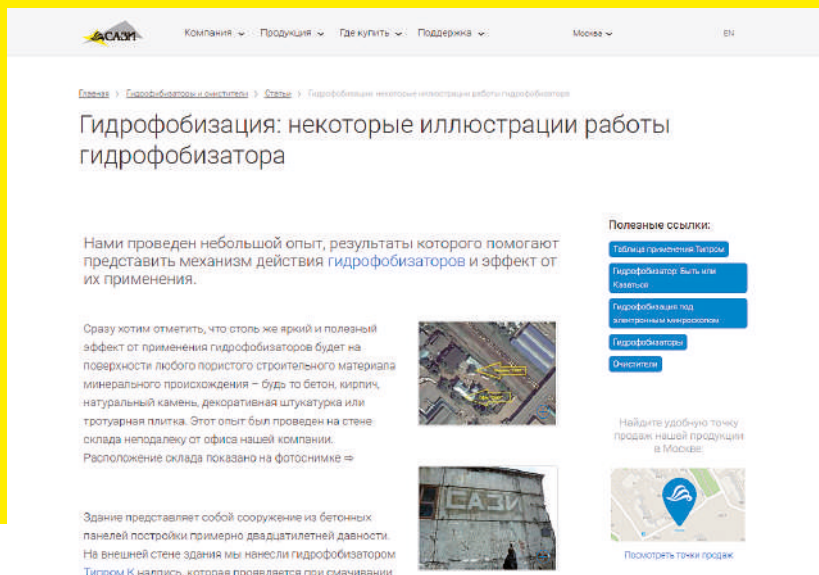


*Иллюстрации
механизма действия
кремнийорганического
гидрофобизатора*





Некоторое время назад наша компания выпустила буклет, иллюстрирующий повышение эксплуатационных характеристик пористых строительных материалов после их обработки кремнийорганическими гидрофобизаторами. Как мы и ожидали, этот буклет вызвал живой интерес широкого круга потребителей – иллюстрация получилась очень простой, наглядной и убедительной. Но новое знание приводит к новым вопросам: «А почему так происходит? Каков механизм действия кремнийорганических гидрофобизаторов?», – часто стали спрашивать нас.*

Здесь мы расскажем об одном исследовании, которое было предпринято нашими специалистами и дало ответ на указанные вопросы. Несмотря на то, что исследование проводилось с использованием электронной микроскопии, для понимания его результатов не требуются какие-либо специальные знания, а только лишь – внимание и... немного фантазии 😊

* Данный буклет, «Некоторые иллюстрации работы гидрофобизатора», Вы можете найти на нашем сайте www.sazi-group.ru, в каталоге продукции – «Гидрофобизаторы и очистители».

Аналогии из Природоведения, которые будут необходимы далее...



Фото 1а

Фото 1б

На этих фотографиях – виды гор из космоса. На покрытых снегом горах его слой скрывает извилистый рельеф горного хребта, со всеми его изгибами, ущельями, скальными выступами (**Фото 1б**). Горы без снега – сплошь изрезаны линиями рельефа, причем при наблюдении с любой высоты изрезанность будет «верной приметой» свободных от снега горных массивов (**Фото 1а**).



Гора Олимп (лат. Olympus Mons) – потухший вулкан на Марсе, самая высокая гора в Солнечной системе. Высота Олимпа – более 20 км, он простирается на 540 км в ширину и имеет крутые склоны по краям высотой до 7 км. Олимп занимает столь большую площадь, что его невозможно увидеть полностью с поверхности планеты – дистанция, необходимая для обозрения вулкана, столь велика, что он будет скрыт из-за кривизны поверхности.

Фото 2

На Фото 2 – фрагмент поверхности Марса в районе самого большого в Солнечной системе вулкана Олимп (его высота – более 20 км). Все мелкие детали рельефа горного массива здесь также скрыты, но в данном случае конечно, не снегом, – продуктами вулканической деятельности. Некоторые крупные элементы (на фото – разлом и старые кратеры от падения метеоритов) заполнены не доверху, а лишь частично – не хватило у вулкана для них лавы и пепла. Впрочем, он к этому вряд ли стремился, поэтому взял и потух, не доделав работу 😊...

