

Г. В. Василловская  
Д. Р. Назиров

# ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ СИБИРИ

Монография

Инженерно-строительный институт



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Галина Василовская

**Гидроизоляционные материалы  
для сооружений Сибири**

«Сибирский федеральный университет»

2013

УДК 699. 82  
ББК 38.637

**Василовская Г. В.**

Гидроизоляционные материалы для сооружений Сибири /  
Г. В. Василовская — «Сибирский федеральный университет»,  
2013

ISBN 978-5-7638-2923-5

В монографии приведены результаты исследований по изучению гидроизоляционных материалов на основе битумов. Показано, что разработанные составы обладают улучшенными физико-механическими свойствами по сравнению с традиционными материалами и могут применяться для гидроизоляции сооружений в районах Сибири. Предназначена для научных и инженерно-технических работников в области строительства, стройиндустрии и предприятий энергетики, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

УДК 699. 82  
ББК 38.637

ISBN 978-5-7638-2923-5

© Василовская Г. В., 2013  
© Сибирский федеральный  
университет, 2013

# Содержание

Введение	5
Глава 1	6
1.1. Современное представление о структуре битумов	7
1.2. Совмещение битумов с полимерами	10
Конец ознакомительного фрагмента.	12

# **Г. В. Василевская, Д. Р. Назиров**

## **Гидроизоляционные материалы для сооружений Сибири**

### **Введение**

Освоение районов Сибири с суровыми климатическими условиями предъявляет высокие требования к долговечности сооружений, возводимых здесь. Высокая долговечность не может быть обеспечена без надежной гидроизоляции. Из числа основных видов строительных работ гидроизоляционные в наибольшей степени отстают от требований современной индустрии. В настоящее время они наиболее трудоемки и всего на 15–20 % механизированы.

Новые возможности открываются в связи с развитием химической промышленности и созданием новых полимерных материалов. Но использование этих материалов в строительстве ограничено дефицитностью некоторых из них и относительно высокой стоимостью. Поэтому основными вяжущими для гидроизоляционных материалов в ближайшие годы останутся нефтяные битумы, которые в 10–15 раз дешевле полимеров. Однако прямое использование битумов снижает качество и долговечность гидроизоляции, так как они обладают ограниченным интервалом пластичности, а значит, покрытия на их основе размягчаются летом и становятся хрупкими на морозе.

Наука и практика пошли по пути создания полимербитумных композиций, имеющих значительно лучшие свойства, чем битумы, и подчас не уступающих по качеству полимерам, но значительно дешевле последних.

В связи с увеличивающимся с каждым годом объемом строительства потребность в гидроизоляционных материалах непрерывно возрастает. Поэтому изыскание новых полимербитумных материалов, сочетающих высокие физико-механические свойства полимеров с технологическими и экономическими свойствами битумов, приобретает особую актуальность.

В итоге возникает необходимость в поиске новых добавок, которые бы способствовали повышению физико-механических свойств полимербитумных материалов и одновременно снижали бы технологическую вязкость при приготовлении композиций. Для получения гидроизоляционных материалов, обладающих этими свойствами, предлагается дополнительно вводить в такие композиции этилсиликаты. В качестве полимерных добавок к битумам в работе рассмотрены жидкие каучуки и латексы, применение которых проще и экономичнее по сравнению с твердыми каучуками.

## **Глава 1**

# **Полимербитумные гидроизоляционные композиции**

В настоящее время наиболее широкое применение в качестве гидроизоляционных материалов получили битумы, свойства которых зависят от природы нефти и качества ее переработки.

## 1.1. Современное представление о структуре битумов

Получаемые в нашей стране битумы характеризуются повышенной хрупкостью при отрицательной температуре и малым интервалом пластичности. У лучших марок дорожных битумов интервал пластичности равен 70 °С [99]. Для эксплуатации в районах Сибири рабочий интервал битумов должен быть не менее 100 °С [99]. Следовательно, возникает необходимость в улучшении битумного вяжущего. Для того чтобы выбрать наиболее эффективный способ улучшения качества битумов, важно рассмотреть структуру битумов согласно современным представлениям о ней.

В работах по физико-химической механике П. А. Ребиндера [82] и его школы показано, что все механические свойства и долговечность материала определяются его структурой, а получение высококачественных материалов основывается на создании оптимальной структуры. Как указывает П. А. Ребиндер, под *структурой тела* понимается пространственная сетка, образованная взаимодействием (сцеплением) друг с другом атомов, ионов, молекул или коллоидных частиц. Такая структура может представлять собой правильную кристаллическую пространственную решетку или хаотический каркас.

