

УДК 666.646

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ

**В.Т. Станевич, Б.Ч. Кудрышова,**

**Б.О. Смаилова, О.В. Станевич**

*Павлодарский государственный университет*

*им. С.Торайгырова*

Керамическое производство существует уже на протяжении многих тысячелетий. Например, на дне Нила на глубине около 20 м был найден глазурованный глиняный черепок, изготовленный не менее 14 тыс. лет назад. Имеющиеся в Египте памятники архитектуры из глиняного кирпича построены более 12 тыс. лет назад. Для строительства применялся кирпич-сырец и обожженный кирпич. В музее Каира находятся два древнеегипетских крупных блока-сырца весом около 230 кг каждый и размером 85х52х30 см. Объем такого блока в 74 раза превосходит объем современного кирпича. Для отделки египетских пирамид и храмов, сооруженных около 4 - 6 тыс. лет назад, использовались изразцы.

На о. Крит, построенный около 3 тыс. лет назад Киосский дворец имел разветвленную канализационную сеть, которая была выполнена из глиняных труб различных диаметров. В Греции при постройке храмов Посейдона, Парфенона и других были использованы кирпич, черепица и глазурованная керамика. При постройке Великой китайской стены в II в. до н. э. применялся глиняный кирпич-сырец и обожженный глиняный кирпич. В это же время кирпич применялся и в Индии [1].

Вблизи Керчи обнаружены остатки печей для обжига керамических изделий. Печи разделены сводом на два этажа. Нижний этаж является топкой, а верхний — камерой обжига. Сооружение этих печей относится к IV в., но относительно сложная их конструкция указывает на то, что производство керамических изделий было организовано здесь значительно раньше. В Крыму, в долине Эскикермена, найдены глиняные трубы, которые использовались для сооружения водопровода. Такие трубы применялись в VI—VII вв. Трубы изготовлены на гончарном круге, они имеют черепок без глазури.

Способ осушения переувлажненных и заболоченных земель, при котором избыток воды из почвы сбрасывается самотеком в реки, озера или иные нижележащие водоемы, называется дренажом. Дренаж, понижая уровень избыточных вод, создает для растений наиболее благоприятный водный и воздушный тепловой режим почвы и тем самым способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Дренаж называют открытым, когда его выполняют в виде канав, и закрытым при выполнении в виде подземных трубопроводов. Закрытый дренаж по сравнению с открытым более совершенен и прогрессивен. Особое значение приобретает устройство закрытых отводящих дренажных систем в условиях поливного орошения засоленных

почв. Здесь орошение применяют не только для питания растений, но и для опреснения верхних слоев почвы, из которой вымываются соли, что способствует увеличению плодородия почв. При отсутствии дренажа орошение повышает уровень грунтовых вод, которые засоляются вследствие миграции растворенных солей нижележащих слоев грунта, поднимаясь к верхнему почвенному слою, снова отлагают в нем соли. Дренажные системы применяют также в промышленном и городском строительстве для защиты от подтопления грунтовыми водами различных сооружений, подземных частей зданий и коммуникаций. Для сооружения закрытых дренажных систем наибольшее применение получили керамические дренажные трубы. Надежность и продолжительность службы этих труб весьма велики и использовать их начали давно.

Дренаж известен с древних времен: несколько тысячелетий назад его применяли в Месопотамии, а затем в древнем Риме. Археологическими раскопками установлено наличие дренажа в XI вв. в Новгороде и в XIV в. в Москве. Дренажные и водоотводные системы в древней Руси сооружали из бревен, составленных из двух продольных половинок, середина которых была выдолблена. В некоторых странах до появления шнековых прессов керамические трубы формовали на гончарных кругах. Трубы изготовляли также путем обмазки глиной деревянных кругляков, которые выгорали при последующем обжиге. Дренаж использовали для осушения почвы при строительстве Петербурга, и к концу XVIII в. этот город имел развитую отводящую сеть со сбросом воды в реки и каналы [2,3].

В Республике Казахстан выпуск керамических строительных материалов, и в частности керамических дренажных труб не налажен из-за недостаточности исследований минерально-сырьевых ресурсов, пригодных для производства этого вида строительного материала. Наиболее развита промышленность дренажных труб в Прибалтике и Средней Азии, где эти изделия играют большую народнохозяйственную роль.