Все предыдущие снимки имеют общее. Мы (как и марсиане, конечно же 😊) живем на дне воздушного океана, куда (на поверхность планеты) регулярно выпадают, например, снег или вулканический пепел, укрывающие детали поверхности слоем различной толщины.

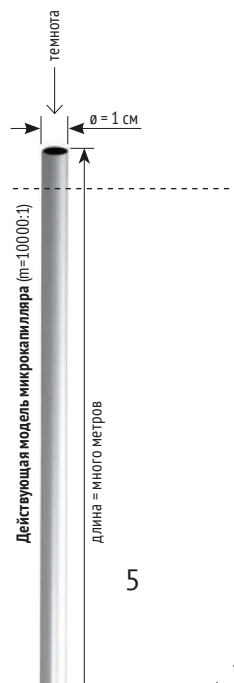
Напомним, что кремнийорганические гидрофобизаторы создают похожую картину, но в микромире: они заполняют полость капилляра или трещины, после чего, при постепенном испарении воды (или растворителя), на стенках капилляров или трещин полимеризуется растворенное в ней вещество. При этом образуется полимерная водоотталкивающая пленка, полностью покрывающая стенки этих пор. Если бы по поверхности капилляра ходили бы «микролюди», то они бы видели, что сначала их «микромир» затопило слабым раствором (почти водой) кремнийорганики, а потом, по мере испарения жидкости, сверху, начали опускаться** частицы **вещества**. Эти частицы создают слой типа слоя тины, связываясь между собой и обволакивая поверхность «микромира». Вот это **вещество** и будем в дальнейшем искать...

Фото 3



И снова – снег. Теперь в лесу (Фото 3). Снега мало, и он еще не закрыл не только подлесок, но и мелкий кустарник на переднем плане: отсюда, сбоку, каждый стебелек нам виден отдельно. Но давайте вспомним (а каждый из нас видел это много раз), как кустарник будет смотреться сверху: веток и отдельных стеблей видно практически не будет – они будут надежно замаскированы снежными шапками. Только некоторая рыхлость и «приподнятость» рельефа позволит нам угадать, что под снегом – лесная поросль, а не лужайка.

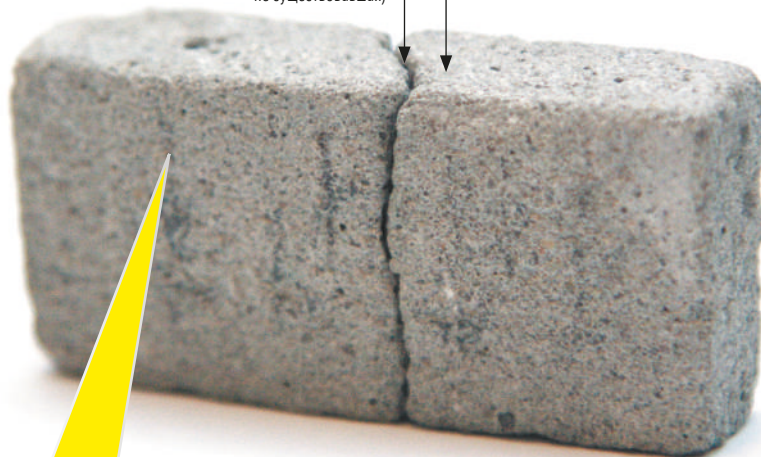
Представьте, в землю вертикально вкопана прямая полая труба (ну, пусть диаметром 1см) очень большой длины (много метров), так что ее верхний торец чуть возвышается над поверхностью. Что там, внутри трубы, увидим мы, если будем смотреть на нее с достаточной высоты? Интуиция правильно подсказывает – ничего не увидим, потому что туда не проникает свет. Точнее – увидим темноту. Темное пятно. И если бы мы не знали, что тут вкопана труба, то трудно было бы догадаться, что темное – это труба 😊



** Наблюдательный Читатель заметит, что в описываемых условиях не должно быть никакого «выпадения осадков», потому что в микромире гравитация несущественна. Это – так. На самом деле по мере испарения растворителя увеличивается концентрация активного вещества, что, с определенного момента, запускает реакцию его полимеризации. А специально подобранный состав полимера обеспечивает его «привязку» к стенкам капилляра, в результате чего и образуется покрывающий стенки слой.

