

UDC 691.213.2

Author: DANILOV Victor Evgenevich, Senior Lecturer, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Engineering, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002, v.danilov@narfu.ru;

Author: SHINKARUK Anna Alexandrovna, Ph. D. in Chemistry, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Engineering, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002, a.shinkaruk@narfu.ru;

Author: AYZENSHTADT Arkady Mikhailovich, Doctor of Chemistry, Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Head of Composite Materials and Engineering Ecology Department, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Engineering, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002, a.isenshtadt@narfu.ru;

Author: DROZDYUK Tatiana Anatolievna, Postgraduate student, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Engineering, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002, t.drozdyuk@narfu.ru;

Author: FROLOVA Maria Arkadevna, Ph. D. in Chemistry, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Higher School of Engineering, Department of Composite Materials and Engineering Ecology; Northern Dvina Emb. 17, Arkhangelsk, Russia, 163002, m.aizenstadt@narfu.ru

AGGREGATIVE STABILITY OF WATER SUSPENSION OF FINELY DISPERSED BASALT

EXTENDED ABSTRACT:

Production of polyfunctional wood-mineral compositions based on modified wood bark and finely dispersed basalt is associated with the use of aqueous suspension that contains micro- and nanosized rock particles as a solid phase. In this regard, this paper presents the results of the studies focused on the aggregative stability of water suspension of finely dispersed basalt. The stability is associated with the electrokinetic potential of particles of the dispersed phase. The potential varies in dependence on the protolytic properties of the dispersion medium. Measurement of dimensional characteristics in the course of time was carried out with photon-correlation spectroscopy. It has been determined that when pH of the medium is in the range from 7 to 11 the suspension of finely dispersed basalt



is aggregatively and sedimentation stable. The critical value of the zeta potential of particles of the solid phase, at which the electrostatic barrier of their interaction indicates itself, is 30 mV.

Key words: modified tree bark, finely dispersed basalt, protolytic properties, zeta potential.

DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90)

MACHINE-READABLE INFORMATION ON CC-LICENSES (HTML-CODE) IN METADATA OF THE PAPER

```
<a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"></a><br /><span xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://purl.org/dc/dcmitype/Text" property="dct:title" rel="dct:type">Aggregative stability of water suspension of finely dispersed basalt</span> by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 6, pp. 77– 90. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Danilov V.E., Shinkaruk A.A., Ayzenshtadt A.M., Drozdyuk T.A., Frolova M.A.</a> is licensed under a <a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License</a>.<br />Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2018/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2018/</a>.<br />Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="t.drozdyuk@narfu.ru" rel="cc:morePermissions">t.drozdyuk@narfu.ru</a>.
```

References:

1. *Danilov V.E., Ayzenshtadt A.M., Frolova M.A., Tutygin A.S.* [Izmenenie poverhnostnoj ehnergii – kriterij optimizacii sostava bescementnogo kompozicionnogo vyazhushchego]. The change in surface energy is a criterion for optimizing the composition of a cementless composite binder. *Materialovedeniye [Materials Science]*. 2018. no. 2. pp. 39–43. (In Russian).
2. *Kilyusheva N.V., Danilov V.E., Ayzenshtadt A.M.* Teploizolyacionnyj material iz kory sosny i ee ehkstrakta [Heat insulation material from pine bark and its extract]. *Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]*. 2016. no. 11. pp. 48–50. (In Russian).
3. *Stenin A.A., Ayzenshtadt A.M., Shinkaruk A.A., Demidov M.L., Frolova M.A.* Mineral'nyj modifikator poverhnosti stroitel'nyh materialov iz drevesiny [Mineral modifier surface wood building materials]. *Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]*. 2014. no. 10. pp. 51–54. (In Russian).
4. *Titova S.A., Kuzmenkov A.A.* Izmel'chyonnaya drevesina: opyt i perspektivy primeneniya (na primere respubliki Kareliya) [Shredded wood: experience and prospects of application (on the example of the Republic of Karelia)]. *Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]*. 2013. no. 10–10. pp. 2174–2177. (In Russian).
5. *Demidov M.L., Aisenstadt A.M.* New approach in the creation of environmentally friendly building materials based on the highly dispersed mineral-reinforced wooden ma-



