УДК 54.063

© М. А. Ефремова, аспирант
© Л. Ю. Матвеева, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: masha-efremova@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-6-68-75

© М. А. Efremova, post-graduate student
© L. Yu. Matveeva, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: masha-efremova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ УРЕТАНИЗОЦИАНАТА С РАЗЛИЧНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

STUDY OF WATERPROOF COATINGS BASED ON URETHANE ISOCYANATE WITH VARIOUS FILLERS BY THE OPTICAL MICROSCOPY METHOD WITH HIGH-RESOLUTION MORPHOLOGY

Методом оптической микроскопии высокого разрешения проведено исследование морфологии и структуры гидроизолирующих пленочных покрытий на основе полиуретанизоцианата, алкилфенолформальдегидной смолы и дибутилдилаурата олова с тонкодисперсными железистоокисными наполнителями и мелкодисперсными твердыми отходами алюминиевой промышленности. При получении полимерных композитов (пленок) варьировали соотношение основных компонентов полимерной матрицы — уретанизоцианата и фенолформальдегидной смолы — и содержание наполнителей. В режимах светлого поля, фазового контраста и скрещенных николей исследовали однородность полученных пленок и их структуру, а также агрегирующую способность и равномерность распределения порошкообразных железистоокисных наполнителей и мелкодисперсного твердого отхода в объеме полимерной матрицы. Полученные композиционные материалы в виде пленочных покрытий, а также клеевой или ремонтной композиции могут быть использованы для гидроизоляции и ремонта строительных конструкций.

Ключевые слова: гидроизолирующие пленочные покрытия, уретановые полимеры и сополимеры, железистоокисный наполнитель красный, железистоокисный наполнитель желтый, отходы алюминиевой промышленности, микроскопия, морфология, структура.

The paper presents the results of investigation carried out using the method of optical high-resolution microscopy of the morphology and structure of waterproofing membrane coatings based on polyurethane isocyanate, alkyl phenol-formaldehyde resin and dibutyl dilaurin olovas with finely dispersed oxide fillers and fine solid waste of aluminum industry. When obtaining polymer composites (films), the ratio of the main components of the polymer matrix — urethane isocyanate and phenol-formaldehyde resin was varied as well as the composition of fillers. The homogeneity of the obtained films and their structure, as well as the aggregate ability and uniformity of the distribution of powdered iron oxide fillers and fine solid waste in the volume of the polymer matrix were investigated in the modes of light field, phase contrast and crossed nicols. The resulting composite materials in the form of film coatings, as well as adhesive or repair composition can be used for waterproofing and repair of building structures.

Keywords: waterproofing film coatings, urethane polymers and copolymers, iron oxide filler red, iron oxide filler yellow, aluminum industry waste, microscopy, morphology, structure.

Введение

Необходимость защиты строительных конструкций от воздействия воды в условиях эксплуатации обусловлена ее высоким агрессивным воздействием как в чистом виде, так и в виде растворов солей, щелочей либо кислот. Под воздействием воды и водных растворов наблю-

дается снижение прочностных характеристик материалов, развитие коррозионных процессов в бетонах и металлах, загнивание древесины, обрушение штукатурки. Очень важно на этапе строительных или ремонтных работ, а также в процессе эксплуатации данных строительных объектов обеспечить защиту конструкций. В за-

висимости от условий эксплуатации и назначения конструкций применяют гидроизоляционные материалы с различной природой происхождения полимерного связующего, которые создают прочный и надежный водонепроницаемый слой, предохраняя строительное сооружение от разрушения.

К данному виду материалов предъявляются высокие требования, прежде всего высокая адгезия и совместимость со старыми материалами, коррозионная стойкость, морозостойкость, водонепроницаемость, прочность, безусадочность и некоторые другие свойства.

Новые эффективные материалы и технологии их применения позволяют не только продлить сроки эксплуатации ранее построенных гидротехнических сооружений, но и проектировать и строить бетонные и железобетонные сооружения со значительно большими сроками службы и меньшими эксплуатационными издержками¹ [1–2]. Чаще всего это жидкие полимерные составы, которые наносят на защищаемую от воды поверхность для устройства гидроизоляции и герметизации конструкции. Обычно применяют полимерные составы на основе полиуретанов из-за их совокупного комплекса химических, физико-механических характеристик, адгезионной прочности, надежности и долговечности [3, 4–7]. Дополнительная химическая или физико-химическая модификация полиуретановых эластомеров, в том числе сополимеризация с другими функциональными мономерами и соединениями, позволяет улучшить эксплуатационные характеристики гидроизолирующих полиуретановых составов и расширить область их применения в строительстве [8, 9].