Линия разлома образца
(естественно до самого разлома
не существовавшая)

Грань образца, на которую
был нанесен гидрофобизатор



Переходим в Микромир:

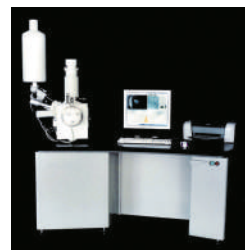
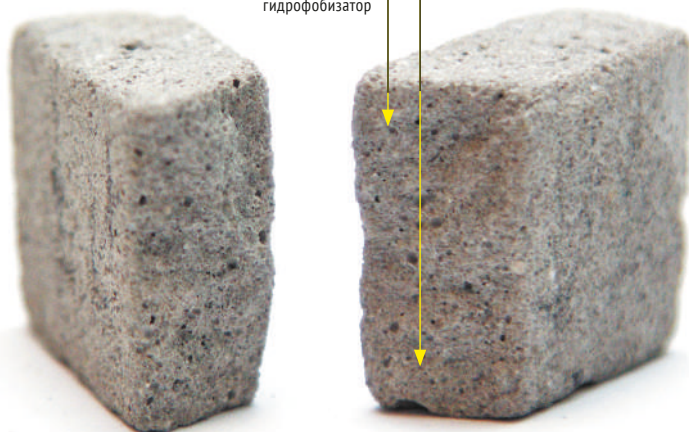
рассказ о нашем
исследовании

Для проведения исследований наши специалисты изготовили образцы в виде цементно-песчаных брусков размерами 5смX2смX1см, обработали их с одной стороны гидрофобизатором «ТИПРОМ К» и разломали поперек длинной оси. Таким образом, мы получили скол, на котором в непосредственной близости от поверхности обработки (**зона А**) ожидаем увидеть следы воздействия гидрофобизатора, а до противоположной стороны (**зона Б**) состав не добрался. Для сравнения этих двух областей провели съемку этих зон скола на растровом электронном микроскопе***.

*** Для того, чтобы легче читать публикуемые далее по тексту снимки, мы и предложили Вам рассмотреть представленные выше фотографии макрообъектов. Дело в том, что детализация снимков гор (ущелья и хребты шириной порядка километров, снятые с расстояния в тысячи километров, или кратеры шириной порядка нескольких километров с расстояния десятки тысяч километров) сравнима с детализацией представленных ниже микрофотографий (объекты порядка долей микрометра при расстоянии до объекта в десятки миллиметров). А микрорельеф скола образца не менее развит, чем макрорельеф горного массива.

Зона А – участок поверхности разлома со стороны обработанной грани, куда проник гидрофобизатор

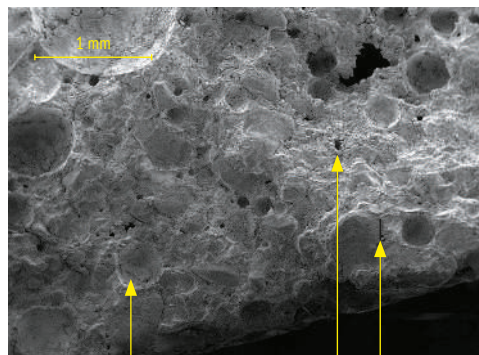
Зона Б – участок противоположной стороны, куда гидрофобизатор не дошел



Растровый электронный микроскоп (РЭМ) – прибор, основанный на принципе взаимодействия электронного пучка с веществом, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким пространственным разрешением. Современный РЭМ позволяет получить увеличение до 1 000 000 крат, что приблизительно в 500 раз превышает предел увеличения лучших оптических микроскопов.