- trix. Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. 2014. V. 8. P. 146–151.
6. *Danilov V.E., Ayzenstadt A.M., Frolova M.A., Turobova M.A.* Poluchenie organomineral'nogo napolnitelya na osnove drevesnoj kory i bazal'ta dlya razrabotki kompozicionnyh materialov [Obtaining an organic-mineral filler based on wood bark and basalt for the development of composite materials]. *Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]*. 2015. no. 7. pp. 72–75. (In Russian).
 7. *Stenin A.A., Aisenstadt A.M., Shinkaruk A.A., Makhova T.A.* Formirovanie ogneshchitnykh svoystv stroitel'nykh materialov iz drevesiny s ispol'zovaniem vysokodispersnogo bazal'tovogo napolnitelya [Formation of flame retardant properties of building materials from wood using highly dispersed basalt filler]. *Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]*. 2013. no. 11. pp. 47–49. (In Russian).
 8. *Korolev E. V.* Nanotekhnologiya v stroitel'nom materialovedenii. Analiz sostoyaniya i dostizhenij. Puti razvitiya [Nanotechnology in construction materials. Analysis of the status and achievements. Ways of development]. *Stroitel'nyye materialy [Construction Materials]*. 2014. no. 11. pp. 47–50. (In Russian).
 9. *Karpov A.I.* Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists and engineers. *Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2013, Vol. 5, no. 2, pp. 43–54. Available at: http://www.nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf (Accessed 01.12.2018). (In Russian).
 10. *Storodubtseva T.N., Axomitny A. A.* Uvelichenie rosta ehffektivnosti proizvodstva izdelij s ispol'zovaniem drevesnykh kompozitov [Increase the growth of production efficiency using wood composites]. *Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]*. 2014. no. 8–7. pp. 1550–1554. (In Russian).
 11. *Danilov V.E., Ayzenstadt A.M.* Comprehensive approach to the assessment of nanosized fractions of polydisperse systems of crushed rocks. *Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2016, Vol. 8, no. 3, pp. 97–110. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-3-97-110](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-3-97-110). (In Russian).
 12. *Fayzullin I.Z., Musin I.N., Wolfson S.I.* Vliyanie razmera chastic napolnitelya na svoystva drevesno-polimernykh kompozitov [The influence of the particle size of the filler on the properties of wood-polymer composites]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]*. 2013. Vol. 16. no. 5. pp. 106 – 109. (In Russian).
 13. *Grishin P.V., Rabbanieva E.S., Romakhina N.A., Gabdrakhmanov I.V., Katnov V.E.* [Issledovanie vliyaniya vodorodnogo pokazatelya sredy na agregativnuyu ustojchivost' nanostrukturnykh chastic dioksida]. Investigation of the influence of the pH of the medium on the aggregative stability of nanostructured dioxide particles. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]*. 2017. Vol. 20. no. 24. pp. 8–9. (In Russian).
 14. *Petrishin R.S., Yaremko Z.M., Soltis M.N.* Vliyanie pH sredy i poverhnostno-aktivnykh veshchestv na dzeta-potencial i agregativnuyu ustojchivost' suspenzij dioksida titana [The effect of pH of the medium and surfactants on the zeta potential and aggregative stability of titanium dioxide suspensions]. *Kolloidnyy zhurnal [Colloid journal]*. 2010. Vol. 72. no. 4. pp. 512–517. (In Russian).



15. *Tutygin A.S., Ayzenstadt A.M., Ayzenstadt M.A., Makhova T.A.* Influence of electrolyte nature on the coagulation process of saponite-containing suspension. *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2012. no. 5. pp. 470–474. (In Russian).
16. *Uphill S.J. [et al.]*. Flow of nanofluids through porous media: Preserving timber with colloid science. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2014. V. 460. pp. 38–50.
17. *Kuznetsova Yu. V., Kazantseva A.A., Rempel A.A.* Dzeta-potencial, razmer i poluprovodnikovye svoystva nanochastic sul'fida cinka v stabil'nom vodnom kolloidnom rastvore [Zeta potential, size and semiconductor properties of zinc sulfide nanoparticles in a stable aqueous colloidal solution]. *Zhurnal fizicheskoy khimii [Journal of Physical Chemistry]*. 2016. Vol. 90. no. 4. pp. 625–630. (In Russian).
18. *Lesovik V.S.* Povysheniye effektivnosti proizvodstva stroitel'nykh materialov s uchetom genezisa gornyykh porod [Improving the efficiency of production of building materials, taking into account the genesis of rocks]. Publishing Association of Construction Universities. 2006. 526 p.
19. *Mashkin N.A., Sharavin Yu.A., Katkova T.F.* Dispersno-armirovanny keramicheskii kirpich iz suglinkov Zapadnoy Sibiri s dekorativnym polimernym pokrytiyem [The dispersion reinforced ceramic brick from loams of Western Siberia with a decorative polymeric covering]. Novosibirsk: NGASU (Sibstrin). 2011. 160 p.
20. *Babievskaya I.Z., Drobot N.F., Fomichev S.V., Krenev V.A.* Raschet mineral'nogo sostava bazal'tovykh porod [Calculation of the mineral composition of basalt rocks]. *Neorganicheskiye materialy [Inorganic materials]*. 2009. Vol. 45. no. 8. pp. 987–989. (In Russian).
21. *Babievskaya I.Z., Drobot N.F., Fomichev S.V., Krenev V.A.* Fiziko-himicheskoe modelirovaniye processov formirovaniya bazal'tovykh rasplavov dlya petrurgii [Physico-chemical modeling of the formation of basalt melts for petrology]. *Neorganicheskiye materialy [Inorganic materials]*. 2008. Vol. 44. no. 12. pp. 1476–1482. (In Russian).
22. *Drozdyuk T.A., Ayzenshtadt A.M., Makhova T.A., Frolova M.A.* Ocenka prigodnosti bazal'tov dlya proizvodstva mineral'nykh volokon [Assessment of the suitability of basalts for the production of mineral fiber]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2018, no. 7, pp. 52–56. (In Russian).
23. *Abramovskaya I.R., Ayzenstadt A.M., Veshnyakova L.A., Frolova M.A., Lesovik V.S., Kazlitin S.A.* Raschet ehnergoemkosti gornyykh porod kak syr'ya dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov [Calculation of energy intensity of rocks as raw materials for the production of building materials]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*. 2012. no. 10. pp. 23–25. (In Russian).