В странах Западной Европы трубы выпускают на керамических заводах совместно со стеновой и другими видами строительной керамики, а объем их производства зависит от рынка сбыта и сезона потребления. В больших количествах изготавливают трубы в Голландии, Германии, Финляндии, Польше и ряде других стран. На современных заводах этих стран используют новейшее оборудование и агрегаты, управление работой которых механизировано и автоматизировано. Применяют ящичные подаватели с объемом бункеров 100 м<sup>3</sup> и более, вальцы различных типов (зубчатые, камневыделительные, грубого и тонкого помола со шлифовальными приспособлениями), бегуны, двухвальные смесители, глинопротирочные машины, башни-силосы, мощные вакуум-прессы для формования труб из масс с пониженной влажностью (12—14%), резательные и укладочные автоматы. Оборудование расставляют по горизонтальной схеме, что обеспечивает свободный доступ к нему при монтаже и ремонте. Получили распространение камерные сушилки нового типа с ритмическим режимом сушки. Периодичность работы этих сушилок, позволяющих вести загрузку и разгрузку пять дней в неделю при любом режиме сменности прессового отделения, выявила их преимущества перед непрерывно действующими туннельными сушилками.

В камерных и туннельных конструкциях сушилок зарубежных заводов применяют индивидуальные вентиляционные агрегаты с электрическими или паровыми калориферами для промежуточного подогрева теплоносителя, снабженные осевыми вентиляторами, которые могут подавать дополнительный теплоноситель на отдельные участки сушилки с созданием многократной поперечной рециркуляции. Индивидуальные вентиляционные агрегаты используют как для стационарной установки по осевой линии в

сдвоенных сушильных туннелях, так и с передвижением в сушильных помещениях при сушке труб на стеллажах.

Срок сушки в сушилках различного типа от 30 до 60 ч. Для садки труб на печные вагонетки начинают внедряться автоматы, выпускаемые фирмами «Келлер», «Лингл» (Германия) и др. Новые туннельные печи длиной от 90 до 140 м с шириной обжигового канала 2,6 - 6,8 м при высоте 1,5-1,7 м имеют плоский свод, в который вмонтированы импульсные горелки и вентиляционное оборудование. Сроки обжига от 35 до 55 ч. Некоторые фирмы применяют упаковку труб в полиэтиленовую пленку. Мешок из пленки надевают на пакет труб, лежащий на поддоне, после чего пленку подвергают тепловой обработке; она дает усадку, скрепляя в единый комплекс поддон и трубы.

Самым крупным и наиболее механизированным предприятием по производству дренажных труб в Чехословакии является завод керамических дренажных труб «Дольни Буковско» мощностью 38 млн. шт. труб усл. диаметра. Ассортимент — многогранные трубы диаметром до 130 мм. Технологическая схема производства следующая: карьер - конус, многоковшовый экскаватор - ленточный конвейер - ящичный подаватель - бегуны - тарельчатый смеситель - вальцы тонкого помола - силосные трапецеидальные башни объемом 200 м<sup>3</sup> - шнековый вакуум-пресс производительностью 9000 шт. труб условного диаметра в 1 ч - резательный автомат и укладчик швейцарской фирмы - камерные сушилка (20-полочные, длина камер 14 м, ширина 1,54 м). Сушка чистым воздухом, нагретым в огневых калориферах с добавкой воздуха из зоны охлаждения печей - накопитель - автомат для отделения металлических рамок — садка высушенного сырца на печные вагонетки (пакетом, вручную) — туннельная печь с плоским сводом (длина 96 м, ширина 3,4 м, высота 1,8 м); печь снабжена пульсирующими форсунками «Бернини», установленными на своде; длительность обжига 41 ч. Тепловой режим камерных сушилок и туннельных печей автоматизирован. Ремонтные работы осуществляют централизованно.

В Польше трубы производят на 30 керамических заводах, из которых 10 специализированы. Выпускают трубы диаметром 50; 62,5; 75; 100 и 200 мм преимущественно восьмигранного сечения для придания большей равномерности по толщине с граней снимают фаску.

В Финляндии изготавливают трубы диаметром от 40 до 200 мм. Поглотительные сети дренажа в основном укладывают из труб диаметром 40 мм, объем которых составляет примерно 66% общего производства труб; 90% общего выпуска труб вырабатывается на семи заводах принадлежащих пяти фирмам.

В США имеется ряд специализированных заводов керамических дренажных труб, выпускающих продукцию для сельского хозяйства, городского и промышленного дренажа, для дорожного, аэродромного строительства, для прокладки кабелей и других нужд. Распространение сланцевых глин обуславливает широкое применение сухой подготовки сырья, причем тонкомолотую глину используют как пластифицирующую связку, а грубодробленную в качестве отошающей добавки. Трубы формуют на мощных прессах при пониженной влажности массы, что в свою очередь упрощает сушку, позволяя сушить трубы на вагонетках туннельных печей с последующей передачей без перегрузки в туннельные печи на обжиг.