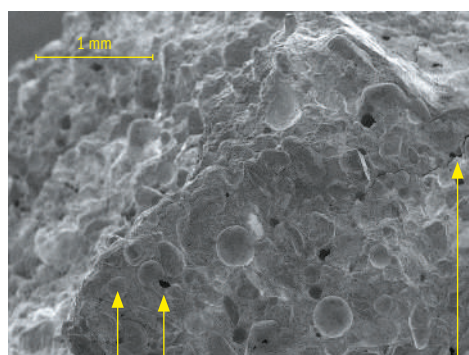
При увеличении X100 (Фото 4а, 4б) между зонами А и Б образца не видно никаких отличий. Мы даже не пишем здесь, какая фотография какой зоне скола соответствует. Видно много крупных пор, указанных стрелками 1. А черные пятна (по стрелкам 2) – те самые «трубы», уходящие примерно перпендикулярно поверхности в тело образца. Это – капилляры бетона. Кроме хорошо видимых капилляров с размерами от нескольких сотых до примерно двух десятых миллиметра, угадываются многочисленные значительно меньшие капилляры, придающие поверхности своеобразную рябь. Черные полоски (стрелки 3) – это трещины в образце, образовавшиеся

Фото 4а



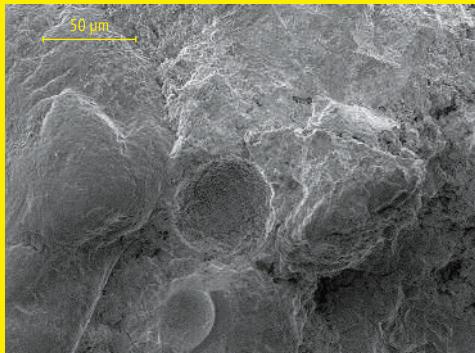
1. Поры | 2. Капилляры, направленные примерно перпендикулярно поверхности скола (по оси съемки) | 3. Микротрещины

Фото 4б



1. Поры | 2. Капилляры, направленные примерно перпендикулярно поверхности скола (по оси съемки) | 3. Микротрещины

Фото 5



Зона Б. На всех участках видна «рябь».

при твердении образца или при его разломе****. Напомним, что трещины и капилляры бетона являются путями проникновения в него воды.

Теперь рассмотрим эти же участки, увеличив кратность еще в 10 раз.

На **Фото 5** показан участок поверхности скола из зоны Б, масштаб x1000, а на **Фото 6а** и **6б** – участки **зоны А** в том же масштабе. Несмотря на то, что, как и в масштабе X100, на всех трех снимках видны и капилляры, и трещины, на двух фотографиях **Фото 6** (потому-то мы и взяли их две, чтобы убедиться вместе с Вами) появились

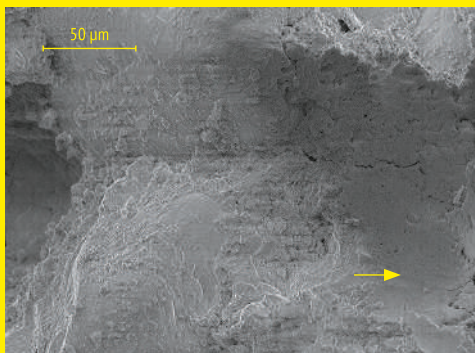


Фото 6а

Зона А. Отмечены участки, на которых не видна «рябь», характерная для всех участков зоны Б (фото 5).

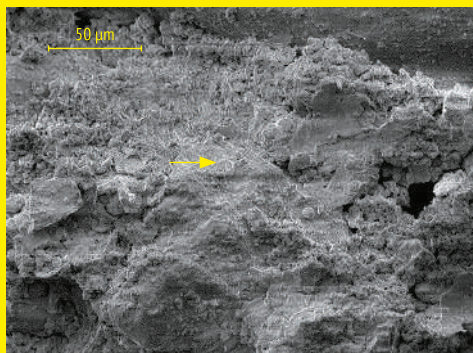


Фото 6б

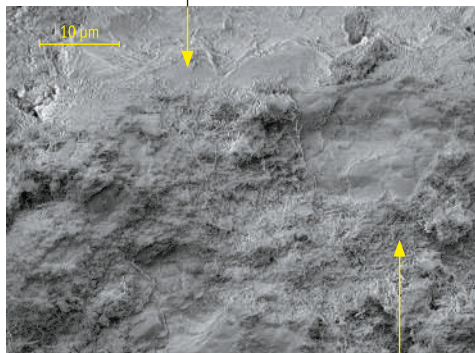
участки, отмеченные стрелками, где нет «рябизны» – поверхность стала гладкой и имеет необычный отблеск. Давайте еще более увеличим и посмотрим, что там такое...