DEAR COLLEAGUES!

THE REFERENCE TO THIS PAPER HAS THE FOLLOWING CITATION FORMAT:

Danilov V.E., Shinkaruk A.A., Ayzenshtadt A.M., Drozdyuk T.A., Frolova M.A. Aggregative stability of water suspension of finely dispersed basalt. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2018, Vol. 10, no. 6, pp. 77–90. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90). (In Russian).



УДК 691.213.2

Автор: ДАНИЛОВ Виктор Евгеньевич, ст. преп. каф. композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Высшая инженерная школа; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002, v.danilov@narfu.ru;

Автор: ШИНКАРУК Анна Александровна, канд. хим. наук, доц. каф. композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Высшая инженерная школа; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002, a.shinkaruk@narfu.ru;

Автор: АЙЗЕНШТАДТ Аркадий Михайлович, проф., д.х.н., заслуженный работник высшей школы РФ, зав. каф. композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Высшая инженерная школа; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002, a.isenshtadt@narfu.ru;

Автор: ДРОЗДЮК Татьяна Анатольевна, аспирант каф. композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Высшая инженерная школа; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002, t.drozdyuk@narfu.ru;

Автор: ФРОЛОВА Мария Аркадьевна, канд. хим. наук, доц. каф. композиционных материалов и строительной экологии, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Высшая инженерная школа; наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002, m.aizenstadt@narfu.ru

АГРЕГАТИВНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ ТОНКОДИСПЕРСНОГО БАЗАЛЬТА

АННОТАЦИЯ К СТАТЬЕ (АВТОРСКОЕ РЕЗЮМЕ, РЕФЕРАТ):

Получение полифункциональных древесно-минеральных композиций на основе модифицированной древесной коры и тонкодисперсного базальта связано с использованием водной суспензии, содержащей в качестве твердой фазы микро- и наноразмерные частицы горной породы. В связи с этим, в данной работе представлены результаты исследований агрегативной устойчивости водной суспензии тонкодисперсного базальта, которая связана с электрокинетическим потенциалом частиц дисперсной фазы, изменяющимся в зависимости от протолитических свойств дисперсионной среды. Измерение размерных характеристик во времени осуществлялось методом фотонно-корреляционной спектроскопии. Установлено, что при pH среды в диапазоне от 7 до 11 суспензия тонкодисперсного базальта является агрегативно и се-



диментационно устойчивой, критическое значение дзета-потенциала частиц твердой фазы, при котором проявляется электростатический барьер их взаимодействия, равен 30 мВ.

Ключевые слова: модифицированная древесная кора, тонкодисперсный базальт, протолитические свойства, дзета-потенциал.

DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90

МАШИНОЧИТАЕМАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СС-ЛИЦЕНЗИИ В МЕТАДАННЫХ СТАТЬИ (HTML-код):

```
<a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"></a><br /><span xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://purl.org/dc/dcmitype/Text" property="dct:title" rel="dct:type">Aggregative stability of water suspension of finely dispersed basalt</span> by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 6, pp. 77– 90. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90" property="cc:attributionName" rel="cc:attributionURL">Danilov V.E., Shinkaruk A.A., Ayzenshtadt A.M., Drozdyuk T.A., Frolova M.A.</a> is licensed under a <a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License</a>.<br />Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2018/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2018/</a>.<br />Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:t.drozdyuk@narfu.ru" rel="cc:morePermissions">t.drozdyuk@narfu.ru</a>.
```

Перспективы использования кородревесных отходов и базальта для получения многофункциональной структуры материала приведены авторами работ [1–7], в которых показано, что в результате использования некондиционных отходов (коры и базальта), механически активированных до тонкодисперсного состояния, происходит взаимодействие между этими компонентами, приводящие к возможности создания функционального композита, обладающего специфическими теплофизическими свойствами [8–10].

Заполнение поверхности или порового пространства древесной коры частицами тонкодисперсного базальта возможно в случае сорбции частиц базальта в порах древесной коры. Адсорбционное взаимодействие может происходить в том случае, если размер пор превышает размер частиц тонкодисперсного базальта. В работе [11] показано, что для



фракции древесной коры, находящейся в диапазоне 0,5–1 мм, диаметр пор составляет 150–390 нм, что позволило установить минимальные требуемые размерные характеристики минерального модификатора – тонкодисперсного базальта [12]. В связи с этим сохранение высокой степени дисперсности компонентов в начальный период времени является первостепенной задачей для успешного проникновения и закрепления тонкодисперсных частиц в клеточном и поровом пространстве древесного материала.

Однако до настоящего времени не проводились исследования по изучению стабильности водной суспензии базальта во времени при различной величине рН дисперсионной среды [13, 14].

Главным фактором, влияющим на агрегативную устойчивость, является электростатический барьер взаимодействия между частицами [15]. Инструментально этот параметр может быть определен с помощью измерения величины дзета-потенциала твердой фазы суспензии [16, 17].

В связи с этим, целью представленных исследований было изучение агрегативной устойчивости водной суспензии тонкодисперсного базальта при изменении протолитических свойств дисперсионной среды.

В качестве объекта исследований был выбран отсев базальта месторождения Мяндуха (Архангельская обл.), который представляет собой эффузивную горную породу вулканического происхождения. Состоит главным образом из основного плагиоклаза ($K_{0,1}Na_{0,54}Ca_{0,36}(Si,Al)_4O_8$), битовнита ($K_{0,1}Na_{0,72}Ca_{0,18}(Si,Al)_4O_8$), авгита ($[Ca(Mg,Fe^{2+})(AlFe^{3+}Ti)(SiAl)_2O_6]$), оливина ($[(Mg,Fe)_2(SiO_4)]$) [18] и не полностью закристаллизованной стеклообразной фазы.

Спецификой состава данной эффузивной породы является содержание до 12% рентгеноаморфной фазы, что позволило предположить ее высокую химическую активность в тонкодисперсном состоянии.

По химическому составу базальт относится к группе основных пород, для которых характерно невысокое содержание кремнезема (SiO_2) [19]. Содержание SiO_2 в базальте колеблется от 44 до 53,5% [20, 21]. По химическому и минеральному составу выделяют оливиновые ненасыщенные кремнезёмом (SiO_2 около 45%) базальты и безоливиновые или с незначительным содержанием оливина слабо пресыщенные кремнезёмом (SiO_2 около 50%) толеитовые базальты.

Химический состав базальтов месторождения Мяндуха представлен в табл. 1 [22, 23].



Таблица 1

Химический состав базальтов месторождения Мяндуха, %

Минералы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	MnO
Количество	47,75	0,53	13,80	13,09	0,27	0,32	0,89	14,60	8,29	0,22

Исходя из состава базальта месторождения Мяндуха, можно сделать вывод о том, что он занимает промежуточное положение между оливиновыми и толеитовыми разновидностями.

Для получения суспензии тонкодисперсного базальта требовалось измельчение его до необходимых размеров частиц. С помощью метода математического планирования эксперимента варьировали параметры скорости и времени помола на планетарной шаровой мельнице Retsch РМ-100, а также массы измельчаемого материала и количество размольных тел для определения рациональных режимов диспергирования.

Для определения величины дзета-потенциала частиц 1 г исследуемого тонкодисперсного вещества, взятого на технических весах, помещали в мерный цилиндр и добавляли 100 мл дистиллированной воды, после чего смесь тщательно перемешивали. Подбирали составы растворов таким образом, чтобы значение рН изменялось в диапазоне от 1 до 12. Приготовленную суспензию выдерживали в течение 5 мин, после чего последовательно проводили измерение величины дзета-потенциала и размера частиц методами измерения скорости электрофореза и фотонно-корреляционной спектроскопии на анализаторе Delsa Nano С. Величину рН среды контролировали с помощью анализатора жидкости ЭКСПЕРТ 001.

