



ӘОЖ 661.2

DOI: 10.31643/2021/6445.18



FTAMP 31.17.15

Improving the properties of building materials from limestone-shell rock by impregnating sulfur-containing preparations based on local raw materials

^{1*}Abdireiim G.E., ²Urakayev F. Kh.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

²V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk city, Russian Federation

* Corresponding author email: gaziza_97.97@mail.ru

ABSTRACT

The article presents research data on the effectiveness of impregnation with polysulfide solutions of limestone-shell rock used as a facing and wall material, as well as for the manufacture of road products. It is established that for calcium polysulfide, when they are diluted with water or mixed with acid solutions, primary sulfur nanoparticles with an average size of 20 nm are formed, which are subsequently enlarged in two stages to micron sizes. Modification of limestone-shell rock with the impregnating composition developed by us – an aqueous sulfur-containing solution based on calcium polysulfide, containing alcohols and surfactants - can significantly reduce their water absorption and increase their durability. Processing of shell limestone with a solution of calcium polysulfide provides education on the surface of the pores of the stone coating based on nano-sulfur, which partially fills the pore space and having water repellency, reduce water absorption of the samples 5-8 times, increases the average density of 22-27%, the strength of 1.2–1.3 times, softening coefficient – in 6-19%, which allows to predict the increase of durability of building materials on the basis of limestone up to 1.5–2 times or more. The impregnation of wall, facing and road construction materials and products made of limestone-shell with a polysulfide composition allows to improve their operational properties, increase their resistance to atmospheric influences, and expand their scope of application in climatic conditions.

Keywords: sulfur, nanoparticles, calcium polysulfide, polysulfide, synthesis, limestone, shell rock.

Information about authors:

Abdireiim Gaziza Erikovna

Master student, Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, the Republic of Kazakhstan, ORCID ID:0000-0002-4767-4606 E-mail: gaziza_97.97@mail.ru

Urakayev Farit Khisamutdinovich

Doctor of Chemical Sciences, Institute of Geology and Mineralogy named after V. S. Sobolev, Siberian branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk city, Russian Federation; E-mail: urakayev@igm.nsc.ru

Жергілікті шикізат негізінде жасалған күкіртқұрамды препараттарды сіңдіру арқылы әктас-ұлутастан жасалған құрылыс материалдарының қасиеттерін жақсарту

^{1*}Әбдірейім Ғ.Е., ²Уракаев Ф.Х.

¹әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

²В. С. Соболев атындағы Геология және минералогия институты, Новосибирск, Ресей

* Автордың электрондық поштасы: gaziza_97.97@mail.ru

ТҮЙІНДЕМЕ

Қаптау және қабырға материалдары ретінде, сондай-ақ құрылыс-жол материалдары ретінде қолданылатын әктас-ұлутасты полисульфидті ерітінділерімен сіңдіру бойынша зерттеу деректері ұсынылған. Кальций полисульфидін сумен сұйылту немесе қышқыл ерітінділерімен араластыру кезінде орташа мөлшері 20 нм болатын күкірттің бастапқы нанобөлшектері пайда болатындығы

Алынған: 24 ақпан 2021

Сараптама жасалды: 10 наурыз 2021

Қабылданған: 14 мамыр 2021

анықталды, олар кейіннен екі сатыда микрон мөлшеріне дейін үлкейеді. Біз әзірлеген, құрамында спирттер мен БАЗ бар күкірт негізіндегі кальций полисульфидінің сулы ерітіндісінің абсорбциялық құрамы әктас-ұлутастың өзгеруін азайтады - оларға судың сіңуін едәуір төмендетіп, төзімділігін арттырады. Кальций полисульфидінің ерітіндісімен әктас-ұлутасты өңдегенде тастың кеуектерінің бетінде наномөлшерлі күкірт негізіндегі жабын пайда болады, ол кеуектер кеңістігін ішінара толтырып, гидрофобты орта түзіп, сынамаларға су сіңу мөлшерін 5-8 есе төмендетеді, олардың орташа тығыздығы 22-27%-ға, қаттылығы 1,2-1,3 есе, жұмсарту коэффициенті 6-19% - ға артады, бұл өз кезегінде әктас-ұлутас негізінде құрылыс материалдарының қолданысын 1,5-2 есеге дейін өсіруге мүмкіндік береді. Қабырғалық, қаптағыш және жол құрылыс материалдары мен әктас-ұлутастан жасалған бұйымдарды полисульфидті композициясымен сіңдіру олардың пайдалану қасиеттерін жақсартуға, атмосфералық әсерлерге төзімділігін арттыруға, климаттық жағдайларда олардың қолданылу ауқымын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: күкірт, нанобөлшектер, кальций полисульфиді, полисульфид, синтез, әктас, ұлутас.