Для этого рассмотрим **Фото 7** и **8**.

На **Фото 7** – заинтересовавший нас фрагмент фотографии **Фото 6б** (именно он на этой фотографии указан стрелкой), в масштабе X5000. Для сравнения на **Фото 8** дана фотография из **зоны Б** в том же масштабе. В **зоне Б** сохраняется «рябизна» из-за мелких капилляров, хотя, в силу масштаба, размер этих капилляров намного меньше, чем на **Фото 5**: но мы ранее уже говорили про бесконечность извилистости рельефа и других деталей

**** Важно отметить, что трещины и капилляры распространяются в бетоне с равной вероятностью во всех направлениях. То есть параллельно поверхности разлома образца их не меньше, чем – перпендикулярно ей. А где же они? Видим ли мы их? Да, видим. Значительная часть видимой нам поверхности разлома (вне пор) является ни чем иным, как стенками таких трещин или капилляров – просто потому, что по пустому месту образец ломается легче, чем по заполненному раствором...

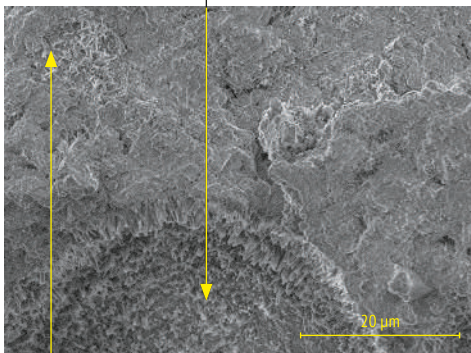
Фото 7



1. Участки поверхности, на которых не видны мелкие капилляры, перпендикулярные поверхности скола

2. Участки, на которых видны мелкие нитевидные кристаллы, покрытые сверху пленкой

Фото 8



1. Регулярные множественные кристаллы, выросшие в поре образца на последней стадии твердения

2. Мелкие нитевидные кристаллы, выросшие на поверхности капилляра или микротрещины

гор, помните? Посмотрите, например, на ставшие видимыми кристаллы по стрелке 1 (фото 8), вытянувшиеся своеобразным «лесом» (!) внутрь порового пространства. Или – на чашу нитевидных кристаллов по стрелке 2 (фото 8), собравшихся в пустоте крупного капилляра, который открылся при разломе образца...

Но что же зона А (Фото 7)? Здесь картина, в сравнении с предыдущими фотографиями, изменилась принципиально. Значительная часть поверхности (вид по стрелкам 1), изображенной на снимке, как будто чем-то залита: совершенно отсутствует «рябь», почти нет капилляров... А чем могут быть рыхлые участки по стрелке 2 в середине снимка? Конечно же, это – те самые нитевидные кристаллы стрелки 2 (Фото 8), но залитые сверху (помните «стебли» на Фото 3?).

Это – действие гидрофобизатора. Напомним, что скол проходит в первую очередь по микротрещинам и капиллярам, поэтому его поверхность – это в основном стенки трещин и капилляров (об этом мы написали в примечании**** на странице 8). Гидрофобизатор проник в эти пустоты и в полном соответствии с его назначением остался на их поверхности водоотталкивающей пленкой, которую мы и видим на образце. А поскольку во время обработки направление капилляров и микротрещин не влияло на результат, то, таким образом, обработаны все открытые полости в зоне А, куда может проникнуть раствор гидрофобизатора, и куда до обработки могла бы проникнуть вода.