Экспериментальная часть

Для получения пленочных защитных покрытий исходными компонентами композиционного материала служили:

- уретанизоцианат (Трифор), олигомерный продукт, выпускаемый в ФГУП «НИИСК» (Санкт-Петербург) по ТУ 38.433809–95 (ТРФ);
- алкилфенолформальдегидная смола (ФФС), продукт конденсации жидких алкилфенолов с формальдегидом в щелочной среде; ТУ 2228-352092208–96;

¹ Система материалов для строительства, гидроизоляции и ремонта бетона. Научно-производственный центр материалов и добавок. Каталог продукции ЗАО «НП ЦМИД». СПб., 2017. 223 с.

- дибутилдилаурат олова (ДБДЛО), синтетическое оловоорганическое соединение (Fomrez catalyst SUL-4; cas № 77-58-7). Внешний вид: вязкая однородная жидкость светло-желтого цвета, без осадка и посторонних примесей; массовая доля олова 18,2–18,9 %; при 25–30 °С вязкость составляет 35–60 сПз; плотность при 20 °С 1,05 г/см³. Дибутилдилаурат олова используется в катализе адгезивов, герметиков и силиконовых полимеров, вулканизируемых при комнатной температуре и нередко применяется для лакокрасочных систем на полиуретановой основе;

- пигмент желтый железистоокисный (ЖОК_ж) с массовой долей соединений железа в пересчете на Fe₂O₃ не менее 85 %, ГОСТ 18172–80;

- пигмент красный железистоокисный (ЖОК_{кр}) с массовой долей соединений железа в пересчете на Fe₂O₃ не менее 85 %, ГОСТ 19487;

- отход алюминиевого предприятия ООО «РУСАЛ НТЦ», мелкодисперсная твердая углеродсодержащая фракция с диапазоном размера частиц от 0,5 до 269 мкм.

Пленочные покрытия представляли собой смесевые композиты на основе уретанизоцианата с содержанием 22 %масс. NCO-групп, алкилфенолформальдегидной смолы (ФФС) и дибутилдилаурата олова (ДБДЛО) с соотношением основных компонентов ТРФ : ФФС — 1 : 2 или 1 : 3, а также:

- железистоокисными мелкодисперсными наполнителями с содержанием: 0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 %масс. по отношению к полимерному связующему;

- мелкодисперсной твердой углеродсодержащей фракцией отхода алюминиевого предприятия (кокс) с содержанием 0,3, 0,6, 0,9 и 1,2 %масс. по отношению к полимерному связующему.

Для исследований морфологии исходных компонентов и структуры гидроизолирующих пленочных покрытий использован аналитический комплекс на базе исследовательского оптического микроскопа марки Leica DM-2500, цветной цифровой камеры высокого разрешения с охлаждением Пельтье марки Leica DFC-420C и специализированной компьютерной станции. Захват, архивирование и количественная обработка изображений осуществлены с помощью программного обеспечения Leica Application Suite. Образцы исследованы в виде срезов пленочных покрытий толщиной от 10 до 100 мкм, полученных при

температурах -27 и $+25$ °С, и слоев ингредиентов, заключенных между предметным и покровным стеклами. Использованы покровные стекла фирмы Menzel (Германия) и предметные стекла марки Thermo Scientific, изготовленные по ISO 8037/1, имеющие высокую однородность, прозрачность, строго параллельные полированные поверхности и постоянную толщину 1 мм, что исключает интерференционные нарушения при освещении препаратов. Слои образцов исследованы на просвет в диапазоне длин волн от 200 до 1200 нм в режимах светлого поля, темного поля, фазового контраста и скрещенных николей.

Обсуждение результатов

Анализ экспериментальных данных показал, что основной исходный компонент Трифор (рис. 1, а) и композиции на его основе в отсутствие наполнителя имеют слоистую структуру. Максимальная в ряду диффузность границ структурных элементов покрытий обнаружена в композиции с соотношением ТРФ и ФФС 1 : 2 (рис. 1, б). Увеличение содержания фенолформальдегидной смолы в композиции приводит к формированию более четких границ чередующихся слоев ТРФ и ФФС шириной от 0,8 до 2,2 мкм. Малая часть ФФС выделяется также в виде сфер диаметром от 1 до 3 мкм (рис. 1, в).

