УДК 699.82

ИНЪЕКЦИОННЫЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ: ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ-АНАЛОГОВ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

С.А. Кульков, А.В. Савич
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

© Кульков С.А., Савич А.В., 2023

Аннотация. Статья посвящена полиуретановым инъекционным составам, применяемым при устройстве гидроизоляции подземных сооружений. На основании практического опыта подрядных организаций даны предложения по составлению таблицы материалов-аналогов для обеспечения их взаимозаменяемости в проектных решениях.

Ключевые слова: инъекционные составы, смолоинъекция, инъектирование, инъекционная гидроизоляция, полиуретановые составы, гидроизоляция, полиуретановые смолы, гидроактивные смолы, импортозамещение.

DOI: 10.46573/2658-7459-2023-2-85-96

Технологии инъекции полиуретановых смол в последние десятилетия активно применяются при устройстве и восстановлении гидроизоляции подземных сооружений как в России, так и за рубежом. У специалистов-шахтостроителей на слуху названия таких известных европейских производителей инъекционных составов для промышленной гидроизоляции, как BASF (Германия), Drizoro (Испания), Sika (Швейцария), De Neef (Бельгия). В России технологии и материалы этих компаний успешно применялись при возведении многих подземных сооружений, например железнодорожных тоннелей дороги Адлер – Красная поляна к зимней Олимпиаде 2014 г.: «Для гидроизоляции уже построенных тоннелей применялись … технологии пост-инъецирования с помощью одно- и двухкомпонентных материалов концерна BASF» [1, с. 114]. Однако не стоит забывать, что отечественные технологии инъектирования полиуретановых смол имеют не менее богатую историю развития и могут успешно конкурировать с импортными аналогами.

В начале 1980-х гг. прошлого века сотрудниками Кольского научного центра Академии наук СССР велись активные научные изыскания в области применения смолоинъекционных технологий для химического упрочнения скальных горных пород [2]. Разработанные технологии использовались для закрепления этих пород и обеспечения гидроизоляции подземных сооружений. В 1998 г. были проведены экспериментальные исследования деформационно-прочностных свойств отечественных полиуретановых композиций производства ООО «Тимп» (г. Владимир), применяемых для гидроизоляции тоннелей метрополитенов [3]. С тех пор и по настоящее время завод в г. Владимире производит специализированные полиуретановые смолы инъекционных составов для нужд подземного строительства, совершенствуя рецептуру с учетом опыта практического использования разработанных составов.

Пример другого производственного предприятия, унаследовавшего традиции советской науки, – это ООО «Спецгидроизоляция “Монолит”» (г. Санкт-Петербург),

основанное специалистами, непосредственно участвовавшими в свое время в разработке «технологии инъекционной гидроизоляции с применением отечественных одно- и двухкомпонентных полиуретановых составов» [4, с. 146]. В 1997 г. ООО «Спецгидроизоляция “Монолит”» совместно с АО «Метрострой» была разработана Инструкция по гидроизоляции подземных сооружений на объектах метрополитена методом смолоинъекции (см. ТУ 2226-007-39484066-97).

ООО «Спецгидроизоляция “Монолит”» занимается, в частности, крупными подземными объектами и применяет при этом российские инъекционные составы. Например, это общество осуществляло капитальный ремонт наклонных ходов станций «Маяковская» и «Академическая» Санкт-Петербургского метрополитена. Задачи гидроизоляции тоннельной обделки данных станций были решены с помощью отечественных инъекционных составов. На обеих станциях технология восстановления водонепроницаемости сборной тоннельной крепи из чугунных тюбингов (указанная технология разработана ООО СК «Подземстройреконструкция» по заказу ГУП «Петербургский метрополитен») предусматривала нагнетание отечественных полиуретановых составов марки «Изолит» за пределы обделки (через пробки в спинках тюбингов) и в швы стыков чугунных тюбингов. Для нагнетания использовали два вида составов: гидроактивную однокомпонентную и двухкомпонентную полиуретановую смолу.

