

БОЛОВСРОЛ, СОЁЛ, ШИНЖЛЭХ УХААНЫ ЯАМ

БАРИЛГА АРХИТЕКТУР КОРПОРАЦИ

Батлав. Захирал

Академич Д.Хайсамбуу

**ШАВАРЛАГ ЭРДЭСТ СУУРИЛСАН
НАНОХЭМЖЭЭСТ УС ТУСГААРЛАГЧ**

ТӨСЛИЙН ТАЙЛАН

Төслийн удирдагч. Доктор, дэд проф. Б.Намжилдорж

Төслийн гүйцэтгэгчид Доктор Б.Өлзийбүрэн

Магистр Д.Рэнцэнханд(ЭША)

Магистр Д.Отгонбаатар(ЭША)

Магистр М.Батжаргал(ЭША)

УЛААНБААТАР ХОТ

2011 он

Гарчиг

Реферат	5-6
Өмнөх үг	7-8
1-р бүлэг Орчин үеийн материал судлалын салбарын нанотехнологийн асуудлууд	9-10
1.1 Нанодисперс систем	10-12
1.2 Барилгын материалын нанотехнологийн судалгааны өнөөгийн байдал	12-23
1.3 Байгалийн нанобүтцэт эрдэс түүхий эдийн судалгаа, туршилт	23-27
1.4 Полимер нанокомпозит материалын тухай	27-29
1.5 Монтмориллонит нанокомпозитийн бүтэц	29-30
1.6 Органшаварт суурилсан нанокомпозит полимер материал	30-32
1.7 Бентонит нь байгалийн наноматериал өолох нь	32-38
2-р бүлэг Туршилт судалгааны арга, аргачлал	
2.1 Эрдэс байдалтай орших шаварлаг хэсгийг тодорхойлох	38-43
2.2 Шаврын катион шингээлтийг тодорхойлох	43-47
2.3 Бентонитийн төрлийн шаварлаг эрдсийг рентгенографын аргаар судлах	47-52
2.4 Нанобөөмийн хэмжээг шинжлэх	52-59
3-р бүлэг Дулаан ба химийн арга хосолсон төхөөрөмж зохион бүтээлт, горимын судалгаа	59-62
4-р бүлэг Монгол орны бентонит шаврын судалгаа	62-72
4.1 Бентонит шаврыг идэвхжүүлэн органик шинж чанар үүсгэх	72-80
4.2 Дулааны шинж чанар	80-81
4.3 Регидратац дахь бентонитийн шинж чанар	81-83
4.4 Шатаалтын температур ба хөөлтийн хамаарал	83-85
4.5 Идэвхжүүлэх процессын судалгаа	85-97
5. Бентонитод суурилсан ус тусгаарлах материалын технологи.	
Дүгнэлт	97-98
Ашигласан хэвлэл	99-108

РЕФЕРАТ

Боловсрол соёл шинжлэх ухааны яам, Барилга Архитектур Корпорацтай 2008 оны 9 сарын 1 өдөр байгуулсан тоот гэрээний дагуу Шаварлаг эрдэст суурилсан нанохэмжээст ус тусгаарлагч төслийг 2008-2010 онуудад хийж гүйцэтгэв.

Уг төслийн хүрээнд Монгол орны шаварлаг түүхий эдүүдийн талст бүтцийн онцлогийг нарийвчлан судалж монтмориллонит зонхилсон шаврын дээжийг гарган авах болон баяжуулах арга зүйг боловсруулах, түүнийг физик химийн гүнзгий боловсруулалтаар нанопартикал үүсгэх бүтэцтэй болгох болон ус тусгаарлах нимгэн үе бэлтгэх, нунтаг байдлаар ус тусгаарлах материалаар ашиглах зэрэг асуудлыг шийдвэрлэх зорилго тавьж ажилласан болно.

Судалгаанд Монгол орны нутаг дэвсгэрт тархсан шаврын орд, илрэлүүдийн геологи хайгуулын ажлын үр дүнд боловсруулалт хийж тэдгээрээс Дорноговь аймгийн Зүүнбаян ба Архангай аймгийн Туулантын шаврыг сонгон авч судалгаа хийв. Эдгээр ордын шавар нь коллоид хэсгийн хэмжээ харьцангуй их, монтмориллонитийн төрлийн шаварлаг эрдэс агуулсан болно.

Сонгон авсан бентонитийн дээжид агуулагдах монтмориллонитийн агууламжийг 80%-иас багагүй хэмжээнд хүргэхийн тулд усан орчинд электролит уусмалын оролцоотойгоор задалж 2 микроноос бага хэсгийг седимантацын аргаар ялган авч судалгааны ажилд ашиглав.

Төслийн ажлын үр дүнд:

А.Барилгын материалын технологи болон байгалийн эрдэс түүхий эдийн судалгааг нанотүвшинд хийж буй гадаадын эрдэмтдийн судалгаа туршилтын үр дүнд дүн шинжилгээ хийснээр манай орны барилгын материалын судалгаа, туршилт, үйлдвэрлэлийн технологийн чиг хандлагыг тодорхойлох үзэл баримтлалын төсөл боловсруулав.

Б.Байгальд оршин байгаа эрдэс түүхий эдийг физик химийн гүнзгий боловсруулалтаар нанохэмжээсийн түвшинд хүргэн жижиглэн усан ба органик орчинд тогтвортой дисперс систем үүсгэх туршилт судалгааны ажлаар

1. Монгол орны бентонит шавруудын эрдэс бүтэц, шинж чанарын судалгааг нарийвчлан хийж түүнд агуулагдах монтмориллонит эрдсийн кристалл бүтцийг физик химийн үйлчлэлээр сул холбоост хуудсархаг хэлбэрт шилжүүлэх арга зүйг боловсруулав. Монтмориллонитийн хүчлийн үйлчлэлээр эвдэрсэн талст бүтцийг дахин талсжуулах болон Na-монтмориллонит хэлбэрт шилжүүлэх процессыг нэгэн зэрэг натрийн ионоор ханасан уурын орчинд 160°C температур, 4 атмосфер даралттай орчинд 6 цагийн турш явуулах нь тохиромжтой болохыг нарийвчилсан судалгааны үр дүнгээр тогтоов. Боловсруулалтын дараа түүний катион шингээлт 75,6 мг.
2. Монтмориллонит шаврын органик орчинтой харилцан үйлчлэх механизмын судалгааг шавар-полимер системд явуулж органик ба органик биш бодисуудын харилцан зохицлыг бий болгох арга зүйг боловсруулав.
3. Шаварлаг эрдсийн бүтцэд байгаа микро болон нанохэмжээст жижиг хэсгүүдийг судалгааг 1-10000 нм хэмжээст бөөмийн тархалтыг тодорхойлох NANOPHOX багажаар тодорхойлох арга зүйг боловсруулан туршилт судалгааны ажилд хэрэглэв.
4. Байгальд байгаа бентонит шаврын шинж чанарыг физик химийн аргаар идэвхжүүлэн түүний усан орчинд дахь эзлэхүүний өөрчлөлтийг 12 дахин өсгөх боломжийг тогтоосноор газрын доорхи барилга байгууламжийн ус тусгаарлах системийг экологийн цэвэр түүхий эдээр орлуулах боломжийг туршилт судалгааны түвшинд тогтоов.

Өмнөх үг

Барилгын материал судлалын шинжлэх ухаан нь өргөн хэрэглээний барилгын материалын үйлдвэрлэлийн технологи, шинж чанар, зориулалтын чиглэлээр судалгаа, туршилтын ажил явуулдаг салбарын хувьд 21-р зууны хөгжлийн түлхүүр болох өндөр технологийг судлах, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд нэвтрүүлэх онол, практикийн асуудлыг авч үзэх цаг нэгэнт болсон гэж үзэж байна.

Барилгын материалын судалгаанд ашиглаж болох нанотехнологийг дараах гол чиглэлүүдээр эрдэмтэд тодорхойлж байна.

1. Бодисыг нийлэгжүүлэх аргаар барьцалдуулагч болон бусад төрлийн барилгын материал гарган авахыг нано хэмжээст төлвөөс макрокомполит үүсэж байгаа процесс гэж үзэж болно.
2. Зориудаар нунтаглах технологи болон аяндаа нунтаграх түүхий эд ашиглан гарган авсан барилгын материалуудыг макрохэмжээст төлвөөс нанохэмжээст төлөвт шилжих процессыг ашигласан гэж үзэж болно.
3. Композит барьцалдуулагч материалд нанохоолой, фуллерен зэрэг янз бүрийн нанонэмэлтүүдийг ашиглаж онцгой шинж чанартай материал гарган авах боломжтой гэж үзэж байна.

Эдгээр ерөнхий чиглэлийг авч үзсний үндсэн дээр Барилга Архитектур Корпорац нь барилгын материалын шинж чанарыг сайжруулах талаар өмнө хийгдсэн туршилт судалгааны ажлаа нанотүвшинд авч үзэх, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд нанотехнологийг ашиглах боломжийг хайх зэрэг ажлуудыг шат дараатай хэрэгжүүлэх зорилт тавьж байгаагийн нэг нь 2008 оноос хэрэгжүүлж эхэлж байгаа **Шаварлаг эрдэст суурилсан нанохэмжээст ус тусгаарлагч** шинжлэх ухаан технологийн төсөл юм.

Байгалиас заяагдсан наноматериал нь шаварлаг эрдэс гэдгийг судлаачид нэгэнт хүлээн зөвшөөрсөн боловч түүнийг нанохэмжээст төлөвт шилжүүлэх, нанохэсгүүдийг тусгай технологи ашиглан байршуулах замаар зарчмын цоо шинэ

материал, бүтээцийг бий болгох асуудал судалгааны түвшинд явагдаж байна. Шаварлаг эрдэс нь хамгийн их тархмал барилгын материалын түүхий эд болохын хувьд одоог хүртэл барилгын керамик материал үйлдвэрлэхэд зонхилон ашиглаж байсан боловч түүний найрлага шинж чанарыг 1960 оноос өнөөг хүртэл манай орны эрдэмтэд системтэй судалж ирсний үр дүнд нанохэмжээст төлөвт шилжих кристалл бүтэцтэй шаварлаг эрдсийн төрөл манай оронд байж болохыг олж тогтоосон болно. Гэхдээ байгаль дээр байгаа хэлбэрээрээ бус гүнзгий боловсруулалт хийсний дараа тусгай технологиор нанохэмжээст төлөвт шилжүүлэх боломжтой юм.

Иймд нанохэмжээст төлөвт шилжих кристалл бүтэцтэй шаврын ордыг судлах түүнийг баяжуулах, боловсруулах арга зүйг боловсруулснаар нэг төрлийн кристалл бүтэц бүхий шаварлаг эрдсээс тогтсон түүхий эд болон түүнийг боловсруулан гаргасан нанонунтагийг ус тусгаарлагч зориулалттай барилгын материал эдлэхүүний үйлдвэрлэлд ашиглах асуудлыг судлахаар уг төслийн хүрээнд дэвшүүлэн тавьсан болно.

Уг төслийн хүрээнд Монгол орны шаврын орд газруудад урьд өмнө хийгдсэн геологи хайгуулийн ажлын үр дүнгээс хайлт хийн шаардлага хангах 1-2 ордыг сонгон авч физик-хими, технологийн туршилт хийсний үндсэн дээр баяжуулах, технологийн боловсруулалт хийх аргыг сонгон нанохэмжээст төлөвт шилжих боломжийг тогтооно. Нано төлөвт шилжсэн шаварлаг эрдсийг ашиглан гарган авах полимер матриц бүхий ус тусгаарлагч композит материал нь одоогийн уламжлалт хэрэглээний энэ төрлийн материалуудаас эрс давуутай шинж чанаруудыг хадгалсан байх боломжтой юм.

Төслийн үр дүнгийн шинжлэх ухааны шинэлэг тал нь Монгол орны шаврын хэрэглээг өндөр технологид тулгуурлан өргөжүүлж нанотехнологийн хүрээнд үзэхүйц судалгаа боловсруулалтын арга зүйг ашиглан гадаргуугийн ба эзлэхүүний системээр ашиглах ус тусгаарлах материалыг гарган авах онол арга зүйн үндсийг бий болгох төдийгүй цемент, бетон зэрэг өргөн хэрэглээний барилгын материалын үйлдвэрлэлийн технологийг нанотүвшинд авч үзэн тайлбарлаж шинж

чанарыг дээшлүүлэх арга замыг эрэлхийлэх зэрэг оюуны багтаамж бүхий мэдлэгийг бий болгоно.

1. Орчин үеийн материал судлалын салбарын нанотехнологийн асуудлууд

Судлаачид микро ба нанотехнологийн салбарын өнөөгийн байдал болон хөгжлийн хэтийн төлөв, нанометр хэмжээст элемент гарган авах аргачлалд дүн шинжилгээ хийх, тусгайлан гарган авсан наносборкийг "хуниас" нанобүтэцтэй харьцуулах, мөн технологийн хүрээнд хийгдэх судалгааны ажлын хөгжлийн явц тэдгээрийг амьдралд хэрэгжүүлэхэд чиглэгдсэн арга замуудыг авч үзэж байна.

Микроэлектроникийн хөгжил нь элементийн хэмжээсний субмикрон багтаамжийг тодорхойлох улмаар микроминиатюризацийн сонгомол замыг тодорхойлох шаардлагатай байгааг тодорхойлж байна. Энэ нь элементийн суурийг тодорхойлоход чухал бөгөөд энэ үед голлох хэмжээ нь микро биш харин нанометр байх ба микротехнологоос нанотехнологид шилжиж буйг тодорхойлон хэлэх бүрэн боломжийг харуулж байна. Энэ зайлшгүй шилжилттэй холбоотой дараах асуудлууд гарч ирнэ.

1. Нанометр хэмжээтэй элемент үүсгэх

2. элементийг төсөөтэй элементүүдтэй коммутацид оруулах

3. Бүх гадаргууд ба хүрэлцэхүйц хэмжээний гадаргууд бүлгийн аргаар боловсруулалт хийж шаардлагатай бүтэцтэй элемент гарган авах.

Онолын хувьд зарим урьдчилсан таамгаар нанотехнологиор өндөр бүтээмжтэй тооны машинаас эхлээд хүний хиймэл эрхтэн хүртэл хийх боломжтой. Гэвч тухайн судлаач нанотехнологийн салбарын практик үйл ажиллагаанаас хол байх тусам тэр хэмжээгээр тэдний таамаг зоримог байна. Энэ нь голчлон биологи, биофизик, биотехнологийн салбарт хамаарч байна.

