

АВТОКЛАВНЫЙ ЯЧЕЙСТЫЙ БЕТОН – ОСНОВНОЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПОЛЬШЕ

1. Введение

Автоклавный ячеистый бетон (АЯБ) производится и применяется в Польше уже более 50 лет. В 2011 году в стране отмечалось 60-летие присутствия ячеистого бетона на польском рынке строительных материалов.

Автоклавный ячеистый бетон (АЯБ) получил в мире признание как высокого качества строительный материал, который находит применение в жилищном строительстве, возведении объектов общественного назначения и в промышленном строительстве [1].

Применение ячеистого бетона в значительной степени способствовало восстановлению страны после второй мировой войны.

Эксплуатационные свойства и высокая экономическая эффективность изготовления и применения АЯБ вызвали интенсивный рост его производства в Польше [2, 3]. Это сопровождалось совершенствованием методов производства изделий из газобетона.

2. Развитие производства

На рис. 1 представлены объемы производства ячеистого бетона в Польше. Самый большой объем – 5,5 млн. кубических метров был выпущен в 2007 г. [4]. Следует подчеркнуть что, несмотря на кризис на рынке строительных материалов, производство ячеистого бетона в Польше остается на высоком уровне (5,70 млн. м³ в 2011 г.).

В Европе Польша является самым крупным производителем АЯБ. По данным ЕААСА¹, общее производство АЯБ в странах – членах ЕААСА, составило в Европе 16,70 млн. м³ [5; 6].

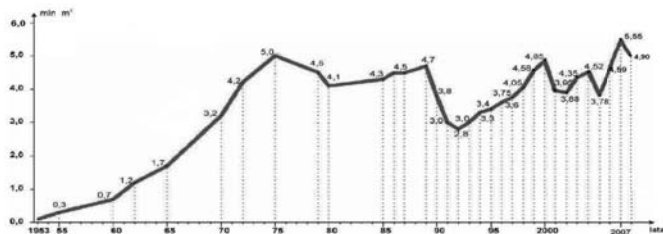


Рис. 1. Развитие производства АЯБ в Польше

3. Модернизация производства

С момента запуска в Польше производства автоклавного ячеистого бетона, происходила систематическая модернизация процесса его изготовления.

Ужесточение требований по тепловой защите зданий и новый подход к тепловым расчетам, рост конкуренции на рынке строительных материалов, введение новых методов кладки блоков на тонкие швы (толщиной 1–3 мм) привели к тому, что в последние годы в Польше произошел перелом в технологии производства автоклавного ячеистого бетона. Значительно модернизировано производство, повысилось качество изделий, усовершенствовано технику применения АЯБ.

В XXI век мы вступили с новым поколением мелких блоков из ячеистого бетона, как по видам (ныне классам по плотности), так и по форме и размерам [7;8]. Данные изделия удовлетворяют высоким требованиям рынка, а сооруженные из них объекты соответствуют требованиям европейской Директивы 89/106/ЕЕС. Всё это стало возможным благодаря модернизации ряда производственных узлов, главным образом [4;9;10]:

- узла подготовки и дозировки компонентов (мельницы, дозаторы). На большинстве предприятий в этих узлах была введена автоматизация процессов с применением

микропроцессорной техники при одновременной замене части технологического оборудования,

- узла резки ячеисто-бетонного массива; на большинстве польских предприятий были разработаны и введены в строй новые польские резательные машины с поворотом ячеисто-бетонного массива; это позволяет обрабатывать блоки в свежем ячеисто-бетонном массиве, до автоклавного процесса (шпунты, гребни, захваты). Новые резательные машины позволяют производить изделия очень точных размеров (отклонения от номинальных требований составляют от ± 1 мм до ± 3 мм) и надлежащего внешнего вида. Следует подчеркнуть, что данные резательные машины были введены в существующую схему формования и внутривозовского перевоза (рис. 2),