Авторлар туралы ақпарат:

Әбдірейім Ғазиза Ерікқызы

магистрант, Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

e-mail: gaziza_97.97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4767-4606>

Уракаев Фарит Хисамутдинвич

химия ғылымдарының докторы, В. С. Соболев атындағы Геология және минералогия институты, Новосибирск, Ресей. e-mail: urakaev@igm.nsc.ru

Кіріспе

Шөгінді тау жынысы – әктас-ұлутастың қасиеттері, құрылымдық ерекшеліктері және құрамы оны халық шаруашылығының көптеген салаларында кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Керамикалық кірпішке ұқсас сипаттамалардан асып түсетін сәндік қасиеттерінің, өңдеудің қарапайымдылығының, экологиялық таза және жылу өткізгіштігінің, бу және ауа өткізгіштігінің арқасында ұлутас тұрғын үй құрылысында қабырға және әрлеу материалы ретінде қолданылады [1].

Құрылыс саласында ұлутас-әктас үлкен көлемде кесек тас, дана түрінде қабырға тасы және қалқалық блоктар, интерьерді безендіруге арналған тақтайшалар, тротуар плиткалары, жиек тастар, саты элементтері, қоршаулар, беттік сәндік элементтер, ландшафтық дизайн объектілері, шағын сәулет нысандары, сондай-ақ қиыршық тас және құм түрінде қолданылады [2].

Қазақстанда әктас-ұлутастың 100-ге жуық кен орны барланған. Үлкен көлемде өндіру Жетібай, Бейнеу, Солтүстік-Шығыс, Қарамандыбас, Бешқұдық, Қарақұс, Састөбе кен орындарында, Форт-Шевченко, Сарташ аудандарында, Қызылқұм елді мекенінде, Мұнайлы ауданының Құрық ауылында және басқа да бірқатар карьерлерде жүргізіледі. Қазақстанда әктас-ұлутастың едәуір барланған қорлары (180 млн. т астам) және тасты өндірудің салыстырмалы төмен өзіндік құны (3500-5000 тг/м³), оны құрылыс саласында пайдаланудың болашағы зор екенін көрсетеді [3].

Эксперименталдық бөлім

Біздің жұмысымызда Бейнеу, Солтүстік-Шығыс, Жетібай кен орындарының әктасты-ұлутасты шикізаты таңдалып алынды. Шөгінді текті зоогендік тау жынысы ретінде әктас-ұлутастың құрылымы кальцит цементімен бекітілген ұлутастар мен ұлутастық детрит негізінде әртүрлі қоспалары бар кальций карбонатының қоспасын құрайды [4]. Әктас құрылымдары әртүрлі кен орындары үшін айтарлықтай ерекшеленеді (1-сурет).



Сурет 1 - Әктас-ұлутас үлгілерінің құрылымы:
а-Солтүстік-Шығыс кен орны;
б-Бейнеу кен орны; с-Жетібай кен орны

Одан әрі жұмыс жасау мақсатында Бейнеу, Жетібай және Солтүстік-Шығыс кен орындарындағы әктас – ұлутастардың фазалық құрамы зерттелді. РФА талдау Cu_{Ka} – сәулеленуші, β -сүзгілі ДРОН-3 автоматтандырылған дифрактометрде жүргізілді.