Изучение агрегативной устойчивости суспензии тонкодисперсного базальта проводили путем измерения светопропускания проб во времени на спектрофотометре СФ 2000.

В результате проведенных исследований определены оптимальные режимы диспергирования отсева дробления базальта (рис. 1) на планетарной шаровой мельнице, при котором образуется максимальное количество частиц с необходимыми размерными характеристиками: 150±50 нм (рис. 2). Первый этап: сухой помол, продолжительность – 60 мин, количество размольных тел – 18 шт., скорость вращения – 420 об/ мин. Второй этап: мокрый помол; продолжительность – 90 мин, количество размольных тел – 18 шт., скорость вращения – 420 об/ мин.



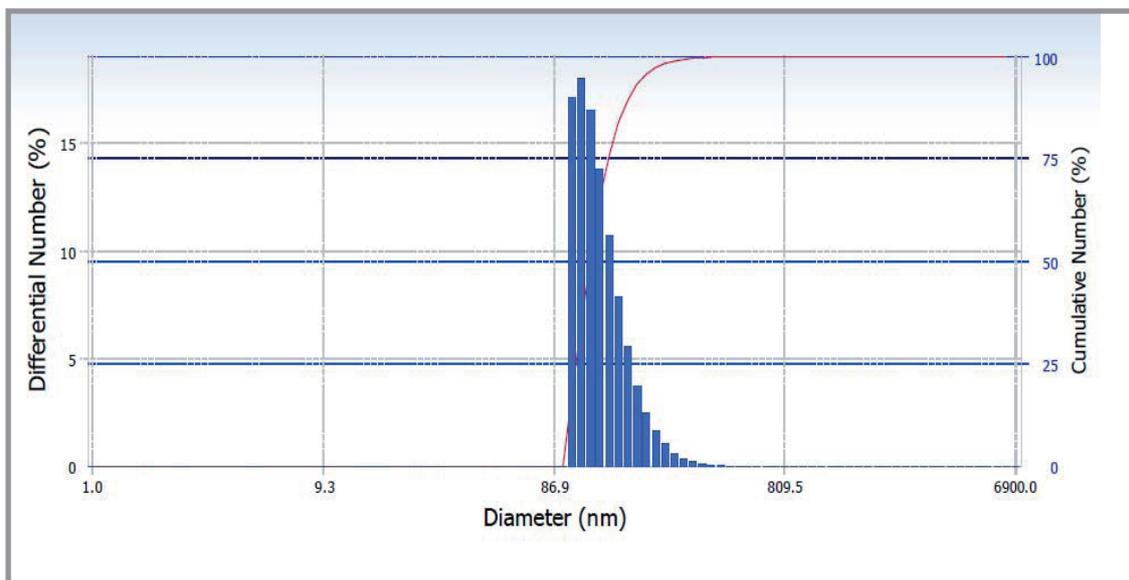


Рис. 1. Количественное распределение частиц базальта по размерам (сухой помол 60 минут, 420 об/мин, карбидвольфрамовая гарнитура)

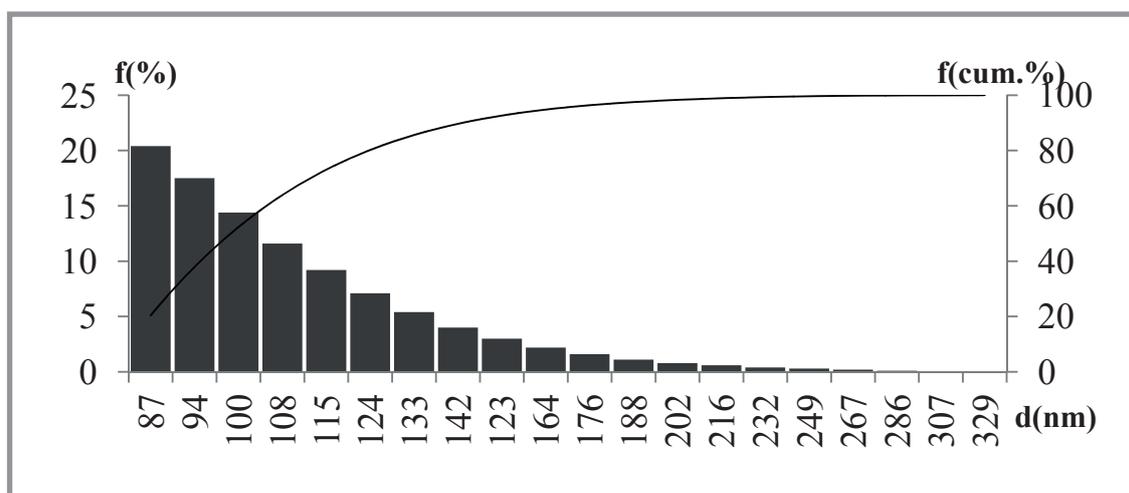


Рис. 2. Количественное распределение частиц базальта по размерам (мокрый помол 90 минут, 420 об/мин, карбидвольфрамовая гарнитура)

