

УДК 544.773

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТВОРА СИЛИКАТА НАТРИЯ
В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
И УКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ**



**THE USE OF SODIUM SILICATE SOLUTION
IN THE PRODUCTION OF CONCRETE PRODUCTS
AND SOIL REINFORCEMENT IN ROAD CONSTRUCTION**

Хахулин Егор Максимович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Тлехусеж Марина Александровна

кандидат химических наук,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный технологический университет
mtlehusezh@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается применение раствора силиката натрия при решении различных строительных задач. Показаны физические и химические свойства раствора силиката натрия, которые обосновывают его применения. Продемонстрированы конкретные цели применения силиката натрия: при производстве бетонных изделий и при укреплении грунтов. Помимо этого, уделено внимание различным методам силикатизации грунтов. Сделан вывод о рациональности применения раствора силиката натрия при решении рассмотренных задач.

Ключевые слова: силикат натрия, силикатизация, бетон, коллоидный кремнезём, вязкость, плотность, силикатный модуль.

Khakhulin Egor Maksimovich

Student,
Kuban State Technological University

Tlehusezh Marina Alexandrovna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State Technological University
mtlehusezh@mail.ru

Annotation. This article discusses the use of sodium silicate solution in solving various construction tasks. The physical and chemical properties of the sodium silicate solution, which justify its use, are shown. The specific purposes of the use of sodium silicate are demonstrated: in the production of concrete products and in the strengthening of soils. In addition, attention is paid to various methods of silicization of soils. The conclusion is made about the rationality of the use of sodium silicate solution in solving the considered problems.

Keywords: sodium silicate, silicization, concrete, colloidal silica, viscosity, density, silicate module.

В современном строительстве для решения различных задач используется раствор силиката натрия. Его применяют в производстве бетонных изделий и укреплении грунтов при строительстве дорог.

Силикат натрия (Na_2SiO_3) – крупнотоннажный продукт неорганического синтеза, который относится к строительным вяжущим материалам. Неорганические вяжущие вещества – это порошкообразные материалы, которые при смешивании с водой дают пластичную массу, способную со временем твердеть, образуя камень. По классификации строительных вяжущих веществ раствор силиката натрия относится к воздушным вяжущим, т.к. искусственный камень на его основе не водостоек (теряет прочность в воде).

Основным способом получения раствора силиката натрия является гидротермальный метод. В качестве сырья используют горные породы осадочного происхождения, например, опока, диатомит, трепел. В результате применения гидротермального метода получают высокомодульный концентрированный раствор силиката натрия, который представляет систему, имеющую свойства раствора и коллоида, которой в значительной степени присущи гелеобразование, коагуляция и флокуляция.

Химия процессов, происходящая при твердении силикатных масс, проявляется в выделении коллоидного кремнезёма, имеющего высокоразвитую поверхность, что обеспечивает его реакционную способность и возможность модификации поверхности путём адсорбции различных ионов. Особенность твердения заключается в том, что ре-

зультат взаимодействия реагентов зависит как от их химической природы, так и от целого ряда нехимических факторов: порядка смешения компонентов, их начальной концентрации, скорости перемешивания и т.п. Причина этих явлений - гелеобразование на границе раздела взаимодействующих фаз. Это приводит к возрастанию роли диффузионных процессов, предшествующих химическому взаимодействию реагентов. Для создания систем с заданными свойствами используют различные технологические приёмы: предварительное растворение твёрдых реагентов в одинаковом растворителе; растворение различных исходных реагентов в двух несмешивающихся растворителях с последующим эмульгированием.

Основными характеристиками растворов силикатов являются силикатный модуль (или просто модуль), плотность и вязкость. Силикатный модуль показывает процентное содержание оксида кремния в горной породе, на основе которой был получен раствор силиката. Модуль силиката натрия обычно равен 2,5–2,8 %. Плотность – отношение массы вещества к занимаемому объёму. Плотность силиката натрия 2,4–2,61 г/см³. Вязкость – сопротивление, которое оказывает жидкость при относительном сдвиге частиц. Вязкость силиката натрия 0,5–2 пуаз [1–3].

Все вышеперечисленные химические и физические свойства Na₂SiO₃ обуславливают его применения в строительстве за счет значительного уровня адгезии (при его добавлении в бетон он заполняет все поры), высоких показателей водонепроницаемости, экономичности, долговечности. Этот материал используют при производстве бетонных изделий на стадии приготовления бетона. Его внесение позволяет изменить свойства бетона. Раствор, приготовленный на основе цемента М400, схватывается при температуре 20 °С через 2–3 часа и полностью затвердевает через 24 часа. В дальнейшем он начинает набирать прочность, которая достигает максимума в течение 28 дней. Добавление силиката натрия в смесь цемента и щебня позволяет сократить время схватывания, которое уменьшается пропорционально количеству внесённой добавки. Так, если раствор содержит 2 % силиката натрия, он схватится через час, а если 5 %, то через 38 минут [4].

