкое распространение практически во всех прибрежных лимано-морских и речных (устья) отложениях.

По химическому составу илы относятся к группе алюмосиликатов с достаточным содержанием кремнезема и глинозема ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$), основных компонентов формирования внутренней структуры керамики при термообработке.

В илах встречаются морские и лиманские соли, повышающие прочность керамики ($NaCl$, KCl , $NaNO$, KNO , Na_2SO_4). Железо в илах, повышающее пиропластические качества шихты, находится в оксидных и закисных соединениях.

В современных илистых осадках имеются в достаточном количестве для создания структуры керамических материалов окислы кальция (CaO), калия (K_2O), натрия (Na_2O), титана (TiO_2) и др. Результаты химического анализа илистых отложений акваторий и береговых отвалов ряда портов приведены в табл. 1.

Полученные результаты генезиса и свойств илов показывают, что современные донные отложения практически всех месторождений по своему гранулометрическому, минералогическому и химическому составу очень близки к составу легкоплавких глин - традиционному сырью для производства строительной керамики.

В мировой практике нет опыта промышленной утилизации извлеченных при дноуглублении грунтов. Такое положение можно объяснить недостаточностью данных о термических свойствах илов.

Вспучиваемость сырьевой илистой массы определяется интервалом температуры, внутри которого происходит уменьшение кристаллической и нарастание жидкой фазы, т.е. интервал перехода материала из твердого в пиропластическое состояние. Этот интервал для илов, определенный в диапазоне температур $1150-1170^\circ C$, ниже интервала для легкоплавких глин ($1170...1200^\circ C$), что способствует сокращению энергозатрат.

Степень вспучиваемости определяется отношением объема вспученной массы к объему абсолютно сухого сырца и колеблется от 2,5 до 5 и более. Теоретической и практической основой технологии кералита является вспучиваемость сырца.

Как показали лабораторные и опытно-промышленные исследования, достаточное количество газообразных продуктов в илистом сырье получается, прежде всего, за счет сгорания органических примесей, которых в илах любых месторождений достаточно.

Результаты химического анализа илистых фунтов (силикатный состав)

Наименование химических составляющих (результаты рентгено спектрального анализа)	Место отбора проб илистых грунтов и содержание основных химических составляющих, % по массе					Требование к глинистому сырью ГОСТ 9757 - 90 ТУ 21 - 0284739 - 12 - 90
	п. Южный (Аджал. лиман)	п. Николаев (вост. набер.)	п. Белгород - Днестровский (берег. отвал)	п. Усть - Дунайск (эксп. свалка)	п. Мариуполь (акватория и подходной канал)	
SiO ₂	59,2	71,3	64,2	53,0	69,2	≤70
Al ₂ O ₃ +TiO ₂	17,3	15,6	12,7	15,8	7,4	10 -25
Fe ₂ O ₃ +FeO	5,2	2,8	5,0	7,0	3,6	2,5 - 12,0
CaO	5,5	2,5	7,5	5,0	7,0	≤ 6,0
MgO	3,0	1,2	2,1	3,0	1,3	≤ 4,0
SO ₃	1,3	0,5	1,0	2,4	1,0	≤ 1,5
K ₂ O + Na ₂ O	3,2	1,5	3,0	10,0	3,1	1,5 - 6,0

Как показали лабораторные и опытно-промышленные исследования, достаточное количество газообразных продуктов в илистом сырье получается, прежде всего, за счет сгорания органических примесей, которых в илах любых месторождений достаточно.

Результаты лабораторных исследований показали, что из морских и лиманских илов можно получить легкий пористый наполнитель с плотностью в куске 0,4-0,7 г/см³, насыпной плотностью 350-500кг/м³, при этом коэффициент пористости достигает 2,5-3. Были испытаны различные составы смеси, от 75% глины +25%ила, до 100% ила [2].