Изучению физико-химических методов оценки структуры битума на основе структурно-группового анализа, методов ИК- и УФ-спектроскопии, парамагнитного и ядерного резонансов, а также рентгеноструктурного анализа посвящены работы [35; 51; 84; 85].

Прежде чем перейти к обзору современных представлений о структуре битумов, необходимо хотя бы кратко изложить сведения о химическом составе и структуре их основных компонентов – асфальтенов, смол и масел. Все эти три группы химических соединений присутствуют в битумах и различаются по составу и свойствам. Самой легкой частью являются масла, представляющие собой углеводородную фракцию битумов и содержащие сложную смесь метановых, нафтеновых и ароматических углеводородов со средней молекулярной массой 400 – 600 а.е.м. [85]. Средняя молекула содержит 2,3–3,5 ароматических и 1–3,5 нафтеновых кольца.

Смолы состоят почти исключительно из больших молекул низкомолекулярных углеводородов, преимущественно ароматических, которые соединяются в ассоциаты дипольными силами [85]. При переходе от масел к смолам увеличиваются степени конденсированности и ароматичности, содержание углерода, серы, азота и кислорода. Молекулярная масса смол составляет 800 – 1800 а.е.м. Смолы имеют разную консистенцию – от тягучей липкой массы до твердых аморфных хрупких тел. Они различаются по массе, элементному составу и структуре молекул. Температура их кипения 200–450 °С.

Асфальтены – наиболее полимолекулярная фракция битума [25; 66]. Показано, что основу их молекулярной структуры составляют полициклические ароматические системы, которые формируются в трехмерные надмолекулярные образования (пачки), состоящие из 5–6 пластин. Такие образования во многом определяют физико-химические и реологические свойства битумных материалов [1; 69]. Молекулярная масса асфальтенов составляет 600 – 4000 а.е.м. [92; 31]. Асфальтены и смолы являются структурообразующими компонентами битумов и наиболее полярными соединениями, содержащими в молекулах гетероатомы. Химический состав и строение компонентов битума определяют его структурные характеристики [63; 67].

До сих пор нет единого мнения о структуре битума. Однако большинство исследователей рассматривают его как коллоидную систему. Впервые коллоидная структура битумов была выявлена Нелленштейном и впоследствии изучена Пфайффером и другими исследователями [125]. Ниже коротко представим основные закономерности структурообразования в битуме с позиций физико-химической механики дисперсных структур, разработанной под руководством академика П. А. Ребиндера [82].

Согласно этой теории, первичными элементами коллоидной структуры битумов являются мицеллы с находящимся в углеводородной среде ядром из асфальтенов, стабилизированным адсорбированным слоем смол. Мицеллы взаимодействуют через прослойки дисперсионной среды (масел), создавая неправильной формы пространственную сетку – коагуляционную структуру. Каждая битумная мицелла, образуя узел пространственной сетки, совершает связанные колебательные движения, подобные колебаниям молекул. Если битум содержит достаточное количество смол, необходимых для образования наружных оболочек, асфальтены полностью пептизируются.

При определенном содержании этих частиц в единице объема происходит их коагуляция, способствующая образованию коагуляционной структуры [22]. Прочность таких структур зависит от расстояния между частицами и узлами пространственной сетки, а также от степени компенсации вандерваальсовых сил на границе раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды.

При достаточном удалении друг от друга и компенсации сил на границе раздела фаз (что наблюдается при высоких температурах) коагуляционная структура образоваться не может и частицы будут свободно перемещаться в межмицеллярной жидкости в тепловом броуновском движении. Такая система будет вести себя как истинно вязкая жидкость. В итоге образуется жидкообразный коллоидный раствор-золь.

Если в битуме недостаточно смол и нет полной компенсации вандерваальсовых сил, мицеллы взаимно притягиваются и образуют пространственную сетку, пронизывающую весь объем битума. Образуется структура геля.

В 40–50-е годы XX столетия Пфайффер [125] предложил классифицировать битумы по их структурно-механическим свойствам (три типа). Каждый тип характеризуется состоянием коллоидной системы (золь, золь-гель, гель-структура) и соотношением основных компонентов.

Для битумов, полученных из нефтей России, аналогичную классификацию разработала А. С. Колбановская [51], которая, анализируя в своих работах различные представления о структуре битумов, предложила выделить три их структурных типа.