Процесс полимеризации гидроактивной смолы сопровождается увеличением в объеме с образованием закрытопористой структуры. Это свойство гидроактивных полиуретановых смол позволяет обеспечивать надежную герметизацию фильтрационных каналов за счет вытеснения из них воды и создания химически преднапряженного заполнения. Кроме того, запуск реакции при контакте с водой дает возможность использовать однокомпонентную схему нагнетания без риска отверждения материала в шлангах и бункере насоса, что позволяет избежать дополнительных технологических операций по подготовке материалов к работе и промывке оборудования, а это существенно увеличивает скорость работ. В то же время при избыточном количестве воды, вовлеченной в реакцию, либо при пенообразовании в незамкнутом объеме (например, в плохо прочеканенном шве) есть риск обратной усадки гидроактивного состава.

К преимуществам непенящихся двухкомпонентных полиуретановых составов, запускающих реакцию при смешивании компонентов без вовлечения в нее воды, можно отнести отсутствие усадки после полимеризации. По этой причине для надежности выполненной инъекционной гидроизоляции наклонных ходов станций «Академическая» и «Маяковская» Санкт-Петербургского метрополитена в проектных решениях [5, 6] было предусмотрено уплотнительное нагнетание двухкомпонентным полиуретановым составом «Изолит 2УК». В то же время самостоятельное использование таких составов при ликвидации течей имеет ограничение: не обладающий эффектом расширения состав, не теряющий подвижность при контакте с водой, зачастую вымывается напорными течами до начала отверждения. Особенно этот риск велик в случае использования материалов низкой вязкости. При установлении же короткого времени реакции за счет введения в систему катализаторов (менее 30 мин) возникает необходимость перехода на двухкомпонентную схему нагнетания, что усложняет технологический процесс. Кроме того, преждевременное схватывание материалов не обеспечивает глубокого заполнения фильтрационных каналов. Перечисленные особенности приводят к тому, что результаты работ при самостоятельном использовании двухкомпонентных составов сильно зависят от правильного выбора режима нагнетания, качества предварительной чеканки дефектов, скорости реакции

выбранного состава и его вязкости (отметим, что параметры течей могут значительно отличаться даже в пределах одной захватки!).

Существующие сложности выбора оптимальных материалов и их комбинаций заставляют проектировщиков перебирать варианты, предлагаемые различными поставщиками. Однако материалы различных производителей (независимо от страны происхождения) изготавливаются из одних и тех же исходных компонентов: изоцианатов, гидроксилсодержащих соединений – полиолов, а также специальных добавок, катализаторов, пеностабилизаторов и т. д., позволяющих в широких пределах варьировать свойства материала. Ориентируясь на во многом совпадающие запросы различных строительных производств, на выходе производители получают схожие материалы. При этом, как показывает практика, эффективные отечественные аналоги возможно подобрать для всех наиболее популярных в строительстве инъекционных полиуретановых составов.

Актуальность создания таблицы материалов-аналогов также связана с тем, что от завершения разработки проекта до начала работ по нему обычно проходит от одного до нескольких лет. За этот срок изменяется рыночная стоимость материалов, появляются новые составы, а ранее широко использовавшиеся могут стать недоступны. Особенно эта проблема стала актуальна для Российской Федерации в связи с введением международных санкций на поставки импортных материалов и компонентов для их производства. Отечественные проектировщики столкнулись с задачей оперативного пересогласования предусмотренных проектом материалов, а именно замены материалов, ранее поставляемых из-за рубежа, на доступные аналоги. Каталоги импортозамещения часто строятся в виде простого перечисления материалов и их кратких характеристик без указания групп аналогов, внутри которых обеспечивается технологическая взаимозаменяемость [5]. Проектировщикам приходится самостоятельно анализировать предлагаемые варианты, сравнивать их физические характеристики и технологические особенности. На объективность выбора часто влияет тот факт, что информация запрашивается у поставщиков материалов, а не у подрядных организаций, имеющих реальный практический опыт при работе с рассматриваемыми составами.