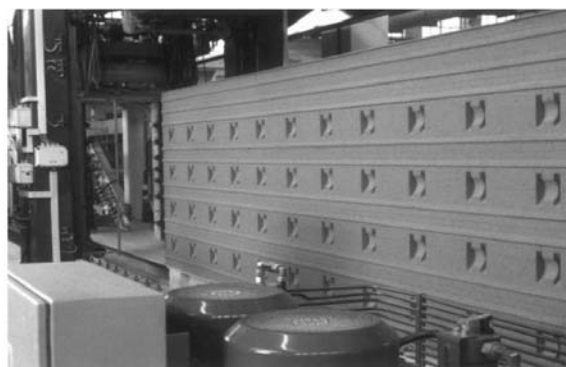


Рис. 2. Ячеисто-бетонный массив, повернутый на 90°, на резательной машине и направляемый в автоклавы в горизонтальном положении (фото Solbet)

- узла разгрузки готовой продукции с применением упаковки на поддонах под пленку, что повышает техническую культуру, необходимую для складирования и транспортировки изделий из ячеистого бетона, облегчает транспортировку, сводит до минимума повреждения блоков,

- узла автоклавной обработки изделий. Была введена регистрация и частичное управление работой автоклавов.

Кроме того, для нужд производства легких типов ячеистого бетона, был запущен завод по производству алюминиевого порошка и пасты (Benda-Lutz Skawina), с учетом того, что качество порообразующих средств (в виде порошка или пасты), значительно влияет на качество ячеистого бетона.

Современные технологии производства автоклавного ячеистого бетона не только позволяют получить изделия высокого качества но, и по сравнению с производством других строительных материалов, характеризуются также малым расходом сырья и энергии, благодаря низкой

¹ The European Autoclaved Aerated Concrete Association, с 1996 её членом является также польская Ассоциация производителей бетона

плотности ячеистого бетона и соответствующему процессу производства. Этот процесс безотходен, поскольку в нем используются отходы от резки массива и горбушки, отходная вода, а также отходы после автоклавной обработки (последние можно использовать и при производстве других материалов, например, теплых растворов).

В процессе производства ячеистого бетона не образуются никакие материалы и вещества, которые могут нанести вред живым организмам или окружающей среде. Представленная характеристика процесса производства ячеистого бетона и другие, рассмотренные в [3, 9, 10, 18] аспекты показывают, что этот процесс соответствует условиям сбалансированного развития (sustainable development).

4. Организационная структура промышленности АЯБ в Польше

За последние годы многое изменилось на польском рынке производителей ячеистого бетона - польскими заводами заинтересовались зарубежные фирмы. Похоже, что одной из причин глубоких изменений является интерес к АЯБ на польском рынке и самая высокая процентная доля АЯБ в возводимых стенах (41%). В настоящее время, в стране присутствуют четыре большие финансовые группы [4]:

- ООО Сольбет (Solbet Sp. z o.o.) – польская финансовая группа (лидер по производству АЯБ в Польше), включающая 5 заводов: Солец Куявски, Глогув Малопольски (Кольбушова), Любартув, Поднесьно, Сталёва Воля.

- ООО Кселла Польша (Xella Polska Sp. z o.o.), включающая 6 заводов: Остроленка, Серадз, Поводово, Милич, Пила, Рурка.

- Группа АО Префабет (Prefabet s.a.), включающая 5 заводов: Козенице, Длуги Конт, Реда, Вилькасы, Желиславице.

- ООО Х+Х Польша (H+N Polska Sp. z o.o.), включающая 5 заводов: Варшава (прежний Фалбет), Пулавы, Гожковице, Лидзбарк Вельски, Скавина.

Кроме 21 завода АЯБ, сосредоточенных в 4 вышеуказанных финансовых группах, АЯБ производят также 9 независимых производителей: Префабет Снядово (Prefabet Śniadowo), Префабет Ослава Домброва (Prefabet Oslawa Dąbrowa), Префабет Лагиша (Prefabet Łagisza), Префабет Бьяла (Prefabet Bielsko Biała), ППМБ Немце (PPMB Niemce), ППХУ Экобет Освенцим (PPHU Ecobet Oświęcim), ППХУ Цис (Тшебовиско) (PPHU Cis (Trzebowisko), Префабет Варшава (Prefabet Warszawa), ЗПХБ Вышкув (ZPNB Wyszkiw). Строятся новые заводы.