Для дальнейших экспериментов использовали опытные образцы высокодисперсного базальта со средним размером частиц 150 ± 50 нм.

Анализ величины дзета-потенциала поверхности частиц тонкодисперсного базальта в водной дисперсионной среде (рис. 3) показал, что при значениях $pH > 7$ должна сохраняться агрегативная устойчивость

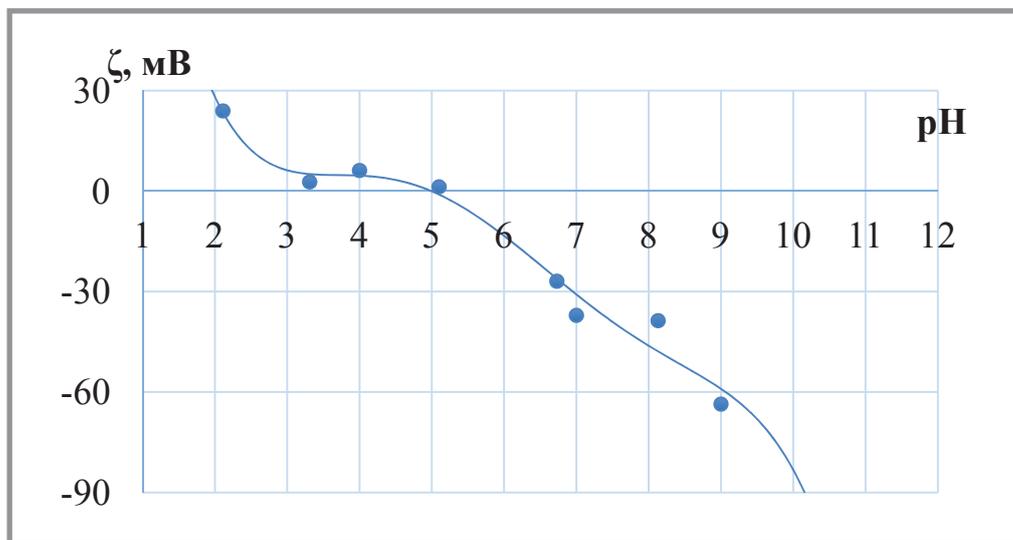


Рис. 3. Зависимость ζ -потенциала от величины pH среды тонкодисперсного базальта

тонкодисперсного базальта, которая связана с высоким значением их дзета-потенциала ($\zeta > 30$ мВ).

Следующим этапом работы была оценка агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсии базальта со средним размером частиц 150 ± 50 нм. Установлено, что в диапазоне pH 7–11 в течение первых 20 минут размер минеральных частиц увеличивается со 150 до 178 нм (рис. 4), что является приемлемым результатом для модификации порового и клеточного пространства древесной матрицы.

В течение последующих 3 часов наблюдается умеренный рост частиц (до 358 нм) и седиментация образующихся агломератов базальта, выражающаяся в увеличении светопропускания суспензии и уменьшении среднего размера (до 281 нм).

При подкислении дисперсионной среды тонкодисперсный базальт, как и ожидалось, теряет агрегативную, а затем и седиментационную устойчивость. В течение первых 20 минут наблюдается рост размера частиц (от 150 до 364 нм), который также подтверждается понижением значения светопропускания (от 71,6 до 64,9%) суспензии. Средний размер частиц продолжает увеличиваться (до 426 нм), а светопропускание снижаться (до 59,4%) в течение 1 часа эксперимента, после чего тонкодисперсный базальт теряет седиментационную устойчивость и его агломераты выпадают в осадок (к концу 2 часа эксперимента светопропускание



