

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ МОДИФИКАТОРОВ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

А.А. Суворова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В статье приводятся результаты выполненного эксперимента по экстрагированию веществ из сырья растительного происхождения и изменению свойств строительного гипса, коррозионностойкого строительного вяжущего вещества после добавления в его состав полученных экстрактов. Для получения экстрактов использовались водные, щелочные и кислотные растворы.

Цель исследования заключалась в доказательстве положительного эффекта применения веществ, экстрагированных из сырья растительного происхождения, как модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ. Задачами исследования были: оценка основных показателей экстракции веществ для производства модификаторов из сырья растительного происхождения с целью выявления наиболее эффективных; оценка свойств строительного гипса без и с полученными экстрактами.

На основании экспериментально полученных результатов была доказана эффективность использования экстрактов в качестве модификаторов органического типа для улучшения свойств вяжущих веществ на примере строительного гипса.

Практическое применение: рассмотренные в работе модификаторы имеют в перспективе широкую область применения и могут использоваться при производстве сухих смесей для строительства, так как обеспечивают ряд свойств, необходимых для соответствия требованиям определенных технологий, в зависимости от количественного содержания.

Ключевые слова: растительное сырье, гипс строительный, коррозионностойкие вяжущие вещества, экстракты.

Введение

К вяжущим веществам относятся материалы в форме порошков, которые в результате соединения с водой и различного рода наполнителями образуют пластическую массу. Полученная масса в последующем переходит в камнеобразное состояние, скрепляя содержащиеся элементы наполнителя. Благодаря данному качеству вяжущие вещества широко используются для производства коррозионностойких строительных материалов различных типов [1].

Современная классификация вяжущих веществ включает в себя две группы:

Минеральные вяжущие. Это неорганические вещества в виде порошка, которые после соединения с водой или соленым раствором образуют пластическое тело, затвердевающее и образующее монолит в последующем. Здесь выделяют следующие группы: воздушные, гидравлические, кислотостойкие, автоклавные. Гипс относится к первой группе минеральных коррозионностойких вяжущих материалов для строительства [2].

Органические вяжущие. Это смеси углеводородов с высокомолекулярной структурой. Являются материалами с жидкой или вязкой консистенцией, переходящими в рабочую фазу после соединения с органическими источниками или повыше-

ния/понижения температуры. Основными органическими коррозионностойкими вяжущими веществами для строительства данной категории являются дегти [2].

С целью регулирования основных свойств и параметров минеральных коррозионностойких строительных вяжущих веществ их используют вместе с органическими модификаторами. Большая часть современных модификаторов имеют растительную основу, для их производства используются отходы химической переработки леса при изготовлении бумаги, целлюлозных и прочих материалов [3]. По состоянию на 2020 год большая часть эффективных модификаторов является сырьем иностранного производства. Разработка органических модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ, показывающих хорошие результаты, из сырья растительного происхождения, произрастающего на территории Российской Федерации, позволит покрыть потребность современной индустрии строительства в высококачественных и выгодных по стоимости коррозионностойких строительных вяжущих веществах.

По данным Botanical Gardens Conservation International (BGCI) за 2018 год на территории РФ произрастает 205 видов деревьев. По оценкам

Строительные материалы и изделия

ООН, РФ находится на первом месте в мире по количеству произрастающих деревьев. В результате использования древесины при изготовлении изделий или стройматериалов обязательно образуются отходы, зачастую далее не используемые. В настоящее время нет сферы промышленного использования отходов рисоводства, а также хлопчатника и камыша.

При широком разнообразии произрастающих видов растений их состав можно охарактеризовать двумя основными группами соединений: высокомолекулярные и низкомолекулярные. В первую группу входят гемицеллюлоза, лигнин, целлюлоза. Во вторую группу входят соединения фенола (ароматические), спирты и ряд неорганических веществ, которые состоят из таких химических элементов, как кальций, калий, кремний, магний и так далее (перечисленные элементы определяют зольность). Содержание перечисленных веществ может варьироваться. Одни авторы приводят сведения, что камышовые стебли содержат до 43,49 % целлюлозы, 24,43 % лигнина и 21,48 % пентазанов [4]. В других источниках приводятся данные, что илийский камыш содержит от 2,99 до 5,31 % водорастворимых углеводов, от 23,73 до 28,47 % гемицеллюлозы, от 0,72 до 1,13 % воска, от 25,92 до 30,92 % целлюлозы, от 25,43 до 28,05 % лигнина, от 7,69 до 8,98 % золы [5]. Есть также ряд других исследований, приводящих состав растений [6–14]. Сравнение и изучение растительных составов сырья, произрастающего на территории РФ, приведенного в исследованиях, продемонстрировали, что перечисленные ранее вещества могут стать сырьем для производства эффективных органических модификаторов. Исследования, проведенные ранее учеными из Таджикистана, подтверждают данное предположение [15, 16]. Определение химического состава растительного сырья дает возможность использовать его для получения специализированных модификаторов с различным уровнем эффективности модификации характеристик вяжущих веществ.