Трубы малых диаметров обжигают в туннельных печах, трубы больших диаметров в круглых периодических горнах с загрузкой и выгрузкой механическими погрузчиками. Интересна организация производства и сбыта продукции на керамическом заводе «Рокфорд Брик энд Таил» в штате Айова. Завод выпускает дренажные трубы диаметром от 100 до 300 мм и длиной 300 мм, а также пустотелые камни и плиты. Фирма не толь-

ко изготавливает трубы, но проводит изыскательские работы по их укладке, составляет проекты дренажных систем и доставляет трубы непосредственно к местам производства дренажных работ, причем по требованию потребителя трубы раскладывают вдоль намеченных линий или уже открытых траншей.

Основным сырьем для производства керамических дренажных труб служат легкоплавкие глины или смеси различных легкоплавких глин с добавками или без добавок. Главнейшее свойство глины - пластичность, т.е. способность во влажном состоянии под влиянием внешней силы принимать заданную форму без разрывов и сохранять эту форму после прекращения действия внешней силы. Для изготовления труб малых диаметров (50 - 100 мм) глины должны иметь число пластичности не менее 7-15 (по ГОСТ 9169-75), т.е. принадлежать к группе не ниже "умеренно пластичного сырья". Что касается труб больших диаметров (125-250 мм), то для их изготовления требуются глины, принадлежащие к группе "среднепластичного сырья" с числом пластичности 15-25. Глины должны быть тонкозернистыми, дисперсными и содержать глинистых частиц (размером меньше 0,005 мм) не менее 20-25%, а пылеватых частиц (размером 0,005-0,05 мм) не более 40-50%. Если пылеватых частиц более 40-50%, то такая глина малопластична и для изготовления дренажных труб (особенно больших диаметров) в нее необходимо добавлять более пластичные глины. Они должны обладать хорошими сушильными свойствами, т.е. быстро сохнуть без трещин и короблений, имея воздушную усадку не более 7-8%. По химическому составу глины, пригодные для дренажных труб малых диаметров, относятся преимущественно к кислым, т.е. содержат менее 14%  $Al_2O_3$ , а для труб больших диаметров обычно к полукислым, т.е. содержат  $Al_2O_3$  более 14%. Глины и суглинки, применяемые при производстве дренажных труб, обычно легкоплавки, с огнеупорностью ниже 1350 °С с водопоглощением черепка более 5% [4,5,6].

Ранее проведенными исследованиями обосновано применение вскрышных пород угледобычи в производстве различных видов строительных материалов. В качестве минерально-сырьевой базы выбраны вскрышные породы разреза "Северный". В настоящей работе, в качестве объекта исследования, на предмет использования, в производстве керамических дренажных труб и расширения номенклатуры изделий выбраны вскрышные породы разреза "Степной", залегающие на горизонте +50, +100, +150 м, представленные аргиллитами и алевролитами и светло-серый аргиллит разреза "Майкубенский". Кроме того, использование отходов угледобычи для производства строительных материалов решает экологическую проблему их утилизации и восполняет недостаток кондиционного глинистого сырья.

Алевролиты и аргиллиты Экибастузского угольного бассейна породы карбонового возраста, которые образовались в результате дегидратации и цементации первичных глинистых материалов. Данные породы обладают свойствами, которые зависят от физико-механических характеристик, макроструктуры, степени метаморфизации. Аргиллиты и алевролиты в естественном виде не размокают в воде, что требует их механического измельчения с целью разрушения цементирующих связей глинистых составляющих.

Произведена оценка радиоактивной безопасности пород как сырья для производства строительных материалов. Определены удельные активности радионуклидов (таблица 1).

Таблица 1

## Результаты определения удельных активностей естественных радионуклидов

Наименование сырья	Удельные активности, пКп/ч			Эффективная удельная активность, пКп/ч
	торий 228	радий 226	калий 40	
Разрез "Степной"				
горизонт +50				
Аргиллит	0,4	0,5	13,0	2,8
Алевролит	0,6	0,3	10,1	1,8
горизонт +100				
Аргиллит	0,6	0,5	15,8	2,7
Алевролит	0,7	0,3	10,1	2,0
горизонт +150				
Аргиллит	0,5	0,4	9,5	1,7
Алевролит	0,4	0,3	10,4	1,6
Разрез "Майкубенский"				
Аргиллит	0,5	0,4	12,5	2,5

Анализ полученных данных показал, что вскрышные породы в соответствии с нормами радиационной безопасности, могут использоваться без ограничений для производства всех видов строительных материалов.