Следует подчеркнуть, что все заводы по производству ячеистых бетонов, проходят сертифицированный заводской контроль продукции, согласно стандарту PN-EN 771-4 «Требования для стеновых элементов – Часть 4: Стеновые элементы из автоклавного ячеистого бетона» [11], гармонизированной с директивой 89/106/ЕЭС. Часть заводов имеет сертификаты управления качеством по стандартам PN-ISO. Вышеуказанные факты говорят о получении изделий стабильного качества.

5. Ассортимент и применение изделий из АЯБ

В настоящее время в Польше из АЯБ производятся, главным образом, мелкие элементы для выполнения стен, перемычек, а также для заполнения часторебристых перекрытий. Кроме мелких элементов, некоторыми заводами изготавливаются также перегородки и армированные перемычки, применяемые для перекрытия оконных и дверных проемов в наружных и внутренних несущих стенах и перегородках.

Традиции производства армированных элементов в Польше относятся к 60–80 годам прошлого столетия. Изготавливался полный ассортимент вышеуказанных армированных элементов.

Кризис в 90-х годах в строительстве вызвал падение сдачи объектов индустриальными методами и прекращение производства в стране армированных элементов. В последнее время в Польше наблюдается интерес к армированным изделиям. В настоящее время в Польше производится ячеистый бетон объемной плотностью в сухом состоянии от 300–750 кг/м³. Он классифицируется по стандарту PN-EN 771-4:2004 [11]. Прочность на сжатие изделий – в пределах 1,5–7,5 МПа, а коэффициент теплопроводности λ от 0,09–0,2 Вт/(м·К).

Выпускается богатый ассортимент изделий по форме и размерам. Эти изделия соответствуют требованиям [11]². Чаще всего производится следующий ассортимент стеновых блоков:

- мелкие блоки в виде прямоугольного параллелепипеда с гладкой поверхностью, разной длины и ширины (рис. 3а);
- мелкие блоки в виде прямоугольного параллелепипеда с профилированными торцевыми поверхностями, приспособленными для соединения блоков на шпунт и гребень (рис. 3б);
- мелкие блоки с профилированными торцевыми поверхностями, с дополнительными захватными углублениями (рис. 3с);
- модульные блоки (рис. 3д);
- утепляющие блоки с приклеенным утепляющим слоем;
- блоки перемычек в форме буквы U или L (необратимая опалубка для изготовления на стройплощадке перемычек, венцов железобетонных колонн) (рис. 3е);
- ограждающие блоки вентиляционных, дымоходных и водно-канализационных коммуникаций (рис. 3ф);
- дополнительные (вспомогательные) блоки, (например в форме кирпичей разных размеров, клиновидные блоки для монтажа арочных проемов.

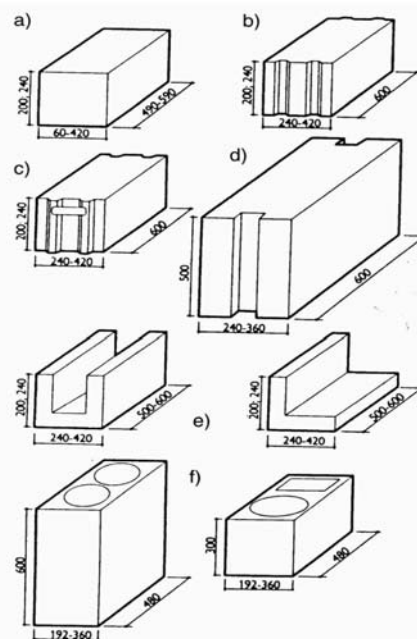


Рис. 3. Примерный ассортимент стеновых блоков

Кроме того, производятся:

- пустотелые блоки для часторебристых перекрытий,
- перегородки,
- армированные перемычки.

Некоторые фирмы, производящие широкий ассортимент изделий из АЯБ и материалов для их соединения, предлагают системы возведения строительных объектов.

Центр по развитию бетонной промышленности «ЦЕБЕТ», совместно с заводами по производству ячеистого бетона, в сотрудничестве с Институтом строительной техники, провел исследования свойств блоков нового поколения и изготовленных из них стен, что в результате позволило значительно расширить сферу применения блоков, производимых из ячеистого бетона.

В Польше элементы из АЯБ применяются согласно п. 5, главным образом, для стен, перемычек, и в качестве заполнения часторебристых перекрытий. Доля стен из ячеистого бетона составляет в Польше 41% (рис. 5).