Дифрактограммаларды түсірудің шарттары: $I=20$ мА, $U=35$ кВ; суретті $\theta=2\theta$ шартында түсіру; детектор 2 град/мин. Жартылай

сандық негіздегі рентгенфазалық талдау теңдей бөлікті сынамалар мен жасанды қоспалар әдісін қолдана отырып ұнтақ үлгілердің дифракциялық заңдылықтары негізінде жүргізілді. Фазалардың сандық қатынастары анықталды. Дифрактограммалардың интерпретациясын түсіндіру ICDD картотекасының деректерін қолданып, PDF2 ұнтақты дифрактометриялық деректердің базасын (Powder Diffraction File) және қоспалардан таза минералдардың дифрактограммаларын пайдалана отырып жүргізілді.

Кесте 1 - Батыс Қазақстан кен орындарының әктас-ұлтас үлгілерінің фазалық құрамы (РФА деректері бойынша).

Үлгінің атауы	Кальцит	Арагонит	Доломит
Бейнеу кен орнының әктас-ұлтасы	79,0%	21,0%	–
Бейнеу кен орнының әктас-ұлтасы	84,5%	15,5%	–
Солтүстік-Шығыс кен орнының әктас-ұлтасы	100%	–	–
Жетібай кен орнының әктас-ұлтасы	94,5 %	–	5,5%

РФҚ нәтижелерін талдау және Батыс Қазақстан кен орындарынан алынған әктас-ұлтас үлгілерінің рентгендік-спектрлік талдауы олардың фазалық құрамындағы елеулі айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік берді. Солтүстік-Шығыс кен орнының әктас-ұлтасы 100% кальциттен тұрады. Жетібай кен орнының әктас-ұлтасында 5,5% доломит, күйдіру кезінде магнезиалды әк түзеді, ал Бейнеу кен орнының әктас-ұлтасының үлгілері 15,5% - дан 21% - ға дейін арагониттен тұратыны анықталды.

Бейнеу әктас-ұлтасы қоспалардың жоқтығымен ерекшеленді, бұл кальций оксиді кристалдарының нано-күйге ауысуын қамтамасыз етті және құрамында күкірт бар ерітінділерді синтездеу процесінің күшеюіне ықпал етті. Құрамының басты ерекшелігі арагониттің шамамен 20% болуы. Арагонит кальцитке қарағанда қаттырақ (қаттылығы 3,5 – 4) және тығыз (тығыздығы 2,9 – 3,0), ал кальциттің тығыздығы 2,6-2,8 шамасын көрсетті.

Құрылыста әктас-ұлтастың кеңінен қолданылуына қарамастан, оның құрылыс

материалдарының өнімділігі мен беріктігін төмендететін кейбір кемшіліктерін атап өту керек. Әктас-ұлтас гигроскопиялық болады, кеуектілігі 22-50% құрайтын үлкен көлемімен сипатталады, суда аздап ериді, қышқыл қосылыстармен қаныққан жер асты сулары мен атмосфералық жауын-шашынның әсері кезінде еру қарқындылығы артады. Бұл оның салыстырмалы түрде аязға төзімділігі (аязға төзімділік деңгейі F15 - F35) мен сүмен қаныққандағы беріктік қасиетінің төмендеуін алдын-ала анықтайды, жұмсару коэффициентінің мәні 0,6-0,9 шамасын құрайды. Сонымен қатар, кейбір шөгінділерден тұратын әктас-ұлтасқа саңырауқұлақтар зиянын тигізеді. Бұл материалдың кеуек құрылымы мен гигроскопиясы материалдың кеуек кеңістігінің зақымдалуына ықпал етеді. Осылайша, әктастан жасалған құрылыс материалдарын ылғалдан қорғау және олардың беріктігін арттыру мәселелері өзекті болып табылады.

Кеуекті құрылыс материалдарының, оның ішінде әктас-ұлтастың суды сіңіруін төмендету мақсатында қазіргі уақытта органикалық және кремнийорганикалық негіздегі гидрофобизаторлар мен қорғанышты жабындар пайдаланылады. Қорғаныш жабындар материалдың бетінде жұқа қабық түзеді, кеуектерге енетін су мөлшерін азайтады. Бұл жабындардың негізгі кемшіліктері, ауа-райының әсерінен тез бұзылуы және қорғаныш қосылыстары мен гидрофобизаторлардың салыстырмалы түрде құны аса жоғары болып саналады [5, 6].