Структура I типа представляет собой каркас их асфальтенов, находящихся в слабо структурированной смолами дисперсионной среде, состоящей из смеси парафино-нафтеновых и ароматических углеводородов. Содержание асфальтенов составляет более 25 %, смол – менее 24 %. Это битумы-золи. Свойства этого типа определяются свойствами дисперсионной среды. Такие битумы обладают наибольшими интервалами пластичности и повышенной долговечностью, особенно при отрицательных температурах.

Структура II типа – это предельно стабилизированная разбавленная суспензия из асфальтенов в сильно структурированной смолами дисперсионной среде. Содержание асфальтенов – менее 18 %, смол – более 36 %. Это битумы-гели. Они обладают меньшим интервалом пластичности, повышенной прочностью при пониженной температуре и значительной теплоустойчивостью. Их свойства в основном определяются свойствами битумных смол.

Структура III типа представляет собой систему, в которой отдельные агрегаты асфальтенов находятся в дисперсионной среде, структурированной смолами в значительно большей степени, чем среда битума I типа, но в меньшей, чем среда битума II типа. Структура этого типа битумов является промежуточной.

Таким образом, предложенная классификация связала воедино состав, структуру и свойства битумов, показав роль каждого из компонентов. Определив на основании группового состава тип битума, можно предсказать поведение его в реальных условиях эксплуатации.

Отличным от изложенных является представление о битумах как растворах асфальтенов в мальтенах [2]. Свойства таких растворов зависят от количества асфальтенов и качества мальтенов. При высоких температурах асфальтены находятся в молекулярно-дисперсном состоянии, снижение температуры приводит к ассоциации асфальтенов в комплексы. Одним

из аргументов в пользу такого определения считается отсутствие в битумах агрегатов, величины которых соответствовали бы коллоидным размерам.

Принципиально новый подход к изучению структуры битумов находим в работах [85; 125], где они рассматриваются как растворы высокомолекулярных соединений (асфальтенов) и близких к ним по структуре и свойствам смол (твердых смол) в среде из нефтяных масел и близких к ним по структуре смол. В доказательство приемлемости такого подхода авторы приводят соображения о самопроизвольном диспергировании асфальтенов в маслах, а также о высокой термодинамической устойчивости их структур.

В соответствии с теорией растворов высокомолекулярных соединений битумы, в зависимости от температуры, могут находиться в различных термодинамических состояниях: от истинных растворов к коллоидным растворам надмолекулярных структур (ассоциатов) асфальтенов и смол до пластичных и твердых тел [85; 86]. При температуре ниже температуры размягчения происходит ассоциация структурных единиц битума (асфальтенов и смол) с образованием структур пластичного аморфного тела. При температуре ниже температуры хрупкости битумы представляют собой твердые тела, в которых одновременно могут присутствовать аморфные и кристаллические вещества, а также некоторое количество масел и низкомолекулярных смол. При температуре выше температуры размягчения все вязкие битумы могут рассматриваться как жидкости, поведение которых приближается к ньютоновскому (по мере повышения температуры). Процессы изменения структурных состояний битумов термодинамически обратимы и для каждого происходят в определенных температурных пределах. Тип образующихся структур, согласно теории растворов, зависит в основном от термодинамического состояния битума и от количества и качества асфальтенов и смол.

Сопоставляя существующие представления о структуре битумов, следует отметить их общие положения. В качестве основного структурообразующего элемента принимаются асфальтены, а их количественное содержание при прочих равных условиях во многом определяет механическое поведение битумов. Смолы оказывают значительное стабилизирующее действие в структурном и реологическом плане. При любом представлении о структуре выделяются три характерных типа. Это говорит о том, что разнообразные типы не могут быть описаны только с позиций коллоидной химии или физикохимии полимеров. Вероятно, комплексное использование основных положений обеих наук поможет установить структурные особенности битумов.

## 1.2. Совмещение битумов с полимерами

В настоящее время задача повышения качества битумов решается двумя путями: усовершенствование технологии производства и совмещение битумов с различными добавками, повышающими их физико-механические свойства. Получение высококачественных и долговечных битумов возможно путем создания оптимальной структуры. Улучшение эксплуатационных свойств битумных материалов с целью повышения трещиностойкости при отрицательной температуре вначале шло по пути пластификации различными минеральными маслами. Однако введение масел снижало температуру размягчения битумов. Введение минеральных инертных наполнителей, как порошкообразных, так и волокнистых, также не приводит к значительному росту качества битумов. При этом несколько повышается температура размягчения, но ухудшаются деформативные свойства при отрицательной температуре [45;100]. Поэтому увеличение интервала пластичности, то есть одновременное улучшение свойств в области положительных и отрицательных температур, возможно только при введении добавок, изменяющих структуру битумных материалов.