Цель. Доказать положительный эффект применения веществ, экстрагированных из сырья растительного происхождения, как модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ. Определить вид сырья растительного происхождения, дающий максимальный результат при получении органических модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ на примере строительного гипса.

Материалы и методы

Из растительного сырья, произрастающего на территории Российской Федерации, были выбраны опилки тополя; листья и стебли камыша; кожура, стебли и листья хлопчатника. Кинетика процесса экстракции растворимых веществ перечисленного сырья исследовалась с помощью аппарата Сокслета, в котором водные, кислотные и щелочные растворы с изучаемым сырьем доводились до температуры полного выделения необходимых веществ. Далее оценивалось влияние на показатели и характеристики гипса строительных полученных веществ в разных количествах.

Результаты

В табл. 1 представлены результаты кинетических зависимостей полученного выхода веществ в результате экстракции от времени и используемого растворителя. Определение времени экстракции осуществлялось в момент, когда скорость экстрагирования приобретала нулевое значение.

Данные табл. 1 демонстрируют, что максимальный выход веществ дают стебли и листья камыша, на втором месте – стебли и листья хлопчатника, на третьем месте – опилки тополя. Экстракция растворителем 0,1н H₂SO₄ для первого вида сырья дает наилучший результат как по получаемому выходу, так и по необходимому для этого времени. Оценка сведений, представленных в табл. 1, имеет особую важность для определения себестоимости конечного продукта и расчёта энергоёмкости самого процесса экстракции.

Таблица 1
Основные показатели экстракции веществ для производства органических модификаторов на базе растительного сырья

| № | Вид растительного сырья | Использующийся растворитель | Время экстракции, ч | Выход экстрагируемых веществ, % |
|---|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | Стебли и листья камыша | H ₂ O | 8,6 | 36,1 |
| | | 0,1н H ₂ SO ₄ | 7,6 | 37,1 |
| | | 0,1н KOH | 9,1 | 65,4 |
| 2 | Стебли и листья хлопчатника | H ₂ O | 7 | 14,1 |
| | | HCl | 8 | 12,2 |
| | | 0.01н KOH | 11,5 | 15,18 |
| | | 0.1н KOH | 9,28 | 18,28 |
| 3 | Опилки тополя | H ₂ O | 5,12 | 7,2 |
| | | HCl | 3,29 | 5,83 |
| | | 0.01н KOH | 5,39 | 9,26 |
| | | 0.1н KOH | 6,49 | 9,53 |

В табл. 2 представлены обобщенные показатели влияния на главные характеристики строительного материала экстрагированных веществ из отобранного растительного сырья, произрастающего на территории Российской Федерации. Во втором столбце используются следующие сокращения:

- ЩЭОТ – экстракт опилок тополя щелочной.
 КЭОТ – экстракт опилок тополя кислотный.
 ВЭОТ – экстракт опилок тополя водный.
 ЩЭСЛХ – экстракт стеблей и листьев хлопчатника щелочной.
 КЭСЛХ – экстракт стеблей и листьев хлопчатника кислотный.
 ВЭСЛХ – экстракт стеблей и листьев хлопчатника водный.
 ЩЭСЛК – экстракт стеблей и листьев камыша щелочной.
 КЭСЛК – экстракт стеблей и листьев камыша кислотный.
 ВЭСЛК – экстракт стеблей и листьев камыша водный.

Анализ и оценка результатов, приведённых в табл. 2, демонстрируют, что экстракты всех видов, которые были получены в ходе выполнения данного эксперимента, отказывают влияние на изме-

нение в той или иной степени первоначальных строительно-технических характеристик рассматриваемого вяжущего вещества. Расходы экстрагированных веществ относительно совокупного расхода вяжущего строительного веществ незначительные, при этом ими оказывается значительное влияние на изменения характеристик и свойств.