Пайдалану қасиеттерін дамыту мен жақсарту және қабырғалық, қаптағыш және жол құрылыс материалдары мен бұйымдарының, оның ішінде ұлтас-әктастан жасалған бұйымдардың ұзақ мерзімділігін арттыруды шешудің ең қарапайым және технологиялық тәсілдерінің бірі оларды полисульфидті ерітінділермен сіңдіру болып табылады. Бұл сіңдіру құрамының терең енуін, материалдың кеуектерін гидрофобты қатты фазамен (күкіртпен) ішінара толтыруды, кеуектілік пен су сіңірілуін азайтуды, оның тығыздығы мен аязға төзімділігін арттыруды қамтамасыз етеді [7, 8, 9].

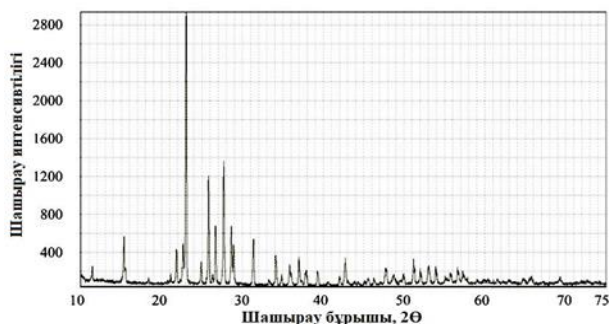
1,22 – 1,24 г/см³ тығыздықтағы кальций полисульфидіне негізделген сіңдіру құрамы, төмен тұтқырлықтың арқасында, әктас-ұлтастың кеуек құрылымына 2-4 см және одан да көп тереңдікке сіңеді және материалды кептіру кезінде, оның кеуектерінде енген күкірттің

гидрофобты нанобөлшектері түрінде ұзақ, ерімейтін неорганикалық қорғаныс жабыны түзіледі [10], олар сумен, еріткіштермен немесе тұзды ерітінділермен жуғанда ерімейді [11, 12]. Қорғаныс жабындыларының сипаттамалары (бөлшектердің өлшемдері және олардың пішіні) Shimadzu wing SALD 7101 лазерлік бөлшек өлшегіш анализаторымен және Solver PRO-M зонд микроскопымен зерттелінді, ал фазалық талдау BRUKER D2 PHASER дифрактометрінде жүргізілді.

Кептіру кезеңінде полисульфидті ерітіндіден кристалданған және әктас-ұлутастың кеуек құрылымында қорғаныс қабатын құрайтын бөлшектердің мөлшерін өлшеу үшін олар материалдың кеуек кеңістігінен бөлінді. Ол үшін әктас-ұлутастың сіңдірілген үлгісі кептіріліп, тұз қышқылының ерітіндісінде ерітілді. Тұндырылған жоғары дисперсті сары ұнтақ тазартылған сумен жуылып, кептірілді.

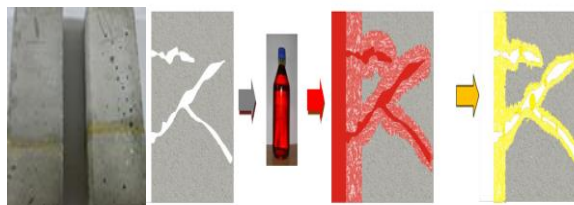
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Лазерлік анализатормен анықталған шөгінді бөлшектердің дифференциалды және интегралды таралуы бөлшектердің орташа мөлшері 20 нм екенін көрсетті. Кальций полисульфидінің ерітіндісінен химиялық жолмен тұндырылған бөлшектер мен полисульфидті ерітіндімен сіңдірілген әктас-ұлутастарының кеуек кеңістігінен бөлінген бөлшектердің мөлшеріне сәйкес таралуы олардың сәйкестігін көрсетті. Зонд микроскопында жүргізілген зерттеулерде бөлшектердің орташа мөлшері 20-25 нм аралықты көрсетті, сонымен қатар олардың сфералық симметриялы формасы анықталды. Тұнбаның химиялық және рентгендік дифракциялық талдауы бөлшектердің кристалдық тордың орторомбалық құрылымы бар элементарлы күкірт екенін көрсетті (2-сурет).