Ячеистый бетон нового поколения применяется для любого типа стен наземных конструкций, причем внутренние стены выполняются в однослойном варианте, а наружные

² Стандарт не содержит точных требований по форме и размерам, однако, определяет максимальные размеры стеновых блоков: длина 1500, высота 1000, ширина 600 (размеры в мм), а также допустимые отклонения размеров для блоков правильной формы, в зависимости от того, будут ли они соединяться обычными либо легкими растворами, или же – тонкими швами.



Рис. 4. Изделия из АЯБ, составляющие систему
(фото Śniadowo)

либо в однослойном, либо в многослойном вариантах [12]. Легкие разновидности АЯБ позволяют сооружать теплые однослойные наружные стены с коэффициентом теплопередачи U ниже $0,30 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ($0,22\text{--}0,29 \text{ Вт/м}^2\text{К}$) [17], без дополнительного утепления. Сооружение таких стен влияет на экономию энергии, необходимой для отопления зданий и вызывает уменьшение эмиссии тепличных газов. Для стен в подземной части здания можно использовать блоки из ячеистого бетона плотностью 600 и больше, при условии применения соответствующей гидроизоляции и заполнения раствором всех горизонтальных и вертикальных швов (рекомендуются блоки с гладкой торцевой поверхностью) [14]. Следует добавить, что в Польше стены подвалов из АЯБ еще мало распространены.

Комплексная оценка наружных стен из ячеистого бетона показывает, что при сегодняшнем ассортименте изделий, очень удачным решением являются однослойные стены. Это обусловлено свойствами ячеистого бетона и простотой кладки стен, гарантирующей их правильное возведения. Условием является соединение блоков стены растворами для тонких швов (толщиной 1–3 мм) либо легкими «теплыми» растворами. Достоинством наружных однослойных стен из ячеистого бетона является их достаточная термоизоляция (без дополнительного утепления), при одновременном соответствии требованиям по безопасности конструкции, пожарной безопасности и защиты от шума.

Однослойные стены особенно рекомендуются для индивидуальных домов. В таких постройках используются конструктивные и изоляционные достоинства ячеистого бетона. Однослойные стены обеспечивают стабильную температуру и оптимальный микроклимат в здании.

Ячеистый бетон является огнестойким материалом – он классифицируется по Евро классу – А1. Результаты проведенных огневых исследований показали [15, 16], что однослойные стены, выполненные из ячеистого бетона толщиной $\geq 24 \text{ см}$, для всех уровней их нагрузки, имеют класс огнестойкости $REI 240$ (lub $F4$), а это значит, что

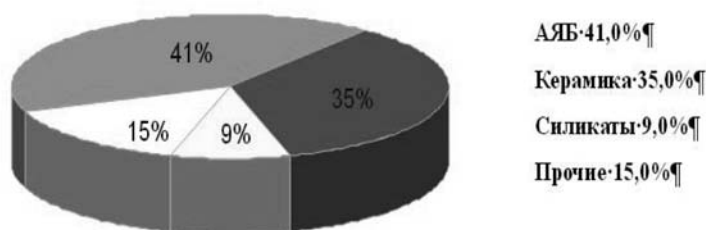


Рис. 5. Доля трех крупнейших групп изделий в рынке стеновых материалов в Польше в 2008 г [4].

несущая способность (R), изоляционная способность (I) и сопротивление образованию сквозных трещин в случае пожара (E) стен, составляет не менее 240 мин.

Последние исследования на огнестойкость показали, что АЯБ, изготовленные, как на базе песка, так и золы – относятся к Классу А1, т.е. к лучшему классу, включающему самые безопасные, невоспламеняемые изделия, не участвующие в пожаре.

Следует подчеркнуть, что ячеистый бетон является экологическим материалом, не наносящим вреда здоровью. Многолетний опыт показал также, что этот материал гарантирует прочность здания на многие поколения.

6. Заключение

Осуществленные в последние годы в Польше коренные изменения в процессе производства автоклавного ячеистого бетона, касающиеся главным образом узлов: резки ячеисто-бетонных массивов, подготовки и дозировки компонентов, а также разгрузки готовой продукции привели к тому, что большинство производителей вступили в третье тысячелетие с производством нового поколения изделий и разнообразным ассортиментом мелких ячеисто-бетонных блоков, обладающих высокими техническими параметрами. Эти изделия характеризуются минимальными отклонениями по размерам, положительным соотношением плотности, прочности на сжатие и значения коэффициента теплопроводности (λ). Увеличился также масштаб производства легких, по классу плотности (раньше – видов), бетонов.