Щелочной, кислотный и водный экстракты стеблей и листьев камыша увеличивают сроки схватывания теста гипса, замедляя длительность данного процесса в зависимости от используемой концентрации примеси в составе от 4 до 7 раз. При использовании щелочного, кислотного и водного экстрактов опилок тополя сроки схватывания гипсового теста возрастают в 1,2–2,5 раза.

Снижение скорости и увеличение длительности схватывания теста гипса в результате применения органических модификаторов увеличивает прочность гипсового камня. Увеличение прочности строительного материала с содержанием ЩЭСЛК, КЭСЛК или ВЭСЛК относительно состава без примесей варьируется до 21 % при сжатии и от 3 до 43 % при изгибе. Эффект замедления процесса схватывания при наличии примеси экстрагированных из стеблей и листьев хлопчатника

Таблица 2

Свойства строительного гипса без и с полученными экстрактами из стеблей и листьев хлопчатника, стеблей и листьев камыша, опилок тополя

| № | Вид экстракта | Состав строительного гипса (%) | | Длительность схватывания (мин) | | Прочность готового материала через 24 ч (МПа) | |
|----|---------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|--------|---|------------------|
| | | Без экстракта | Доля экстракта | Начало | Конец | Прочность сжатия | Прочность изгиба |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Без экстракта | 100 | – | 20 | 40 | 3,8 | 9,5 |
| 2 | ВЭСЛК | 100 | 0,05–0,6 | 30–139 | 46–154 | 3,8–4,5 | 9,3–10,4 |
| 3 | КЭСЛК | 100 | 0,05–0,6 | 34–141 | 47–152 | 3,8–5,4 | 8,3–11,0 |
| 4 | ЩЭСЛК | 100 | 0,05–0,6 | 27–99 | 42–112 | 3,8–4,9 | 9,4–11,3 |
| 5 | ВЭСЛХ | 100 | 0,03–0,1 | 25–37 | 34–51 | 4,5–5,3 | 13,6–15,3 |
| 6 | КЭСЛХ | 100 | 0,03–0,1 | 33–66 | 41–73 | 4,6–5,0 | 14,2–14,8 |
| 7 | ЩЭСЛХ | 100 | 0,03–0,1 | 47–52 | 60–64 | 3,8–3,4 | 12,9–15,9 |
| 8 | ВЭОТ | 100 | 0,03–0,1 | 30–37 | 40–49 | 4,8–5,1 | 12,4–13,3 |
| 9 | КЭОТ | 100 | 0,03–0,1 | 38–38 | 40–49 | 3,2–4,5 | 8,2–10,5 |
| 10 | ЩЭОТ | 100 | 0,03–0,1 | 33–51 | 44–60 | 4,5–5,7 | 11,6–14,2 |

веществ выражен менее сильно относительно примесей экстрактов из стеблей и листьев камыша, однако их упрочняющий эффект выражен сильнее. Увеличение прочности гипсового камня с модификаторами, полученными из листьев и стеблей хлопчатника, относительно материала без примесей, доходит до 63 % при сжатии и до 40,6 % при изгибе. Применение ВЭОТ, КЭОТ и ЩЭОТ обеспечивает увеличение прочности на 50 %.

Выводы

На основании полученных результатов, которые приведены в табл. 1 и табл. 2, можно сделать вывод о наличии перспективы применения полученных экстрактов растительного сырья, производящего на территории Российской Федерации, для производства гипсовых смесей коррозионно-стойкого строительного вяжущего вещества с модификаторами, что обеспечит получение высокопрочного гипсового камня.

Проведенное исследование продемонстрировало возможность использования сырья растительного происхождения для получения эффективных органических модификаторов коррозионно-стойких строительных вяжущих веществ на примере строительного гипса. Это позволит существенно повысить качество и улучшить основные характеристики и свойства современных вяжущих веществ. Рассмотренные в работе модификаторы имеют в перспективе широкую область применения и могут использоваться при производстве строительных смесей сухого типа, так как обеспечивают оптимизацию ряда свойств в соответствии с требованиями технологии строительных работ, в зависимости от количественного содержания.