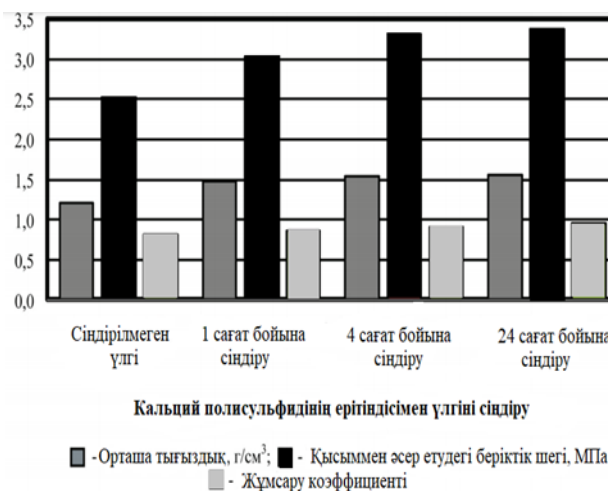
Сурет 2 - Полисульфидті ерітіндіге малынған әктас-ұлутастың кеуек кеңістігінен бөлінген күкірт нанобөлшектерінің рентгенограммасы

Полисульфидті ерітіндімен сіңдірудің материалдың физикалық-механикалық қасиеттеріне әсері бойынша зерттеулер массасы 25-28%, орташа тығыздығы 1,19 – 1,22 г/см³, сығылу кезіндегі орташа беріктік шегі 2,52 МПа су сіңіретін үлгілерде жүргізілді. Қабырғасының өлшемі 50 мм текшелер үлгілерінің полисульфидті ерітіндісімен сіңдіру қалыпты жағдайда ваннаға 1, 4 және 24 сағат ішінде батыру арқылы жүзеге асырылды. (3-сурет) Салмағы бойынша су сіңіру, орташа тығыздық, сығылу кезіндегі беріктік шегі және сынама (өңделмеген) және сіңдірілген үлгілердің суға қаныққан күйінде әктас-ұлутастың беріктігінің төмендеуі MEMCT 30629-2011 әдістемесі бойынша анықталды [13].



Сурет 3 - Полисульфидті ерітіндімен өңдеудің фронталды әсер ету жағдайларында су сіңіру шамасына әсері

Полисульфидті ерітіндімен өңделген үлгілер мен материалдар үшін судың сіңуін масса бойынша анықтау нәтижелерінен көргеніміздей, сынама (сіңірілмеген) үлгілермен салыстырғанда 1 сағат ішінде сіңірілген үлгілердің массасы бойынша су сіңірудің орташа мәні 81% - ға төмендеді; 4 сағат ішінде сіңірілген үлгілер үшін төмендеу 88% - ды құрады.



Сурет 4 - Полисульфидті ерітіндімен сіңдіру режимінің орташа тығыздыққа, сығылу беріктігіне және әктас-ұлутас үлгілерінің жұмсарту коэффициентіне әсері

Сiңдiру уақытын азайту және әктас-ұлустастан жасалған құрылыс материалдарын өңдеудiң тиiмдiлiгiн арттыру оларды құрылыс-монтаждау немесе әрлеу жұмыстары аяқталғаннан кейiн пульверизатормен сiңдiруге мүмкiндiк бередi. Бұл жағдайда үлгiлердi сiңдiру сынама үлгiлерiмен салыстырғанда массасы бойынша су сiңiрудiң 77% - ға төмендеуiне әкеледi.

4-суретте полисульфидтi ерiтiндiмен сiңдiру режимiнiң орташа тығыздыққа, қысу берiктiгiне және материал үлгiлерiнiң жұмсарту коэффициентiне әсерi туралы мәлiметтер келтiрiлген.