Содержание благородных и редкоземельных элементов во вскрышных породах относительно мало и не представляет ценности для их промышленного извлечения. Количество экологически опасных элементов (свинец, ванадий, мышьяк, хром, сурьма, галлий, ртуть и др.) ниже предельно допустимого и в целом характеризует породы как относительно экологически безопасное сырьё. Полученные данные сравнивались с содержанием, подлежащим количественной оценке.

На качество готовых керамических изделий, полученных из отходов угледобычи, большое влияние оказывают физико-механические свойства и химико-минералогический состав вскрышных пород.

Основными физико-механическими свойствами вскрышных пород являются плотность, естественная влажность, прочность при сжатии и пористость.

Таблица 2

## Физико-механические свойства вскрышных пород

Наименование сырья	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Естественная влажность, %	Прочность при сжатии, МПа	Пористость %
Разрез "Степной"				
Горизонт +50				
аргиллит	2,4	5,1	37,4	12,9
алевролит	2,7	4,3	48,9	10,6

Горизонт +100 аргиллит	2,4	4,9	34,9	14,9
алевролит	2,5	4,3	47,0	15,9
Горизонт +150 аргиллит	2,2	5,8	34,7	18,7
алевролит	2,3	4,7	45,0	19,1
Разрез “Майкубенский” аргиллит	2,6	4,8	45,6	15,6

Анализ полученных данных по плотности показывает, что она уменьшается от горизонта +50 до горизонта +150 м. При этом плотность алевролитов на 7-10% выше плотности аргиллитов и составляет 2,3-2,7 г/см<sup>3</sup> для аргиллитов, 2,6 г/см<sup>3</sup> для светло-серого аргиллита.

Естественная влажность для аргиллитов колеблется в пределах 4,9-5,8%, алевролитов 4,3-4,7% и увеличивается от горизонта +50 до горизонта +150 м. Естественная влажность для светло-серых аргиллитов составила 4,8%.

Прочность при сжатии вскрышных пород составляет для аргиллитов 34,7-37,4 МПа, для алевролитов 45,0-43,9 МПа, для светло-серых аргиллитов 45,6 МПа. При изменении горизонта залегания пород от +50 до +150 м характерно снижение показателей прочности при сжатии у алевролитов и аргиллитов.

Пористость аргиллитов составляет 12,9-18,7%, алевролитов 10,6-19,1% и увеличивается в зависимости от горизонта залегания от +50 до +150 м. Пористость светло-серого аргиллита составляет 15,6%.

Таким образом, при изменении горизонтов залегания вскрышных пород от +50 м и до +150 м показатели физико-механических свойств снижаются, что объясняется уменьшением степени уплотнения пород при данном изменении горизонтов, их более значительным выветриванием на горизонте +150 м. Физико-механические свойства аргиллита разреза “Майкубенский” аналогичны свойствам пород разреза “Степной”.

Анализируя данные химического анализа вскрышных пород различного литологического типа можно судить о количественном содержании породообразующих оксидов (табл. 2.3).

Содержание оксида кремния SiO<sub>2</sub> составляет 56,7-61,3%. Он находится в связанном и свободном состояниях. Связанный кремнезем входит в состав глинообразующих минералов, свободно представлен примесью тонкодисперсного кварца, его содержание в пробах составляет 16-25%. По содержанию свободного кварца отходы угледобычи относятся к группе сырья со средним содержанием кварца /102/.

Оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> входит в состав глинообразующих минералов и слюдяных примесей. Содержание его для аргиллитов составляет 17,6-18,4%, для алевролитов 17,6-18,5%, для светло-серых аргиллитов 17,9%, снижается для аргиллитов в зависимости от горизонта залегания от +50 до +150 м. По содержанию алюминия в прокаленном состоянии породы относятся к группе полукислого сырья.

Содержание оксидов железа в исследуемых пробах составляет для аргиллитов 5,6-6,4%, для алевролитов 3,4-4,18%. Соединения железа представлены пиритом и сидеритом. Вскрышные породы по содержанию оксидов железа относятся к группе сырья с высоким содержанием красящих оксидов.

Оксиды щелочноземельных металлов входят в состав глинистых минералов и карбонатов. Суммарное содержание оксидов кальция и магния составляет для аргиллитов 1,67-2,3%, для алевролитов 1,09-1,84%.