Орчин цагийн материал судлал ба хэмжил зүйн ололт нь голчлон туннелийн электрон микроскопыг гарган авснаар судлагдаж буй зүйлийг нанометрийн хэмжээнд хүргэж судалгааны ажлыг урагшлуулсан байна. Хэрэв микроминиатюризацийн явц 2010 он хүртэл хадгалагдсан бол транзистор нянгийн хэмжээнд багасч түүний ажлын давтамжыг кристалын торон дахь атомын хэлбэлзлийн давтамжтай харьцуулах байсан ба нэг ИС дэхь транзисторын тоо их наяд хүрч, литограф зургийн хамгийн дээд хэмжээс атомын хэмжээнээс 10 дахин бага хэмжээг үзүүлэх байлаа. Дээрхи шалтгаанаас гадна техникийн хөгжлийн урьдчилсан таамаглалын хандлагатай уялдан ойрын ирээдүйд микроэлектроник нь наноэлектроникоор халагдахад хүрч байгаа ба энэ талаархи судалгааны ажлууд дэлхийн хэмжээнд явагдаж байна.

Наноэлектроникийн үр дүнд нанотехнологи үүсч эрчимтэй хөгжсөн ба өөрөөр хэлбэл нанометр хэмжээтэй зүйл гарган авах, боловсруулах технологи бий болсон байна. Хэдийгээр химийн, биологийн, эмийн үйлдвэрлэлийн болон өөр бусад салбаруудад хөгжлийн төсөөтэй хандлагууд ажиглагдаж байсанч хамгийн түрүүнд коллоид химийн салбарт нанотехнологи гэж хэлж болох санал зөрүүтэй жижиг дисперс үүсгэж байсан байна.

Судлаачид нанотехнологийг авч үзэхдээ харгалзах хэмжээс бүхий байгалийн эд зүйлс ялангуяа судлагдаж буй зүйлийн хэмжээ түүний нанохэмжээтэй ямар хамааралтай болох мөн нанотехнологийн ангиллыг нэг хэмжээст” зузаанаараа хэмжигдэх нано хэмжээтэй нимгэн хальс” хоёр хэмжээст” нано хэмжээс бүхий нимгэн халсан нүүрстөрөгч нанохоолой, микроэлектроникийн вакуум элемент г.м ”гурван хэмжээст “нано хэсгүүд” авч үзсэн байна.

1.1 Нанодисперс систем

Бидний өдөр тутмын амьдралд хэрэглэдэг ердийн микро биетэд гадаргуугийн талбай нь түүний эзлэхүүнтэй харьцуулахад их биш байдаг. Биетийн бүх физик шинж чанар сорьцын эзлэхүүний шинж чанараар тодорхойлогддог боловч ихэнхи судлаачид хатуу биеийн гадаргуугийн шинж чанар сорьцын эзлэхүүний шинж чанараас ялгаатай байдгийг тогтоожээ. Нимгэн хальсны онцлог

нь түүний эзлэхүүнийг атом болон молекул давхаргатай гадаргуу бүхий нимгэн хальсны эзлэхүүнтэй харьцуулахад ойролцоо байдаг байна. Нанометр зузаантай хальсны хувьд асуудал хүндрэх талтай. Учир нь нанометр зузаантай хальсыг хоёр хэмжээст систем гэж авч үзэх ба түүний сорьцын эзлэхүүнд харгалзах давхарга бараг байдаггүй учраас шинж чанар нь зөвхөн гадаргуугийн давхаргын шинж чанараар тодорхойлогддог байна. Гэвч хэдийгээр сорьцын эзлэхүүнд тархсан атомын эзлэхүүн төлөв байдалд байдаг мөн гадаад орчноос гадаргуугийн давхаргаар халхлагдсан тул нано хэмжээст байгууламжинд материалын эзлэхүүний шинж чанар давамгайлдаг байна. Яг ийм байдал нанометр хэмжээтэй хэсгүүдэд ажиглагддаг. 10-15 ангестрем диаметр бүхий хэсгүүд бараг л бүгд гадаргуугийн гайхамшигтай шинж чанарыг үзүүлдэг байна.

Хатуу төлөвт байгаа бодисыг диспергацид оруулахад түүний идэвхи болон гадаад орчинтой харьцах физик химийн үйлчлэлийн хурд огцом өсдөг байна. Бодисын ширхэг нарийн байх тусам уусалт хурдан явагдах ба хатуу биетийн урвал хурдан явагдана. Жишээлбэл: тэсрэлтийн үед г.м Нарийн ширхэгтэй бодисыг 2 аргаар гарган авч болно. 1.сайтар нунтагласны дүнд 2.шинэ дисперс фаз гарган авснаар. Диспергацийн процесс нь зарим нэг талаараа зардал ихтэй байдаг. Энэ нь шинээр үүссэн гадаргуу ба диспергацид орж байгаа биет, гадаад орчны заагдах гадаргуун энергитэй шууд хамааралтай. Улмаар диспергаци нь цэвэр механик процесс биш бөгөөд түүний диспергацид орсон хэсгийн хэмжээ бага байх тусам физик химийн процесс тал руугаа давамгайлна. Хатуу биетийн диспергацийг 1мкм хүртэл янз бүрийн ажиллагаатай тээрэмд нунтаглана. Хэт авианы хэлбэлзлийг ашиглан диспергацийг явуулах ба хэлбэлзлийн давтамж их байх тусам гарган авч буй хэсгийн хэмжээ бага байдаг. Цохилтот долгион ашиглан диспергацийг явуулах нь хэрэгцээт бүтээгдэхүүний синтезийг явуулахаас гадна тэдгээрийг диспергацид оруулах чухал аргачлал болно. Жишээлбэл: алмазыг цохилтот долгион ашиглан долгионы цохилтын үргэлжлэх хугацаа 10-20 мкс, даралт 20-40 ГПа байх үед графитыг металлтай хольж боловсруулсны дүнд гарган авна. Энэ үед алмазын дундаж хэмжээ 4 нм байна.

Эмульс гарган авахад шингэн дэх диспергацийг эрчимтэй явуулахын тулд янз бүрийн нэмэлт бодисуудыг хэрэглэнэ. Үүнд: 1.Эмульгатор нь гадаргуун идэвхит бодисуудаар гадаргуун таталцлыг бууруулснаар диспергацийн процесс хялбар явагдана. 2.Стабилизатор нь гадаргууд үүссэн дусал адсорбцид орж зуурамтгай чанар өндөртэй гадаргуу үүсгэнэ. Хатуу биетийн диспергаци явуулахад гадаргуун идэвхит бодисыг “ПАВ” хэрэглэснээр диспергацид орж буй жижиг хэсгүүдийн задрал хялбар явагдана. Гадаргуун идэвхит бодисын молекул нь хөгжлийн явцдаа механик үйлчлэлийн дүнд жижиг цууралт болон нүх сүвд нэвтрэн адсорбцлогдоны дүнд диспергацийн процесст чухал болох үзүүлэлтийн нэг гадаргуун энергийн хэмжээг бууруулна. Ийм гадаргуун идэвхит бодисуудад янз бүрийн смачиватели, диспергаторууд, пептизаторууд орох ба эдгээр нь диспергацийн дүнд үүсч буй хэсгүүдийн тогтвортой байдалд нөлөөлнө. Тухайн биет ба гадаад орчны зааг дахь гадаргуун энерги буурахад диспергацийн процесс нь задарч буй хэсгүүдийн дулааны хөдөлгөөний дүнд явагдана. Коагуляцийн нөхцөлд нимгэн давхаргаар хязгаарлагдсан шингэн дисперс орчинд Ван-дер-вальсын хүч үйлчилнэ. Энэ үед үүссэн дисперст бүтэц нь харьцангуй бат бэх болон уян харимхайн үзүүлэлт багатай байна. Броуны хөдөлгөөнд орших нарийн ширхэглэл бүхий коллоид хэсгийн үүсэлтийн агууламж их байснаар коагуляци хэсэг болон гадаргуугийн байдал нэгэн төрлийн болох ба улмаар коллоид хэсгүүд хоорондоо холбоотой болно. Судлаач В.Г Алексеев “Бодисын шинж чанарын гол үзүүлэлт нь түүний кристалл тор биш харин түүний атом хоорондын холбоосны остов ”араг яс “ гэж санал дэвшүүлсэн байна. Ийм систем нь бодисын бүтцээс хамааралгүй түүний атомуудыг нэгтгэдгээрээ онцлогтой.

Ультра дисперс хэсгүүдийг гарган авах 2 дахь арга нь ууршуулах ба конденсацийн аргаар синтез явуулах арга болно. Үүний хамгийн энгийн арга нь орчны онцлогт тохирсон, конденсацийн процессын ба ультрадисперс нунтагийн гарган авах оновчтой аргачлалын дагуу дулаан вакуумын аргыг ашиглан металлыг ууршуулж түүний уурыг конденсацлах арга юм. Энэ үед уурших ба конденсацийн процессууд нь вакуум орчинд инертийн хий болон түүний урсгалд явагдана.

Конденсацийн процесс нь ультрадисперс нунтагийг гарган авахад тодорхойлогч үүргийг гүйцэтгэнэ. Петров металлын конденсаацийн процессын физик үндсийг боловсруулсан ба металлын аэрозолын хэмжээний тархалтыг тооцоолох аргыг дэвшүүлсэн байна. Онолын хувьд коагуляцийн процессыг тооцоолохгүйгээр 3-5 нм дундаж хэмжээтэй металлын нунтагийг гарган авч болно.

1.2 Барилгын материалын нанотехнологийн судалгааны өнөөгийн байдал

Ойрын 10-20 жилийн дотор нанотехнологиор боловсруулан гарган авсан шинэ төрлийн барилгын материалууд хэрэглээнд нэвтрэх боломжтой нь хөгжингүй эдийн засагтай орнуудын хөгжлийн чиг хандлагаар тодорхойлогдож байгаа бөгөөд дэлхийн аж үйлдвэрлэлд эзлэх нанотехнологийн бүтээгдэхүүний өртөг 1 триллон долларт хүрнэ гэж төсөөлж байна. Нанотехнологийн эрчимтэй хөгжил нь нэг талаас суурь судалгааны хүрсэн үр дүнг барилгын шинжлэх ухааны хэрэглээний салбарт ашиглах, нөгөө талаас нанотехнологийн өөрийн хөгжил нь барилга байгууламжийн төлөвлөлтөнд зарчмын шинэ асуудлуудыг хөндөх шаардлагатай болох нь ойлгомжтой юм[1].

Манай орны хувьд барилгын материалын үйлдвэрлэлийг нанотехнологийн түвшинд хөгжүүлэх хэтийн төлвийг ‘Үндэсний инновацийн тогтолцоог хөгжүүлэх хөтөлбөр 2008-2015 ‘ баримт бичигт *нанобүтцэт шинэ материалын судалгааны үр дүнг барилга, хот байгуулалт болон дэд бүтцийн салбарт нэвтрүүлж, үндэсний nano-үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэх* гэж тодорхойлсон байна.

Нанотехнологи гэдгийг өргөн утгаар нь авч үзвэл уртын хэмжүүрийн боломжит жижиг хэмжээст орших атом молекулын түвшинд шинэ материал, бүтээгдэхүүнийг гарган авах, судлах арга нөгөө талаас анагаах ухаан, материал судлал, оптик, электроник, байгаль орчны г.м. өөр бусад хэрэглээний салбарууд дахь ололт амжилтууд, судалгаа шинжилгээний ажлын цогц гэж үзэж болно[2].

Хамгийн товчоор хэлэхэд нанотехнологи гэдэг нь шинэ процессыг үүсгэх урлаг юм. Нанотехнологи гэнэт үүсээгүй бөгөөд хүн төрөлхтөн, түүний дотор манай ард түмэн эрт дээр үеэс ахуй амьдралдаа монголын уламжлалт нанотехнологийг хэрэглэж ирсний жишээ нь эмийн эрдсийн түүхий эд бэлтгэж эм тан бүтээх, бурхны зураг, сүм хийдийн барилгын засал чимэглэлийн зориулалттай хэт нарийн ширхэгтэй будаг гаргах зэрэг далд увьдаст шинж чанарыг агуулсан технологийн нууц нээгдэж байгааг дурьдаж болох юм[3].

Эртний пирамидуудыг зохион бүтээсэн нууцыг тайлах талаар эрдэмтдийн санал шохойн чулуу, шавар, шохой, усны хольцыг ашиглан хийсэн жижиг бетон блокуудаас пирамидыг бүтээсэн гэдэгтэй нийлж байсан хэдий ч электрон микроскопын судалгаагаар энэ онол батлагдаагүй бөгөөд өөр дүр зургийг гарган авчээ. Энэ нь шохойн чулууг барьцалдуулсан материал нь цахиурын хоёрч исэл болохыг тогтоосон явдал юм. Энэ барьцалдуулагч фаз нь аморф бүтэцтэй ба байгаль дээр тааралддаггүй бөгөөд саяхан энэ цахиурын хоёрч ислийн бөмбөлгийг нанометрийн эрэмбийн хэмжээтэй болохыг нээжээ. Энэ нээлт нь пирамидийг бүтээсэн блок нь байгалийн гаралтай бус гэдгийг баталж өгсөн байна.

Энэ нээлт нь силикат материалын үйлдвэрлэлд нанотехнологийг дээр үеэс хэрэглэж ирснийг харуулах төдийгүй сүүлийн жилүүдэд нанохэмжээст кремнеземийг барьцалдуулагч материал ба бетон эдлэлийн технологид ашиглан тэдгээрийн физик механик шинж чанаруудыг эрс дээшлүүлэх асуудал нэгэнт практик хэрэглээ болжээ. Жишээлбэл, ферросилици гарган авахад хаягдал байдлаар үүсдэг микрокремнезем гэж нэрлэгдэх болсон 98% хүртэл цахиурын оксид агуулсан нанохэмжээст (хувийн гадаргуу $40 \text{ м}^2/\text{г}$) нунтагийг барилгын материалын үйлдвэрлэлд ашиглаж байна. Энэ нунтагийн бөөмийн дундаж хэмжээ 68 нм бөгөөд гадаргуугийн чөлөөт энергийн хэмжээ маш их байдаг явдал түүний химийн идэвхи өндөртэй байх онцгой шинж чанарыг бүрдүүлнэ. Нанохэмжээст кремнеземийн бас нэг эх үүсвэр нь гидротермаль ус юм. Энэ төрлийн усанд олон тооны эрдэс бодисууд ялангуяа кремнезем ихээр агуулагдсан байна. Энэ уснаас ялган авсан кремнезем нь бетоны бат бэхийг эрс дээшлүүлдэг онцгой шинж чанартай болохыг эрдэмтэд тогтоожээ[4].