Содержание в растворе Na₂SiO₃ влияет на водопоглощение и прочность бетона после полного затвердевания. Если раствор содержит 4 % и более этого материала, то прочность бетона падает на 25 %. Однако, если исходный раствор содержит не более 3 % Na₂SiO₃, то прочность бетона возрастёт. Не имеющий добавки бетон имеет мелкие поры, поэтому он при контакте с влажным грунтом сыреет, теряя прочность и разрушается. Однако, силикат натрия – далеко не идеальная гидроизоляционная добавка для бетона. Силикат натрия растворяется в воде, поэтому при больших количествах он вымывается из бетона, после чего бетон разрушается. Раствор Na₂SiO₃ влияет и на жаропрочность получаемого бетона. Бетон без добавок устойчив к нагреванию до 200 °С, но при больших температурах он рассыпается. Если исходный раствор будет содержать 30 % силиката натрия, то устойчивость к нагреванию бетона увеличится до 1400 °С [4, 5].

С помощью раствора силиката натрия можно укреплять грунты при строительстве дорог. Одно из важнейших требований к строительству дорог является прочность, которая зависит от состояния грунтов, лежащих в основании дороги. В некоторых ситуациях грунты не удовлетворяют требуемой прочности, поэтому их необходимо укреплять. Метод укрепления грунтов с помощью силиката натрия называется силикатизацией. Особенность этого метода в том, что, проникая в грунт, силикат натрия благодаря высокой адгезии обволакивает мелкие компоненты грунта, склеивая и связывая их [6].

Силикатизация бывает однорастворная (основой раствора служит силикат натрия) и двухрастворная (используются два раствора: основой одного служит силикат натрия, другого – хлорид кальция). Однорастворная силикатизация применяется на пылевых песках и других видах нестабильных почв. В почву подают раствор силиката натрия, смешанного с серной или ортофосфорной кислотой. Между водорастворимыми солями и силикатом происходит реакция, в результате чего образуется гель. Двухрастворная силикатизация применяется для укрепления песчаных, рыхлых и водонасыщенных грунтов. При этом методе готовятся два раствора, которые нагнетаются в

почву не одновременно, а поочередно: сначала раствор, содержащий силикат натрия, затем раствор с хлоридом кальция. После химической реакции с солями, содержащимися в грунте, образуется гель кремниевой кислоты. Раствор хлорида кальция применяется в качестве катализатора. Благодаря ему гель кремниевой кислоты быстро затвердевает. В результате силикатизации грунтов удаётся увеличить их прочность до 4,5 МПа [7].

Силикат натрия находит применения в качестве ингибитора коррозии металлов (обычно в качестве комплексной добавки). Например, его наносят вместе с нитритом натрия на сталь, которая была подвергнута коррозии, поэтому содержащая на поверхности оксиды железа [8]. Противокоррозионным свойством обладают также новые вещества – полифункциональные производные карбоновых кислот [9], которые могут быть использованы в качестве присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям [10]. В то же время гетероциклические соединения, синтезированные на их основе [11], являются носителями высокой рострегулирующей активности [12, 13].

Раствор силиката натрия имеет огромное значение в строительстве. Область его применения не ограничивается укреплением грунтов и изменением свойств бетона. Этот материал используют и при антикоррозионной защите, антисептической обработке и при производстве стекла. Он обладает высокой экологичностью и относительной дешевизной, что обуславливает рациональность применения раствора силиката натрия в качестве минерального вяжущего материала.

Литература

1. Кудрявцев П.Г. Наноструктурированные материалы, получение и применение в строительстве / П.Г. Кудрявцев, О.Л. Фиговский // Нанотехнологии в строительстве. – 2014. – Т. 6. – № 6. – С. 27–45.
2. Влияние жидкого стекла на термостойкость цементных композитов / М.В. Акулова [и др.] // Приволжский научный журнал. – 2013. – № 3. – С. 17–21.
3. Термогравиметрические исследования фазовых превращений в цементных композициях на механоактивированном растворе силиката натрия / С.В. Федосов [и др.] // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 111–116.
4. Михайленко Н.Ю. Строительные материалы на жидкостекольном связующем. – Ч. 1: Жидкое стекло как связующее в производстве строительных материалов / Н.Ю. Михайленко, Н.Н. Клименко, П.Д. Саркисов // Техника и технология силикатов. – 2012. – Т. 19. – № 2. – С. 25–28.
5. Сарсеналиева А.Е. Использование растворов силиката натрия в производстве бетонов / А.Е. Сарсеналиева, С.Г. Айтуганова // Современные тенденции технических наук: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). – Казань : Бук, 2015. – С. 107–110. – URL : <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8861> (дата обращения 02.06.2023).
6. Купчикова Н.В. Исследование прочности грунтового массива, закреплённого нагнетанием различных маловязких химических растворов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – № 1. – С. 57–65.
7. Кудрявцев П.Г. Наноматериалы на основе растворимых силикатов / П.Г. Кудрявцев, О.Л. Фиговский. LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 с.
8. Талипов Л.Н. Влияние полимерных поверхностно-активных веществ на коррозию стальной арматуры в бетоне в составе комплексной антикоррозионной добавки / Л.Н. Талипов, Е.Г. Величко, С.И. Тембулатов // Строительные материалы. – 2020. – № 3. – С. 16–21.
9. Тлехусеж М.А. Научно-исследовательская работа студента как фактор повышения уровня подготовки выпускника // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2014. – № S4. – С. 275–277.
10. Новые ПАВ на основе производных аминокислотной и аминокислотной и их использование в качестве присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям / Л.А. Солоненко [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 2(166). – С. 112–115.
11. Тлехусеж М.А. Синтез новых гетероциклических соединений на основе N-бензил(гептил)-3-бензил(гептил)-амино-4-гидроксипутанамидов / М.А. Тлехусеж, Л.А. Бадовская, З.И. Тюхтева // Химия гетероциклических соединений. – 1996. – № 5. – С. 711–716.
12. Тлехусеж М.А. Влияние обработки семян пшеницы препаратами ряда карбамоилсодержащих 2-фурилоказолидинов на их посевные качества // Приоритетные направления инно-

вационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей по итогам седьмой международной научной конференции, Казань, 30–31 июля 2020 г. – Казань : Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ», 2020. – Ч. 1. – С. 130–131.

13. Бадовская Л.А. Влияние гетарил-1,3-оксазолидинов на посевные качества семян озимой пшеницы / Л.А. Бадовская, М.А. Тлехусеж, Н.И. Ненько // *Агрохимия*. – 2017. – № 1. – С. 46–49.

References

1. Kudryavtsev P.G. Nanostructured materials, production and application in construction / P.G. Kudryavtsev, O.L. Figovsky // *Nanotechnologies in construction*. – 2014. – Vol. 6. – № 6. – P. 27–45.
2. The influence of liquid glass on the heat resistance of cement composites / M.V. Akulova, O.V. Potemkina, V.Yu. Emelin, A.N. Kollerov // *Privolzhsky scientific Journal*. – 2013. – № 3. – P. 17–21.
3. Thermogravimetric studies of phase transformations in cement compositions on mechanoactivated sodium silicate solution / S.V. Fedosov, M.V. Akulova, T.E. Slizneva, O.V. Potemkina // *Bulletin of MGSU*. – 2014. – № 1. – P. 111–116.
4. Mikhailenko N.Yu. Building materials on a liquid glass binder. Part 1. Liquid glass as a binder in the production of building materials / N.Yu. Mikhailenko, N.N. Klimenko, P.D. Sarkisov // *Technique and technology of silicates*. – 2012. – Vol.19. – № 2. – P. 25–28.
5. Sarsenaliyeva A.E. The use of sodium silicate solutions in the production of concrete / A.E. Sarsenaliyeva, S.G. Aituganova // *Modern trends in technical sciences: materials of the IV International Scientific Conference (Kazan, October 2015)*. – Kazan : Buk, 2015. – P. 107–110. – URL : <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8861> (date of the application 02.06.2023).
6. Kupchikova N.V. Investigation of the strength of a soil massif fixed by injection of various low-viscosity chemical solutions / N.V. Kupchikova // *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea*. – 2014. – № 1. – P. 57–65.
7. Kudryavtsev P.G. Nanomaterials based on soluble silicates / P.G. Kudryavtsev, O.L. Figovsky. LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 p.
8. Talipov L.N. Influence of polymer surfactants on corrosion of steel reinforcement in concrete as part of a complex anticorrosive additive / L.N. Talipov, E.G. Velichko, S.I. Tembulatov // *Building materials*. – 2020. – № 3. – P. 16–21.
9. Tlekhusezh M.A. Research work of a student as a factor in improving the level of graduate training / M.A. Tlekhusezh // *Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU»*. – 2014. – № S4. – P. 275–277.
10. New surfactants based on derivatives of aminoacetic and aminobutanoic acids and their use as additives to cutting fluids / L.A. Solonenko, M.A. Tlekhusezh, L.N. Sorotskaya, L.A. Badovskaya // *News of higher educational institutions. North Caucasian region. Technical science*. – 2012. – № 2(166). – P. 112–115.
11. Tlekhusezh M.A. Synthesis of new heterocyclic compounds based on N-benzyl(heptyl)-3-benzyl(heptyl)-amino-4-hydroxybutanamides / M.A. Tlekhusezh, L.A. Badovskaya, Z.I. Tyukhteneva // *Chemistry of heterocyclic compounds*. – 1996. – № 5. – P. 711–716.
12. Tlekhusezh, M. A. Influence of treatment of wheat seeds with preparations of a number of carbamoyl-containing 2-furyloxazolidines on their sowing qualities / M.A. Tlekhusezh // *Priority directions of innovative activity in industry: Collection of scientific articles following the results of the seventh international scientific conference, Kazan, 30 July 31, 2020*. – Kazan : Limited Liability Company «KOVERT», 2020. – Part 1. – P. 130–131.
13. Badovskaya L.A. The influence of getaryl-1,3-oxazolidines on the sowing qualities of winter wheat seeds / L.A. Badovskaya, M.A. Tlekhusezh, N.I. Nenko // *Agrochemistry*. – 2017. – № 1. – P. 46–49.