Название нового материала «кералит» подчеркивает его родство с керамзитом и учитывает природу исходного илистого сырья, а также его физико-механические свойства.

В опытно-промышленных условиях кералит (илокерамзит) был

впервые получен в 1991 году в печах обжига ПВ2,5х40 на Кулиндовском ЗЖБК ПО «Одесжелезобетон». В качестве сырья использовали илистые грунты из береговых гидротоувалов портов Белгород-Днестровский, Усть-Дунайск и Южный (Аджалыкский лиман).

По своим физико-механическим характеристикам (плотность, прочность, водопоглощение, морозостойкость и др.), приведенным в табл. 2, вспученный материал соответствует стандарту на пористые заполнители первой и высшей категории качества.

Таблица 2

Физико-механические свойства заводских проб кералита

Наименование показателя	Фракция, мм		Значение по ГОСТ 9757 - 88
	5-10	10-20	
Насыпная плотность, кг/м ³	350 - 540	300 - 500	250 - 600
Содержание фракции, %	36,5	61,5	-
Прочность при сжатии (сдавлении в цилиндре), МПа	2,5-3,3	2,0-2,5	0,8-2,5 и более
Водопоглощение, %	9-11	7-9	Не более 30
Влажность, %	0,1-0,4	0,2-0,5	Не более 5,0
Коэффициент формы зерен	1,3-1,4	1,3-1,5	Не более 2,5
Коэффициент вспучивания	2,5-3,0	2,5-5,0	-
Содержание размолотых зерен, %	3	4	Не более 15
Морозостойкость (25 циклов), %	Нет потерь	Нет потерь	Не более 8
Потеря в массе при кипячении, %	3,2	3,2	Не более 5
Содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений, %	0,02	0,02	Не более 1

В табл. 3 приведены средние характеристики, полученные по результатам испытаний опытных партий кералитового гравия.

Таблица 3

Физико-механические характеристики кералитового гравия

Размер фракций	Прочность(сдавл. в цилиндре)R _ц , МПа	Коэф. констр. качества к.к.к.	Удельная плотность ρ _{уд.} , Г/см ³	Плотность в цементном тесте рц.т., кг/м ³	Водопоглощение W, %	Объем межзерновых пустот V _п , %	Содержание расколотых зерен по массе, %	Насыпная плотность р _{нас.} , кг/м ³	Марки гравия по насыпной плотности ГОСТ 9759 - 83
5...10	3,38	629	2,51	1100	11,2	37,8	3,2	537	550
10...20	2,79	799	2,51	975	9,8	43,2	4,4	349	350
смесь	3,15	682	2,51	1050	10,6	40	3,7	462	500

В соответствии с СН 483-76 такой кералитовый гравий может быть рекомендован для получения конструкционных кералитобетонов прочностью 10...25МПа и выше.

В качестве мелкого заполнителя применен карбонатный песок Орловского месторождения Одесской обл., полученный путем дробления и отсева отходов камнепиления и кусков низкопрочного известняка-ракушечника. Применение такого песка в качестве мелкого заполнителя дл различных бетонов, в том числе и для легкого бетона регламентировано РСТ УССР 5014-82 и подтверждено многочисленными исследованиями [1].

Оптимальные составы кералитобетона на карбонатном песке приведены в табл.4.

В табл. 5 приведены результаты сравнения значений модуля упругости легких бетонов, регламентированных СНиП 2.03.01-84* и под-

считанных по опытной зависимости: $E_b(t) = E_b(\infty)[1 - e^{-\alpha t}]$ с учетом $E_b(\infty) = A^3 \sqrt{\rho R_b(28)}$ и $\alpha = 0,0195B + 0,078$ при $t = 28$ сут. [1].