1 сағат iшiнде сiңдiрiлген үлгiлердiң орташа тығыздығы сынамамен салыстырғанда 22,4% - ға артты. Үлгiлердi 4 және 24 сағат iшiнде сiңдiру материалдың тығыздығын сәйкесiнше 26,9% және 27,8% арттырды, бұл әктас ұлустарын сiңдiрудiң төрт сағаттық режимiнiң тиiмдiлiгi мен жеткiлiктi болатынын көрсетедi (4-сурет).

Қорытынды

Эксперименттiк жұмыстар нәтижесiнде материалдың кеуектерiн қатты фазамен iшiнара

толтыру салдарынан үлгiлердiң тығыздығының артуы, полисульфидтi ерiтiндiмен сiңiргеннен кейiн материалды кептiру кезiнде сiңiрiлген сынаманы сығу кезiнде берiктiктiң 1 сағат iшiнде 1,2 есе өсуiн қамтамасыз етуiн, сiңiрiлмеген үлгiлердiң ұқсас сипаттамаларымен салыстырғанда жұмсарту коэффициентi 6,2% - ға артуын; үлгiлердiң төрт және жиырма төрт сағаттық сiңуi сiңдiру құрамының әктас-ұлустардың кеуек құрылымына тереңiрек енуiн қамтамасыз етедi және жұмсарту коэффициентi сәйкесiнше 12 және 19% жоғарылаған кезде оның сығылу берiктiгiн 1,3 есеге арттырады.

Осылайша, келтiрiлген зерттеу нәтижелерiнен материалды полисульфидтi ерiтiндiлермен сiңдiру атмосфералық әсерлерге ұшырайтын, оның негiзiндегi қабырғалық, қаптауыш және жол құрылыс материалдарының пайдалану қасиеттерiн жақсартады және ұзақ мерзiмдiлiгiн арттырады. Бұл Қазақстанда осындай материалдарды қолданудың дәстүрлi саласын кеңейтуге мүмкiндiк бередi.

Осы мақалаға сілтеме: Әбдiрейiм Ғ.Е., Уракаев Ғ.Х. Жергiлiктi шикiзат негiзiнде жасалған күкiртқұрамды препараттарды сiңдiру арқылы әктас-ұлустастан жасалған құрылыс материалдарының қасиеттерiн жақсарту // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu..* – 2021. – №. 2 (317), -б. 57-63. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.18>

Cite this article as: Abdireiim G.E., Urakayev F. Kh. Uluchshenie svoystv stroitelnykh materialov iz izvestnyaka rakushechnika putem propitki serosoderzhashchikh preparatov na osnove mestnogo syr'ya [Improving the properties of building materials from limestone-shell rock by impregnating sulfur-containing preparations based on local raw materials] // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* – №. 2 (317), -б. 57-63. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.18>

Улучшение свойств строительных материалов из известняка-ракушечника путем пропитки серосодержащих препаратов на основе местного сырья

^{1*} Абдiрейiм Ғ.Е., ² Уракаев Ғ.Х.

¹ Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

² Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия

* Электронная почта автора: gaziza_97.97@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Эти исследования посвящены влиянию пропитки известняково-ракушечных пород раствором полисульфида, используемого для облицовочных и стеновых материалов, а также при изготовлении дорожных изделий. Установлено, что полисульфид кальция, который разбавляют водой или смешивают с кислыми растворами, образует первые наночастицы серы среднего размера 20 нм, которые затем в два этапа увеличиваются в размере одного микрона. Разработанный нами

Поступила: 24 февраля 2021
 Рецензирование: 10 марта 2021
 Принята в печать: 14 мая 2021

абсорбционный состав-водный раствор полисульфида кальция на основе серы, содержащий спирт и поверхностно-активные вещества-значительно уменьшает изменение извести, позволяет существенно снизить их водопоглощение и повысить долговечность. Обработка известняка-ракушечника раствором полисульфида кальция дает образование наноразмерных покрытий на основе серы, которые частично заполняют межкристаллитные поры камня, после чего гидрофобность, низкое водопоглощение проб увеличивается в 5-8 раз, их среднюю плотность повышает 22-27%, 1,2-1,3 раза прочность, коэффициент размягчения - 6-19%, что позволяет повысить прочность и долговечность строительного материала известняка 1,5- 2 раза и более. Пропитка стеновых и дорожных строительных материалов, и изделий из известняка-ракушечника композицией из полисульфида позволяет повысить их эксплуатационные свойства, повысить их устойчивость к атмосферным воздействиям, а также расширить диапазон их применения в погодных условиях.