Поставщики специализированных составов порой акцентируют внимание проектных институтов на отличительных свойствах своих материалов вне контекста их применения. Так, часто относимая к плюсам материала низкая вязкость далеко не во всех случаях является положительной характеристикой. Кроме увеличения проникающей способности, снижение вязкости также приводит к росту технологических потерь материала через смежные участки или (при наличии интенсивной фильтрации) может служить причиной размывания нагнетаемого состава. При выборе составов следует учитывать и статистику брака, связанную со сложностью технологии их применения. Дело в том, что низковязкие двухкомпонентные составы с коротким временем реакции, используемые для остановки водопритоков, зачастую могут быть успешно заменены более вязкими составами, нагнетаемыми по однорастворной схеме. Правильность смешивания компонентов в такой схеме не зависит от исправности оборудования, поскольку либо осуществляется заранее, либо (в случае применения гидроактивных систем) вообще не требуется. При отказе однокомпонентного насоса нагнетание просто прекращается. В двухрастворной схеме, применяемой при работе с акрилатными и двухкомпонентными полиуретановыми составами с коротким временем начала реакции, задействуется более сложное оборудование. При выходе из строя одного из двух совместно работающих насосов, пережатии шлага, засорении одного из обратных клапанов системы или их некорректном срабатывании возможно нарушение пропорции смешивания компонентов,

что неизбежно приводит к возникновению брака. Мгновенно отследить начало подобного сбоя в стесненных условиях подземного объекта обычно затруднительно.

Таким образом, при выборе инъекционных составов, помимо сравнения их физико-химических показателей, прежде всего следует реализовывать учет условий их использования, определять степень соответствия их свойств параметрам решаемых технических задач. В зависимости от наличия или интенсивности водопритока, ширины раскрытия инъектируемых дефектов к составам должны предъявляться различные требования по вязкости, пенообразованию, растворимости в воде, времени начала реакции. Сходные по характеристикам и технологическим особенностям материалы возможно объединить в отдельные группы, описав для каждой из них область применения. Внутри каждой группы при этом будет обеспечиваться взаимозаменяемость материалов без необходимости корректировки технических решений. Следуя этому принципу, наиболее часто применяемые инъекционные полиуретановые составы можно разделить на несколько групп (незначительными различиями в вязкости, скорости реакции, коэффициенте расширения внутри групп можно пренебречь):

1. Однокомпонентные гидроактивные полиуретановые составы.

1.1. Однокомпонентные полиуретановые гели средней и высокой вязкости 600–1250 мПа · с. К этой группе можно отнести такие материалы, как «Тимпанат 101» (1 200 мПа·с), «Манопур С» (800 мПа·с), «Изолит ПУ» (1 250 мПа·с), «Apiflex – инъекция S» (600 мПа·с). Полиуретановые гели являются гидрофильными, то есть растворяются в воде и полностью физически и химически связывают ее в различных пропорциях. Полимеризация сопровождается увеличением в объеме, зависящем от количества вступившей в реакцию воды и температурных условий. При соотношении «одна часть материала к трем и менее частям воды» образуется эластичная пена, обладающая гидроизоляционными свойствами благодаря закрытопористой структуре. Образец состава, полимеризованный с образованием пены, представлен на рис. 1.

Рис. 1. Образец полимеризованного гидроактивного полиуретанового состава с закрытопористой структурой

При увеличении количества воды в пропорции (вплоть до 1:30) образуется высокоэластичный гель. Прочность геля (модуль эластичности) растет с повышением массовой доли полимера в геле. При образовании геля не происходит отделения воды, то есть вся вода, присутствующая в системе, связывается химически и физически. Преимущества: вязкость материалов и старт реакции при контакте с водой препятствуют вымыванию инъектируемой системы. Эластичность конечного продукта полимеризации позволяет использовать материалы для ликвидации водопроявлений в деформационных

швах и зонах повышенных динамических нагрузок. К ограничениям области применения следует отнести то, что при прекращении контакта с водой (например, в зоне переменного уровня грунтовых вод) наблюдается усадка состава. Степень усадки пропорциональна количеству воды, связанному материалом в ходе полимеризации. Кроме того, дальнейшее увеличение количества воды в растворе, несмотря на способность материала связывать воду вплоть до соотношений 1:30, приводит к потере реакционной способности. Поэтому при ликвидации высоконапорных течей из-за риска перемешивания состава с избыточным количеством воды (например, при инъекции за обделку тоннелей в зонах пересечения водоносных горизонтов) рекомендуется использовать гидрофобные пенящиеся полиуретановые смолы, не растворяющиеся в воде.