В эксперименте использовался гидрофобизатор «Типром К» Гидрофобизатор «Типром К» – состав для придания водоотталкивающих свойств пористым строительным материалам. После обработки «Типромом К» материалы не впитывают воду атмосферных осадков, капельных течей и т.п. Он имеет также мощный противогрибковый эффект. При этом стены здания сохраняют уровень воздухообмена, что важно для жилых помещений.



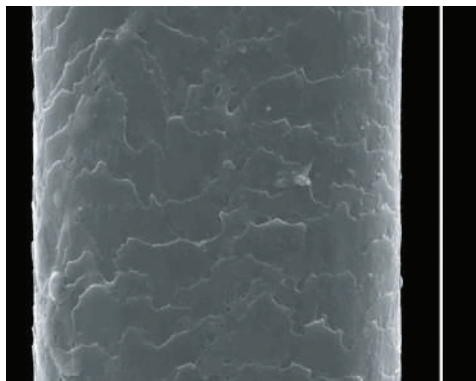
Выводы

Из описанного эксперимента можно сделать несколько довольно любопытных выводов:

Вывод 1

Подтверждается механизм действия кремнийорганических гидрофобизаторов как составов, создающих на внутренних поверхностях пор и капилляров строительных материалов водоотталкивающий эффект до определенной глубины от поверхности обработки. Поскольку водный раствор гидрофобизатора имеет такую же текучесть, как и вода (а гидрофобизаторы на органических растворителях в этом отношении превосходят воду), то он сделает водоотталкивающими все полости, до которых вода «могла бы добраться». Таким образом, вода без внешнего давления не сможет проникнуть в гидрофобизированный материал, что обычно достаточно для гидроизоляции строительных конструкций выше уровня земли.

На фото приведены сравнительные размеры толщины человеческого волоса (слева) и минимальной толщины капилляра, по которому гидрофобизатор способен проникнуть внутрь обрабатываемой поверхности (белая линия справа).



Вывод 2

Минимальный размер полости, в которую не проникает гидрофобизатор, очень мал. В данном случае состав «ТИПРОМ К» «не пошел» в капилляры менее примерно 0,5 мкм, что видно на **Фото 7** по стрелкам 1 – на этом участке капилляров меньших размеров не видно (а на **Фото 8** – видно), следовательно, они перекрыты пленкой поверху. Данный факт доказывает сохранение воздухо- и паропроницаемости после гидрофобизации, так как капилляры такого



и меньших размеров существенно не влияют на эти показатели. Пусть уважаемый Читатель простит нас, но мы позволим себе, для понимания масштабов картины, напомнить, что толщина человеческого волоса равна примерно 50мкм. Таким образом, перекрываются капилляры, размеры которых в сто раз меньше толщины волоса. При этом, поскольку в образце, например, много капилляров с размерами в сотни раз большими (см.фото 4), то перекрытие «микрокапилляров» не влияет на поток пара или воздуха.