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. Приложение 15 (справочное). Вяжущие для кладочных строительных растворов и их составы. – М., 1988.
2. ГОСТ 4.204-79. Материалы вяжущие: известь, гипс и вещества вяжущие на их основе. Дата введ. 01.01.1980.
3. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
4. Павлов, Н.В. Растительные ресурсы Южного Казахстана / Н.В. Павлов. – М.: МОИП, 1947. – 203 с.
5. Рафиков, С.Р. Исследование илийского тростника / С.Р. Рафиков, Х.М. Мирфайзов. – Вестник АН КазССР. – 1950. – № 8 (65).
6. Стальная, М.И. Исследование элементного состава растений / М.И. Стальная // Новые технологии. – 2007. – № 5. – С. 215–218.
7. Элементный состав багульника болотного / М.В. Белоусов, Т.Н. Цыбукова, Т.П. Березовская и др. // Химия растительного сырья. – 2002. – № 4. – С. 35–38.
8. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические особенности тундр побережья Баренцева моря / В.В. Добровольский, А.Е. Козаренко, Л.Е. Савельева // Геохимические исследования в лесных и тундровых ландшафтах. – М.: Изд-во МГПИ, 1986. – С. 3–13.
9. Евсеев, А.В. Аэротехногенные металлы-поллютанты в ландшафтах Российской Арктики / А.В. Евсеев // Геохимия биосферы: докл. междунар. науч. конф. Москва, 15–18 ноября 2006 г. – М.: Смоленск, 2006. – С. 130–131.
10. Черняева, Г.Н. Экстрактивные вещества березы / Г.Н. Черняева, С.Я. Долгодворова, С.М. Бондаренко. – Красноярск, 1986. – 123 с.
11. Patent 09/038173 (US) Birch bark processing and isolation of natural products from Birch bark / P.A. Krasutsky, R.M. Carlson, I.M. Kolomitsyn, C. Edwardson, V.V. Nesterenko. 2001. Aug 23.
12. Изучение процесса экстракции дубильных веществ из луба березовой коры / Т.В. Рязанова, В.А. Левданский, С.А. Кузнецова, М.Л. Щипко // Химия и технология растительного сырья: тез. докл. III Всерос. конф. – Саратов, 2004. – С. 242–243.
13. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М., 1991. – 320 с.
14. Количественный химический анализ растительного сырья / В.И. Шарков, Н.И. Куйбина, Ю.П. Соловьева, Т.А. Павлова. – М., 1976. – 72 с.
15. Регулятор схватывания неорганических вяжущих веществ на основе растительного сырья / А. Шарифов, У.Х. Умаров, Д.Х. Саидов, Г. Камолов // Сухие строительные смеси. – 2011. – № 4. – С. 32–36.
16. Шарифов, А. Отходы хлопчатника – эффективные добавки для модифицирования наполненных гипсовых вяжущих / А. Шарифов, У.Х. Умаров, А.А. Акрамов // Сухие строительные смеси. – 2012. – № 2. – С. 31–33.

Суворова Анна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва), lannas2073@gmail.com

Поступила в редакцию 23 сентября 2020 г.

USE OF RAW PLANT MATERIALS FOR OBTAINING EFFECTIVE ORGANIC MODIFIERS OF CORROSION-RESISTANT BUILDING BINDERS ON THE EXAMPLE OF GYPSUM PLASTER

A.A. Suvorova, lannas2073@gmail.com

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

The article presents the results of an experiment performed on the extraction of substances from raw plant materials (stems and leaves of reeds, stems and leaves of cotton, sawdust of poplar) and on the changes in the properties of gypsum plaster, a corrosion-resistant building binder after adding the obtained extracts to its composition. To obtain the extracts, aqueous, alkaline and acidic solutions have been used.

The aim of the research is to prove the efficiency of using substances obtained as a result of their extraction from raw plant materials as corrosion modifiers of corrosion-resistant building binders. The objectives of the research are to assess the main indicators of the extraction of substances for the production of modifiers using raw plant materials in order to identify the most effective ones; to assess the properties of gypsum plaster without and with the extracts obtained from cotton stems and leaves, reed stems and leaves, and poplar sawdust.

As a result of the experiment performed, on the basis of the obtained results, the effectiveness of using the extracts as modifiers of the organic type for improving the properties of binders using the example of gypsum plaster has been proved.

Speaking of the use of modifiers in practice, they have a wide range of applications in the future and can be used in the production of dry-type construction mixtures, since they provide a number of properties in accordance with the requirements of the construction technology, depending on the quantitative content.

Keywords: raw plant materials, binders, gypsum plasters, corrosion-resistant binders, alkaline extracts, acid extracts, aqueous extracts.