1.2. Гидрофобные однокомпонентные гидроактивные полиуретановые смолы средней и высокой вязкости (400–2 000 мПа·с). Они не растворяются в воде, а значит, вовлекают ее в реакцию полимеризации в фиксированном взаимоотношении. Полимеризация происходит с увеличением в объеме и образованием закрытопористой водонепроницаемой структуры. Нерастворимость в воде (отличие от полиуретановых гелей) и высокая вязкость этих материалов препятствуют их вымыванию при герметизации интенсивных течей с использованием однокомпонентной схемы нагнетания. Указанные смолы также дают возможность эффективно герметизировать стыки элементов сборных тоннельных обделок и водонасыщенные трещины с раскрытием более 0,3–0,5 мм, за счет подобранной вязкости ограничивая потери инъектируемого состава через смежные дефекты. Минимальная ширина раскрытия инъектируемых дефектов зависит от выбранного давления нагнетания, ограничиваемого, как правило, прочностными характеристиками материала ремонтируемой конструкции, а также фактической вязкостью состава при температуре его применения.

К обозначенной группе можно отнести «Тимпанат 100» (2000 мПа·с), «Apiflex – инъекция Н» (400 мПа·с) и HA Flex LV AF (550 мПа·с). В этой группе свойства материалов-аналогов различаются в большей степени (как по вязкости, так и по свойствам эластичности конечного продукта полимеризации). Так, например, «Тимпанат-100» (по сравнению с «Апифлекс Инъекция Н») более вязкий, но при этом характеризуется большей эластичностью после полимеризации. Отдельно следует отметить свойство «Тимпанат 100» сохранять реакционную способность и применяться в условиях низких положительных температур окружающего воздуха и изолируемого массива (около +1–3°С).

1.3. Однокомпонентные гидроактивные полиуретановые смолы низкой вязкости (100–400 мПа·с). Реакция запускается при контакте с водой. К преимуществам этой группы можно отнести высокую проникающую способность, обеспечивающую возможность заполнения волосяных трещин в бетоне без избыточного технологического давления, что позволяет избежать вторичного трещинообразования в слабых и поврежденных конструкциях при производстве инъекционных работ. К ограничениям области применения можно отнести значительные потери материала через смежные дефекты при высокой трещиноватости конструкции, а также (за счет низкой вязкости) избыточные потери материала, выходящего в заобделочное пространство подземных сооружений, при герметизации стыков сборных тоннельных обделок.

Представители вышеназванной группы: «Тимпол 112К» (350 мПа·с); «Тимпол 112КМ» (70–100 мПа·с); «Манопур 2К Флекс» (80–120 мПа·с); MasterRoc MP 355 1K (320 мПа·с). Аналогами данных систем являются DeNeef Conchem

HA Flex SLV (200 мПа·с), HA Cut CFL AF (350 мПа·с), но эти системы поставляются без активатора, который вводится непосредственно перед производством работ.

2. Двухкомпонентные полиуретановые смолы. Они состоят из полиэфирного и изоцианатного компонентов. Технологический процесс изготовления компонентов состоит в механическом смешивании исходных полиэфиров либо изоционатов с технологическими добавками.

2.1 Нерасширяющиеся двухкомпонентные составы с временем жизни готовой к применению смеси не менее 30 мин, что обеспечивает возможность их инъектирования по однокомпонентной схеме. Вязкость составов от 50 до 150 мПа·с. К указанным составам относятся такие, как «Изолит 2УК» (150 мПа·с), «Тимпол 111НВ» (в двух вариантах: 150–200 мПа·с и 50–70 мПа·с), MC-Injekt 2300 TOP (55 мПа·с), «Манопур 143» (80–120 мПа·с), «Манопур 144» (40–60 мПа·с). Эти материалы не вовлекают в реакцию воду, что в условиях обводнения инъектируемой полости подразумевает необходимость обеспечения путей сброса вытесняемой воды при производстве работ. К ограничениям области применения можно отнести риск вымывания состава при ликвидации активных протечек, поскольку после инъектирования смесь сохраняет высокую подвижность (независимо от контакта с водой). В то же время это свойство обеспечивает высокую проникающую способность материала, а отсутствие вспенивания гарантирует отсутствие усадки после полимеризации. Низкая вязкость составов позволяет использовать их для инъектирования волосяных трещин раскрытием менее 0,3 мм и участков плохо уплотненного бетона. Образец полимеризованного состава, представленный на рис. 2, демонстрирует гомогенную структуру (без признаков образования пор). Пузырьки газа, застывшие в образце, не являются продуктами реакции полимеризации, а были привнесены в образец механически при его изготовлении (на стенках сосуда).

