

## ГИПС НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ЖАСАУ ҮШІН ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚОЛДАНУ

**Аманиязов Иманғали Асқарұлы**

[imangali.amaniyazov@gmail.com](mailto:imangali.amaniyazov@gmail.com)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің магистранты, Астана,  
Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Ж.А. Шашпан

**Аңдатпа.** Гипс негізіндегі материалдар ылғалдылықтың өзгеруіне төзімділігі, пішін қабылдау қабілеті, тез қатаю қасиеті, отқа төзімділігі және т.б. қасиеттеріне байланысты құрылыс саласында кеңінен қолданылады. Қалдықтарды гипс негізіндегі материалдар өндірісінде шикізат ретінде пайдалану қалдықтарды азайтумен қатар дәстүрлі өндіріс әдістеріне үнемді балама болып табылады. Бұл мақалада құрылыс өнімдерін жасау үшін гипс пен қалдықтарды пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Осы тұрғыда құрылыста қолданылатын дәстүрлі материалдардың экологиялық сипаттамаларын жақсартуға бағытталған жаңа композиттерге, атап айтқанда гипстің механикалық (иілу беріктігі, сығылу беріктігі, беттік қаттылық), физикалық (тығыздық) және термиялық қасиеттері бойынша көптеген зерттеулер жүргізілді. Қалдықтар қосылған гипс негізіндегі материалдарды қолданудың ықтимал бағыттары қамтылған. Мақалада қалдықтар қосылған гипс композиттерінің механикалық және физикалық сипаттамаларына шолу жасалады және қалдықтардың алуан түрлерін (пенополиуретан қалдығы, пенополистирол қалдығы, экструдалған полистирол қалдығы, керамика және бетон қалдықтары, полиамид ұнтағының қалдығы, минералды мақта, тас мақта, шыны талшық қалдықтары) әр түрлі мөлшерде қосудың әсері зерттеледі.

**Түйінді сөздер:** гипс, қалдықтар, құрылыс қалдықтары, сылақ.

### 1. Кіріспе

Гипс ежелгі уақыттан бастап құрылыс ерітіндісі ретінде қолданылған. Ең алғашқы дәлелдерді Кіші Азия қалаларының бірінен табуға болады, онда гипс сылақ декоративті плиткалар үшін негіз ретінде қолданылған. Табылған заттар біздің заманымызға дейінгі 9000 жылдарға жатады. 19-ғасырдың ортасынан бастап жартылай гидрат пен ангидрит сылақтары ажыратыла бастады, сонымен қатар өңдеу мен өндіріс температурасы арасындағы байланыс туралы түсінік қалыптасты. Осы кезеңде құрылыс ерітінділері мен еден тұтастырғыштарын жасауда гипсті қолдану бағыттары дамыды. 20-ғасырда гипстің маңыздылығы гипсті панельдер, гипскартон және гипсті қабырға плиталары сияқты бұйымдарды жасап шығарумен, олардың дамуымен өсті. Содан кейін машинамен қолданылатын сылақ ерітінділері, ангидрит пен  $\alpha$ -гемигидрат негізіндегі өздігінен тегістелетін еден тұтастырғыштары пайда болды [1].

Гипс – экологиялық таза материалдардың бірі. Сондықтан гипстан жаңа материалдар жасалып және сынақтан өткізіліп, олардың жаңа қолданыс аймақтары зерттелуде. Бұл мақсатта гипске қалдықтарды қосу бағыты перспективті.

Гипс материалдары цемент немесе керамика сияқты басқа құрылыс материалдарымен салыстырғанда оларды өндіру үшін аз энергияны қажет етсе де, соңғы жылдары зерттеушілер олардың тұрақтылығын арттырудың, қоршаған ортаға әсерін азайтудың жаңа жолдарын, негізінен шикізаттың бір бөлігін құрылыс

қалдықтарымен немесе басқа өнеркәсіптік секторлардың қалдықтарымен ауыстыру арқылы зерттеуге назар аударды [2].

Көптеген кәсіпорындардың қызметі нәтижесінде әртүрлі қалдықтар жиналады. Өнеркәсіптік қалдықтардың кейбір түрлерінің химиялық құрамы мен қасиеттері құрылыс материалдары өнеркәсібінде қолданылатын табиғи шикізатқа ұқсас немесе тіпті одан да жақсырақ, бұл оларды үнемді алмастырғыш ретінде қолдануға мүмкіндік береді [3].