Барилгын материалын технологийн нэг чухал зорилго нь чөлөөт дисперс системүүдийг бий болгох явдал бөгөөд энэ системд хий, шингэн фаз байгаагаас үл хамааран хатуу фаз ямагт оршин байдаг онцлогтой. Хатуу фаз нь барилгын материалын үндсэн шинж чанар болох бат бэхийг үүсгэх үндсэн хэсэг болж бүтэц бүрдэлтийн коагуляцлах, конденсацлах, кристаллжих үе шатуудад голлох үүргийг гүйцэтгэнэ. Хатуу фазын бөөмсүүд нь эгэл <тоосгонцор> бөгөөд тэдгээрээс үүссэн янз бүрийн бүтцийн бат бэх юуны өмнө бөөмсийн ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн ба дисперс шинж чанараар тодорхойлогдоно. Бөөмийн хэмжээ багасах тутам түүний дотоод эвдрэл багасах ба ийм төрлийн бөөм материал үйлдвэрлэх анхдагч дисперс системд зайлшгүй чухал юм. Анхдагч дисперс системээс үүссэн бүтцийг бүдүүн ширхэгтэй хэсгүүдээс үүссэн бүтцийн каркас, энэ каркасын орон зайг дүүргэсэн шингэн ба нарийн ширхэглэлтэй бөөмсөөс тогтох нүх сүвийн бодисууд гэж үндсэн хоёр хэсэгт хуваан үзэж болно. Системийн нүх сүвийн бодисын коллоид химийн шинж чанар түүний агууламж бүтцийн бат бэхэд тодорхойлогч нөлөө үзүүлнэ.

Хөдөлгөөнт хатуу фазтай системийг коллоид химийн ангиллаар гурван бүлэгт хуваан үздэг.

-1-100 нм хэмжээтэй бөөмсөөс тогтох хэт микрогетерген систем

-0,1-10 мкм хэмжээтэй бөөмсөөс тогтох микрогетерген систем

-10 мкм –ээс их хэмжээтэй бөөмсөөс тогтох бүдүүн дисперс систем

Нэгдүгээр бүлгийн системийг нанодисперс гэж үзэж болох ба 2-р бүлгийн бөөмтэй (500 нм хүртэл) хамт барилгын хольцын суспенз буюу нүх сүвний бодисын шингэн фазыг үүсгэнэ.

Энэ бүлгийн нанодисперс систем цементийн гидратацын эхний үе шатанд үүсэх ба түүнийг тухайн фазын шинж чанарыг хадгалсан гурваас ихгүй эгэл тороос тогтох молекулын түвшний дисперсжилттэй (1-5 нм) систем гэж үзэж болно[5]. Ийм түвшний дисперсжилттэй бөөмсийн хувийн гадаргуу $350-450 \text{ м}^2/\text{г}$, гидратацийн анхдагч бүтээгдэхүүний бодит нягт $1500-2200 \text{ кг}/\text{м}^3$, бөөмийн дундаж хэмжээ 6-11

нм байна. Цементийн бөөмсүүдийн гадаргуу болон гадаргуу орчмын үеүүдийн протонжилтын нөлөөгөөр гидратацын эхний үе шатны дисперсжилт явагдана. Усны молекулын электролит задралаар үүссэн устөрөгчийн (протон) ионууд цементийн бөөмстэй харилцан үйлчлэх эхний агшинд түүний хэмжээ чулуунцарын эрдсүүдийн кристалл торын хэмжээнээс хэдэн эрэмбээр бага байдгаас шалтгаалан түүний нэвтрэх болон хөдөлгөөнт чанар асар их байна (1-хүснэгт).

1-р хүснэгт

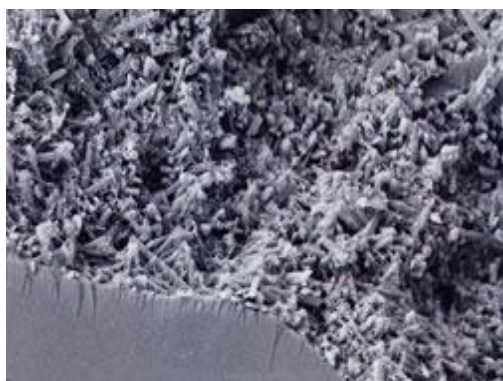
Цемент ба цементийн чулууны эрдсүүдийн эгэл үүрийн хэмжээ

Эрдэс, ион	Эгэл үүрийн (ионы) хэмжээ, нм	Эрдэс, ион	Эгэл үүрийн (ионы) хэмжээ, нм
C_2S	0.5-0.7	CaO	0.48
C_3S	1.4-2.5	$Ca(OH)_2$	0.36-0.49
C_3A	1.5	OH^-	0.306
C_4AF	0.53-1.45	H	0.106
H_2O	0.27	H^+	$1.2 \cdot 10^{-6}$

Эрдсүүдийн кристалл торонд нэвтэрсэн протонууд хүчилтөрөгчийн цахилгаан сөрөг атомтай бат бэх устөрөгчийн холбоогоор холбогдон гидроксидионыг үүсгэнэ. Үүнээс гадна протонууд чулуунцарын эрдсүүдийн катионтой ион солилцооны урвалд орж үүний үр дүнд портландитийн анхдагч молекулууд үүснэ. Портландитийн кристалл торын хэмжээ чулуунцарын эрдсүүдийнхтэй ойролцоо боловч цементийн бөөмийн гадаргуудаас ховхорч үүссэн нанодисперс гидрат бөөмсүүд үүсэх үндсэн нөхцлийг бүрдүүлнэ. Энэ процесс тасралтгүй явагдан цемент-ус системийн нүх сүвийн чөлөөт орон зайг дүүргэн тогтвортой төлөв байдлыг үүсгэн кристаллжина.

Цементийн гидратац ба хатууралт нягт харилцан уялдаатай процессууд боловч тэдгээрийн механизмыг маш нарийвчлан судалсны үндсэн дээр удирдах боломжтой юм. Гидратацын гол хөдөлгөгч хүч нь ус хатуу фазын нэгдэх үед үүсэх дулааны эффектийн зөрөө ба цементийн анхдагч бөөмийн задрал харин хатууралтын хөдөлгөгч хүч нь гидратацын бүтээгдэхүүний үүсэлтийн нөлөөгөөр тухайн системд хатуу фазын эзлэхүүний агууламж өсөлт юм. Иймээс хатууралтыг хурдасгахын тулд усны ионы найрлагыг өөрчлөх, гадны үйлчлэлийн цахилгаан физикийн арга хэрэглэн усны шингээгдэх шинж чанарыг зохицуулах, системд нэмэлт дулаан өгч дисперсжилтийг эрчимжүүлэх зэрэг арга замаар анхдагч нанодисперс системийн үүсэлтийг эрчимжүүлэх шаардлагатай юм. Цемент ба түүгээр хийсэн эдлэлийн бат бэхийг дээшлүүлэхэд нанодисперс төлөвт байгаа (микрокремнезем, шингэн шил, нанодисперст гөлтгөнө, урьдчилан гарган авсан гидросиликат ба гидроалюминат кальци) крентийг нэмэх аргаар гидратацын анхдагч бүтээгдэхүүний дахин кристаллжих эгшинд жигд кристалл бүтцийг зохицуулалттай үүсгэж болно. Эндээс үзвэл эрдсэн барьцалдуулагч бүхий барилгын материал эдлэл үйлдвэрлэх технологи нь нанодисперс системийн үүсэлтэй холбоотой төдийгүй энэ нь тухайлсан шинж чанартай бүтцийг үүсгэхэд гол үүргийг гүйцэтгэнэ.

Цементийн гидратац нь химийн урвалын явцыг тодорхойлох олон хүчин зүйлээс хамаарах дулаан ялгаруулах процесс юм. Цементийн лагшимд гидросиликат кальц (C-S-H) зонхилохоос гадна кальцийн гидроксид($\text{Ca}(\text{OH})_2$) , этtringит (AFt), моносульфат (AFm), бага хэмжээгээр гидрогранат зэрэг эрдсүүдийг агуулсан байна. Гидратацын явцад шинээр үүсэлтэй эрдсүүдийн агууламж өөрчлөгдөх ба бүтэц нь нанотүвшинд (гель бүтэц) шилжинэ. Иймээс цементийн гидратацыг нанотүвшинд авч үзэх нь гидратацын процессыг судлахад чухал ач холбогдолтой юм (1-р зураг).

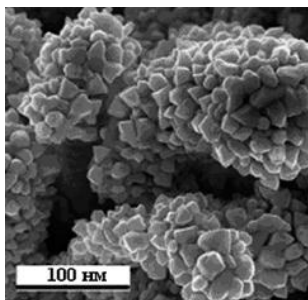


1-р зураг. Гидратацлагдсан цементийн гадаргуугийн электрон микроскопийн зураг

Нанотехнологи нь цементийн бөөмийн гидратацыг ажиглах, түүний нанобүтцийг ойлгох боломжийг олгож байна. Цөмийн соронзон резонансын аргаар цементийн бөөмийн харилцан үйлчлэлийг ажиглан гидратацын урвалын явцад янз бүрийн зузаантай гадаргуугийн үеүүдийг үүсгэж байгааг харж болдог.

20 нм орчим зузаантай гадаргуугийн үе нь цементийн бөөм рүү усыг нэвтрүүлэн кальцийн ионыг ялгаруулах хагас нэвтрүүлэлттэй хаалт мэт ажиллана. Гэвч арай цементийн том хэмжээтэй силикатын ионууд энэ үеийг татаж авна. Үүний улмаас гадаргуугийн үе эвдрэн цементийн бөөмсүүд хөөлтөнд орж силикагель үүснэ (кальцийн ион агуулаагүй гель маягийн полимержсэн силикатын тетраэдр). Энэ эвдрэл нь силикатын ионыг шингээх боломжийг олгох ба цементийн бөөмүүдийг холбож бетоны бат бэхийг тодорхойлогч C-S-H гелийг үүсгэнэ[6].

Электрон микроскопоор гидратацын дүнд үүссэн C-S-H-ийн нанобүтцийг цементийн бөөмийн гадаргуу болон дотор хэсгээс дээжлэн судалж үзсэн судалгааны дүнгээс харвал дотор талд 4-6 нм хэмжээтэй нягт жижиг бөөмсүүд, харин гадаргууд нэг шугамын дагуу байрласан олон тооны урт нарийхан утас хэлбэрийн C-S-H найрлагатай утаснууд үүссэн болохыг тогтоожээ. Энэ утсархаг бүтцийн диаметр ойролцоогоор 3 нм, урт нь хэдэн арван нм хэмжээтэй болно (2-р зураг).



2-р зураг. Атом хүчний микроскопоор ажигласан C-S-H-ийн нанобүтэц

Атом хүчний микроскопоор гидратацлагдсан алитын гадаргууд C-S-H-ийн бөөгнөрсөн хэлбэртэй дисперс элемент буйг ажиглажээ. Харин цементийн гадаргууд кальцитийн нэг кристаллтай энэ нанобөөмсүүд холбогдсон байдалтай ажиглагдах ба C-S-H гель нь 5 нм зузаантай, $60 \times 30 \text{ нм}^2$ талбайтай ялтас

хэлбэрийн нанобөөмсүүдийн тороос тогтоно. C-S-H-ийг гель мэт үзэх хэдий ч заавал аморф байх албагүй. Дифрактограммд илрэх бүх рефлексүүд нь өргөн үүсдэг нь тухайн объект маш бага хэмжээтэй болохын баталгаа тул энэ төрлийн бүх бөөмсийг нанохэмжээст гэж үзэж болно.

Цементийн гидратацын явцад нөлөөлөн түүний физик механик шинж чанарыг өөрчлөх зорилгоор хэрэглэдэг микрокремнезем, дэгдэмхий үнс, нанохоолойнууд болон уян налархайжуулагч зэрэг нэмэлтүүдийн харилцан үйлчлэл ихэнхдээ нанотүвшинд явагддаг болохыг дээрхи судлаачдын судалгааны дүнгээс харж болох юм.

Дээрхи судалгаанаас үзэхэд барилгын материал судлалын шинжлэх ухаан нь өргөн хэрэглээний барилгын материалын үйлдвэрлэл, шинж чанар, зориулалтын чиглэлээр судалгаа, боловсруулалт явуулдаг салбарын хувьд 21-р зууны хөгжлийн түлхүүр болох өндөр технологийг судлах, үйлдвэрлэлийн үйл ажиллагаанд нэвтрүүлэх онол, практикийн асуудлыг авч үзэх цаг нэгэнт болсон гэж үзэж байна.

Барилгын материалын судалгаанд ашиглаж болох нанотехнологийг дараах гол чиглэлүүдээр эрдэмтэд тодорхойлж байна.

4. Бодисыг нийлэгжүүлэх аргаар барьцалдуулагч болон бусад төрлийн барилгын материал гарган авахад нано хэмжээст төлвөөс макрокомпозит үүсгэх процессуудыг ашиглах.
5. Зориудаар нунтаглах технологи болон аяндаа нунтаграх түүхий эдэд тулгуурлан макрохэмжээст төлвөөс нанохэмжээст төлөвт шилжих процессуудыг ашиглах.
6. Композит барьцалдуулагч материалд нанохоолой, фуллерен зэрэг янз бүрийн нанонэмэлтүүдийг ашиглах замаар онцгой шинж чанартай материал гарган авах .

Барилгын материал судлалын хүрээнд нанотехнологийн болон нанотүвшинд хийх судалгааг дараах арга замуудаар хэрэгжүүлж болно.

-Тодорхой шинж чанартай наноматериалуудыг бэлтгэх

-Наноматериалуудын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох

-Илэрхий процессуудыг нанотүвшинд тайлбарлах

Нанохэмжээст бөөмийн хувийн гадаргуугийн хэмжээнээс шалтгаалан түүний компенсацлагдаагүй гадаргуугийн энергийн утга их байна. Энэ нь тэдгээрийн агууламж тодорхой утгаас хэтрэх үед нанобөөмсийн бөөгнөрөл үүсэх гол шалтгаан болно. Үүнтэй холбоотой наномодификаторын зарцуулалт тухайн материалын массын өчүүхэн хэсгийг эзлэх ба нанобөөмсийн бөөгнөрөл үүсвэл тухайн системд явагдах харилцан үйлчлэлийн мөн чанар нанохэмжээст төрхөө алдана.

Тухайлбал, бетон нь том жижиг дүүргэгч, цементийн чулуу, ус, агаарын нүх сүв зэргээс тогтох систем бөгөөд хатуурах үед явагдах химийн процессууд, бетон хольцын макробүтэц үүсэлтийг нанотүвшинд удирдах нь нанотехнологийн үндсэн асуудал гэж үзэж болно. Нанодисперст нэмэлтийг хэрэглэн ус цементийн харилцан үйлчлэл, цементийн мөхлөгийн уусалт, шинээр үүсэх гидрат фазын кристаллжилтын зохицуулан бетоны эдэлгээний шинж чанарыг дээшлүүлж болно. Ийм төрлийн нэмэлтийн нэг нь гадаргуугийн идэвхитэй бодисуудыг ашигласан уян налархайжуулагч нэмэлтүүд бөгөөд бетон үйлдвэрлэлийн технологид хэдийнээ нэвтэрсэн гэж үзэж болно.

Энэ чиглэлийн судалгаа шинжилгээний ажлууд барилгын материалын үйлдвэрлэлд туршилтын шатанд нэвтэрч байгаа нь шинэ материал, технологи үүсэх боломжуудыг бүрдүүлж байна [7].