Выпускаются также модификации нерасширяющихся двухкомпонентных смол с ускоренным временем реакции, нагнетаемые по двухрастворной схеме. Зачастую эти ускоренные материалы по физико-химическим свойствам идентичны предыдущей группе и отличаются лишь введением катализатора. На практике такие составы редко выбираются в качестве основных, поскольку быстрая потеря подвижности уменьшает область распространения, нивелируя основное преимущество этой группы – высокую проникающую способность. При наличии риска размытия состава активным водопритоком лучше, удобнее с точки зрения технологии использовать составы большей вязкости либо (при большой интенсивности водопритока) одно- и двухкомпонентные составы с активным пенообразованием, входящие в группу, описанную ниже.

Рис. 2. Образец полимеризованного нерасширяющегося двухкомпонентного инъекционного полиуретанового состава

2.2. Двухкомпонентные инъекционные системы с активным пенообразованием, вязкостью от 80 до 350 мПа·с: «Тимпол 228 THIX» (300–350 мПа·с и 80–120 мПа·с), MC Montan Injekt LE (компонент А 265 мПа·с, компонент В 210 мПа·с), MasterRoc MP 355 Thix (350 мПа·с), «Манопур 129 Тикс» (350 мПа·с), «Манопур 205» (200 мПа·с), «Магитекс инъекция ПУ 15П» (280 мПа·с).

Материалы данной группы обладают быстрым временем реакции, предопределяющим необходимость применения двухкомпонентной схемы нагнетания. Благодаря быстрому увеличению вязкости и отверждению материалов после смешивания материалы этой группы позволяют снизить риск размывания составов при высокой скорости фильтрации и производить ликвидацию интенсивных водопритоков. В то же время быстрая потеря подвижности уменьшает область распространения составов. В ряде случаев необходимость распространения состава может быть продиктована технологическими соображениями. С другой стороны, ускоренная полимеризация уменьшает глубину проникновения инъектируемого состава в дефектную зону конструкции. При отсутствии показаний к использованию материалов с коротким временем реакции в целях более качественного заполнения дефектов предпочтительно применять составы с большим временем жизни.

Рекомендуемые подрядчиками области применения групп материалов (в зависимости от интенсивности водопритока и ширины раскрытия фильтрующих дефектов) графически представлены на рис. 3.