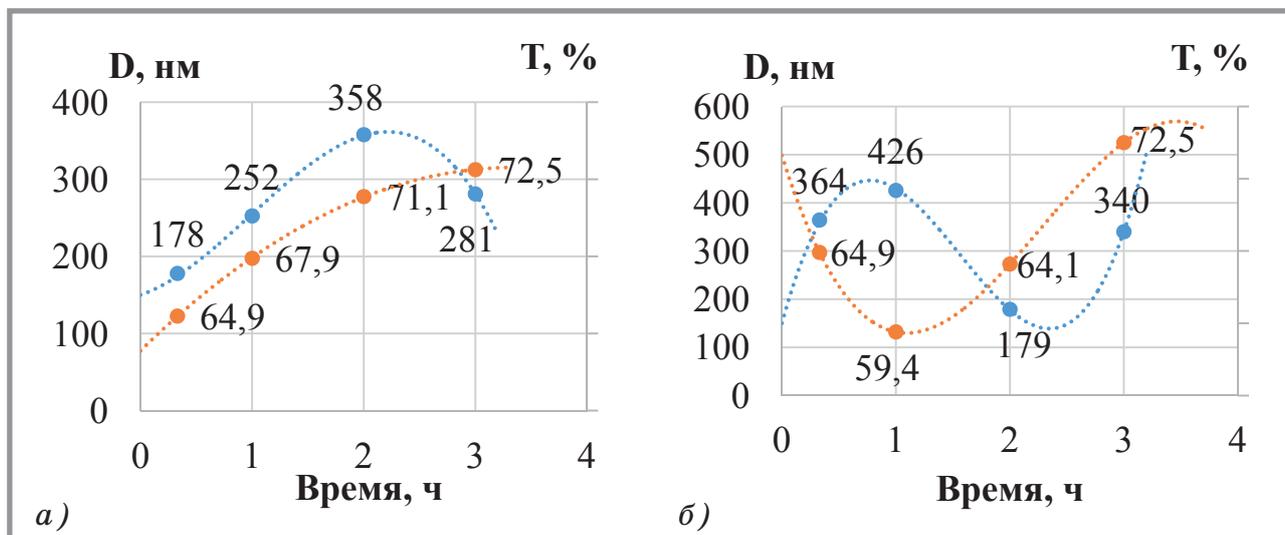


Рис. 4. Зависимость размера частиц и светопропускания в СТБ от времени:
а) рН 7,46 ($\zeta = -35,98$ мВ); б) рН 3,60 ($\zeta = 2,93$ мВ)

составило 64,1%, а средний размер частиц в суспензии 179 нм). Далее (3 час эксперимента) наступает второй цикл образования агломератов (со средним размером 340 нм) и дальнейшего выпадения их в осадок.

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

Отработаны режимные параметры процесса измельчения базальта на планетарной шаровой мельнице до тонкодисперсного состояния, при котором средние размерные характеристики частиц составляют 150 ± 50 нм.

Измерение величины дзета-потенциала частиц водной суспензии при различных значениях рН дисперсионной среды показало, что при рН < 6 суспензия тонкодисперсного базальта является агрегативно и седиментационно неустойчивой.

В диапазоне значений рН 7–11 в течение 20 минут суспензия тонкодисперсного базальта сохраняет седиментационную устойчивость. Средний размер частиц варьируется в диапазоне $150 \div 178$ нм, при этом значение дзета-потенциала частиц твердой фазы, при котором проявляется электростатический барьер их взаимодействия, равен 30 мВ.

Исследования проведены при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-43-292002.



Библиографический список:

1. Данилов В.Е., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Тутыгин А.С. Изменение поверхностной энергии – критерий оптимизации состава бесцементного композиционного вяжущего // *Материаловедение*. – 2018. – № 2. – С. 39–43.
2. Килушева Н.В., Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Теплоизоляционный материал из коры сосны и ее экстракта // *Строительные материалы*. – 2016. – № 11. – С. 48–50.
3. Стенин А.А., Айзенштадт А.М., Шинкарук А.А., Демидов М.Л., Фролова М.А. Минеральный модификатор поверхности строительных материалов из древесины // *Строительные материалы*. – 2014. – № 10. – С. 51–54.
4. Титова С.А., Кузьменков А.А. Измельчённая древесина: опыт и перспективы применения (на примере республики Карелия) // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10–10. – С. 2174–2177.
5. Demidov M.L., Aisenstadt A.M. New approach in the creation of environmentally friendly building materials based on the highly dispersed mineral-reinforced wooden matrix // *Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety*. – 2014. – V. 8. – P. 146–151.
6. Данилов В. Е., Айзенштадт А.М., Фролова М.А., Турובהва М.А. Получение органоминерального наполнителя на основе древесной коры и базальта для разработки композиционных материалов // *Строительные материалы*. – 2015. – № 7. – С. 72–75.
7. Стенин А.А., Айзенштадт А.М., Шинкарук А.А., Махова Т.А. Формирование огнезащитных свойств строительных материалов из древесины с использованием высокодисперсного базальтового наполнителя // *Строительные материалы*. – 2013. – № 11. – С. 47–49.
8. Королев Е.В. Нанотехнология в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития // *Строительные материалы*. – 2014. – № 11. – С. 47–50.
9. Карпов А.И. Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров // *Нанотехнологии в строительстве*. – 2013. – Том 5, № 2. – С. 43–54. – URL: http://nanobuild.ru/magazine/nb/Nanobuild_2_2013.pdf (дата обращения: 01.12.2018).
10. Стородубцева Т.Н., Аксомитный А.А. Увеличение роста эффективности производства изделий с использованием древесных композитов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8–7. – С. 1550–1554.
11. Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Комплексный подход к оценке наноразмерных фракций полидисперсных систем измельченных горных пород // *Нанотехнологии в строительстве*. – 2016. – Том 8, № 3. – С. 97–110. – DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-3-97-110](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2016-8-3-97-110).