Исследования ненаполненных гидроизолирующих пленочных покрытий методом оптической микроскопии на просвет в режимах светлого поля, фазового контраста и скрещенных николей показали, что наиболее регулярное и однородное по объему морфологическое строение композиций реализуется при формировании полимерных пленок при массовом соотношении ТРФ : ФФС, равном 1 : 2.

Железоокисные наполнители ($\text{ЖОК}_{\text{ж/кр}}$) в отсутствие связующих компонентов состоят из частиц преимущественно сферической формы диаметром от 0,4 до 1,0 мкм с низкой склонностью к образованию агрегатов (рис. 2, а). Форма агрегатов ЖОК произвольна, размеры агрегатов варьируются от 3 до 146 мкм.

Введение в полимерную композицию ТРФ + ФФС мелкодисперсного желтого железоокисного наполнителя сопровождается формированием зернистой структуры пленочного покрытия уже при концентрации $\text{ЖОК}_{\text{ж}}$, равной 0,1 %масс. (рис. 2, б). Наполненные композиции практически утрачивают слоистое строение. Поверхность частиц $\text{ЖОК}_{\text{ж}}$ покрыта полимерной оболочкой: форма частиц сглажена, границы диффузны. Одновременно в наполненных композициях обнаружено локальное варьирование концентрационного состава основных компонентов в форме диффузных областей с размерами от 5 до 100 мкм повышенной (и пониженной) оптической плотности (рис. 2, б, в). Локальное перераспределение концентраций ТРФ и ФФС по объему материала более существенно для содержания ЖОК, равного 0,6 %масс., при сохранении диффузности границ, что свидетельствует о сегментальных взаимодействиях компонентов (рис. 2, в).

Распределение $\text{ЖОК}_{\text{ж}}$ в объеме полученных полимерных композиций ТРФ : ФФС (1 : 2) равномерно для концентраций в диапазоне 0,1; 0,6 и 1,2 %масс.

Введение красного пигмента в рецептуру растворных композиций с соотношением ТРФ : ФФС 1 : 2 в количестве 0,3 %масс. сопровождается выделением части ФФС в дисперсную

Рис. 1. Микрофотографии Трифора (а) и композиций ТРФ + ФФС (б, в). Соотношение ТРФ и ФФС: б — 1 : 2; в — 1 : 3. Режим: фазовый контраст. Размер изображений 200 × 200 мкм

фазу с резкими границами раздела (рис. 3, а). Красный пигмент располагается как в матрице композиции, так и внутри дисперсной фазы, демонстрируя преимущественное взаимодействие с ФФС (рис. 3, а, б). Увеличение содержания красного пигмента в рецептуре до 0,6 %масс. усиливает процесс фазового разделения основных компонентов: размер и объем дисперсной фазы, обогащенной ФФС и красным пигментом, растет. Это сопровождается увеличением локальной концентрации Трифора в матрице покрытий —

проявляется характерное для Трифора слоистое строение (рис. 3, в, г).

Дальнейшее увеличение в рецептуре количества красного пигмента (до 0,9 и 1,2 %масс.) не приводит к существенному увеличению объема и размера дисперсной фазы и сопровождается ростом количества частиц красного пигмента в матрице покрытий (рис. 3, д, е).

Увеличение доли ФФС в рецептуре композиций (ТРФ : ФФС равно 1 : 3) не изменило характера фазовой организации наполненных отвер-

Рис. 2. Микрофотографии ЖОК_ж (а) и наполненных ЖОК_ж полимерных пленок на основе ТРФ и ФФС, полученных раствором методом, в соотношении 1 : 2 (б, в). Концентрация ЖОК_ж: 0,1 %масс (б); 0,6 %масс (в). Режим: светлое поле. Размер изображений 100 × 100 мкм

Рис. 3. Микрофотографии наполненных красным пигментом пленочных покрытий на основе ТРФ и ФФС, полученных раствором методом, в соотношении 1 : 2. Концентрация пигмента: 0,3 %масс. (а, б); 0,6 %масс. (в, г); 0,9 %масс. (д, е). Режим: скрещенные николи (а, в); светлое поле (б); фазовый контраст (г, е); темное поле (д). Размер изображения 100 × 100 мкм (а, б); 200 × 200 мкм (в–е)

жденных гидроизолирующих покрытий. Сохраняется микрофазовое выделение ФФС, преимущественное взаимодействие красного пигмента с ФФС в областях дисперсной фазы. С ростом количества пигмента в рецептуре увеличиваются объем и размеры дисперсной фазы (рис. 4).