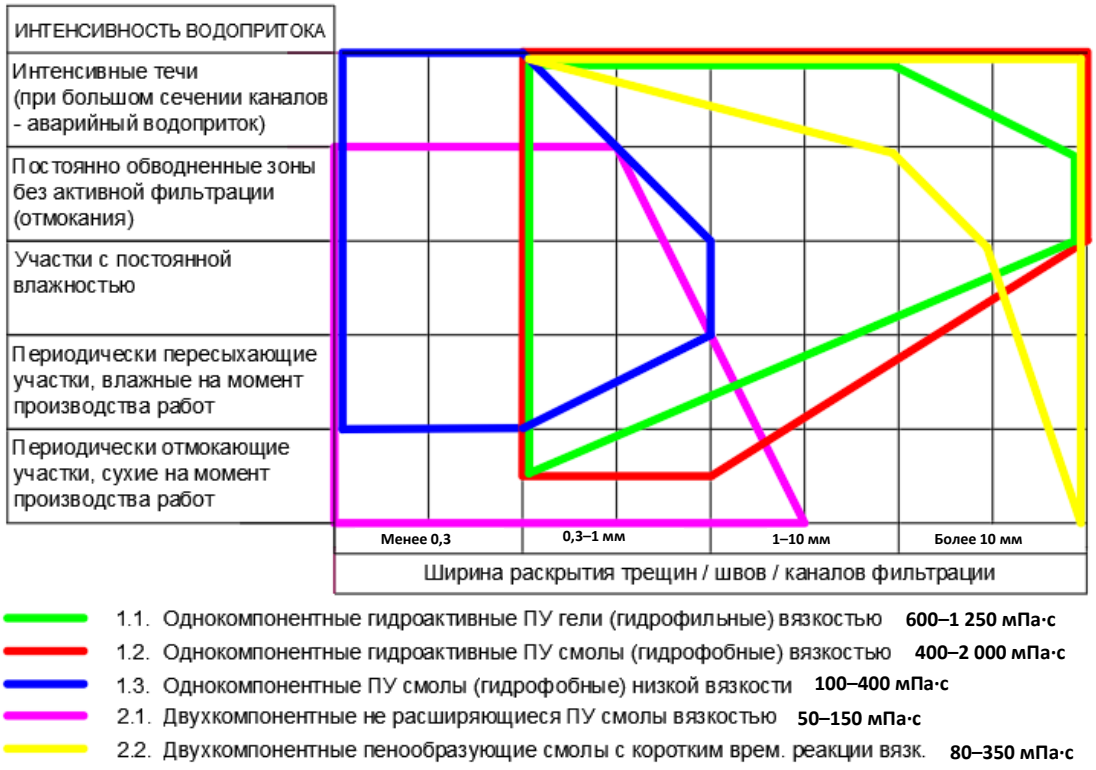

Рис. 3. Графическое отображение областей применения групп материалов в зависимости от интенсивности водопритока и ширины раскрытия дефектов: ПУ – полиуретановые

Частичное пересечение области применения материала с квадратом условий говорит о возможности использования материала с определенными ограничениями (см. рис. 3). Например, при использовании группы 1.3 для гидроизоляции трещин раскрытием 0,3–1 мм на периодически пересыхающих участках следует учитывать минимальную эксплуатационную влажность конструкции, поскольку при избыточном пересыхании материала возможно появление брака в связи с его усадкой.

Материалы групп 1.1 и 1.2 могут применяться и на сухих в момент производства работ участках конструкции, но для этого должна быть выполнена надежная чеканка (запечатывание) дефектов с целью обеспечить сохранность материала в проинъектированном объеме до установления влажных условий и запуска процесса полимеризации.

Как видно из рис. 3, часть квадратов условий не совпала с областью применения какого-либо из представленных материалов: для герметизации дефектов с переменной влажностью и раскрытием более 1 мм целесообразно использование инъекционных составов, не представленных в таблице (например, на основе цементного вяжущего).

В таблице приведены примеры инъекционных полиуретановых составов, имеющихся в настоящее время на российском рынке, с разделением по вышерассмотренным группам.

Группировка близких по свойствам инъекционных полиуретановых составов, обеспечивающих внутригрупповую взаимозаменяемость

Номер и наименование группы	Примеры материалов	Производитель / торговая марка
1	*2*	*3*
1.1. Однокомпонентные гидроактивные полиуретановые гели (гидрофильные)	«Тимпанат 101»	ООО «Тимп»
1.2. Однокомпонентные гидроактивные полиуретановые смолы средней и высокой вязкости (гидрофобные)	«Манопур С»	ООО «Гидрозо»
	«Изолит ПУ»	ООО «Полихим Северо-Запад»
	«Apiflex – инъекция S»	ООО «Инновационные технологии»
	«Тимпанат 100»	ООО «Тимп»
1.3. Однокомпонентные гидроактивные полиуретановые смолы низкой вязкости (гидрофобные)	«Apiflex – инъекция H»	ООО «Инновационные технологии»
	HA Flex LV AF	De Neef
	«Тимпол 112К», «Тимпол 112КМ»	ООО «Тимп»
2.1. Двухкомпонентные полиуретановые смолы без эффекта пенообразования	«Манопур 2К Флекс»	ООО «Гидрозо»
	MasterRoc MP 355 1K	MBCC Group (BASF до 2020 г. [6])
	HA Flex SLV, HA Cut CFL AF	De Neef
	«Изолит 2УК»	ООО «Полихим Северо-Запад»