## 2. Материалдар мен әдістер

Зерттеу мақсаттарына жету үшін соңғы онжылдықта жарияланған мақалалар бойынша іздеу жүргізілді. Солардың ішінде құрылыс немесе басқа да өнеркәсіп қалдықтары қосылған гипс композиттері туралы және оларды құрылыста қолдану бойынша зерттеулерге назар аударылды.

Іздеу негізінен Elsevier платформасына енгізілген журналдарда, атап айтқанда Construction and Building Materials журналында, Journal of Materials Research and Technology журналында, Journal of Building Engineering журналында, Waste Management журналында жүргізілді. Сонымен қатар, Google Scholar іздеу жүйесінен ғылыми мақалаларға іріктеу жасалды. Сондай-ақ, IOP Publishing сияқты баспалардың дерекорларынан ResearchGate ғылыми платформасынан іздеу жүргізілді.

Сілтемелер берілген мақалалар негізінен соңғы онжылдықта жарияланды, дегенмен одан бұрын жарияланған мақалалар да бар. Іздеу үшін қолданылған түйінді сөздерге мыналар кірді: қалдықтар, құрылыс қалдықтары, құрылыс және бұзу қалдықтары, гипс, сылақ, гипскартон.

## 3. Нәтижелер

Гипс композицияларының құрамдас бөліктерін ауыстыру үшін құрылыс және бұзу қалдықтарын пайдалану туралы көптеген зерттеулер табылды. Бұл мақалада гипс бұйымдарының тығыздығы, жылулық қасиеттері, иілуге беріктігі, сығылуға беріктігі сияқты физикалық және механикалық қасиеттеріне қалдықтардың әсері талданған. Қалдықтар қосылған гипс композиттері туралы зерттеулердің қысқаша мазмұны 1-кестеде берілген.

1-кесте – Қалдықтар қосылған гипс композиттері туралы зерттеулердің қысқаша мазмұны

Автор	Қосылған қалдықтар	Зерттелген қасиеттер
С. Гутьеррес-Гонсалес және т.б. [4]	Пенополиуретан қалдығы	Механикалық, физикалық қасиеттер, термиялық жағдайы
М. дель Рио және т.б. [5]	Пенополистирол қалдығы	Механикалық және физикалық қасиеттер
Х. Лауби және т.б. [6]	Пенополистирол қалдығы	Механикалық және физикалық қасиеттер
А. Сан-Антонио-Гонсалес және т.б. [7]	Экструдталған полистирол қалдығы	Механикалық, физикалық қасиеттер, термиялық жағдайы
П. Саэс және т.б. [8]	Пенополистирол қалдығы, керамика және бетон қалдықтары	Механикалық және физикалық қасиеттер
С. Романиега және т.б. [9]	Минералды мақта, тас мақта және шыны талшық қалдықтары	Механикалық және физикалық қасиеттер
М. Дургун [10]	Шатыр плиткасының	Механикалық, физикалық

	қалдығы	қасиеттер, термиялық жағдайы
С. Гутьеррес-Гонсалес [11]	Полиамид ұнтағының қалдығы	Механикалық, физикалық қасиеттер, термиялық жағдайы

### *3.1 Гипстің тығыздығын төмендету үшін қалдықтарды қосу*

Гипстің тығыздығының төмендеуі оның кейбір физикалық қасиеттерін жақсартады. Мысалы, жылу оқшаулағыш қасиетін жақсартуға және жеңіл құрастырмалы элементтерді өндіруге мүмкіндік береді.

С. Гутьеррес-Гонсалес және т.б. [4] термиялық қасиеттері жақсартылған жеңілдетілген гипс материалын алу үшін пенополиуретан қалдығын қолдануды зерттеген. Нәтижелер полиуретан мөлшерінің жоғарылауы гипстің тығыздығы мен механикалық қасиеттерін төмендететінін көрсетеді, сонымен бірге оның жылу кедергісі тығыздықтың төмендеуімен пропорционалды түрде артады. Бұл нәтижелер пенополиуретан қалдықтары бар сылақты қарапайым материалдармен жеңілдетілген сылақпен теңестіруге болатындығын көрсетеді.

М. дель Рио және т.б. [5] жеңілдетілген гипс жасауда пенополистирол қалдығын қолданып, оның физикалық және механикалық қасиеттерін анықтаған. Сынақ үшін жасалған үлгілерде полистиролдың екі түрі қолданылған: пенополистирол (EPS) және экструдалған полистирол (XPS). Гипске EPS немесе XPS қалдықтарын қосу қоспасыз үлгілермен салыстырғанда тығыздықты 35,35%-ға дейін төмендетуге және жеңіл гипстерге арналған нормативтік құжаттарда белгіленген талаптардан жоғары механикалық беріктікке қол жеткізуге мүмкіндік берген.