Иную фазовую организацию имеют отвержденные гидроизолирующие пленочные покрытия, наполненные частицами черного цвета (кокса). На рис. 5, а представлена микрофотография частиц порошка наполнителя. Они имеют произвольную форму, резкие границы раздела и размеры от 0,5 до 269 мкм (доля частиц свыше 30 мкм крайне мала). При введении 0,3 %масс. черного наполнителя в растворную композицию на основе ТРФ : ФФС (в соотношении 1 : 2) микрофазового разделения (дисперсной фазы с резкими границами) не обнаружено. Оптически плотные зоны, обогащенные наполнителем, име-

ют диффузные границы, произвольную форму и размеры в диапазоне от 0,5 до 89 мкм (рис. 5, б).

Увеличение содержания наполнителя «кокс» (0,6; 0,9; 1,2 %масс.) не приводит к росту размеров зон, обогащенных наполнителем (рис. 5, в), увеличивается лишь их общий объем.

Повышение доли ФФС в рецептуре (ТРФ : ФФС 1 : 3) существенно не сказывается на фазовой организации наполненных гидроизолирующих пленочных покрытий (рис. 6). Все композиции, наполненные черным пигментом, демонстрируют в режиме скрещенных николей наличие протяженных фибрилл толщиной от 0,1 до 0,5 мкм, что отражает ориентационные процессы, индуцированные поверхностями частиц черного наполнителя.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что природа наполнителя оказывает существенное влияние на фазовую структуру

Рис. 4. Микрофотографии наполненных красным пигментом покрытий на основе ТРФ и ФФС, полученных растворным методом, в соотношении 1 : 3. Концентрация пигмента: 0,6 %масс. (а, б); 1,2 %масс. (в). Режим: фазовый контраст (а); скрещенные николи (б, в). Размер изображения 200 × 200 мкм (а); 100 × 100 мкм (б, в)

Рис. 5. Микрофотографии наполнителя (а) и наполненных отвержденных покрытий на основе ТРФ и ФФС, полученных растворным методом, в соотношении 1 : 2 (б, в). Режим: светлое поле (а); скрещенные николи (б, в). Размер изображений 100 × 100 мкм

Рис. 6. Микрофотографии наполненных отвержденных покрытий на основе ТРФ и ФФС, полученных растворным методом, в соотношении 1 : 3. Режим: скрещенные николи. Концентрация наполнителя: 0,3 %масс. (а); 0,6 %масс. (б); 0,9 %масс. (в). Размер изображений 100 × 100 мкм (а); 50 × 50 мкм (б, в)

отвержденных наполненных гидроизолирующих пленочных покрытий.

Введение железистоокисного пигмента (ЖОК) способствует микрофазовому разделению основных компонентов в полимерной композиции. Красный пигмент индуцирует выделение части ФФС в дисперсную фазу с резкими границами раздела, демонстрируя преимущественное взаимодействие с ФФС. Увеличение содержания обоих видов ЖОК усиливает процесс фазового разделения основных компонентов. Размеры и объем дисперсной фазы, обогащенной ФФС и красным пигментом, растут.

Иную фазовую организацию имеют отвержденные гидроизолирующие пленочные покрытия, наполненные частицами кокса. Введение наполнителя кокса в композицию не приводит к микрофазовому разделению уретанизованата (ТРФ) и ФФС. Увеличение содержания наполнителя «кокс» не приводит к росту размеров зон, обогащенных наполнителем, увеличивается лишь их общий объем. Равномерность распределения кокса в составе полимерной композиции дает однородные пленки, что приводит к увеличению физико-механических характеристик. В дальнейшем это обеспечит большую надежность и длительность службы гидроизоляционного защитного покрытия (или клеевого слоя) в условиях активного воздействия водной среды.

