

## Достижения современных технологий для фильтрации жидкостей.

Фильтр картон и кизельгуры (диатомиты) в настоящее время – это наиболее распространенные и используемые фильтр–материалы в фармацевтической и пищевой промышленности. Постоянно изменяющиеся требования со стороны рынка потребления пропорционально стимулируют производителей к улучшению качества поставляемого оборудования, расходных материалов, сырья и, в частности, фильтрационных материалов.

Улучшение качества фильтрующих материалов приводит не только к улучшению качества фильтрации, но и к существенной экономии затрат на фильтры. Новые фильтры зачастую обладают в несколько раз большими ресурсами по грязеемкости, большими пропускными способностями по потоку, лучшими микронными рейтингами.

Американские компании ERTEL и Advanced Minerals представляют самые последние совместные исследовательские разработки в данной области. В этой публикации предлагаются к рассмотрению фильтр–картоны производства ERTEL (США) и кизельгуры Advanced Minerals, их особенности и отличия от обычных фильтр–картонов и диатомитов мировых производителей, а также основные области их применения.

Далее мы рассмотрим преимущества высокочистых фильтр–материалов для глубокой фильтрации на фильтр–картоне и параллельно для динамической (намывной) фильтрации на диатомите, вследствие их тесной взаимосвязи и удобства изложения.

### Состав фильтр–картона и диатомит.

Фильтр–картоны – это фильтры с глубокой пористой структурой, используются для предварительной и тонкой фильтрации в пищевых и фармацевтических производствах. В пищевой промышленности фильтр–картоны в большей степени используются для фильтрации вина, пива, ликероводочных изделий. В фармацевтической промышленности фильтр–картоны в большей степени используются для предварительной и финишной фильтрации препаратов плазмы крови, сыворотки, внутривенных препаратов.

Обычно в состав фильтр–картона для стандартных применений входят такие компоненты как отбеленное целлюлозное волокно, скрепляющие смолы, перлит, кизельгур (диатомит). Первые две составляющие у конкурирующих производителей мало различаются как по качественным, так и по количественным показателям. Серьезные отличия проявляются в основной, сорбционной составляющей – кизельгуре (диатомите).

До 70-х годов во всем мире и, практически до настоящего момента в России, основной сорбционной составляющей в фильтр картоне был асбест. По причинам проблем, связанных с утилизацией, попадания асбестовых нитей в фильтрат, попадания асбестовой пыли в органы дыхания рабочих, обслуживающих фильтры, асбест был запрещен и заменен. Кизельгур сейчас выступает как альтернатива канцерогенному асбесту, не всегда лучшая качественно (по сорбционным свойствам), но, несомненно, лучшая экологически.

Остановимся более подробно именно на диатомите, как основной фильтрующей компоненте фильтр–картона. Количество кизельгура в картоне, в процентном отношении, зависит от производителя и марки картона и колеблется в пределах от 30 до 50 %.



Фото 1 – Диатомит (увеличение на электронном микроскопе).

Обычно наиболее тонкие (средняя пористость менее 5 мкм) марки картона содержат наибольшее количество диатомита.

**Диатомит** (Фото 1) (то же, что **кизельгур**) – производится из диатомитовых земель (мелоподобных геологических отложений) и состоит в основном из кремниевых останков (скелетов, оболочек) ископаемых диатомитовых водорослей, одноклеточных организмов класса Bacillariophyceae (фото 2, 3). Благодаря своей симметричной пористой микроструктуре широко

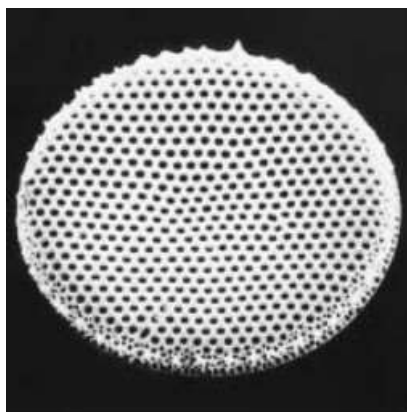


Фото 2 – Скелет диатомы.  
(увеличение на электронном  
микроскопе).