Ус бага шаарддаг композит барьцалдуулагч материалыг нанобүтэцжүүлсэн модификаторууд болон хаягдал үнс шаарга ашиглан гарган авах нь цементийн орцыг багасгахаас гадна бетоны шинж чанарыг дээшлүүлж эдэлгээний хугацааг уртасгах боломжийг бүрдүүлж байна. Бетоны найрлаганд ордог нунтаг бүрдүүлэгч хэсгүүдийн шинж чанарыг 2-р хүснэгтээр үзүүлэв.

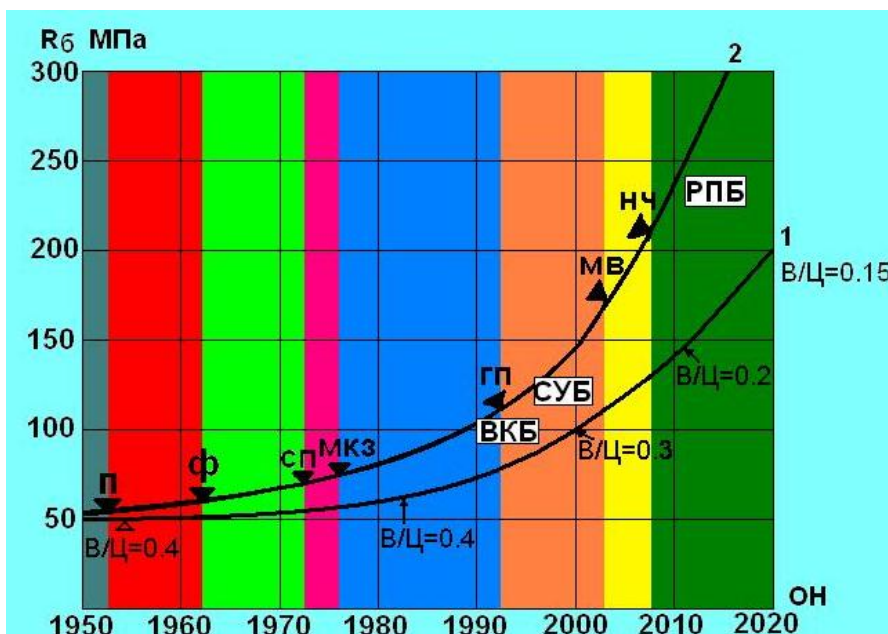
2-р хүснэгт

Нунтаг материалын шинж чанар ба найрлага

Үзүүлэлт	Цемент,%	Дэгдэмхий үнс,%	Микрокремнезем,%	Нанокремнезем,%
SiO ₂	18-24	40-60	80-99	100
Al ₂ O ₃	4-8	23-24	0.5-3.0	-

Fe ₂ O ₃	1-5	2-16	0.1-5.0	-
CaO	61-69	1-2.5	0.7-2.5	-
Бөөмийн дундаж хэмжээ, мкм	10-20	10-30	0,1-0,3	0,007-0,04
Нягт, кг/дм ³	3,10-3,13	2,15-2,45	2,22-2,40	2,20
Хувийн гадаргуу, м ² /г	0,3-0,6	0,3-0,8	16-22	30-300
Хэлбэр	нунтаг	нунтаг	Нунтаг, суспенз	Коллоид уусмал, нунтаг

Нанодисперс нунтагийн технологи нь температур, даралт, хийн орчны найрлага, урвалжуудын концентрац, процессын хурд зэргийг өөрчлөх замаар удирдагдах процесс бөгөөд хувийн гадаргуу 400 м²/г утганд дөхөхөд үндсэн материалын шинж чанар эрс өөрчлөгдөнө. Жишээлбэл: хайлах ба ууршихын дулааны температур буурах, иончлолын энерги буурах, физик химийн идэвхи ба уусалт өсөх, урвалжих чадвар эрс өсөх зэрэг өөрчлөлтүүд бий болно. Үүний үндсэн дээр бетоны технологийн хөгжлийг эрдэмтэд дараах зурагт үзүүлснээр төсөөлж байна (3-р зураг) [8].



3-р Зураг . Бетоны технологийн хөгжил.

1-В/Ц-г бууруулж бат бэхийг өсгөх, 2- В/Ц-г бууруулах болон технологийн өөрчлөлт хийж бүтцийг өөрчлөн бат бэхийг өсгөх. Тэмдэглэл: П-уян налархайжуулагч, Ф-фибро, СП-Супер уян налархайжуулагч, МКЗ- микрокремнезём, ГП-гипер уян налархайжуулагч, МВ-микро утас, НЧ- нанобөөм, ВКБ-өндөр чанарын бетон, СУБ-өөрөө нягтрах цутгуурын бетон, РПБ-урвалжих нунтаг бетон

Бетоны шинж чанар ба бүтэц нь цементийн чулууны чанараар голлон тодорхойлогдоно. Бетонд хэрэглэх дээрхи материалууд нь ус цементийн харьцааг мэдэгдэхүйц бууруулснаар цементийн чулууны нягт ихсэх, цементийн чулууны гидратжих явц өөрчлөгдөх зэрэг нь тогтвортой, бат бэх гидросиликатуудыг үүсгэх нөхцөл болох ба цементийн чулууны нягт тогтвортой бүтэц нь түүний бат бэхийг дээшлүүлэх гол хүчин зүйл болно.

Гадаадын судлаачдын барилгын наноматериалын салбарт гүйцэтгэж байгаа гол шинжлэх ухаан үйлдвэрлэлийн чиглэлийг авч үзвэл:

-Өндөр технологийн бүтээцийн материалууд-ган, металл, керамик, шил, полимер, цемент, бетон, композит материалд наномодификац хийх

-Үзэгдлийг нанохуваарь болон нанобүтцийн түвшинд авч үзэх шинэ арга хэрэглэснээр тэдгээрийн макро шинж чанараар илрэх онцлогийг судлах (гидратац, суулт,)

-Онцгой шинж чанартай нимгэн хальс (материалын шинж чанарыг олон дахин дээшлүүлэх бүрхүүл үе, өөрөө цэвэрлэгдэх үе гм)

-Бүтээцийн төлөв байдал ба орчны нөхцлийг хянах шинэ датчикууд

-Хүрээлэн байгаа орчныг хамгаалах боломжийг бүрдүүлсэн энергийн эх үүсгүүрүүд-дулаан хадгалах шинэ систем, энергийн хэмнэлттэй гэрэлтүүлэг, тусгай зориулалтын тусгаарлагчид ба өөрөө цэвэрлэгдэх шиллэгээ гм

Дээр дурьдсан чиглэлүүд нь барилгын үйлдвэрлэлд нанотехнологийг хөгжүүлэх ерөнхий хандлагыг авч үзсэн болно. Гэхдээ ойрын ирээдүйд тогтвортой химийн, фазын, ширхэглэлийн найрлагатай ультра ба нанодисперсын нунтагийн үйлдвэрлэл, шинэ нэр төрлийн арматурчлах элементийн технологийг

боловсруулах (утас хэлбэрийн кристалл, утас, микросфер, дисперслэгдсэн бөөмүүд), онцгой өндөр бат бэхтэй эвдрэлгүй нунтаг бетон, дулаанд тэсвэрлэгкомполит материал, цахилгаан дамжуулах материалууд зэрэг чиглэлүүд үйлдвэрлэлд нэвтрэх төлөвтэй байна.

Барилгын нанотехнологийн тэргүүлэх чиглэлийн талаар авсан санал асуулгын үр дүн дараах байдлаар гарсан байна (3-р хүснэгт) [9].

3-р хүснэгт

Барилгын нанотехнологийн хэрэглээний хүрээний рейтинг

Нанотехнологийг хэрэглэх ба судалгааны чиглэл	Саналын хувь	
	Судлаачид	Үйлдвэрлэгчид
Нанохэмжээст түвшинд үзэгдлийг авч үзэж ойлгох	82	58
Нанобөөм, фибро, нэмэлт	80	37
Нанобүтэцжүүлсэн материал	73	26
Бүтээцийн шинэ материал	61	26
Гадаргуугийн ба фаз хоорондын харилцан үйлчлэлийг үнэлэх, өөрчлөх	55	21
Тусгай зориулалтын бүрхүүл, будаг, нимгэн хальс	45	21
Дулааны ба тусгаарлах шинэ материалууд	20	11
Барилгын энергетик	24	0
Биозохицол бүхий гибрид материал	20	0

Энэ судалгаанаас судлаачид ба үйлдвэрлэгчдийн нанотехнологийн тухай мэдлэг эрс зөрөөтэй байгаа нь харагдаж байгаа юм.

1.3 Байгалийн нанобүтцэт эрдэс түүхий эдийн судалгаа, туршилт

Нанотехнологи гэдгийг өргөн утгаар нь авч үзвэл уртын хэмжүүрийн боломжит жижиг хэмжээст орших атом молекулын түвшинд шинэ материал, бүтээгдэхүүнийг гарган авах, судлах арга нөгөө талаас анагаах ухаан, материал судлал, оптик, электроник, байгаль орчны г.м. өөр бусад хэрэглээний салбарууд дахь ололт амжилтууд, судалгаа шинжилгээний ажлын цогц гэж үзэж болно[14].

Хамгийн товчоор хэлэхэд нанотехнологи гэдэг нь шинэ процессыг үүсгэх урлаг юм. Нанотехнологи гэнэт үүсээгүй бөгөөд хүн төрөлхтөн, түүний дотор манай ард түмэн эрт дээр үеэс ахуй амьдралдаа монголын уламжлалт нанотехнологийг хэрэглэж ирсний жишээ нь эмийн эрдсийн түүхий эд бэлтгэж, эм тан бүтээх, бурхны зураг, сүм хийдийн барилгын засал чимэглэлийн зориулалттай хэт нарийн ширхэгтэй будаг гаргах зэрэг далд увьдаст шинж чанарыг агуулсан технологийн нууц нээгдэж байгааг дурьдаж болох юм[15].

Барилгын материалын үйлдвэрлэл нь түүхий эдийн багтаамж ихтэй учраас зохиомлоор гарган авсан нанодисперс материалын ашиглах асуудал ихээхэн өртөг зардал гарна. Гэхдээ сүүлийн үед явагдаж байгаа судалгаанаас харахад барилгын материалыг үйлдвэрлэхэд наносистем ба наноматериалуудыг нэвтрүүлэхэд тулгуурласан хавсрага судалгааны чиглэл зонхилон явагдаж байна.

Эдгээр чиглэлүүдийн нэг нь байгальд байгаа эрдэс түүхий эдүүдийг нанодисперс төлөвт шилжүүлэн түүнийг барилгын материалын шинж чанарыг дээшлүүлэхэд ашиглах явдал юм. Тунамал гаралтай нилээд тооны чулуулагууд (шавар, мел, диатомит) устай харилцан үйлчилж конденсац бүтцээс коагуляц бүтцэд шилжих үед нанодисперс системийг үүсгэх чадвартай бодисуудыг агуулсан байдаг. Ийм шилжилтзарим нэг шавар ба шаварлаг эрдэст (аллофан, монтмориллонит, гидрослюд) илэрнэ.

Зарим материалуудыг ердийн хэрэглээний, шинжлэх ухааны үүднээс сонирхол татахгүй гэж тооцдог байсан хэдий ч нанотехнологийн эрин үетэй уялдан судлаачдын сонирхлыг ихээр татаж эхэллээ. Ийм материалд ердийн шаврыг хамааруулан үзэж болно. Сүүлийн жилүүдэд шаврын полимер, шингэн кристалл ба янз бүрийн уураг зэрэг бодисуудтой харилцан үйлчлэх процессыг судлах хүрээнд эрдэмтдийн судалгаа эрс идэвхжиж байна. Шаврын нэн ирээдүйтэй хэрэглээ нь нанотехнологи гэдгийг Америкийн эрдэмтэд нэг нанометрийн зузаантай шаврын нимгэн үеийг гарган авснаар баталж чадсан юм.

Байгаль дээр орших шавар нь барилгын керамик материалын үндсэн түүхий эд бөгөөд баяжуулан ахуйн болон бусад төрлийн керамик материалын

үйлдвэрлэлд ашигладаг. Гэхдээ шаврыг бүрдүүлэгч шаварлаг эрдсүүдийг кристалл бүтцийн онцлогоор нь каолинитийн, монтмориллонитийн, иллитийн төрлийн гэж ерөнхийд нь ангилж үздэг. Эдгээрээс нанотехнологийн судалгаанд монтмориллонитийн төрлийн эрдсээс зонхилон тогтсон (80% дээш агуулалттай) натрийн бентонит шаврыг өргөн ашиглаж байна. Монтмориллонитийн кристалл бүтэц нь гурван үеэс тогтоно. Эдгээрийн хоёр талын үе нь төвдөө цахиурын атомтой цахиур хүчилтөрөгчийн тетраэдр тор харин дотоод үе нь дундаа хөнгөн цагааны атом байрласан хүчилтөрөгч эсвэл гидроксильн бүлгийн нягт өрөгдсөн атомууд бүхий октаэдр тороос тогтоно. Эдгээр торуудаас бүтсэн хуудсанцарууд Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ба усны молекулаар өөр хоорондоо холбогдсон байна. Бентонитын кристалл бүтцийн хуудсанцаруудыг холбох ионуудаас натрийн ион давамгайлж байвал холбоосын хүч суларч гидратацын үед дээрхи хуудсанцарууд тусгаар бөөм болон задарна. Энэ бөөмийн хэмжээ нь зузаанаараа 1 нм, уртаараа 200 нм хүртэл байна.

Бентонитийн төрлийн шаврын нанотехнологийн хэрэглээ нь сул холбоост хуудсанцаруудын хооронд бусад төрлийн органик ба органик бус бодисуудыг нэвчүүлэн нанокompозит материал гарган авах болон бентонитээс гарган авсан нанобөөмийг зарим материалын шинж чанарыг сайжруулах нэмэлт байдлаар ашиглахад чиглэгдэж байна. Анх удаа үелэг силикатад тулгуурласан нанокompозит материалыг 90- ээд оны эхээр Японы эрдэмтэд монтмориллонит ба нейлон-6 гэсэн системд туршин анхны материалын бүхий л шинж чанарыг 1,4-1,7 дахин дээшлүүлж болохыг тогтоожээ [9]. Мөн монтмориллонитийн кристалл бүтцийн сул холбоотой үеүүдийн хооронд металлын ион нэвчүүлэн ганг орлохуйц бат бэхтэй, цахилгаан дамжуулах полимер материал; байгалийн гаралтай органик бодисуудыг нэвчүүлэн байгалийн цэвэр наноматериалуудыг гарган авсан нь машин үйлдвэрлэл, пластмасс, нэмэлт тэжээл болон гоо сайхны салбарын судлаачдын анхаарлыг ихээхэн татах боллоо [10].

