

## ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТЕЙ

Фильтр картон и кизельгуры (диатомиты) в настоящее время – это наиболее распространенные и используемые фильтр–материалы для фильтрации жидкостей в пищевой, фармацевтической и косметической 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 глубинной 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 глубинной пористой структурой, используются для предварительной и тонкой фильтрации в пищевых и фармацевтических производствах. 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 %. Обычно наиболее тонкие (средняя пористость менее 5 мкм) марки картона содержат наибольшее количество диатомита.



Фото 1 – Диатомит (увеличение на электронном микроскопе).

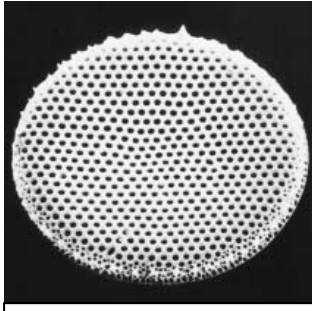


Фото 2 – Скелет диатомы.  
(увеличение на электронном микроскопе).

(скелетов, оболочек) ископаемых диатомовых водорослей, одноклеточных организмов класса Bacillariophyceae (фото 2, 3). Благодаря своей симметричной пористой микроструктуре широко используется для динамической (намывной) фильтрации жидкостей. Обладает жесткой кремниевой основой, стабилен к механическим и

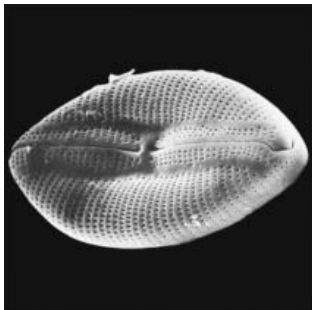


Фото 3 – Скелет диатомы.  
(увеличение на электронном микроскопе).

кизельгура).

Именно последние 10% сопутствующих веществ в основном и являлись объектом

**Диатомит** (Фото 1) (то же, что **кизельгур**) – производится из диатомитовых земель (мелоподобных геологических отложений) и состоит в основном из кремниевых останков

термическим воздействием. Содержит в составе – до 90 % диоксида кремния, до 10 % – оксидов алюминия, железа, кальция, калия, натрия (сопутствующие вещества, ухудшающие инертные и фильтрующие свойства

работ и исследований, направленных на их уменьшение. Следующим направлением были работы по изменению самих основ производственного цикла для 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.

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

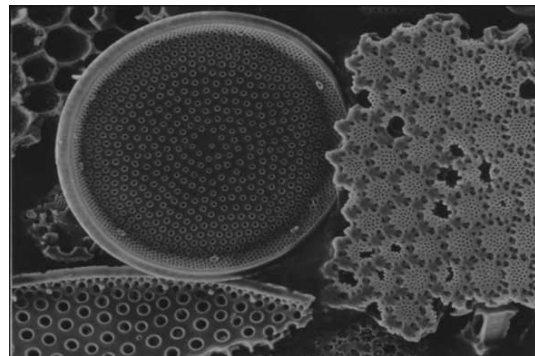


Фото 4 – Диатомит Celpure (увеличение на электронном микроскопе).

## Рассмотрим основные отличия обычного диатомита от диатомита Celpure на конкретных примерах.

### 1. Чистота

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

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		

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

Так же важным фактором является количество растворимых металлов. В **таблице 2** приводятся сравнительные данные по растворенным веществам в процессе фильтрации в идентичных условиях для определенной жидкости.

	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	90	210
Cu	12	16
Sb	Nd	12
Mn	4	14
Cr	Nd	4
Cd	Nd	0.6
nd* – ниже определяемого уровня		

**Таблица 2,** количество растворимых металлов в фильтрате. Экстрагирование произведено из 2 грамм образца кизельгура в растворе объемом 100 мл. Раствор – 10 мг/мл альбумин, 50 мМ ацетат натрия, pH 4,3. Инкубация: 4 часа, 160 оборотов в минуту, 50 С.

### 2. pH (уровень кислотности)

Стандартные кизельгуры редко получают точные pH-спецификации при производстве и способны изменять pH фильтруемых жидкостей в щелочную сторону вплоть до pH 11. На фармацевтических производствах отклонения могут быть более драматические, эффект защелачивания явно присутствует и достаточно влияет на химическую и биологическую стабильность фильтруемых жидкостей.

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

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).

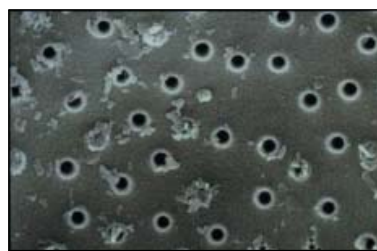


Фото 6. Поверхность отдельной диатомы, обычный кизельгур

#### 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 в секунду 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).

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.

Таблица 3. Характеристики проницаемости кизельгуров Celpure

Стандартный диатомит марки Celite® 521 имеет проницаемость около 300 мДарси и эффективность задержания 99 % для частиц размером более 1,2 мкм. Если, например, потребуются 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 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 рН 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.

Компания ERTTEL 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 фармацевтической и 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.

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

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



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