Фото 3 – Скелет диатомы.  
(увеличение на электронном  
микроскопе).

Следующим изменением самих основ сохранения микроструктуры диатом при перемоле и обжиге. Как результат, появилось уникальное производство высокочистых кизельгуров Advanced Minerals – плод долгой и тщательной исследовательской работы и миллионных инвестиций в новейшее оборудование.

используется для динамической (намывной) фильтрации жидкостей. Обладает жесткой кремниевой основой, стабилен к механическим и термическим воздействиям. Содержит в составе – до 90 % диоксида кремния, до 10 % – оксидов алюминия, железа, кальция, калия, натрия (сопутствующие вещества, ухудшающие инертные и фильтрующие свойства кизельгура). Именно последние 10% сопутствующих веществ в основном и являлись объектом работ и исследований, направленных на их уменьшение. направлением были работы по производственного цикла для

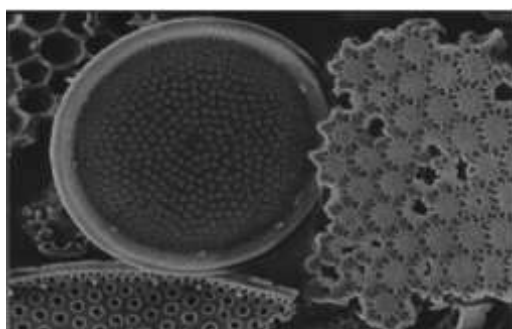


Фото 4 – Диатомит Celprige (увеличение на электронном микроскопе).

Одним из основных достижений данного производства за последние несколько лет, несомненно, является высокочистый диатомит Celprige (фото 4), изготовленный по специальной технологии щадящего обжига и помола, отмытый специальными растворами с максимально возможным сохранением естественной микроструктуры ископаемых диатом. Celprige обладает большей микро- и макропористостью, меньшей плотностью в сравнении с обычными сортами кизельгура и, как следствие, обладает уникальными фильтрационными свойствами и химической инертностью.

Рассмотрим основные отличия обычного диатомита от диатомита Celprige на конкретных примерах.

### 1. Чистота.

В таблице 1 приведен сравнительный химический состав, полученный в результате рентгенографического анализа двух типов кизельгура.

Таблица 1. Состав диатомитов Celpure® 300 и Celite Standard Super-Cel

Составляющие компоненты	Celpure® 300 (высокоочищенный кизельгур), %	Celite Standard Super-Cel® (стандартный кизельгур), %
SiO <sub>2</sub>	98.65	91.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60	4.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	1.39
Na <sub>2</sub> O	0.14	0.50
K <sub>2</sub> O	0.10	0.83
MgO	0.08	0.61
CaO	0.08	0.41
TiO <sub>2</sub>	0.03	0.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.13
MnO <sub>2</sub>	nd*	0.01
<b>Всего</b>	<b>99.98</b>	<b>99.94</b>

nd\* – ниже определяемого уровня

Также, важным фактором является количество растворимых металлов. В таблице 2 приводятся сравнительные данные по растворенным веществам в процессе фильтрации в идентичных условиях для определенной жидкости. (Данные цифры приводятся только в целях сравнения)

Таблица 2. количество растворимых металлов в фильтрате.

	Celpure® 300 (высокоочищенный кизельгур)	Celite Standard Super-Cel® (стандартный кизельгур)
Al	nd* (PPB)	1682 (PPB)
Ca	Nd	1050
Mg	124	1010
Fe	56	400
Zn	Nd	210
Cu	12	16
Sb	Nd	12
Mn	4	14
Cr	Nd	4
Cd	Nd	0.6

nd\* – ниже определяемого уровня

## 2. pH.

Стандартные кизельгуры редко получают точные pH–спецификации при производстве и способны изменять pH фильтруемых жидкостей в щелочную сторону вплоть до pH 11. При производстве вина и пива отклонения, конечно же не столь драматические, но, все равно, эффект защелачивания явно присутствует и достаточно влияет на химическую и биологическую стабильность напитков. Происходят также изменения в органолептике.