Мөн АНУ-ын NaturalNano компани шаварлаг эрдсээс нанохоолой гарган авах аргыг олж уг хоолойг зэсээр дүүргэн цахилгаан дамжуулах полимер композит материал туршжээ. Энэ туршилтандаа гуурс хэлбэрийн бүтэцтэй галлаузит

эрдсийг ашигласан бөгөөд байгалиас үүсэлтэй нүүрстөрөгчийн наногуурс болж чадна гэж үзжээ. Ийм байгалийн наногуурсыг анагаах ухаан, хөдөө аж ахуй түүнчлэн гоо сайхны чиглэлээр хэрэглэж болох ба 1 грамм нүүрстөрөгчийн наногуурсын өөрийн өртөг ойролцоогоор 250 доллар бол 500 грамм цэвэр галлаузитийг гарган авахад 20 орчим доллар буюу түүний нанотехнологийн хэрэглээ хямд учир эрчимтэй хөгжих боломжтой байна [11].

Бентонит ба бентонит төсөөтэй шаврыг геологи-үйлдвэрлэлийн зориулалтаар нь ангилан үзэх асуудал түүнийг ашиглах чиглэл ба шинж чанарын шалгууруудыг тогтоох үндэслэл болно. Бентонит шаврын шинж чанарын үндсэн үзүүлэлт нь монтмориллонитийн агуулалт түүний бүтэц-кристаллохимийн онцлог юм. Монтмориллонитийн төрлийн эрдсийг дулааны задлан шинжилгээний өгөгдлөөр кристалл химийн гурван төрөлд хуваан үзэж болно[12]. Нэгдүгээр төрөл нь октаэдр бүтцийн Al^{3+} ион Mg^{2+} -оор солигдсноор кристалл оронд торонд хасах цэнэг зонхилно. Үүнийг саармагжуулах нэмэх цэнэг нь үндсэндээ Ca^{2+} ба Mg^{2+} катионууд байна. Микро бөөмүүд нь C тэнхлэгийн дагуу дөрөв түүнээс дээш силикатын үеүүдээс тогтсон олон үет кристалл байна. Дулааны задлан шинжилгээгээр нам температурын мужид ОН бүлгийг ялгаруулах процесс нэг шаттай явагдана. Хоёрдугаар төрөл нь Сөрөг цэнэгийн хэмжээ нь октаэдр дэх Al^{3+} ион Mg^{2+} ба Fe^{2+} ; тетраэдр дахь Si^{4+} ион Al^{3+} ионоор солигдох болон ОН групп үүсэлттэй холбогдон үүсэх протонжилт зэрэг гурван үйлчлэлээр тодорхойлогдоно. Энэ төрлийн бентонитийн микробөөм гурав ба хоёр силикатын үеэс тогтоно. Гуравдугаар төрөл хасах цэнэг нь октаэдр дэх Al^{3+} ион Mg^{2+} ба Fe^{2+} ион солилцоо болон ОН бүлгийн хэсэгчилсэн протонжилтоор үүснэ. Энэ үед үе хооронд орших катион нь Na^{+} ба K^{+} шүлтийн катионууд зонхилно. Энэ төрөлд өндөр температурын мужид усаа алдах процесс тод ажиглагдана. Иймд байгаль дээр орших бентонит шаврын дулааны задлан шинжилгээний үзүүлэлтүүд нь нанотехнологийн хэрэглээг тодорхойлох чухал шинж чанар юм. Монтмориллонитийн төрлийн ихэнх эрдсүүдэд шингээсэн ба үе хоорондын усаа алдахад харгалзах $100-300^{\circ}C$ температурын мужид дараалсан жингийн алдагдал, $500-555^{\circ}C$ температурт талстын усаа алдах эндоэффект, $800-900^{\circ}C$ температурт маш сул экзоэффект ажиглагддаг. Хэрвээ монтмориллонитод төмрийн агууламж их байвал $800^{\circ}C$

температурт илрэх эндоэффект мэдрэгдэхгүй байна. 500-555°C температурт үүсэх эндоэффект нь тухайн эрдсийн дулааны тогтвортой байдлыг үзүүлэх ба торын октаэдр үе дэх Al, Fe ба Mg харьцаа ба тэдгээрийн октаэдр үе дэх байрлалаас хамаарна. Al, Fe- Mg хэлбэрийн изоморф солилцоо энэ эндоэффектийн температурыг бууруулах ба октаэдр үеийн эвдрэлийг харьцангуй нам температурт явагдана. 850-900°C температурт илрэх маш сул экзоэффект үелэг силикатын бүрэн эвдрэхийг харуулна. 200-250°C температурт нугарал байвал Ca-Mg катион солилцоо байгааг харуулна. Хэрвээ бичлэгийг агаарын ба азотын орчинд бичихэд термограммд ямар нэг ялгаа үүсэхгүй байвал бентонитод агуулагдах төмөр силикат фазын найрлаганд тухайлбал монтмориллонитийн октаэдр үеийн найрлаганд байгаагийн баталгаа юм [13].

Шунгитийг байгалийн нанотехнологийн материал болохыг судлаачид тогтоон ширэм, төмрийн хайлш, фосфор, дулаанд тэсвэртэй будгийн дүүргэгч зэрэг үйлдвэрлэлд түүний шингээх болон урвалыг идэвхжүүлэх шинж чанарыг өргөн ашиглаж байна. Мөн урсгал усыг цэвэрлэхэд өргөн хэрэглэж байгаа төдийгүй цахилгаан дамжуулах материал үйлдвэрлэхэд (Цахилгаан дамжуулагч хар тос, цахилгаан дамжуулагч бетон, тоосго, шавардлагын зуурмаг, цахилгаан дамжуулагч будаг) ашиглах ирээдүйтэй гэж үзэж байна. Шунгит нь нүүрстөрөгч агуулсан чулуулаг юм. Шунгитийн нүүрстөрөгч нь ойролцоогоор 10 нм хэмжээтэй олон үетэй байна. Ийм бүтэц нь исэлдэн-ангирх урвалын үед маш идэвхтэй шинж чанартай байна. Шунгитийн найрлаганд нүүрстөрөгч-30, кварц-45, силикат-20, сульфит-3 орчим хувь агуулагдана. Шунгитэд агуулагдах нүүрстөрөгч нь фуллерентэй төстэй хэлбэрийг агуулдаг тул үүнийг байгалийн бий болгосон фуллерен гэж үзэх боломжтой юм.

1.4 Полимер нанокompозит материалын тухай.

Полимер композит материалын тухай ярихын өмнө композит материал гэдэг ойлголттой эхлээд танилцах хэрэгтэй. Композиц гэж системийн фаз хоорондын зааг тодорхой хоёр эсвэл хэд хэдэн фазаас тогтох полимер матрицад байгаа урт

ба хөндлөн огтлолын харьцаа нь янз бүр байх хүчитгэх элементүүдээс тогтсон материалыг нэрлэнэ. Композиц материалын механик шинж чанар полимер матриц ба арматурчлах элементийн хоорондох харилцан үйлчлэл ба тэдгээрийн адгезийн хэмжээнээс голлон хамаарна. Бодит байдалд арматурчлах элементэд полимер матрицын адгез их байх тутам композитийн бат бэх өндөр байна. Хэрвээ нанокompозит материалыг авч үзвэл нанобөөмсүүд макро бус молекулын түвшинд полимер матрицтай харилцан үйлчилнэ. Ийм харилцан үйлчлэлийн дүнд нанобөөм ба полимер матрицын хооронд маш өндөр адгезийн бат бэхтэй композит материал үүснэ.

Үүнээс гадна полимер матрицад тодорхой хэмжээгээр дүүргэгч нэмэлт хийж урьдчилан төлөвлөсөн механик, хими, дулаан техникийн шинж чанар бүхий композит материалыг гарган авч болно. Нанокompозит материалын хүрээнд шаврын бөөмсөөр бэхжүүлсэн маш нягт пенопластыг үүсгэх жишээг авч үзэж болно. 5%-иас ихгүй шаврын бөөм агуулсан полимер хөөсөөр техникт ашиглаж байгаа полимер материалаас бат бэхээрээ онцын ялгаагүй материалыг инженерүүд зохион бүтээж чаджээ.

Гэвч наноматериалын давтагдашгүй шинж чанар нь тэдгээрийг гарган авахад маш хүнд байдагт оршино. Гадаргуугийн илүүдэл энерги нанобөөмсүүдийг наалдуулан бөөгнөрөл үүсгэнэ. Үүнээс гадна нанобөөм химийн идэвхи өндөртэй тул бусад бодистой харилцан үйлчилсний улмаас давтагдашгүй шинж чанараа алдана. Иймд нанокompозит полимер материалыг одоогийн хэрэглэж буй технологиор гарган авч болохгүй юм.

Нанокompозит материалыг гарган авах технологи нь нанобөөмийн төрлөөс голлон хамаарна. Полимер ба керамикт суурилсан нанокompозит материалыг гарган авахад золь-гель технологийг ашиглах нь илүү үр дүнтэй байдаг.

Полимер ба керамикт суурилсан үелэг нанокompозит материалыг байгалийн үелэг бүтэцтэй органик бус бодисыг тухайлбал, монтмориллонитыг ашиглан гарган авна. Ойролцоогоор 1нм зузаантай дүүргэгчийн үеийг ханасан мономерийн уусмал болгосны дараа полимержилт явуулна. Үелэг нанокompозит нь анхны

полимер матрицтай харьцуулбал хий ба шингэнийг үлэмж бага нэвтрүүлэх шинж чанарыг агуулсан байна.

Полимер-үелэг силикат бүхий нанокомпозит материалыг гарган авахад хэд хэдэн дөхөлтүүдийг ашиглаж болох боловч эдгээр нь дараах гурван процесс дээр тулгуурлана.

Пласт полимержилт. Энэ аргачлал нь полимер- үелэг силикат хэлбэрийн материалыг гарган авах анхны арга бөгөөд полиамид-6 дээр суурилна. Боловсруулсан үелэг силикатыг шингэн мономер эсвэл мономерийн уусмалд хийхэд хөөлт үүснэ. Мономер үелэг силикатын бүтэц рүү нэвчих ба полимержилт үеийн дотоодод явагдана. Полимержих процессыг цацраг ба дулаанаар идэвхжүүлж болно.

Уусгагч ашиглах арга. Полимер –силикат нанокомпозитийг синтезлэхэд туйлт уусгагчийг ашиглана. Аргачлал нь дээрхитэй бараг адил. Органсиликатыг толуол эсвэл N-диметилформамид мэтийн туйлт уусгагчинд хийхэд хөөлт үүснэ. Дараа нь уусгагчинд ууссан полимерийг нэмэхэд силикатын үе хооронд нэвчин тархана. Эцсийн шат нь вакуумд ууршуулах замаар уусгагчаас салгана. Энэ арга нь уусгагчийн зарцуулалт ихтэй учир тэр бүр өргөн хэрэглэдэггүй байна.

Хайлшинд интеркаляцлах арга. Энэ арга нь хайлуулсан термопластыг органсиликаттай хольж тэдгээрийн харилцан үйлчлэлийг зохицуулна. Интеркаляцын явцад полимер гинж тодорхой хэмжээгээр энтроп алдана. Энэ процессыг хөдөлгөгч хүч нь халуунаар холих үед полимер органсиликатын харилцан үйлчлэлийн энтальпид чухал хувь нэмэр болно. Энэ арга нь хялбар бөгөөд өргөн хэрэглэгддэг.

1.5. Хайлмагшуулан холих аргаар гарган авсан полимер-На монтмориллонит нанокомпозитийн бүтэц.

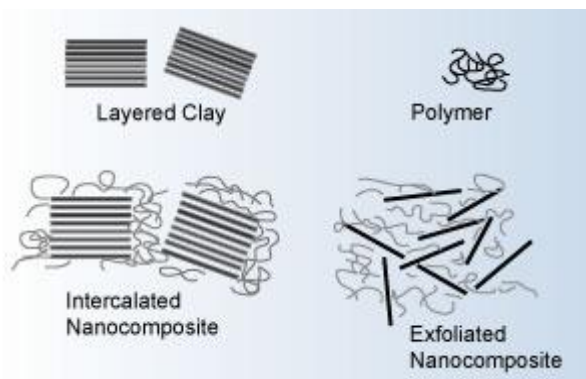
1990-ээд эхээр Японы судлаачид нейлон-6 ба монтмориллонитад суурилсан нанокомпозитийг анх удаа гарган авчээ. Энэ нанокомпозит материал нь

нейлон-6 –ийн үзүүлэлтээс харимхайн модулаар 1.7, бат бэхээр 1.4 дахин их үзүүлэлттэй байжээ. Механик шинж чанар мэдэгдэхүйц сайжирсан нь дулаан тэлэлтийн итгэлцүүрийг 1.5 дахин бууруулж, зөөлрөлтийн температурыг 65-аас 152°C хүртэл өсгөжээ. Монтмориллонитийг жингийн 4.7% хүртэл нэмсэн байна. Эдгээр судлаачид полимерт шаварлаг эрдэс нэмэх нь полимер матрицад янз бүрийн хий диффузлэх итгэлцүүрийг эрс бууруулдаг болохыг ажиглажээ.

Полиамидийн төрлийн туйлт полимерийн хувьд түүний шинж чанарыг сайжруулах нэмэлт нь үелэг силикат болдог. Энэ төрлийн нанокомпозит материал нь аль хэдийн хэрэглээнд шилжиж тусгай бүрхүүл, цахилгаан ба автомашины эд ангийг хийхэд ашиглаж байна.

Хамгийн чухал нь үелэг силикатууд нь харьцангуй хямд, байгальд өргөн тархсан байдгаараа давуу юм. Ердийн холих төхөөрөмжийг ашиглан үелэг силикат агуулсан нанокомпозитийг бэлтгэхэд шавар холих үед боловсруулж байгаа хольцын зуурамтгай чанарыг өөрчилнө.

Полимер-шавар нанокомпозит материалыг гарган авахад туйлт төдийгүй



туйлт бус полимер матрицыг хэрэглэж болох боловч тухайн материалын ашиглалтын шинж чанар харьцангуй муу байдаг. Байгалийн үелэг силикатын гадаргуу ус татах чадвар өндөр байдаг явдал полимер ба дүүргэгчийн зохицолыг өндөр түвшинд байлгах шаардлага тавигдана.

4-р зураг. Нанокомпозит үүсэх бүдүүвч

Дээрхи шалтгааны улмаас полимер нанокомпозитийг гарган авахад силикатын үеүүдийн хөдөлгөөнт чанарыг дээшлүүлэх үүднээс шаврын үе хоорондын орон зайд органфиль үеүүдийг үүсгэх хэрэгтэй. Ийм өөрчлөлтийг дараах аргуудаар бий болгож болно.

-Үет силикатын тусгаар кристаллуудын наалдалтын дүнд үүссэн том бөөгнөрлүүдийг арилгах.