Ключевые слова: сера, наночастицы, полисульфид кальция, полисульфид, синтез, известняк, ракушечник.

Информация об авторах:

Абдирейим Газиза Ериковна

Магистрант. Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан. e-mail: gaziza_97.97@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-4767-4606>

Уракаев Фарит Хисамутдинвич

Доктор химических наук. Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия. e-mail: urakaev@igm.nsc.ru

Әдебиеттер

- [1] Амбарцумян Н.В. Строительные горные породы для производства стеновых и облицовочных материалов. – М.: МГИ, 1982. – 282 с
- [2] Сементовский Ю.В. Известняк: Справочник / Науч. ред. А.С. Филько; М-во при-род. ресурсов РФ. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 19 с
- [3] Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред. кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1985. – Т. 2. – 575 с
- [4] Природные облицовочные камни Казахстана: справочник / Под ред. А.А. Абдул-лина, Х.А. Беспяева, Э.С. Воцалевского, С.Ж. Даукеева, Л.А. Мирошниченко. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресур-сов РК, 2000. – Т. 1. – 181 с.
- [5] Массалимов И.А., Волгушев А.Н., Чуйкин А.Е., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных материалов покрытиями на основе нано-размерной серы // *Нанотехнологии в строительстве*. – 2010. – №1. – С. 45–58. – URL: http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_1_2010_RUS.pdf (дата обращения 24.04.2017).
- [6] Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of Building Constructions with Sulfur Impregnating Solution. Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA). June 2013. Vol. 2. Issue 2. pp. 19–24.
- [7] Трансформация молекул полисульфидов в наноразмерные частицы серы в пори-стых неорганических системах / М.Р. Янахметов, И.А. Массалимов, А.Е. Чуйкин, А.Н. Хусаинов, А.Г. Мустафин // *Вестник Башкирского Университета*. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 691–693
- [8] Yelbek Uteпов, Daniyar Akhmetov, Ilnur Akhmatshaeva, Yelena Root. Study of the influence of fine fillers from technogenic waste and various chemical additives on the workability of self-compacting concrete and the strength of the concrete matrix // *Комплексное использование минерального сырья (Complex Use of Mineral Resources)*. – 2019. –4 (311). – р. 64-73. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.39> (In English).
- [9] Янахметов М.Р., Чуйкин А.Е., Массалимов И.А. Модифицирование поровой струк-туры цементных бетонов пропиткой серосодержащими растворами // *Нанотехно-логии в строительстве*. – 2015. – Том 7, № 1. – С. 63–72. – URL: http://nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild-1-2015/63-72.pdf (дата обращения 24.04.2017)
- [10] Рейбман А.И. Защитные лакокрасочные покрытия. – Л.: Химия, 1982. – 320 с
- [11] Массалимов И.А., Янахметов М.Р., Чуйкин А.Е. Прочность и долговечность бето-на, модифицированного пропиточными составами на основе серы // *Нанотехноло-гии в строительстве*. – 2015. – Том 7, № 3. – С. 61–75. – URL: http://www.nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2015/61-75.pdf (дата обращения 24.04.2017).
- [12]] Массалимов И.А., Мустафин А.Г., Чуйкин А.Е., Волгушев А.Н., Массали-мов Б.И., Хусаинов А.Н. Упрочнение и увеличение водонепроницаемости бето-на покрытиями на основе наноразмерной серы // *Нанотехнологии в строи-тельстве*. – 2010. – № 2. – С. 54–61. – URL: http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_2_2010_RUS.pdf (дата обращения 24.04.2017).
- [13] ГОСТ 30629-2011. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний.