Окончание таблицы

1	*2*	*3*
2.2. Двухкомпонентные полиуретановые смолы с коротким временем реакции и активным пенообразованием	«Тимпол 111НВ»	ООО «Тимп»
	MC-Injekt 2300 TOP	MC-Bauchemie
	«Манопрур 143»	ООО «Гидрозо»
	«Манопур 144»	ООО «Гидрозо»
	«Тимпол 228 THIX»	ООО «Тимп»
	MC Montan Injekt LE	MC-Bauchemie
	MasterRoc MP 355 Thix	MBCC Group (BASF до 2020 г.)
	«Манопур 129 Тикс»	ООО «Гидрозо»
	«Магитекс инъекция ПУ 15П»	НПП «РусХимСинтез»
	«Манопур 205»	ООО «Гидрозо»

В приведенный перечень инъекционных полиуретановых составов вошли материалы, использовавшиеся такими подрядными организациями, как ООО «Спецгидроизоляция “Монолит”» и ООО «Гидроизол» при устройстве и восстановлении гидроизоляции в г. Москве, г. Санкт-Петербурге, г. Сочи, г. Кириши, г. Заполярном и других, в том числе в автодорожных тоннелях, тоннелях метрополитена, очистных сооружениях, подземных переходах и паркингах, шахтных стволах, гидротехнических сооружениях [7]. Долговечность и эффективность применения разных групп инъекционных составов была изучена в различных условиях, в том числе при высоком гидростатическом давлении объектов глубокого заложения (рис. 4, 5).

Рис. 4. Алмазное бурение разведочной скважины через пробку заглушенного аварийного участка перегонного тоннеля метрополитена «Пл. Мужества» – «Лесная», г. Санкт-Петербург

Рис. 5. Наглядная демонстрация гидростатического давления
на заглушенном участке тоннеля метрополитена
«Пл. Мужества» – «Лесная», г. Санкт-Петербург

На сегодняшний день имеется большое количество производителей полиуретановыхсмол и смесей. Каждый из этих производителей предлагает широкий ассортимент инъекционных составов с разнообразными физико-химическими свойствами. В связи с тем, что не существует подрядчика, имеющего практический опыт применения всего существующего ассортимента, составление таблицы, позволяющей, если необходимо, оперативно производить эквивалентные замены материалов в рабочей документации, должно быть результатом коллективного творчества подрядных организаций. Подрядчики, производящие работы по устройству промышленной гидроизоляции, имеют возможность не только подкрепить свои рекомендации производственным опытом, но и могут взять на себя гарантийные обязательства за результаты работ, выполненных предложенными материалами-аналогами. Составление указанной таблицы специализированных полиуретановых инъекционных составов важно для решения задач импортозамещения, сравнения стоимости вариантов эквивалентных материалов, а также может послужить основой для организации конкурсных торгов на право поставок на объекты подземного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков Д.В. ООО «БАСФ Строительные системы» – гарантия качества // *Горная промышленность.* 2013. № 4 (110). С. 114.
2. Дианов В.М., Смирнов Ю.Г., Енютин А.Н. Перспективы химического упрочнения приконтурного массива в скальных горных породах // *Разработка мощных месторождений на больших глубинах: Сборник научных исследований по совершенствованию технологических процессов подземной разработки мощных рудных месторождений и перспективам развития производственного объединения «Апатит»*. Апатиты: КНЦ АН СССР. 1983. С. 40–44.

3. Тарасов Б.Г., Ширкес О.А., Филонов Ю.А., Дианов В.М. Результаты экспериментальных исследований деформационно-прочностных свойств тампонажных полиуретановых композиций используемых для гидроизоляции тоннелей метрополитенов // *Подземный город: геотехнология и архитектура: Материалы международной конференции.* СПб.: [б. и.]. 1998. С. 189–194.
4. Дианов В.М., Савич А.В., Пашин К.С., Графкин С.А. Опыт работ по гидроизоляции подземных сооружений // *Записки Горного института*. 2012. Т. 199. С. 145–149.
5. Импортозамещение. Каталог продукции российского производства для обеспечения замещения продукции импортного происхождения (2021 г.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://krti.gov.spb.ru/importozameshenie/ (дата обращения: 09.03.2023).
6. BASF Construction Chemicals business is now MBCC Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mbcc-group.com/en/news/press-releases/basf-construction-chemicals-business-is-now-mbcc-group-and-ready-for-business/ (дата обращения: 22.03.2023).
7. Научно-производственное предприятие «Спецгидроизоляция “Монолит”»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hydrois.ru/ (дата обращения: 22.03.2023).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