-Силикатын үе хоорондох орон зайд том молекулыг нэвчүүлэх

-Материалын физик механик үзүүлэлт аль болох өндөр хэмжээнд байхаар дүүргэгчийн гадаргуу дээрхи харилцан үйлчлэлийг явуулах

В.А.Герасин нарын судлаачид 95-100 мгэв/100г катион шингээлт бүхий цэвэр

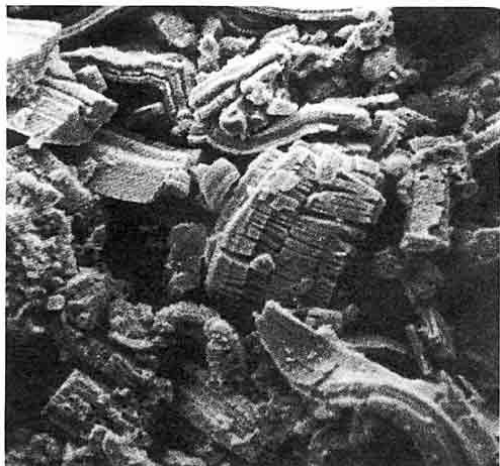
Na-монтмориллонитийг ашиглан түүнийг диоктаденилдиметиламмонийн бромид(ДОДАБ) –аар үйлчлэн бүтцийг өөрчлөн нанокompозит материал боломж түүний бүтэц бүрдлийг судалжээ[1]. Судалгаандаа полиэтилен, полистрол гэх мэт полимерийг ашиглажээ. Нанокompозит материалыг полимер матрицыг хайлуулан түүнд шавар нэмэх аргаар явуулжээ.

Судалгааг калориметр, дифрактомерийн аргаар хийж полимер ба үет силикатын харилцан зохицолыг шаварлаг эрдсүүдийн кристалл бүтцийн талст хоорондын зайн өөрчлөлт, урвалын үед ялгарах дулааны тоо хэмжээгээр үнэлгээ өгсөн байна.

1.6 Органшаварт суурилсан нанокompозит полимер материал

Сүүлийн жилүүдэд шинэ буюу сайжруулсан шинж чанар бүхий полимер материалыг гарган авах асуудал материал судлалын ирээдүйтэй чиглэлийн нэгт тооцогдож байна. Урьдчилан төсөөлсөн шинж чанартай полимер композит материалыг гарган авахад пигмент, уян налархайжуулагч, дүүргэгч, исэлдэлтээс хамгаалагч зэрэг нэмэх ба полимер матриц бүхий органик бус нанокompозит материалд оксидын, нитридын, карбидын, силикатын зэрэг нанобөөмс орно. Эдгээр органик ба органик бус компонентуудын харилцан зохицолыг хангах нь эдгээр материалыг бий болгоход тулгарах гол бэрхшээл юм.

Энэ бэрхшээлийг гэтлэн давахад органик бодисоор шаврыг хувиралд оруулах аргаар шийдэх нь хамгийн энгийн тархмал арга болно. Хувиралд орсон шавар нь энгийн шавартай харьцуулбал дараах давуу талуудтай байна.



1. Органшавар полимер матрицад хялбархан задарна.

2. Органшавар полимерийн гинжтэй харилцан үйлчилнэ.

5-р зураг. Үет силикатын микро бүтэц

Органшаварт суурилсан полимер нанокомпозит материалыг бий болгоход байгалийн үелэг силикат тухайлбал, монтмориллонит, гекторит, вермикулит, каолин, сапонит зэргийг ашиглаж болно. Эдгээрийн үеийн хэмжээ 1 нм орчим зузаантай, 200 нм орчим урттай байна. Эндээс харахад шаврын жижиг хэсгийн шугаман хэмжээ их байна.

Энэ үеүүд өөр хоорондоо завсар үүсгэн шаврын талст бүтцийг үүсгэнэ. Энэ завсрыг галарей гэж нэрлэнэ. Октаэдр ба тетраэдр бүтцийн изоморф солилцооны улмаас үеийн дунд хэсэгт хасах цэнэг үүсэх ба үүнийг үеүүдийг дунд нэвчсэн шүлтийн металлын катионууд цахилгаан тэнцвэрт байлгана.

Үеүүдийн хооронд байгаа органик биш катионуудыг өөр төрлийн катионоор солилцож болно. Гадаргуугийн идэвхит бодисын катионоор солилцоо хийвэл үе хоорондын орон зай ихсэж, шаврын гадаргуугийн энерги багасах ба шаврын гадаргуу гидрофоб төрхтэй болно. Дээрхи аргаар хувиралд оруулсан шавар нь полимертэй зохицон үелэг-полимер нанокомпозитийг үүсгэнэ. Органик ионы зэрэгцээ устөрөгчийн холбоогоор шаврын гадаргуутай холбогдох ионы бус хувиргагчийг ашиглаж болно. Энэ үед органшавар илүү химийн тогтвортой төлөв байдалд шилжинэ.

Энэ аргаар наноккомпозит гарган авах аргыг нилээдгүй эрдэмтэд боловсруулсан бөгөөд уусмал, хайлш ба полимерийн синтезийн процессыг ашиглах үндсэн гурван аргыг ашиглажээ. Ийм наноккомпозит гарган авах өөр нэг арга нь золь-гель технологи юм. Гэхдээ органшаварт суурилсан наноккомпозитийг гарган авахад хайлш ба полимерийн синтезийн процессыг ашигласан технологийг өргөн хэрэглэдэг.

Полимерийн өөрийнх нь синтезийн процессоор полиме наноккомпозит материалыг гарган авахад арга нь шаврын үе хооронд мономер нэвчин орох үзэгдэлд тулгуурлана. Нэвчин орсон мономер үеүүдийн орон зайд полимержинэ. Полимержих урвалыг халаах болон бусад аргаар идэвхжүүлж болно.

Джианелийн үзснээр наноккомпозит хэлбэржих процесс хэд хэдэн завсрын үе шатыг дамжина. Эхний үе шатанд органшаврыг жижиг хэсгийг полимер бүрхэнэ. Хоёр дахь шатанд органшаврын үе хооронд полимер нэвчин үеүүдийг 2-3 нм хүртэл тэлнэ. Гуравдахь шатанд органшаврын үеүүдийн байршил өөрчлөгдөн үелэг бүтэц алдагдана. Эцсийн шатанд расшелушивание үүснэ[3].

1.7 Бентонит нь байгалийн наноматериал болох нь.

Сонгодог кристаллографын төсөөллөөр хамгийн жижиг нэгж буюу <тоосго> нь ангестрамаар хэмжигдэх параметртэй эгэл тороос эрдсийн ертөнц бүтээгдэнэ гэж үздэг. Эгэл тор нь бүхэлдээ макро хэмжээний бодисын бүхий л шинж чанарыг агуулсан байна. Гэхдээ эгэл тор нь тухайн кристаллын шинж чанарыг хадгалаагүй бүр бага хэмжээтэй эзлэхүүний нэгжээс тогтоно. Тэдгээрийг **домен, кластер** гэх мэтээр нэрлэнэ. Эдгээр нь орон зайд тодорхой эрэмбээр байрлан тухайн бодисоос тэс өөр шинж чанартай шинэ бодисыг үүсгэнэ.

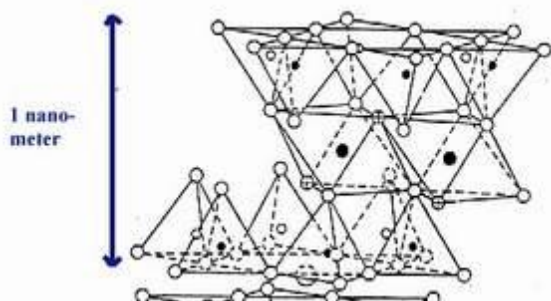
Нилээд судлаачид нанохэмжээст бодистой төстэй нэгдлүүдийг байгаль өөрөө үүсгэдэг болохыг судалж тогтоожээ.

Тухайлбал, бентонит нь бүхий л шинж чанараараа байгаль дээр байгаа нанохэмжээст бодисын бүхий л шинж чанарыг агуулсан эрдэс бодис боловч одоог

хүртэл барилгын ба уул уурхайн ажилд голлон хэрэглэж байгаагаар хэрэглээ хязгаарлагдсан хэвээр байгаа юм.

Орчин үед наноматериалын ач холбогдол ихээхэн өсөж байна.

Өргөн тархмал монтмориллонитийн төрлийн эрдэс гурван үеэс тогтдог болохыг хэн бүхэн мэдэх билээ. Дээд ба доод давхраг нь үеийн доторх орон зай руу чиглэсэн оройтой SiO_4 тетраэдрээс тогтох ба дотоод үеийг $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ октаэдр

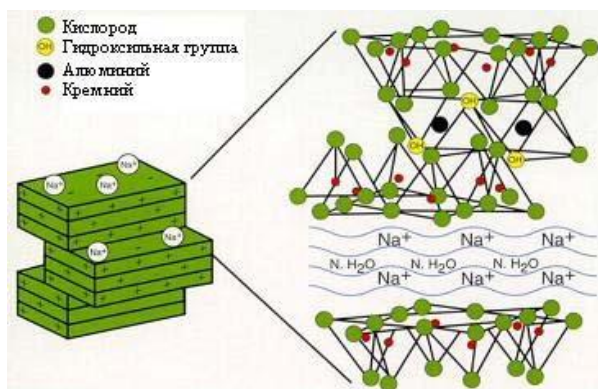


6-р зураг. Шаврын плейтлет

маягаар төсөөлж болох

бөгөөд эдгээр үеүүд SiO_4 тетраэдрийн орой дээр байрлах хүчилтөрөгчийн ОН гурван атомаар солигдсон байна.

Бүтцийн үеүүд с тэнхлэгийн дагуу давхарлан өрөгдөж байршина. Үе хоорондын сөрөг цэнэгийг тэдгээрийн хоорондох орон зайд байгаа Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} катионууд саармагжуулна. Үе хоорондын катион усаар бүрхэгдсэн байна. С зайн хэмжээ тогтмол бус бөгөөд усны хэмжээнээс хамааран $9,6-21,4\text{\AA}$ хүртэл утгатай байна. Энэ эрдсийн хамгийн онцлог шинж чанар нь өөрөө задрах чадвартайд оршино. Задрах процессоор төгс бус бүтцийн элемент үүсэх боломжтой юм. Энэ бүтцийн элементийг нанобөөм гэж үзэх ба нэг төрлийн <плейтлет> юм.



Эгэл плейтлет нь 0,96-1,5 нм зузаантай, хэдэн зуун нм урттай байна. Зузааны хэмжээ шингээсэн усны агууламжаас хамаарна. Эгэл плейтлет сөрөг цэнэгтэй байна. Сөрөг цэнэгийн хэмжээг тетраэдр дэх Si^{4+} - Al^{3+} ба октоэдр дэх Fe^{3+} , Al^{3+} - Mg^{2+} катион солилцоогоор тодорхойлогдоно. Түүний

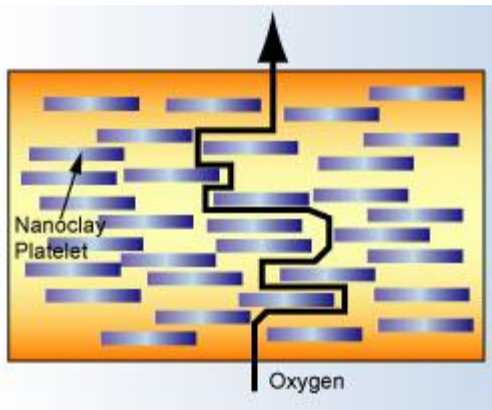
цэнэг нь 0,25-0,6е орчим байна.

7-р зураг. Бентонитийн кристалл бүтэц.

Шаварлаг бөөмд хамаарах плейтлетийн онцгой шинж чанар нь өөрөө эрэмблэгдэх чадварт оршино. Энэ үед суспенз нь тодорхой бүтцийг үүсгэх ба гель хэлбэрийн төлөвт шилжинэ. Ийм шинж чанарыг илрүүлэхэд 85-95% монтмориллонит агуулсан бентонитийн төрлийн шаврыг ашиглана.

Ийм төрлийн нанонунтагийг пластмасс, ус тусгаарлагч, барилгын керамик зэрэг материал үйлдвэрлэлийн салбарт ашиглаж болно.

Ус тусгаарлагч. Шаварлаг бөөм буюу плейтлетийн суспенз нь нимгэн хальс хэлбэртэй байх тул урьдаас төсөөлсөн шинж чанартай олон үетэй нимгэн хальсыг



үүсгэж болно. Ийм төрлийн ус тусгаарлагчийг чийглэг хөрсөнд байрлах бүтээцийн материалын ус тусгаарлалтанд ашиглаж болно. Ийм нимгэн хальсыг ус тусгаарлах зориулалтаар ашиглахад шаварлаг бөөм буюу тусгаар плейтлетийн дараах шинж чанаруудыг ашиглана.

8-р зураг. Наноконпозитийн ус тусгаарлалт дээшлэх механизм

Нэгдүгээрт, Гадаргуугийн цэнэгийн нэгэн төрөл бус байдал нь түүний гадаргууд тухайлсан катионыг байрлуулах боломжтой өөрөөр хэлбэл плейтлетийн эгэл гадаргуу дээр солилцох катионы онцгой харилцан үйлчлэлийг бий болгох ба тэдгээрийн байршил тодорхой эрэмбэтэй байна.

Хоёрдугаарт, Үе хоорондын орон зайд оруулах солилцох катионы төрөл, найрлагыг сонгох замаар хамгийн их хөөлттэй шаварлаг суспензийг гаргаж болно.

Гуравдугаарт, Плейтлетүүдийн өөр хоорондын харилцан үйлчлэлийн нөлөөгөөр тиксотроп шинжээрээ харилцан адилгүй гель үүсэлтийг суспенз өөрөө бүрдүүлнэ.

Эдгээр шинж чанарт тулгуурлан тусгай будаг, ус тусгаарлагч материалыг үйлдвэрлэж байна.

Нанокompозитийн бүрэлдэхүүн хэсэг. Сүүлийн 3-4 жилд хуванцарын үйлдвэрлэлд нано хэмжээст бүрэлдэхүүн болох наношавар, нүүрстөрөгчийн нанохоолой агуулсан полимерын нано композит материал нь чухал байр суурийг эзлэх боллоо. Нанокompозитийн найрлаганд 2-5% нано компонентийг оруулснаар полимерын физик шинж чанарын үзүүлэлтүүд сайжирсан байна. Үүнд:

-хатуулаг

-Хэлбэр хадгалах

-Гал тэсвэрлэлт

-Цахилгаан тэсвэрлэлт гэх мэт.

Хэрэглэгчийн эрэлт хэрэгцээтэй нанохэмжээст дүүргэгчид нь нанохэмжээст ширхэглэл бүхий алюмосиликатын материал, нүүрстөрөгчийн нанохоолой болно.