Х. Лауби және т.б. [6] пенополистирол қалдығын және дөң құмын толтырғыштар ретінде қолданып гипс композитін жасаған. Гипс пен дөң құмынан тұратын матрицаға біртіндеп EPS мөлшерін (0-ден 50%-ға дейін) қосу тығыздықтың 27,15%-дан 56,7%-ға дейін төмендеуіне әкелген (613 және 1414 кг/м<sup>3</sup>). Енгізілген полистиролдың үлесіне байланысты механикалық беріктіктің төмендеуі тіркелген, сығу кезінде шамамен 77,30%-ға төмендеген.

А. Сан-Антонио-Гонсалес және т.б. [7] жеңілдетілген гипс жасау үшін экструдалған полистирол қалдығын қолдануды зерттеген. Зерттеушілер дайындалған құрамдардың қасиеттері қосылған XPS бөлшектерінің мөлшеріне байланысты деген қорытындыға келді. XPS толтырғыштарын 4% мөлшерде қосу гипстің тығыздығын 20%-ға дейін төмендетеді, капиллярлық судың сіңуін шамамен 30% азайтады және термиялық қасиеттерін жақсартады (жылу өткізгіштігін 37,6%-ға дейін төмендетеді).

### *3.2 Гипстің механикалық қасиеттерін жақсарту үшін қалдықтарды қосу*

Гипс бейорганикалық цементтер сияқты, сығуға берік, бірақ созылуға және соққыға төзімсіз. Осындай сынғыштық сипаттамалар конструкцияларда оның жоғары сығу беріктігін тиімді пайдалануға мүмкіндік бермейді [1]. Сондықтан оның механикалық қасиеттерін жақсартатын күшейту жолдары қызығушылық тудырады.

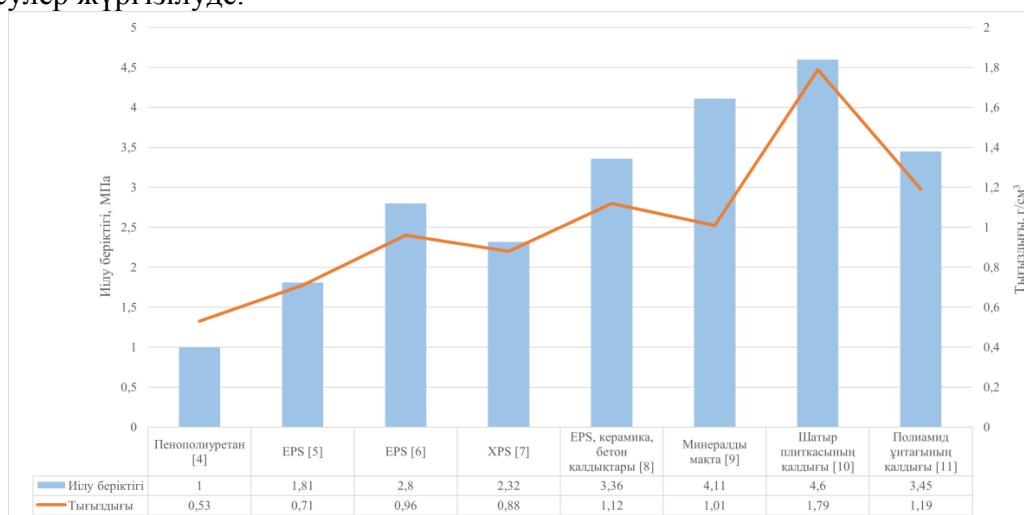
Соңғы жылдары құрылыс қалдықтарынан алынған талшықтарды қолдана отырып гипсті нығайту бойынша бірнеше зерттеулер жарияланды. Мысалы, С. Романига және т.б. [9] гипс матрицасына минералды мақта, тас мақта және шыны талшық қалдықтарын қосқан. Олардың нәтижелері тығыздықтың жоғарылауын (6%), Шор бойынша беттік қаттылықтың (10%) және иілуге беріктігінің (25-35%) жоғарылауын көрсетті. Бірақ сығуға беріктігінің төмендеген (12-35%), дегенмен мәндер нормативтік құжаттарда көрсетілген шектерге сәйкес келген.