Таблица 4

Оптимальные составы кералитобетона на карбонатном песке

Проектная прочность, МПа	Расход материалов на 1 м ³ бетона					Плотность бетона ρ , кг/м ³
	г	Цемент Ц, кг/л	Песок М, кг/л	Кералит К, кг/л	Вода В, л	
10	0,85	$\frac{250}{80,6}$	$\frac{1194}{506}$	$\frac{211}{468}$	202	1685
15	0,75	$\frac{280}{90,3}$	$\frac{1025}{434}$	$\frac{342}{760}$	178	1675
20	0,75	$\frac{360,0}{116,1}$	$\frac{975}{413}$	$\frac{325}{722}$	192	1690
25	0,75	$\frac{455}{146,7}$	$\frac{919}{389}$	$\frac{306}{680}$	203	1710
30	0,75	$\frac{540}{174,2}$	$\frac{870}{368}$	$\frac{290}{644}$	-	-

Таблица 5

Сопоставление значений модуля упругости

Марка по средней плотности	Значение модуля упругости бетона при классе бетона по прочности на сжатие, $E_b \cdot 10^{-3}$								
	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25
1200	$\frac{6,0}{6,4}$	$\frac{6,7}{7,1}$	$\frac{7,6}{8,0}$	$\frac{8,7}{9,2}$	$\frac{9,5}{10,1}$	$\frac{10,0}{10,9}$	$\frac{10,5}{11,6}$	-	-
1400	$\frac{7,0}{6,6}$	$\frac{7,8}{7,5}$	$\frac{8,8}{8,4}$	$\frac{10,0}{9,7}$	$\frac{11,0}{10,6}$	$\frac{11,7}{11,5}$	$\frac{12,5}{12,2}$	$\frac{13,5}{13,4}$	$\frac{14,5}{14,4}$
1600	-	$\frac{9,0}{7,8}$	$\frac{10,0}{8,8}$	$\frac{11,5}{10,1}$	$\frac{12,5}{11,1}$	$\frac{13,2}{12,0}$	$\frac{14,0}{12,7}$	$\frac{15,5}{14,0}$	$\frac{16,5}{15,1}$
1800	-	-	$\frac{11,2}{9,2}$	$\frac{13,0}{10,5}$	$\frac{14,0}{11,6}$	$\frac{14,7}{12,4}$	$\frac{15,5}{13,5}$	$\frac{17,0}{14,6}$	$\frac{18,5}{15,7}$

Примечание: над чертой приведены значения СНиП 2.03.01-84*, под чертой - [1].

Выводы

1. Разработанная и внедренная технология утилизации фунтов дноуглубления на Черноморском и Азовском бассейнах решает актуальную задачу производства новых строительных материалов из бросовых грунтов в современных условиях дефицита сырьевых ресурсов.

2. По физико-техническим свойствам и экономическим показателям кералитовый гравий из илистых грунтов дноуглубления выгодно отличается от пористых заполнителей из глинистого сырья. Он характеризуется более низкой насыпной плотностью и более высокой прочностью, морозостойкостью и низким водопоглощением. Стоимость плов на порядок ниже легкоплавких глин.

3. Кералитобетон - одна из новых разновидностей легкого бетона, крупным заполнителем которого является кералит, полученный, подобно керамзиту, путем обжига при высокой температуре гранул из бросовых морских и лиманских илов дноуглубления подходных каналов и портовых акваторий.

4. На основе результатов исследования разработаны и зарегистрированы нормативные документы на новое сырье и промышленное производство кералита и легкобетонных стеновых камней, стеновых блоков и предварительно напряженных панелей перекрытия и покрытия.

Литература

1. Столевич И.А. Прочность, трещиностойкость, деформативность кералитобетона и конструкций на его основе: Диссертация канд. тех. наук. — Одесса, 2005. -272с.

2. Чуприн Р.Н. и др. Сырьевая смесь для получения легкого заполнителя// а.с. 16664762. БИ№27. - М., 1991.

3. Чуприн В.Н. Технология утилизации морских илов при дноуглублении акваторий. Монография. Одесса; «Маяк», 1993. 148с. (Ю.ЦАНУ).