Дээрхи дүүргэгчдийн гадаргууд боловсруулалт хийж полимерийн нэвчилтийг сайжруулснаар гарах үр дүн нь сайн болно. Өнөө үед наношавар нь хуванцар материалын нано бүрэлдэхүүн хэсэгт ихээр хэрэглэгдэж байгаа бөгөөд хэрэглэгчдийн таашаалд нийцэж байна. Наношавар, нанохоолой нь хуванцар материалын бүтээцийн, дулааны, галд тэсвэрлэх чадварыг дээшлүүлэхээс гадна цахилгаан дамжуулалтыг сайжруулна.Эдгээрээс гадна синтетик шавар, полиэдралын силсесквиоксон, неорганик нанохоолой, сульфат барийн нанохэсэг, кремнезема нанохэсэг, байгалийн волокна / сэмэрдэс / гэх мэт дүүргэгчдийг судалж байна.

Нано шаврын тодорхойлолт. Нанотехнологит силикат хөвөнгийн нанохэмжээст дүүргэгчийг ихэвчлэн хэрэглэдэг. Тухайн нанохэсэгийн урт ойролцоогоор 1нм

байдаг. Ердийн шавар нь байгалийн эрдэс учраас шинж чанар нь тогтворгүй байна. Шаврын цэвэршилт нь нанокompозитийн материалд нөлөөлөх талтай . Нанокompозитийг дараах хэмжигдэхүүнүүдээр тодорхойлно. Үүнд : Шаврын төрөл

- Шаврын цэвэршилт
- Полимерийн төрөл
- Нанокompозитийн материалд полимерийг оруулах арга .

Хамгийн гол үзүүлэлт нь шаврын нанохэсгийн харьцангуй урт юм. 1нм зузаантай 300-500 нм харьцангуй урттай шаврыг хэрэглэх нь зохимжтой.

Хамгийн их хэрэглэгддэг наношавар нь үелсэн алюмосиликат монтмориллонит / ММТ/ бөгөөд танар ба гялтганууртай харьцуулахад уртаараа 70-150 нм, өргөнөөрөө 1 нм үеэр үеэлсэн байдаг. Үелэлээс нь шаврын гадаргуугын талбайг эзэлүүнтэй нь харьцуулсан харьцааг их хэмжээгээр өсгөхөд нөлөөлнө. Шавар полимерийн композитийг гурван төрөлд хуваана.

1. Ердийн
2. Хуваагдсан
3. Үелсэн

Хэрэв полимер дахь монтмориллонитын хэсгүүд хэсэгчлэн хуваагдсан байвал тактоид гэж нэрлэх ба тодорхой ялтсуудад хуваагдаж бүрэн задарсан байвал хуваагдсан шавар полимерийн композит гэнэ. Шаврыг полимерийн матрицтай сайн нийцүүлэхийн тулд урьдчилан гадаргууг боловсруулах шаардлагатай .

Матрицын полимеризацийн үед полимерийн хайлш шаврыг холих явцад явагдах химийн урвал болон хүчний үйлчлэлээр такиодууд нь ялтас болон үелэгдэнэ.

Полимерийн композитод монтмориллонитыг оруулснаар уян хатан чанарын модуль дулаан тэсвэрлэлтийн өөрчлөлт, үрэлтийн эсэргүүцэл, дулаан тэсвэрлэлт,

хэлбэржилт, галд тэсвэрлэлт, зэрэг механик шинж чанар сайжрах ба шавар бүрэн үелсэн үед наноккомпозит нь хамгийн сайн шинж чанарыг үзүүлнэ.

Шаврын химийн найрлага нь түүний ялтасны гадаргуу дахь ус шингээгч неорганик катионуудын монтмориллонит төрлийн полимертэй нийцэх боломжгүй болдог. Тодорхой шинж чанар бүхий шавар-полимерийн наноккомпозитийг үүсгэхийн тулд шаврын гадаргууд боловсруулалт хийж, шаврын туйлыг багасган органофильны болгоно.

Органофильный шаврыг гарган авахын тулд түүнд агуулагдах органик бус катионыг органик катионоор солих шаардлагатай.

Монтмориллонитоос гадна өөр төрлийн шавруудыг хэрэглэж болдог байна. Тухайлбал: цөөн тооны ялтас бүхий гекторит / магний силикат/, синтетик шавар / гидроталькит / г.м . Эдгээр шаварууд нь цэвэршилт сайтай учраас ялтасны гадаргууд нэмэх цэнэг оруулахад хялбар байдаг. /Монтмориллонитын гадаргуу дахь сөрөг цэнэгтэй харьцуулахад /

Технологийн процесс ба нано шаврын шинж чанар. Наноккомпозитийн үйлдвэрлэлийн сонгосон технологийн процесоос шалтгаалан тодорхой шинж чанар бүхий эцсийн бүтээгдэхүүн гарган авна.

Шаврын завсар хоорондын зайнд явагдах полимерийн нэвчилтийг эрчимтэй явуулахын тулд шаврын гадаргуугийн бүтцийг боловсруулах шаардлагатай. Тактиодиуд нь полимерийн, мономерийн хайлш байдлаар байх ба улмаар полимеризацид ордог. Дээрхи технологийн процесс нь өртөг өндөртэй учраас хэрэглэгдэх хүрээ нь хязгаарлагдмал боловч үелсэн наноккомпозитийг гаргах аргатай харьцуулахад эцсийн бүтээгдэхүүний шинж чанар илүү байна. Наноккомпозитын бүрэлдэхүүнд термопластик полимерууд болох нейлон, полиолефин, полипропилен, полистрол , полиэтилентерефталат, этиленвинилацетат, полиимид , полиуретан болон эпоксидын полимерууд оруулж болно.

Монтмориллонит дахь үелсэн ялтасны зузаан нь энгийн нүдэнд үзэгдэх гэрлийн долгионы уртаас бага байдаг учраас тэдгээр тунгалаг ялтасуудыг баглаа боодлын үйлдвэрт хэрэглэхэд тохиромжтой. Үүнээс гадна шаврын хэсгийн ялтасууд нь полимерийн кристалл үүсэлт болон нэвчилтэнд нөлөөлнө. Үүнтэй уялдан хуванцар нанокөмпозитод янз бүрийн хийн байдалд байх бодистой харьцах харьцах хүрээ сайжирна. Хуванцар нанокөмпозитийн шинж чанар нь түүнд агуулагдах нүүрсүүсэлтийг багасгах галд тэсвэртэй /антипирен/ бодисын хэмжээг найрлагандаа зохистой хэмжээгээр агуулахад оршино. Энэ нь өртөг бага тай полиолефинийн нанокөмпозитийг үйлдвэрлэх боломжтой .

Наночаврын шинэ модификаторууд. /СAM/ компани болон түүний охин компани /ЗМ/патентлагдсан технолиогор нүүрс-устөрөгчийн сополимероор нанокөмпозитыг боловсруулсан байна./СAM / компани нь сайн шинж чанар бүхий нанокөмпозитгарган авахын тулд полимерын бүтцийг түүний функциональ группын байрлалыг удирдлага болгосон. Компани нь дээрхи шинэ материалуудыг модификацид оруулсан шаврын нэвчилтийг сайжруулах полиолефин болон стиролын нанокөмпозитын хайлшинд нэмсэн нэмэлтийн хэмжээг тодорхойлоход хэрэглэж байна./СAM/ модификаторуудын наночаврын нэвчилтыг сайжруулах, полимер матрицтай бат бэх холбогдох шинж чанаруудын судалгаа хийгдэж байна.

Үүнээс гадна шаврын эрчимтэй нэвчилтэнд ус шингээгч шавар болон /гидрофобный/полиолефин холбогчтой матрицын үл нийцэлт нь үргэлж саад болж байдаг.

Одоо үед хэрэглэгдэж байгаа органик модификацид оруулсан шаврын нэмэлт болох малеинийн хүчил болон этилен нь шаврын үелэлтэд эрчимтэй нөлөө үзүүлээгүй байна. Шаврын үелээсийг эрчимтэй болгохын тулд нэмэлтийн хэмжээг ихэсгэх шаардлагатай.

Дунеон компани нь илүү шинж чанар бүхий амин, ангидрид, хүчил болон эпоксидийн давирхай бүхий функциональ групп агуулсан янз бүрийн шаврын блок-сополимерыг гарган авсан байна. 5% СAM, 5% органглин, 90% полипропилены

хольцыг мөн аргаар бэлдсэн полипропилен,шавар болон 5% малеиний хүчил,этилены хольцтой харьцуулан туршилтын үр дүнг боловсруулсан байна.

Рентген дифракцийн шинжилгээгээр шаврын найрлаганд маш бага 1% нэмэлт хийхэд уян харимхайн модуль 40-50%-иар өссөн байна.

2. Туршилт судалгааны арга, аргачлал.

2.1 Эрдэс байдалтай орших шаварлаг хэсгийг тодорхойлох

Үелэг бүтцийн онцлогоос хамааран шаварлаг эрдсийг:

- тетраэдр ба октаэдр хоёрлосон үетэй энэ бүлэгт каолинитийн бүлгийн эрдсүүд /каолинит, диккит, накрит, галлаузит/ орно.

- 2 тетраэдр 1 октаэдрээс тогтох 3 үет эрдсүүд - монтмориллонитийн группын эрдсүүд /монтмориллонит, нонтронит/,вермикулит, уст гялтгануур /гидромусковит, иллит, глауконит г.м/

- Октаэдр нэг үе ба 3 давхар үенээс тогтох хуудсархаг/пакет/ бүтэцтэй - хлоритийн бүлгийн эрдсүүд

- 2 болон 3 давхар хосолмол үе бүхий эрдсүүдийн ургацаг /минералы сrostки/ - монотермит бейделлит

Шаварлаг эрдэс байгаль дээр ихэнх тохиолдолд холимог байдлаар оршдог. Шаврын эрдсийн найрлагыг мэдсэнээр шаварлаг түүхий эдийн технологийн боловсруулалтын талаар урьдчилан дүгнэлт өгөх боломжтой. Каолинит ба монотермит шавар нь цагаан болон цайвар өнгө бүхий хайламтгай биш галд тэсвэртэй, усанд муу сэвсийдэг,гол төлөв үелэг биш цул бүтэцтэй байдаг. Каолинит нь уян налархай биш, монотермит уян налархай чанар багатай байдаг. К ба М шаврыг галд тэсвэртэй материал , фарфор фаянс болон өнгөлгөөний керамик үйлдвэрлэхэд хэрэглэнэ.

Монтмориллонитийн төрлийн шавар нь бусдыгаа бодвол задралтын зэрэг өндөр, хөөлт ихтэй, уян налархайжилт өндөртэй, хатаалт, шатаалтанд мэдрэмж багатай. Уст гялтгануур болон бейделлитийн төрлийн шавар нь дунд зэргийн уян

налархайжилттай, хатаалт, шатаалтын мэдрэмж бага. Барилгын тоосго, бүтээцийн керамик чулуу, шүүрүүлт хоолойн үйлдвэрлэлд хэрэглэдэг. Шаврын эрдэс найрлагыг тодорхойлоход төрөл бүрийн иж бүрэн судалгааны арга болох петрограф, рентгенбүтцийн, электрон микроскоп, дулааны задлан шинжилгээ зэрэг нарийн багаж төхөөрөмжүүд хэрэглэдэг.

Хээрийн экспресс лабораторийн үед эрдсүүдийг органик будагч хэрэглэн сонгон будах чанарын аргаар мөн солилцооны комплексийг метил цэнхэр будагчийг шигээх замаар тоон аргаар тодорхойлно.

Шаврыг сонгон будах арга. Үелэг бүтэцтэй талстуудаас тогтдог шаврын эрдсүүд нь маш нимгэн хальс хэлбэртэй байдаг нь будагч хэрэглэх үед чухал нөлөөлөлтэй. Будагчийн молекулын төрөл бүрийн гадаргуу дээр тогтох чадвар өөр өөр байдаг Октаэдр хэлбэрийн торны гадаргуу дээр будагч бодисын шингэлт бараг явагддаггүй харин тетраэдрийн хувьд энэ арга нь илүү үйлчилдэг. Иймээс шаварлаг эрдсийн талст торын бүтцээс хамааран будагчийн шингэлт/адсорбция/ ижил нөхцөлд өөр өөрөөр явагдана. Сонгон будах аргын үед метилийн цэнхэр /Mg/, хризоидин /Хр/, давсны хүчлийн бензидин /Би/ гэсэн үндсэн 3 будагч материалыг хэрэглэдэг.

Метилийн цэнхэр – $C_6H_{18}N_3SCl \cdot 3H_2O$ /тетраметилинтионины 3 уст хлорид/ - тиозины үндсэн будагч, хүйтэн ба халуун усанд мөн этилийн спиртэд сайн уусч хөх өнгийн уусмал үүсгэдэг.

Хризоидин – $C_6H_5N = NC_6H_3(NH)_2$ - үндсэн аминоз будагчийн бүлгийн 2,4 байрлалтай (2,4 –диаминозобензол) органик нэгдэл. Усанд сул уусдаг. Спирт болон органик уусгагчид сайн уусах бөгөөд уусмал нь шар өнгийг үзүүлнэ.

Бензидин $H_2NC_6H_4 - C_6H_4NH_2$ -4,4(4,4 диаминодифенил) сулруулсан давсны хүчилд сайн уусч давсны хүчлийн бензидин- $C_{12}H_{12}N_2 \cdot 2HCl$ буюу дихлоргидратыг үүсгэнэ. Ус болон этилийн спиртэд сайн уусах ба өнгөгүй уусмал үүсгэнэ. Энэ тохиолдолд будагчийн катионууд нь холбоосын бат бэхийн индикаторын үүрэг гүйцэтгэнэ. Эдгээр катионууд уусмалд байгаа эсэхийг шингээлтийн үед ч шавар дээр нүдэн баримжаагаар бага агууламжтай үед ч

тодорхойлж болдог. Ямар нөхцөлд адсорбцлогдож байгаагаас шалтгаалан эдгээр будагчид нь өнгөө өөрчилдөг онцлогтой. Туршиж буй объектын өнгө нь түүний шингээж буй гэрэл нь харагдах спектрийн долгионы ямар уртад хамаарахаас шалтгаална. Шаврын эрдэс бүтцээс хамаарч долгионы урт өөрчлөгддөг тул зарим тохиолдолд энэ аргыг хроматографийн арга ч гэж нэрлэнэ.

Урвалж бэлтгэх:

1. 0,01%-ийн метил цэнхрийн уусмалыг 100 см³ нэрмэл усанд 1 мг Мг-ийг уусгах замаар бэлтгэнэ. Уусмал нь нарны гэрэлд мэдрэмтгий тул харанхуй газар хадгална.

2. 0,01%-ийн хризоидиний уусмалыг 10 мг Хг-ийг 100 см³ нэрмэл усанд уусгах замаар бэлтгэнэ.