Құрылыс және құрылысты бұзу қалдықтарынан пенополистирол, керамика және бетон қалдықтарын гипс матрицасында қолдануды П. Саэс және т.б. [8] зерттеген. Нәтижелер керамикалық және бетон қалдықтарын қосу механикалық өнімділікті жақсартатынын көрсеткен. Атап айтқанда, гипс салмағының 75%-на дейін керамикалық қалдықтарды қосу қоспасыз гипстің механикалық беріктігі мен тығыздығын арттырады. Құрамында керамикалық және бетон қалдықтары бар қосылыстарға пенополистирол қалдықтарын қосу олардың тығыздығын төмендетеді, жылу әрекетін жақсартады және судың капиллярлық сіңуін төмендетеді. Құрамында инертті және пенополистирол қалдықтары бар гипстер шикізатты тұтынуды азайту арқылы қоршаған ортаға әсерін азайтады (инертті қалдықтарды қосқанда шамамен 7,5% және пенополистиролды қосқанда 10,5% дейін). Тұтастай алғанда, бұл қосылыстар айтарлықтай артықшылықтар береді, өйткені механикалық және жылулық сипаттамалары дәстүрлі гипстермен салыстырғанда жақсарады және шикізатты тұтыну азаяды.

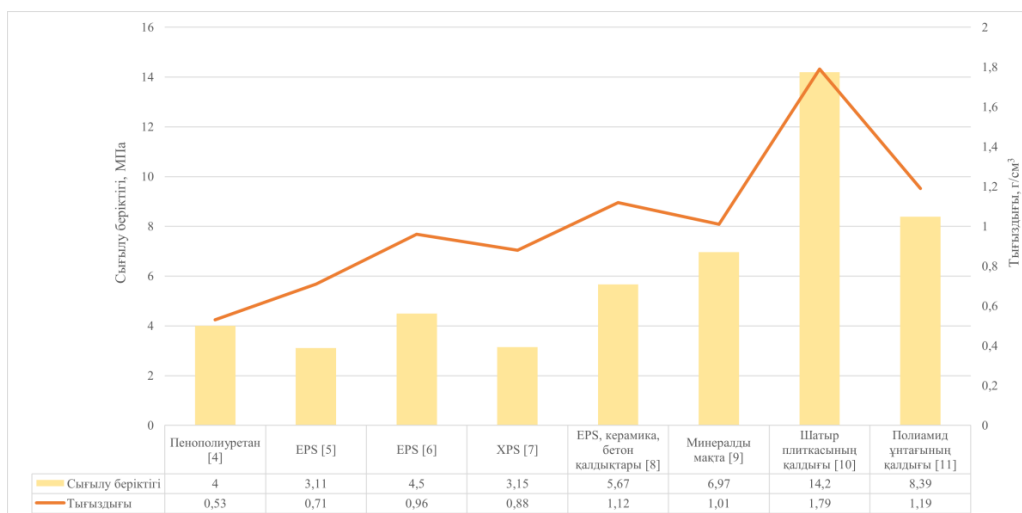
Талданған зерттеулерде алынған негізгі нәтижелер (иілу беріктігі, сығылу беріктігі, тығыздығы) сәйкесінше 1-2-суреттерде көрсетілген.

### 3.3 Қалдықтар қосылған гипстің қасиеттерін жоғары температурада зерттеу

Гипстің дәлелденген отқа төзімді қасиеттеріне қарамастан, оны жақсартуға әлі де мүмкіндіктер бар. Осыған байланысты қалдықтар пайдаланылатын, отқа төзімділік қасиеттері жақсартылған гипс негізіндегі жаңа материалдарды әзірлеуге бағытталған зерттеулер жүргізілуде.



1-сурет. Қалдықтар қосылған гипс композиттерінің тығыздығы мен иілу беріктігін анықтау нәтижелері



2-сурет. Қалдықтар қосылған гипс композиттерінің тығыздығы мен сығылу беріктігін анықтау нәтижелері

Гипс негізіндегі қоспаларға қалдықтар ретінде М.Я. Дургун [10] қайта өңделген шатыр плиткасының ұнтағын қосып, оның қасиеттерін қоршаған орта температурасы мен жоғары температурада зерттеді. Үлгілер 600°C және 800°C температурада сыналған. Нәтижелер қайта өңделген плитка ұнтағын қосқанда қоспалардың беріктігі төмендегенін, кеуектілігі мен суды сіңіруі жоғарылағанын көрсеткен. Дегенмен, қайта өңделген плитка ұнтағы массаның жоғалуын, жылу өткізгіштігін және жоғары температураға төзімділігін арттырады.