Некритичные изменения для пищевой промышленности, надо отметить, порой являются катастрофическими для фармацевтики и медицины. Напротив, диатомиты Celpure получают pH–сертификаты при производстве и минимально влияют на pH фильтруемых жидкостей вследствие минимального содержания загрязнений (см. Чистота)

## 3. Химия поверхности (инертность).

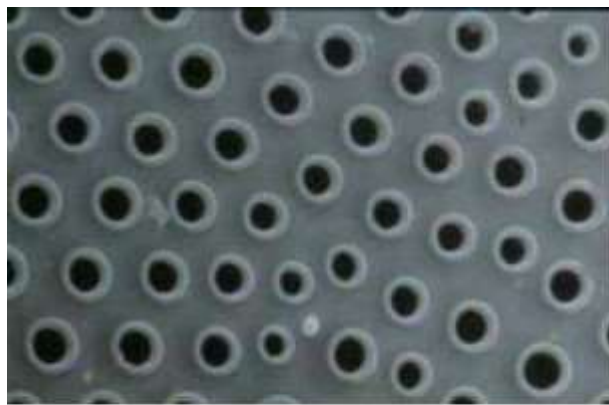


Фото 5. Поверхность отдельной диатомы, кизельгур Celpure



Фото 6. Поверхность отдельной диатомы, обычный кизельгур

Вследствие высокой чистоты поверхности диатомита Celpure (фото 5) исключается возможное взаимодействие оксидов на поверхности с веществами, растворенными в фильтрате, что увеличивает ресурс (грязеемкость) кизельгура на 20–30 % по сравнению с обычным (фото 6).

#### 4. Плотность.

Плотность во влажном состоянии (определяется при центрифугировании) Celpure 300 – 0,25 г/см<sup>3</sup>, тогда как плотность Celite Standard Super–Cel 0,30 г/см<sup>3</sup>. Соответственно одна и та же масса высокочистого кизельгура создает намывной слой (при намывной фильтрации) на 20–30 % больше, чем обычный. Вследствие высокой чистоты Celpure и большего ресурса – грязеемкости, возможно значительное уменьшение расхода кизельгура без последствий для качества фильтрации.

#### 5. Задержание частиц и проницаемость.

Фильтрующие вещества обычно классифицируются по Дарси проницаемости. Фильтр проницаемостью в 1 Дарси пропускает 1 мл чистой воды через 1 кв.см поверхности, через фильтрующий слой толщиной в 1 см при перепаде давления в 1 атм. Дарси проницаемость диатомита сильно связана с микронным рейтингом задержания частиц кизельгура. Диатомиты Celpure также характеризуются подобной зависимостью, но качественно отличаются при этом от обычных кизельгуров. Рассмотрим типичное соответствие задержания частиц и проницаемости для Celpure (табл. 3).

Таблица 3. Характеристики проницаемости кизельгуров Celpure

Марки Celpure	Проницаемость, мДарси	Площадь фильтрующей поверхности, кв.м/г	99,9 % задержания частиц, мкм*
65	40-80	6-7	0,33
100	70-140	5-6	0,45
300	150-300	3-4	0,65
1000	750-1250	1-2	2,00

\* Данные приведены исключительно для сравнения. В зависимости от жесткости частиц загрязнения, данные могут меняться.

Стандартный диатомит марки Celite® 521 имеет проницаемость около 300 мДарси и эффективность задержания 99 % для частиц размером более 1,2 мкм. Если, например, потребуется большая пропускная способность по потоку фильтруемой жидкости, то необходимо будет перейти на кизельгур с большим показателем Дарси, а, следовательно, с меньшим рейтингом задержания по микронам. В то же время если мы рассмотрим диатомит Celpure 300, который также имеет проницаемость 300, то его микронный рейтинг – 99,9 % задержания частиц размером более 0,65 мкм (см.таблицу).