Выпускаемый, богатый ассортимент мелких элементов и материалы, предлагаемые для их соединения, позволяют строить стены, характеризующиеся очень хорошими решениями в области теплоизоляционности, конструкции и пожарной безопасности. Из этих блоков можно строить однослойные стены без дополнительного утепления, при пониженных затратах по транспортировке материалов и стоимости строительства, сохраняя при этом очень благоприятный микроклимат помещений и низкие затраты по эксплуатации зданий.

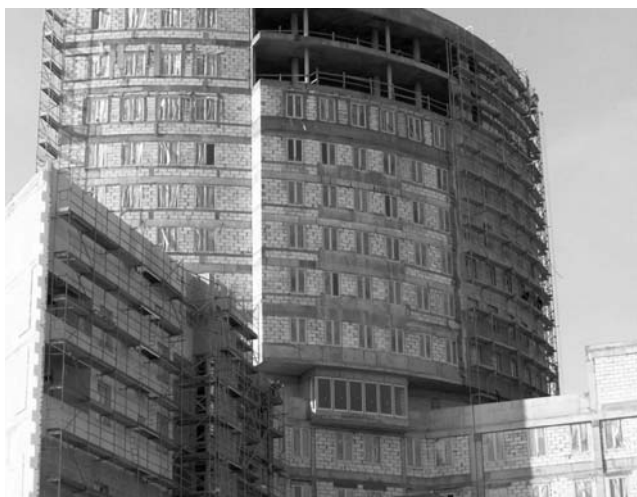


Рис. 6. Примеры применения элементов из АЯБ

Доля стен, возводимых в Польше из АЯБ, составляющая 41% в общем балансе стеновых материалов показывает, что потребители должным образом оценили достоинства этого материала, и можно предполагать, что станет он также материалом завтрашнего дня.

Дальнейшее развитие автоклавного ячеистого бетона в Польше и в других странах, является обоснованным в связи с тем, что как процесс производства, так и применение ячеистого бетона соответствуют требованиям сбалансированного развития [18;19].