12. *Файзуллин И.З., Мусин И.Н., Вольфсон С.И.* Влияние размера частиц наполнителя на свойства древесно-полимерных композитов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 5. – С. 106–109.
13. *Гришин П.В., Раббаниева Е.С., Ромахина Н.А., Габдрахманов И.В., Катнов В.Е.* Исследование влияния водородного показателя среды на агрегативную устойчивость наноструктурных частиц диоксида // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 24. – С. 8–9.
14. *Петришин Р.С., Яремко З.М., Солтыс М.Н.* Влияние рН среды и поверхностно-активных веществ на дзета-потенциал и агрегативную устойчивость суспензий диоксида титана // Коллоидный журнал. – 2010. – Т. 72, № 4. – С. 512–517.
15. *Тутыгин А.С., Айзенштадт А.М., Айзенштадт М.А., Махова Т.А.* Влияние природы электролита на процесс коагуляции сапонит-содержащей суспензии // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2012. – № 5. – С. 470–474.
16. *Uphill S.J. et al.* Flow of nanofluids through porous media: Preserving timber with colloid science // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – 2014. – V. 460 – P. 38–50.
17. *Кузнецова Ю.В., Казанцева А.А., Ремпель А.А.* Дзета-потенциал, размер и полупроводниковые свойства наночастиц сульфида цинка в стабильном водном коллоидном растворе // Журнал физической химии. – 2016. – Т. 90, № 4. – С. 625–630.
18. *Лесовик В.С.* Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. Научное издание // Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. – 526 с.
19. *Машкин Н.А., Шаравин Ю.А., Каткова Т.Ф.* Дисперсно-армированный керамический кирпич из суглинков Западной Сибири с декоративным полимерным покрытием: Монография. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2011. – 160 с.
20. *Бабиевская И. З., Дробот Н.Ф., Фомичев С.В., Крнев В.А.* Расчет минерального состава базальтовых пород // Неорганические материалы. – 2009. – Т. 45, № 8. – С. 987–989.
21. *Бабиевская И. З., Дробот Н.Ф., Фомичев С.В., Крнев В.А.* Физико-химическое моделирование процессов формирования базальтовых расплавов для петрургии // Неорганические материалы. – 2008. – Т. 44, № 12. – С. 1476–1482.
22. *Дроздюк, Т.А., Махова Т.А., Айзенштадт А.М., Фролова М.А.* Оценка пригодности базальтов для производства минеральных волокон // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 7. – С. 52–56.
23. *Абрамовская И.Р., Айзенштадт А.М., Вешнякова Л.А., Фролова М.А., Лесовик В.С., Казлитин С.А.* Расчет энергоемкости горных пород как сырья для производства строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 10. – С. 23–25.



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

**ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛА ДАННОЙ СТАТЬИ
ПРОСИМ ДЕЛАТЬ БИБЛИОГРАФИЧЕСКУЮ ССЫЛКУ НА НЕЁ:**

Данилов В.Е., Шинкарук А.А., Айзенштадт А.М., Дроздюк Т.А., Фролова М.А. Агрегативная устойчивость водной суспензии тонкодисперсного базальта // Нанотехнологии в строительстве. – 2018. – Том 10, № 6. – С. 77–90. – DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90.

DEAR COLLEAGUES!

THE REFERENCE TO THIS PAPER HAS THE FOLLOWING CITATION FORMAT:

Danilov V.E., Shinkaruk A.A., Ayzenshtadt A.M., Drozdyuk T.A., Frolova M.A. Aggregative stability of water suspension of finely dispersed basalt. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2018, Vol. 10, no. 6, pp. 77–90. DOI: dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2018-10-6-77-90. (In Russian).