То есть, диатомиты Celpure позволяют перейти к более тонкой фильтрации с сохранением величины потока.

Вследствие всех вышеперечисленных причин очевидна актуальность качества содержащегося диатомита в фильтр-картоне. Особенно существенно влияние при фильтрации коньяка, водки, элитных вин.

Для коньяка и водки принципиально обогащение следами соединений металлов кальция, магния, железа, что влияет на склонность к выпадению в осадок обратимых и необратимых помутнений.

Для вин более существенным фактором является изменение pH и, как следствие, изменение биологической стабильности и органолептики.

**Незаменимы все вышеуказанные свойства и в применении к фармпроизводству.**

Особенно существенно влияние при фильтрации инфузионных растворов и препаратов плазмы крови.

Для данных жидкостей принципиально обогащение следами соединений металлов кальция, магния, железа, что влияет на склонность к выпадению в осадок обратимых и необратимых помутнений.

Не менее существенным фактором является изменение pH и, как следствие, изменение биологической и химической стабильности.

Общим преимуществом при использовании фильтр-картонов с высокочистым кизельгуром является существенное изменение ресурса (грязеемкости). Для некоторых применений, в отдельных ситуациях, разница по ресурсу в сравнении с фильтр-картонами конкурентов доходит до 5–7 объемов отфильтрованной жидкости.

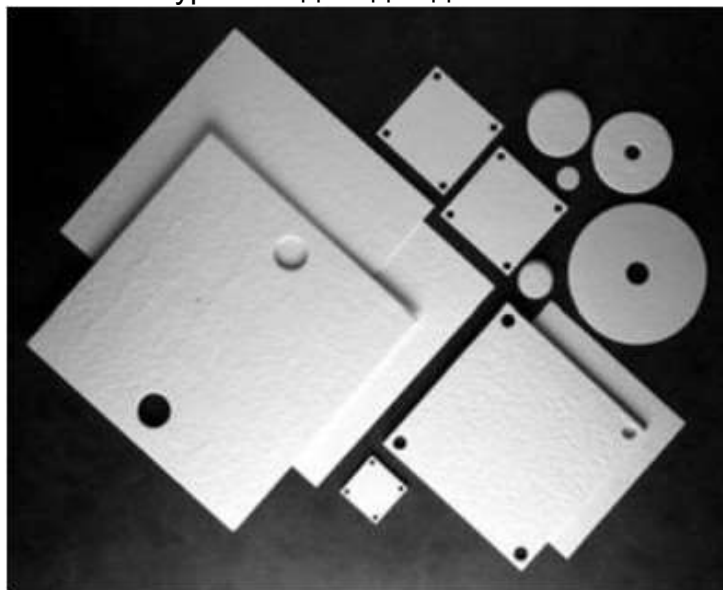


Фото 7. Фильтр-картоны Ertel, возможно листовое исполнение (слева) в любом виде, а так же модульное исполнение (справа), в соответствии с международными стандартами

Компания ERTEL в сотрудничестве с Advanced Minerals разработала линейку фильтр-картонов Micro-Media® XL специально для подобных применений (табл. 4). В данной серии присутствуют все виды картона, необходимые для фильтрации в пищевой промышленности: грубой, средней, тонкой и стерильной фильтрации (фото 7). Картоны Micro-Media® XL содержат в качестве сорбционной составляющей только кизельгуры Celpure, высокочистую целлюлозу и скрепляющие смолы.

**Таблица 4. Микронный рейтинг картонов Micro-Media® XL**

Марка Micro-Media® XL	Микронный рейтинг, мкм
M- 053	15
M- 103	10
M- 403	5
M- 453	2,5
M- 503	1
M- 503T	0,8
M- 703	0,5
M- 853	0,3
M- 953	0,25