Гипс пен полиамид ұнтағы қалдықтарының үйлесімдігін С. Гутьеррес-Гонсалес және т.б. [11] зерттеген. Нәтижелер полиамид үлесінің артуы тығыздық пен механикалық қасиеттердің төмендеуіне әкелгенін, бірақ термотөзімділікті арттырғанын көрсеткен. Бұл полиамид ыдырамай 380-нен 580°C-ге дейінгі жоғары температураға төтеп бере алатындығы анықталды. Зерттеу қорытындысында полиамид ұнтағының қалдықтарын жылу қасиеттері жақсартылған жеңіл сылақтың жаңа түрін жасау үшін қолдануға болатыны келтірілген. Сонымен қатар, бұл материалдар қоршаған ортаға зиянсыз екені белгілі.

#### 4. Қорытынды

Гипс негізіндегі материалдарды өндіру үшін қалдықтарды пайдалану тұрақты дамуға ықпал ету үшін перспективалы шешім болып табылатынын атап өткен жөн. Тұрақтылық пен қоршаған ортаны қорғауға көбірек көңіл бөлуді ескере отырып, бұл тәсіл өндіріс индустриясының негізгі бағытына айналуы мүмкін. Дегенмен, экономикалық тиімді және ұтымды процестерді әзірлеу, қолайлы қалдықтарды анықтау, сондай-ақ алынған өнімдердің сапасы мен қауіпсіздігі стандарттарын белгілеу сияқты шешуді қажет ететін мәселелер әлі де бар.

Бұл мақалада осы тақырып бойынша ашылған көптеген зерттеу бағыттары жинақталған. Қалдықтардың гипстің келесі қасиеттеріне әсері талданды: механикалық беріктік, беттік қаттылық, термиялық қасиеттері, гипстің тығыздығының төмендеуі және гипстің басқа қасиеттерінің жақсаруы.

Көптеген зерттеулер қалдықтардың құрылыс материалдарын өндіруде қолданылатын табиғи толтырғыштарды ауыстыру үшін қолайлы екенін дәлелдеді.

Соңғы жылдары зерттеушілер гипс пен қалдықтарды пайдаланып құрылыс өнімдерін жасай бастағаны анықталды.

### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Singh M. Gypsum & Gypsum Products: Their Science & Technology / Taylor & Francis, 2022. – 371 p.
2. Tam V.W.Y., Soomro M., Evangelista A.C.J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017) / Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 172. – P. 272–292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>
3. Дергунов С., Орехов С. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства) / Оренбург, 2012. – 106 с.
4. Gutiérrez-González S., Gadea J., Rodríguez A., Junco C., Calderón V. Lightweight plaster materials with enhanced thermal properties made with polyurethane foam wastes / Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 28, No. 1. – P. 653–658. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.055>
5. del Río Merino M., Villoria Sáez P., Longobardi I., Santa Cruz Astorqui J., Porras-Amores C. Redesigning lightweight gypsum with mixes of polystyrene waste from construction and demolition waste / Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 220. – P. 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.132>
6. Laoubi H., Bederina M., Djoudi A., Goullieux A., Dheilly R.M., Queneudec M. Study of a New Plaster Composite Based on Dune Sand and Expanded Polystyrene as Aggregates / The Open Civil Engineering Journal. – 2018. – T. 12. – C. 401–412. <https://doi.org/10.2174/1874149501812010401>
7. San-Antonio-González A., Del Río Merino M., Viñas Arrebola C., Villoria-Sáez P. Lightweight material made with gypsum and extruded polystyrene waste with enhanced thermal behaviour / Construction and Building Materials. – 2015. – Vol. 93. – P. 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.040>
8. Sáez P., del Río Merino M., Sorrentino M., Porras-Amores C., Astorqui J., Viñas C. Mechanical Characterization of Gypsum Composites Containing Inert and Insulation Materials from Construction and Demolition Waste and Further Application as A Gypsum Block / Materials. – 2020. – T. 13. – C. 193. <https://doi.org/10.3390/ma13010193>
9. Romaniega Piñeiro S., del Río Merino M., Pérez García C. New Plaster Composite with Mineral Wool Fibres from CDW Recycling / Advances in Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/854192>
10. Durgun M.Y. Experimental research on gypsum-based mixtures containing recycled roofing tile powder at ambient and high temperatures / Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 285. – P. 122956. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122956>  
Gutiérrez-González S., Gadea J., Rodríguez A., Blanco-Varela M.T., Calderón V. Compatibility between gypsum and polyamide powder waste to produce lightweight plaster with enhanced thermal properties / Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 34. – P. 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.03.040>