Это предположение не освобождает однако учёных, исследователей и производителей АЯБ от дальнейшей работы над поиском нового сырья [20] и совершенствованием свойств АЯБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Autoclaved Aerated Concrete. Innovation and Development. Materiały z Międzynarodowej Konferencji Londyn 8-9 września 2005.
2. Jatymowicz H., Siejko J., Zapotoczna-Sytek G.: Technologia autoklawizowanego betonu komórkowego. Arkady. Warszawa 1980.
3. Zapotoczna-Sytek G.: Współczesne technologie betonu komórkowego, prognozy w świetle zasad zrównoważonego rozwoju. Materiały XIX Konferencji Naukowo-Technicznej «Beton i Prefabrykacja – Jadwisin 2004».
4. Materiały techniczne i reklamowe firm: Xella, H+H Polska, Thermalite, Solbet, Śniadowo oraz Stowarzyszenia Producentów Betonów.
5. Materiały informacyjne Europejskiego Stowarzyszenia Producentów Autoklawizowanego Betonu Komórkowego (EAACA) z lat 2004-2007.
6. Запоточна-Сытэк Г.: Автоклавный ячеистый бетон в странах Европы. Сборник научных трудов, III Международная конференция «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». Севастополь 2007.
7. Małolepszy J., Pichór W.: Beton komórkowy XXI wieku. Materiały Budowlane 4'2001 (nr 344)
8. Zapotoczna-Sytek G.: Rola autoklawizowanego betonu komórkowego w budownictwie mieszkaniowym. IV Konferencja Naukowo-Techniczna SPB „Rola prefabrykacji betonowej oraz betonu komórkowego w budownictwie mieszkaniowym” Zegrze 11-12 X 2007 r. – publikacja w Materiałach Budowlanych 9/2007.
9. Zapotoczna-Sytek G., Małolepszy J. Zrównoważony rozwój a proces wytwarzania i stosowania elementów z betonu komórkowego, Materiały z Konferencji „Dni Betonu. Tradycja i Nowoczesność” Wisła 2008.
10. Запоточна-Сытэк Г. Автоклавный ячеистый бетон в Польше – строительный материал сегодняшнего и завтрашнего дня. Сборник докладов, V Конференции «Ячеистые бетоны в современном строительстве». Санкт-Петербург 10-12.09.2008.
11. PN-EN 771-4:2004/A1:2006 Wymagania dla elementów murowych - Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego.
12. Zapotoczna-Sytek G.: Ściany z betonu komórkowego. Materiały Budowlane 4'2004 (nr 380).
13. Dom ze ścianami jednowarstwowymi - program edukacyjno-informacyjny «Mądry Polak przed budową» - Patronat Ministerstwa Infrastruktury - (www.domprzyjazny.pl),. Wyd. Ardo – Studio.
14. Zapotoczna-Sytek G., Gębarowski P.: Czy można stosować elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego do ścian piwnic? Materiały Budowlane 4/2008.
15. Opracowanie ITB: Klasyfikacja ogniowa ścian z autoklawizowanego betonu komórkowego. Praca nr NP-835/A/99, Warszawa 2000 oraz NP-0939/A/06/GW, Warszawa 2006.
16. Zapotoczna-Sytek G., Woźniak G.: Najnowsze wyniki badań ogniowych ścian z betonu komórkowego. Materiały Budowlane 4'2007 (nr 416).
17. Zapotoczna-Sytek G., Łas M., Górka B.: Determination of declared and design thermal conductivity of autoclaved aerated concrete. 9th International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science. TEMPMEKO 2004. Cavtat-Dubrovnik, Croatia.
18. Hums D.: Ecological aspects for the production and use of autoclaved aerated concrete. Wittman (ed), Advances in Autoclaved Aerated Concrete: 271-275. Zürich, 1992.
19. Zapotoczna-Sytek G.: AAC based on fly ash in strategy of sustainable development. 4th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete - Innovation and Development. Londyn str. 257-264.
20. Запоточна-Сытэк Г.; Ласкавец К.; Гембаровски П.: Нестандартная летучая зола, применяемая для производства автоклавного ячеистого бетона. Энергосбережение в строительстве. Ячеистые бетоны и силикатный кирпич: технологии производства, опыт применения, Киев 26-28 мая 2009.

УДК 666.923.5

*Подлужский Е.Я., доктор техн. наук, первый заместитель генерального директора по науке,
Новиков В.С., канд. техн. наук, зав. сектором извести,
Сенатова К.С., научный сотрудник, государственное предприятие «Институт НИИСМ», г. Минск,
Республика Беларусь*

ДОЛОМИТОВАЯ ИЗВЕСТИЬ ИЗ СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С увеличением объемов промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства в Республике Беларусь возникает необходимость в наращивании производственных мощностей основных видов строительных материалов, прежде всего, силикатного кирпича и ячеистого бетона, а также вяжущих для их производства, в частности извести.

В отличие от многих геологических регионов земного шара в Республике Беларусь до настоящего времени не обнаружено крупных месторождений камневидных известняков, которые могли бы служить местной сырьевой базой для современной известковой промышленности.

Основным источником сырья для производства извести в республике служат многочисленные, в том числе и крупные месторождения более или менее чистых, но землистых пород и, как правило, сильно увлажненных меловых пород. Нередко в этих породах содержатся камневидные кремнеземистые

включения различных размеров. Такое состояние известкового сырья чрезвычайно затрудняет все технологические процессы его переработки: добычу, погрузочно-разгрузочные работы, продвижение по технологической линии, выделение примесей и камневидных включений, дозирование и равномерное питание технологических агрегатов. В зимнее время влажная меловая масса смерзается в прочный монолит, который при оттаивании снова превращается в тесто.

Для сушки и удаления из такого сырья содержащейся в нем воды, включая оттаивание, требуется дополнительная тепловая мощность агрегатов и затраты труда, электроэнергии, топлива, повышенная мощность тягодутьевых устройств, большие сечения газоходов и т.п. В результате стоимость кальцевой извести, получаемой из мела, оказывается существенно выше себестоимости извести из плотных известняков.