References

1. *SNiP 3.03.01-87*. [Supporting and Enclosing Structures. Appendix 15 (reference). Binders for Masonry Mortars and Their Compositions]. Moscow, 1988, pp. 260–267. (in Russ.)
2. *GOST 4.204-79*. [Product-Quality Index System. Building. Binding Materials: Lime, Gypsum and Binding Materials on their Base. Nomenclature of indices]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 3 p. (in Russ.)
3. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. *Dobavki v beton* [Concrete Admixtures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1989, 188 p.
4. Pavlov N.V. *Rastitel'nyye resursy Yuzhnogo Kazakhstana* [Plant Resources of South Kazakhstan]. Moscow, MOIP Publ., 1947, 203 p.
5. Rafikov S.R., Mirfayzov Kh.M. [Study of the Ili Reed]. *Vestnik AN KazSSR*, 1950, no. 8 (65).
6. Stal'naya M.I. [Study of the Elemental Composition of Plants]. *Novyye tekhnologii* [New Technologies], 2007, no. 5, pp. 215–218. (in Russ.)
7. Belousov M.V., Tsybukova T.N., Berezovskaya T.P., Tikhonova O.K., Basova E.V., Zeyle L.A., Yusubov M.S. [Elemental Composition of Marsh Rosemary]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Vegetable Raw Materials], 2002, no. 4, pp. 35–38. (in Russ.)
8. Dobrovolskiy V.V., Kozarenko A.E., Savel'yeva L.E. [Landscape-Geochemical Features of the Tundra of the Barents Sea Coast]. *Geokhimicheskiye issledovaniya v lesnykh i tundrovnykh landshaftakh* [Geochemical Studies in Forest and Tundra Landscapes]. Moscow, Izd-vo MGPI Publ., 1986, pp. 3–13. (in Russ.)
9. Evseyev A.V. [Aerotechnogenic Pollutant Metals in the Landscapes of the Russian Arctic]. *Geokhimiya biosfery: Dokl. mezhdunar. nauch. konf. Moskva, 15–18 noyabrya 2006 g* [Geochemistry of Biosphere. Reports of the International Scientific Conference, Moscow]. Smolensk, 2006, pp. 130–131. (in Russ.)
10. Chernyayeva G.N., Dolgodvorova S.Ya., Bondarenko S.M. *Ekstraktivnyye veshchestva berezy* [Extractive Substances of Birch]. Krasnoyarsk, Institut lesa i drevesiny im. V.N. Sukacheva SO AN SSSR Publ., 1986. 123 p.
11. Krasutsky P.A., Carlson R.M., Kolomitsyn I.M., Edwardson C., Nesterenko V.V. [Birch Bark Processing and Isolation of Natural Products from Birch Bark]. Patent US, no. 09/038173, 2001.

12. Ryazanova T.V., Levdanskiy V.A., Kuznetsova S.A., Shchipko M.L. [Study of the Process of Extraction of Tannins from the Bast of Birch Bark]. *Khimiya i tekhnologiya rastitel'nogo syr'ya: tez. dokl. III Vseros. konf. Saratov* [Chemistry and Technology of Plant Raw Materials: Abstracts of the III All-Russian Conference Saratov], 2004, pp. 242–243. (in Russ.)

13. Obolenskaya A. V., El'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy* [Laboratory work on the Chemistry of Wood and Cellulose]. Moscow, Ekologiya Publ., 1991. 320 p.

14. Sharkov V.I., Kuybina N.I., Solov'yeva Yu.P., Pavlova T.A. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz rastitel'nogo syr'ya* [Quantitative Chemical Analysis of Plant Materials]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 72 p.

15. Sharifov A., Umarov U.Kh., Saidov D.Kh., Kamolov G. [The Regulator of the Setting of Inorganic Binders Based on Plant Materials]. *Sukhiye stroitel'nyye smesi* [Dry Building Mixtures], 2011, no. 4, pp. 32–36. (in Russ.)

16. Sharifov A., Umarov U.Kh., Akramov A.A. [Cotton Waste is an Effective Additive for the Modification of Filled Gypsum Binders]. *Sukhiye stroitel'nyye smesi* [Dry Building Mixtures], 2012, no. 2, pp. 31–33. (in Russ.)

Received 23 September 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Суворова, А.А. Использование сырья растительного происхождения для получения эффективных органических модификаторов коррозионностойких строительных вяжущих веществ на примере строительного гипса / А.А. Суворова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 47–52. DOI: 10.14529/build200406

FOR CITATION

Suvorova A.A. Use of Raw Plant Materials for Obtaining Effective Organic Modifiers of Corrosion-Resistant Building Binders on the Example of Gypsum Plaster. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2020, vol. 20, no. 4, pp. 47–52. (in Russ.). DOI: 10.14529/build200406