Библиографический список

1. Матвеева Л. Ю., Ефремова М. А., Отвалко Ж. А., Коротков С. И., Фомин С. Е., Раилкин А. И. Инновационные покрытия для защиты гидротехни-

ческих сооружений // Сб. материалов X науч.-техн. конф. «Гидроэнергетика. Гидротехника. Новые разработки и технологии». Санкт-Петербург, 20–22 октября 2016 г. С. 157.

2. Белан В. И. Использование композиционных материалов в строительстве — новый этап качества // Сб. материалов XI науч.-техн. конф. «Гидротехника. Гидроэнергетика. Новые разработки и технологии». Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2017 г. С. 27–28.

3. Альхименко А. И., Застрижная О. Л. Защита морских и речных гидротехнических сооружений от обледенения // Сб. материалов науч. форума с международ. участием «Политехническая неделя в Санкт-Петербурге». Санкт-Петербургский политехн. ун-т Петра Великого. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 451 с.

4. Байдуков Д. А. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, расположенных на территории Санкт-Петербурга // Сб. материалов XI науч.-техн. конф. «Гидротехника. Гидроэнергетика. Новые разработки и технологии». Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2017 г. С. 20.

5. Балакин Д. В., Ермолаев Д. А., Исаков П. Ю., Карнет Ю. Н. К вопросу самозалечивания трещин в бетонных и железобетонных плотинах // Сб. материалов XI науч.-техн. конф. «Гидротехника. Гидроэнергетика. Новые разработки и технологии». Санкт-Петербург, 16–17 ноября 2017 г. С. 21–22.

6. Матвеева Л. Ю., Кукса П. Б., Ефремова М. А., Ястребинская А. В. Новые строительные герметики с демпферными свойствами на основе уретанового форполимера // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 12. С. 206–211.

7. Матвеева Л. Ю., Ефремова М. А., Шершнев Н. С. Демпферные гидроизоляционные композиции на основе модифицированных полиуретановых каучуков // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы

VII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Иркутск, 26–28 апреля 2017 г. Под ред. С. А. Зайдеса. Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. С. 178–185.

8. Локочинский А. А. Проектный выбор гидроизоляции при строительстве современных объектов // Технологии строительства. 2016. № 1–2 (111–112). С. 34–41.

9. Мордвина Е. А., Яворский А. А. Комплексное решение гидроизоляционной защиты при ремонте конструкций подземных сооружений из бетона и железобетона // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8 (ч. 2). С. 287–289.

10. Тухарели В. Д., Тухарели А. В., Габлия А. А. Современные тенденции развития технологий гидроизоляции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3. С. 3–7.

11. Жуков Е. М., Кротонов Ю. И., Лугинин И. А., Легаева Л. А. Современные методы защиты железобетонных конструкций зданий и сооружений от коррозии // Молодой ученый. 2016. № 7. С. 75–78.

12. Агафонкина Н. В., Вечкасов А. В., Валякин В. А. Эффективная гидроизоляция — залог долговечности зданий и сооружений // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 81–84.

References

1. Matveeva L. Yu., et al. *Innovatsionnye pokrytiya dlya zashchity gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Innovative coverings for the protection of hydraulic structures]. *Trudy X nauch.-tekhn. konf. «Gidrotekhnika. Gidroeenergetika. Novye razrabotki i tekhnologii»* [Proc. of the X sci.-tech. conf. “Hydropower. Hydraulic engineering. New developments and technologies”]. St. Petersburg, October 20–22, 2016, 157 p.

2. Belan V. I. *Ispol'zovanie kompozitsionnykh materialov v stroitel'stve — novyy etap kachestva* [Using of composite materials in construction as a new stage of quality]. *Trudy XI nauch.-tekhn. konf. «Gidrotekhnika. Gidroeenergetika. Novye Razrabotki i Tekhnologii»* [Proc. of the XI sci.-tech. conf. “Hydropower. Hydraulic engineering. New developments and technologies”]. St. Petersburg, November 16–17, 2017, pp. 27–28.

3. Al'khimenko A. I., Zastrizhnaya O. L. *Zashchita morskikh i rechnykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy ot obledeneniya* [Protection of sea and river hydraulic structures against ice]. *Trudy foruma s mezhdunar. uchastiem «Politekhnikeskaya nedelya v sankt-peterburge»* [Trudy of the forum with int. participation forum with international participation “Polytechnic week in St. Petersburg”]. Sankt-Peterburgskiy Politekh. Universitet im. Petra Velikogo Publ., St. Petersburg, 2016, 451 p.