КУЛЬКОВ Сергей Алексеевич – кандидат технический наук, доцент кафедры «Конструкции и сооружения», ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: kulkovsa@yandex.ru
САВИЧ Андрей Владиславович – исполнительный директор научно-производственного предприятия «Спецгидроизоляция “Монолит”», 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Торжковская, д. 13, корп. 1, лит. А. E-mail: sawitch@rambler.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Кульков С.А., Савич А.В. Инъекционные полиуретановые составы для промышленной гидроизоляции: подбор материалов-аналогов в условиях импортозамещения // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2023. № 2 (18). С. 85–96.

INJECTABLE POLYURETHANE COMPOUNDS FOR INDUSTRIAL WATERPROOFING: CLASSIFICATION TABLE OF SUBSTITUTE MATERIALS IN CONDITIONS OF IMPORT SUBSTITUTION

S.A. Kulkov, A.V. Savich
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article is devoted to polyurethane injection compounds used for waterproofing of underground structures. Based on the practical experience of contractors, proposals are given for compiling a table of substitute materials to ensure their interchangeability in design solutions.

Keywords: injection compounds, resin injection, sealing, polyurethane grouts, waterproofing, polyurethane, polyurethane resins, hydroactive resins, import substitution.

REFERENCES

1. Lykov D.V. BASF Construction Systems LLC is quality assurance. *Gornaya promyshlennost'*. 2013. No. 4 (110), p. 114. (In Russian).
2. Dianov V.M., Smirnov Yu.G., Enyutin A.N. Prospects of chemical hardening of the contour array in rocky rocks. *Development of powerful deposits at great depths: A collection of scientific studies on improving the technological processes of underground mining of powerful ore deposits and prospects for the development of «Apatit» production association.* Apatity: KNC of the USSR Academy of Sciences. 1983, pp. 40–44. (In Russian).
3. Tarasov B.G., Shirkes O.A., Filonov Yu.A., Dianov V.M. Results of experimental studies of deformation and strength properties of grouting polyurethane compositions used for waterproofing subway tunnels. *Underground City: Geotechnology and Architecture: Proceedings of the International Conference.* St.-Petersburg: [w. pub.]. 1998, pp. 189–194. (In Russian).
4. Dianov V.M., Savich A.V., Pashin K.S., Grafkin S.A. Experience in waterproofing underground structures. *Zapiski Gornogo instituta*. 2012. Vol. 199, pp. 145–149. (In Russian).
5. Import substitution. Catalog of Russian-made products to ensure the replacement of products of imported origin (2021) [Electronic resource]. – Access mode: https://krti.gov.spb.ru/importozameshenie/ (date of access: 09.03.2023). (In Russian).
6. BASF Construction Chemicals business is now MBCC Group [Electronic resource]. – Access mode: https://www.mbcc-group.com/en/news/press-releases/basf-construction-chemicals-business-is-now-mbcc-group-and-ready-for-business/ (date of access: 22.03.2023).
7. Scientific and production enterprise «Special waterproofing "Monolit"»: official website [Electronic resource]. – Access mode: http://hydrois.ru/ (date of access: 22.03.2023).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

KULKOV Sergey Alekseevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: kulkovsa@yandex.ru
SAVICH Andrey Vladislavovich – Executive Director of Research and Production Enterprise «Special waterproofing "Monolit"», l. A, b. 1, 13, Torzhkovskaya str., Saint-Petersburg, 197342, Russia. E-mail: sawitch@rambler.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Kulkov S.A., Savich A.V. Injectable polyurethane compounds for industrial waterproofing: classification table of substitute materials in conditions of import substitution // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2023. No. 2 (18), pp. 85–96.