Reference

- [1] Ambartsumyan N.V. Stroitel'nye gornye porody dlya proizvodstva stenovykh i oblitsovochnykh materialov [Construction of the rock for the production of wall and facing materials]. Moscow, MGI. 1982. 282 p. (In Russian).
- [2] Sementovskii Yu.V. Izvestnyak: Spravochnik [Limestone: Hand-Book]. Nauchnyi redaktor A.S. Fil'ko; Ministerstvo prirodnykh resursov RF. Moscow, Geoinformmark. 1999. 19 p. (In Russian).
- [3] Gornaya entsiklopediya [The mountain encyclopedia]. Glavnyi redaktor E.A. Kozlovskii; Redaktsionnaya kollegiya: M.I. Agoshkov, N.K. Baibakov, A.S. Boldyrev i drugie. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya. 1985. Vol. 2. 575 p. (In Russian).
- [4] Prirodnye oblitsovochnye kamni Kazakhstana: spravochnik [Natural facing stones of Kazakhstan: reference book]. Pod redaktsiei A.A. Abdullina, Kh.A. Bespaeva, E.S. Votsalevskogo, S.Zh. Daukeeva, L.A. Miroshnichenko. Almaty, Informatsionno-analiticheskii tsentr geologii i mineral'nykh resursov RK. 2000. Vol. 1. 181 p. (In Russian).
- [5] Massalimov I.A., Volgushev A.N., Chuikin A.E., Khusainov A.N., Mustafin A.G. Long-term protection of building materials coatings based on nanoscale sulfur. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2010. No. 1, pp. 45-58. Available at: http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_1_2010_RUS.pdf (date of access 24.04.2017). (In Russian).
- [6] Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of Building Constructions with Sulfur Impregnating Solution. Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA). June 2013. Vol. 2. Issue 2. pp. 19–24.
- [7] Yanakhmetov M.R., Massalimov I.A., Chuykin A.E., Khusainov A.N., Mustafin A.G. Transformatsiya molekul polisulfidov v nanorazmernye chastitsy sery v poristykh neorganicheskikh sistemakh [Transformation of polysulfide molecules into nanosized sulfur particles in porous inorganic systems]. *Vestnik Bashkirskogo Universiteta*. 2013. Vol. 18. No. 3, pp. 691–693. (In Russian).
- [8] Yelbek Uteпов, Daniyar Akhmetov, Ilnur Akhmatshaeva, Yelena Root. Study of the influence of fine fillers from technogenic waste and various chemical additives on the workability of self-compacting concrete and the strength of the concrete matrix // *Комплексное использование минерального сырья (Complex Use of Mineral Resources)*. – 2019. – №4 (311). – p. 64-73. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.39> (In English).
- [9] Yanahmetov M.R., Chuykin A.E., Massalimov I.A. Modification of the pore structure of cement concrete impregnation with sulfur-containing solutions. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2015. Vol. 7. No. 1, pp. 63–72. Available at: http://nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild-1-2015/63-72.pdf (date of access 24.04.2017). (In Russian).
- [10] Reibman A.I. Zashchitnye lakokrasochnye pokrytiya [Protective paint and varnish coatings]. Leningrad, Khimiya. 1982. 320 p. (In Russian)
- [11] Massalimov I.A., Yanahmetov M.R., Chuykin A.E. Strength and durability of concrete, modified impregnating composition based on sulfur. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2015. Vol. 7. No. 3, pp. 61–75. Available at: http://www.nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2015/61-75.pdf (date of access 24.04.2017). (In Russian).
- [12] Massalimov I.A., Chuykin A.E., Massalimov B.I., Urakaev F.H., Uralbekov B.M., Burkitbaev M.M. Improvement of operational properties of shell limestone building materials by polysulfide solution impregnation. *Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction*. 2017, Vol. 9, no. 3, pp. 66–80. DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-80](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2017-9-3-66-80). (In Russian).
- [13] GOST 30629-2011. Facing materials and products made of natural stone. Test methods. (In Russian).