4. Baydukov D. A. *Obespechenie bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy, raspolozhennykh na*

territorii sankt-peterburga [Ensuring the safety of hydraulic structures located on the territory of St. Petersburg]. *Trudy XI nauch.-tekhn. konf. «Gidrotekhnika. Gidroeenergetika. Novye Razrabotki i Tekhnologii»* [Proc. of the XI sci.-tech. conf. “Hydropower. Hydraulic engineering. New developments and technologies”]. St. Petersburg, November 16–17, 2017, 20 p.

5. Balakin D. V., Ermolaev D. A., Isakov P. Yu., Karnet Yu. N. *K voprosu samozalechivaniya treshchin v betonnykh i zhelezobetonnykh plotinakh* [To the issue of the self-healing of cracks in concrete dams]. *Trudy XI nauch.-tekhn. konf. «Gidrotekhnika. Gidroeenergetika. Novye Razrabotki i Tekhnologii»* [Proc. of the XI sci.-tech. conf. “Hydropower. Hydraulic engineering. New developments and technologies”]. St. Petersburg, November 16–17, 2017, pp. 21–22.

6. Matveeva L. Yu., Kuksa P. B., Efremova M. A., Yastrebinskaya A. V. *Novye stroitel'nye germetiki s dempfernymi svoystvami na osnove uretanovogo forpolimera* [New construction sealants with damping properties on the basis of urethane prepolymer]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova Publ.*, 2016, no. 12, pp. 206–211.

7. Matveeva L. Yu., Efremova M. A., Shershneva N. S. *Dempfernye gidroizolyatsionnye kompozity na osnove modifitsirovannykh poliuretanovykh kauchukov* [Damping waterproofing composites based on modified polyurethane rubbers] *Trudy Vseros. nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem. irkutsk, 26–28 aprelya 2017 g «Zhiznennyy tsiklkonstruktsionnykh materialov (ot polucheniya do utilizatsii)»* [Proc. of the All-Russian scientific.-tech. conf. with international participation. Irkutsk, April 26–28, 2017 “Life cycle of structural materials (from production to utilization)”]. Ed. by Zaydes S. A. Irkutsk, IRNITU Publ., 2017, pp. 178–185.

8. Lokochinskiy A. A. *Proektnyy vybor gidroizolyatsii pri stroitel'stve sovremennykh ob'ektov* [Design selection of waterproofing in the construction of modern objects]. *Tekhnologii Stroitel'stva — Technology of Construction*, 2016, no. 1–2 (111–112), pp. 34–41.

9. Mordvina E. A., Yavorskiy A. A. *Kompleksnoe reshenie gidroizolyatsionnoy zashchity pri remonte konstruktsiy podzemnykh sooruzheniy iz betona i zhelezobetona* [Comprehensive solution of waterproofing protection in the repair of structures of underground structures of concrete and reinforced concrete]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii — Modern Science-Intensive Technologies*, 2013, no. 8 (pt. 2), pp. 287–289.

10. Tukhareli V. D., Tukhareli A. V., Gabliya A. A. *Sovremennye tendentsii razvitiya tekhnologiy gidroizolyatsii zdaniy i sooruzheniy* [Modern tendencies in development of technologies of waterproofing buildings and structures]. *Inzhenernyy Vestnik Dona — Engineering Journal of Don*, 2017, no. 3, pp. 3–7.

11. Zhukov E. M., Kropotov Yu. I., Luginin I. A., Legaeva L. A. *Sovremennye metody zashchity zhelezobetonnykh konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy ot korrozii* [Modern methods of concrete structure protection of buildings and structures against corrosion]. *Molodoy Uchenyy – Young Scientist*, 2016, no. 7, pp. 75–78.

12. Agafonkina N. V., Vechkasov A. V., Valyakin V. A. *Ehffektivnaya gidroizolyatsiya — zalog dolgovechnosti zdaniy i sooruzheniy* [Effective waterproofing as a the key to durability of buildings and constructions]. *Molodoy Uchenyy – Young Scientist*, 2015, no. 23, pp. 81–84.