Процессами структурообразования в битумах можно управлять путем изменения природы и характера взаимодействия основных элементов [100]: пластификация углеводородными фракциями; введение добавок ПАВ, высокомолекулярных полимеров; изменение структуры тонких слоев битума на поверхности минерального материала [102]. Наиболее перспективным является способ улучшения битумов полимерными добавками [48]. Им можно либо значительно повысить эксплуатационные свойства, либо получить новый материал с совершенно другими физико-химическими и механическими свойствами.

Получению новых гидроизоляционных материалов на основе битумов и полимеров посвящены работы С. Н. Попченко [70], Н. В. Михайлова [55], Н. В. Стабникова [100], А. М. Кисинной [45], Л. М. Гохмана [28] и ряда других исследователей [26; 114].

История применения полимеров для модификации свойств битумов насчитывает более 150 лет. В настоящее время практически все выпускаемые полимеры опробованы как добавки в битум. Несмотря на многолетнюю практику применения полимеров для улучшения свойств битумов, ни в России, ни за рубежом не разработано четких критериев для выбора их типа и количества. Мнения исследователей о характере взаимодействия полимеров с битумом различны. Некоторые полагают, что в массе битума и полимера в результате термохимических процессов образуются адсорбционно-химические связи, которые являются достаточно прочными даже при температуре текучести. Ряд исследователей [24; 82] считают, что в процессе смешения полимеров с битумом происходит образование двух типов связей: слабых вандерваальсовых, которые легко разрушаются и восстанавливаются при деформации, создавая как бы подвижную структурную сетку, и относительно прочных, возникающих вследствие взаимодействия свободных полимерных и битумных радикалов смеси, образующихся при технологическом процессе. Образование связей указанных типов и их соотношение для данного битума, по мнению авторов, определяются природой и количеством полимера и главным образом технологией получения полимербитумных композиций.

Другие исследователи [28; 110; 121; 122] считают, что полимеры с битумом химически не взаимодействуют, а растворяются, набухают или диспергируются в нем. Отсутствие единого взгляда на процессы, происходящие при введении полимеров в битум, вызвано различием полимерного и битумного сырья, методов смешения компонентов в каждом конкретном случае, а также отсутствием отработанных методик исследования такого рода систем. Однако анализ физико-химических процессов взаимодействия полимеров и битума методами хроматографии и ИК-спектроскопии показывает [72; 120], что процессы взаимодействия между этими компонентами являются в основном физическими.

Согласно исследованиям [51], в зависимости от структурного типа битума и вида вводимого полимера могут возникнуть две категории полимербитумного вяжущего (ПБВ). Первая представляет собой сопряженную (сшитую) пространственную сетку асфальтенов и полимера. Последний при этом должен иметь функциональные группы, которые химически взаимодействуют с функциональными группами или ненасыщенными связями асфальтенов. Такая сопряженная структура пронизывает весь объем системы, придавая ей новые свойства.

При этом система имеет оптимальный комплекс физико-механических свойств, обусловленный сочетанием характеристик измененной дисперсионной среды и структурно-механических характеристик жесткого каркаса, образованного асфальтенами [56]. Создание сопряженных структур возможно лишь в битумах, имеющих коагуляционный каркас из асфальтенов (I структурный тип по классификации А. С. Колбановской) [51]. Вторая категория представляет собой самостоятельные пространственные структурные сетки полимера, которые играют доминирующую роль в системе «битум–полимер».

Для получения полимербитумных композиций с необходимым комплексом эксплуатационных показателей имеет большое значение концентрационное соотношение в системе «битум–полимер», при котором свойства композиций имеют оптимальные характеристики. В большинстве случаев содержание полимера определяют, руководствуясь назначением полимербитумных материалов и характеристикой основного эксплуатационного показателя, которому он должен соответствовать. В качестве таких показателей принимают значения по пенетрации, растяжимости, температуре размягчения и т. д. Согласно исследованиям А. Дж. Хойберга [8], Ж. Амо, М. Дрюна [123], для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств композиций существует оптимум, зависящий от вида полимера и битума.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.