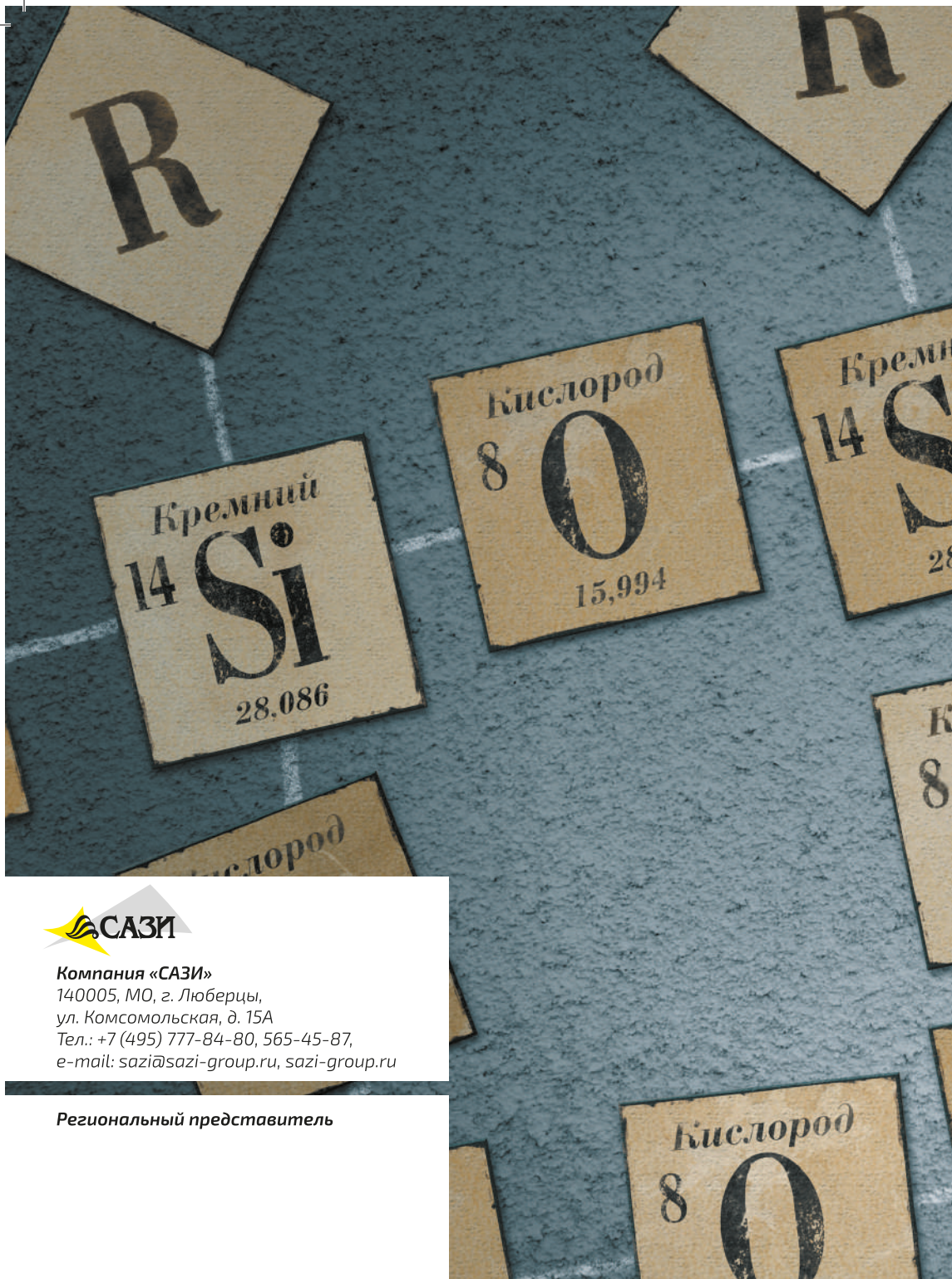
Вывод 3

Предыдущий вывод также указывает на причину длительного срока службы гидрофобизаторов в пористых строительных материалах: гидрофобизатор проникает в узкие полости и на достаточную большую глубину, поэтому пленка надежно защищена от солнечного света – основного агрессивного фактора, разрушающего кремнийорганику в этих условиях.

Вывод 4

По **Фото 7** мы можем попробовать получить представление о толщине образующейся пленки. На **участке 2** нитевидные кристаллы «сверху» частично еще видны по отдельности, а их толщину, судя по **участку 2 (фото 8)**, можно оценить в 0,1-0,5мкм. Поэтому можно ожидать, что толщина пленки, лежащая на них, видимо, не превосходит 0,1-0,25мкм (и здесь интересно сравнение с размером человеческого волоса в 50 мкм.). Это также свидетельствует о сохранении газопроницаемости образца по причинам, указанным в пункте 2).

Таким образом, проведенный эксперимент продемонстрировал механизм действия и объяснил причины появления основных потребительских свойств кремнийорганических гидрофобизаторов.



Компания «САЗИ»
140005, МО, г. Люберцы,
ул. Комсомольская, д. 15А
Тел.: +7 (495) 777-84-80, 565-45-87,
e-mail: sazi@sazi-group.ru, sazi-group.ru

Региональный представитель