Суммарное содержание оксидов натрия и калия в литологических типах различных горизонтов залегания колеблется от 2,96 до 3,36%. Щелочные оксиды входят в состав глинообразующих минералов, а также присутствуют в примесях в виде водорастворимых солей.

Содержание оксида серы  $SO_3$  не превышает 0,28%, что характерно для низкосернистого экологически безопасного сырья и допускает использование вскрышных пород в производстве керамических изделий без ограничений.

Кроме того, вскрышные породы содержат органический углерод, который колеблется от 3,5 до 5%.

В целом по химическому составу можно сделать вывод, что вскрышные породы относятся к группе полуокислого с низким и средним содержанием красящих оксидов сырья. Химический состав минеральной части проб близок к химическому составу глин, применяемых для производства керамических дренажных труб (таблица 3).

Таблица 3

Химический состав вскрышных пород

Наименование сырья	Оксиды, %											
	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3 + FeO$	$MgO$	$MnO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$P_2O_5$	$SO_3$	штп
Разрез "Степной" горизонт +50 м аргиллит алевролит	56,7	0,9	17,6	5,6	1,1	0,1	0,2	1,2	1,9	0,25	0,15	12,1
	61,1	1,03	18,5	3,4	0,9	0,12	0,85	1,32	2,06	0,25	0,21	10,4
Горизонт +100 м аргиллит алевролит	57,7	0,85	17,7	6,4	1,2	0,1	0,77	0,57	2,39	0,3	0,10	11,0
	59,9	0,93	17,9	4,18	1,1	0,09	0,74	1,06	2,24	0,25	0,22	10,9
Горизонт +150 аргиллит алевролит	57,7	0,86	18,4	5,6	0,94	0,12	0,73	0,47	2,54	0,38	0,19	11,6
	61,3	0,93	17,6	4,02	0,03	0,08	0,56	1,38	2,54	0,28	0,28	10,6
Разрез "Майкубенский" аргиллит	58,6	0,88	17,9	5,8	1,05	0,1	0,89	0,88	2,24	0,32	0,16	11,8

В результате исследования закономерностей изменения состава и свойств отходов угледобычи как сырья для производства керамических строительных материалов установлено следующее:

- согласно нормам радиационной безопасности отходы угледобычи могут использоваться для производства всех видов строительных материалов без ограничений, количество потенциально-токсичных элементов в отходах не превышает предельно допустимых концентраций, что характеризует их как экологически безопасное сырьё;

- физико-механические свойства отходов угледобычи изменяются в сторону уменьшения от горизонта +50м к горизонту +150м, что объясняется снижением степени уплотнения и более значительным выветриванием; по химическому составу и содержанию водорастворимых солей отходы угледобычи близки к глинистому сырью и относятся к группе полуокислого с низким содержанием красящих оксидов сырья;

- при термической обработке отходов угледобычи происходят преобразования, связанные с дегидратацией каолинита, изменением кристаллической структуры минералов с образованием новых фаз.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что отходы угледобычи по физико-механическим свойствам, химическому и минеральному составу близки к тради-

ционному глинистому сырью и могут использоваться для производства керамических дренажных труб.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаццоло П., Дайфупу Х., Коннели Э.А и др. Консервация и реставрация памятников и исторических зданий. М., 1978.
2. Аль-Бируни, Абу-Райхан-Мухамед ибн Ахмед. Собрание сведений для познания драгоценностей. (Минералогия). М., 1963.
3. Русская керамика XVIII — начала XIX вв. М., 1976.
4. Бурлаков Г.С. Основы технологии керамики и искусственных пористых заполнителей. / М. «Высшая школа», 1972 г. - 424с.
5. Данилович И.Ю., Сканави Н.А. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов. /М. «Высшая школа», 1988 г. - 70с.
6. Долгорев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов. Справочное пособие. /М. «Стройиздат», 1990 г. - 455с.

#### *Түйіндеме*

*Мақала өнеркәсіп қалдықтарының қолданылуымен керамикалық дренаж құбырларын өндіру мәселелеріне арналған. Жұмыста керамикалық бұйымдарын өндіру бойынша мәліметтер қарастырылған және алғашқы шикізаттың негізгі қасиеттері ұсынылған. Керамикалық дренаж құбырларының өндірісі кезінде зерттеудің физика-механикалық қасиеттері мен структуралық құрылымы көрсетілген.*

#### *Resume*

*The work is devoted to the questions of accumulation of hard industrial wastes in the region and possible ways of their salvaging. The article considers the ecological aspects of influence of industrial wastes on environment and possible consequences of their further uncontrolled accumulation.*