3. Бензидиний уусмалыг дараах дарааллаар бэлтгэнэ. 0,05 гр давсны хүчлийн бензидин Би –г 100 юмуу 200 см³ багтаамжтай колбонд хийж дээрээс нь 50 см³ нэрмэл ус хийж 2-3 цагийн дараа уусмалыг шүүгээд 100 см³ хүртэл нэрмэл усаар шингэлнэ. Давсны хүчлийн бензидиний уусмал хэсэг хугацааны дараа шаралдаг тул бараан өнгийн шилэнд, бага хэмжээгээр бэлдэж хэрэглэх нь тохиромжтой.

Мөн кали хлор/КCl/-ын ханасан уусмал, 5%-ийн давсны хүчил /HCl/-ийн уусмал бэлтгэх шаардлагатай. Будагч дээр КCl ба HCl-ийн уусмалыг нэмэхэд шаварлаг эрдсийн гадаргуу дээрээс N-ийн атомын холбоо тасарч улмаар уусмал болон тунадасны өнгө өөрчлөгддөг гэж үздэг. Метилен цэнхрээр будсан монтмориллонитийн уусмалын өнгө КCl –ийн уусмал нэмэхэд өнгө хөхөөс цэнхэрдүү ногоон болж өөрчлөгдөнө.

Шаврыг туршилтанд бэлтгэх: 1.1 мм шигшүүрээр нэвтэртэл нунтагласан агаарын хуурай байдалд байгаа шавраас 0,5гр-ийг жинлэн авч шаазан аяганд хийж дээрээс нь бага зэрэг ус нэмнэ. Сорьцыг резин нухуураар нухсаны дараа 50 см³ багтаамжтай шилэн цилиндр рүү угаагч шүршүүрийн тусламжтайгаар юулж хэмжээс хүртэл нэрмэл ус хийж сайн хольсоны дараа 3,5 цаг тундасжуулна.

2. Үүний дараа шингэний дээд хэсэгт /7см орчимд/ гол төлөв шаварлаг хэсэг нь ялгарах бөгөөд энэ хэсгийг 2 дахь цилиндр рүү юүлж 1,004-1,005 гр/см³ нягттай болтол нэрмэл усаар шингэлнэ. Энэ нь ажлын уусмал болно.

3. Хэрэв шаварлаг хэсэг цилиндр дотор шууд тунавал энэ нь шаварт уусдаг давс байгааг илэрхийлж байгаа тул уусдаг давсыг урьдчилан угааж зайлуулах хэрэгтэй гэсэн үг. Үүний тулд тунадасны дээд хэсгийн шингэнийг тундасыг хөндөхгүйгээр юүлж нэрмэл усаар дүүргэж дахин байлгана. Ийм байдлаар шаардлагатай нягт бүхий уусмал бий болтол үйлдлийг хэд хэд давтана. Уусмалын нягтыг аэрометрээр хэмжинэ.

4. 5 ширхэг хуруу шилэнд ажлын уусмалаас тус бүр 2 см³ –ийг хийж 1-р х.шилэнд 1см³ Mg, 2-рт - 1см³ Mg + KCl/1..2 дусал/, 3-рт -1 см³ Хр, 4-рт 1 см³ Хр+HCl/1..2 дусал/; 5-р хуруу шилэнд 1см³ Би-ийг хийнэ.

5. Хуруу шилнүүд дэхь бодисыг сайтар сэгсэрч хольсны дараа 12-24 цаг байлгаад хүснэгт 1-3-ийн тусламжаар шаварлаг түүхий эдийн эрдсийн төрлийг тодорхойлно.

4-р хүснэгт

Mg ба Mg + KCl ийн үйлчлэх үед давамгайлах эрдсээс уусмалын өнгөний хамаарал

Mg-ийн үйлчлэх үед уусмалын /тунадас/өнгө	Тунадасны төрөл	Mg+KCl-ийн үед уусмалын /тунадас/өнгө	Тунадасны төрөл	Байж болох эрдэс
Ногооноос өвс шиг ногоон	Гельмаягийн	Сулавтар ногоон Эсвэл өнгө өөрчлөгдөхгүй	Гельмаягийн	Бейделит
Хөх	Нягт	Ногоон	Гельмаягийн	Гялтгануурын хольцтой бейделит
Сул хөх эсвэл ягаандуу хөх	Нягт	Хөх-чернилэн ягаан	нягт	Гялтгануур
Чернилэн ягаан	Нягт	Чернилэн ягаан	нягт	Каолинит
хөх	Хүчтэй гельжсэн	Цэнхэрдүү ногоон, ногоондуу цэнхэр	Хүчтэй гельжсэн	Монтмориллонит

Чернилэн хөх	Гельмаягийн	Цэнхэр эсвэл чернилэн хөх	Гельмаягийн	Ферригаллуазит
--------------	-------------	------------------------------	-------------	----------------

5-р хүснэгт

Хр ба Хр+НСI-ийн үйлчлэлийн үед давамгайлах эрдсээс
уусмалын өнгөний хамаарал

Хр-ийн үйлчлэх үед үзүүлэх өнгө		Хр+НСI үйлчлэх үед үзүүлэх өнгө		Байж болох эрдэс
уусмал	тунадас	уусмал	тунадас	
Хүрэн-шар	Хүрэн улаанаас тод улаан	Өнгөгүй	Өнгө өөрчлөгдөхгүй	Монтмориллонит
Хүрэн-шар	Хүрэн	Өнгөгүй	Өнгө өөрчлөгдөхгүй	Бейделит
Шар	Шар	Цайвар шар	Гүн шар	Каолинит
Цайвар терракот	Терракот /паалангүй шатаасан шавар эдлэлийн өнгө /	Өнгөгүй	Бараан терракот	Уст гялтгануур, Гялтганууртай ойролцоо эрдэс
Бараг өнгөгүй	Шар	Хүрэн улаан	Хүрэн улаан	Уст гялтгануур, бейделиттэй ойролцоо

6-р хүснэгт

Давсны хүчлийн үйлчлэлийн үед давамгайлах эрдсээс уусмалын өнгө хамаарах

Уусмалын өнгө		Байж болох эрдэс
уусмал	тунадас	
Өнгөгүй	Эрчимтэй хөх	Монтмориллонит
Бараандуу хөх, Сааралдуу хөх	Бараандуу хөх, сааралдуу хөх	Уст гялтгануур,
Хөх ногоон, цэнхэр	Хөх ногоон, цэнхэр	Бейделит

Өнгөгүй	Өнгөгүй	Бейделит
---------	---------	----------

2.2 Шаврын катион шингээлтийг фотоэлектрокалорометрийн адсорбцийн аргаар тодорхойлох

Шавар болон шаварлаг эрдсийн шингээлтийн багтаамж нь өөр өөр байх ба юуны түрүүнд эрдсийн бүтэц, талст торон дахь атом солбицол, шаварлаг эрдсийн нунтаглалтын зэрэг, мөн нарийн ширхэглэлтэй органик бодисын агууламж г.м олон хүчин зүйлээс хамаарна. Шаврын ион солбилцолд гол төлөв Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; H^{+} ; Na^{+} ; K^{+} зэрэг катионууд оролцоно. Катион шингээлтийн багтаамжийг дараах аргуудаар тодорхойлно Үүнд:

1. **жингийн арга** -хлорт бари, давсны хүчил, хөнгөн цагаант хлор зэрэг уусмалуудын тусламжаар явагдах ион солбилцолын десорбцоор

2 **эзлэхүүний /хурдавчилсан арга/ арга**- шаварлаг суспензийг олеат калийн усан спиртийн уусмалаар титэрлэнэ.

3. **адсорбцийн арга**- шаварлаг талстуудын гадаргуу дээрх органик будагчийн /гол төлөв метил цэнхэр/ шингээлтийн үзэгдэл дээр үндэслэгдэнэ. Адсорбцийн арга нь харьцангуй хялбар туршилтыг цаг орчим явуулдаг тул хурдавчилсан арга гэж үзэж болно.

Туршилтанд дээж бэлтгэх:

1.0,3%-ийн метил цэнхэрийн уусмал бэлдэж /3 гр талст метил цэнхэр (Mg)-ийг 1 л нэрмэл усанд уусгана/ 3 өдөр байлгана. Mg нь нарны хэт ягаан туяанд мэдрэмжтэй тул бараан саванд юмуу харанхуй газар хадгална.

2. Урьдчилан дунджилсан дээжнээс 10 гр шавар жинэлэн авч $105-110^{\circ}\text{C}$ хэмд хатаагаад 2500 отв/см^2 /эсвэл 4900 отв/см^2 / нүхтэй шигшүүрээр нэвтэртэл нунтаглана.

3. 100 мл багтаамжтай 3 колбонд тус бүр 0,3 гр шавар хийнэ.

4. Дусаагуур болон юүлүүрийн тусламжаар колбонууд руу тус бүр 50 мл 0,3%-ийн метил цэнхрийн уусмал хийнэ.

5. Колботой уусмалыг 20 минутын турш сэгсрэгч дээр холиод шууд нягт/хөх/ цаасан шүүлтүүрээр шүүнэ. Шүүлтүүр дээр метил цэнхрийн уусмал концентрацц алдах магадлал их байдаг тул шүүгдсэн эхний дуслыг хаях эсвэл ажлын 0,3%-ийн уусмалаас 50 мл авч нягт шүүлтүүрээр шүүж туршилтын ижил нөхцлийг хангана

6. Шаврыг метил цэнхрээр үйлчлүүсний дараа Mg-ийн концентрацийг фотоэлектрокалориметр ФЭК-М дээр тодорхойлно. Багаж дээрх туршилтыг хөнгөвчлөх зорилгоор шүүгдэсийг /шавартай үйлчилсэн Mg-ийн уусмал/ урьдчилан шингэлж /100 мл багтаамжтай колбонд 1 мл уусмал хийж зураас хүртэл нэрмэл усаар шингэлнэ/ хэрэглэнэ.

7. Бэлтгэсэн уусмалыг резин болон шилэн бөглөөтэй колбонд хийж концентрацийг тэнцвэржүүлэх зорилгоор сайтар холих буюу 10-12 цаг харанхуй газар байлгана.

Хэмжилт хийх

1. Багажийг цахилгаанд залган 20 минутын турш байлгана.
2. Хэмжилт хийхэд 690 нм долгионы урттай монохромат гэрлийг ашиглана.
3. Нэрмэл устай кюветийг багажинд байрлуулан багажын заалтыг 100 хуваарьтай давхцуулна.
4. Шинжлэх дээжийг багажинд байрлуулан багажын заалтыг тэмдэглэнэ.

Катион шингээлтийн багтаамжийг (100гр бодис дахь мг экв) дараах томъёогоор тооцно. $E = \frac{abd}{c \cdot 100e}$ а-шингээгчээр үйлчлүүлэхийн өмнө болон дараах уусмал дахь Mg-ийн агууламжийн ялгавар, b- туршилтанд зориулж авсан Mg-ийн хэмжээ, b=50мл, d-будагчийн агууламж, d= 0,3%, c-гигроскоп чийг бүхий сорьцын жин c=0,3 гр, e- Mg будагчийн эквивалент жин e= 319,9

Багаж дээр тодорхойлсон ΔD ба E-ийн хамаарлыг хүснэгтээс авна.

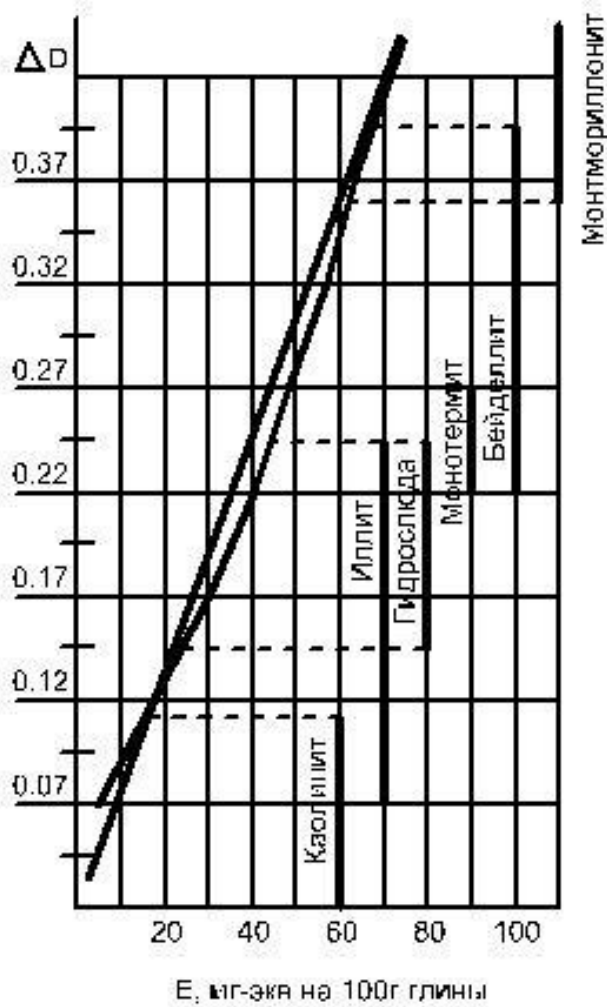
Туршилтын үр дүнг дараах хэлбэрт оруулж бичнэ

7-р хүснэгт

Катион шингээлт тодорхойлох хүснэгт

Түүхий эдийн нэр	Колбоны дугаар	Фотоэлектрокалориметр ФЭК-М	
		Мг-ийн оптик нягт	100гр шавар дахь E, мг.экв
0	1	2	3

Хүснэгтийн өгөдлөөр E-г тодорхойлох номограммыг байгуулна.



Зураг 9. Катион шингээлт, оптик нягтын хамаарал.

8-р хүснэгт

ΔD	E	ΔD	E	ΔD	E	ΔD	E
0.020	5.06	0.062	14.18	0.104	23.30	0.147	31.42
0.023	5.72	0.065	14.84	0.107	23.96	0.150	32.10
0.026	6.38	0.068	15.48	0.110	24.59	0.153	32.58
0.029	6.82	0.071	16.13	0.113	25.24	0.156	33.06
0.032	7.67	0.074	16.78	0.116	25.90	0.159	33.54
0.035	8.33	0.077	17.44	0.119	26.55	0.162	34.02
0.038	8.97	0.080	18.08	0.122	27.18	0.165	34.50
0.041	9.62	0.083	18.74	0.125	27.82	0.168	34.98
0.044	10.28	0.086	19.40	0.128	28.45	0.171	35.46
0.047	10.93	0.089	20.04	0.131	29.06	0.174	35.94
0.050	11.57	0.092	20.69	0.134	29.54	0.177	36.42
0.053	12.22	0.095	21.34	0.137	30.02	0.180	36.90
0.056	12.88	0.098	22.00	0.140	30.50	0.183	37.38
0.059	13.52	0.101	22.64	0.143	30.98	0.186	37.86

2.3 Монтмориллонитийн төрлийн шаварлаг эрдсийг рентгенографын аргаар тодорхойлох.

Монтмориллонитийн эрдсүүд нь диоктаэдр ба триоктаэдр кристалл бүтэцтэй, нарийн ширхэглэлтэй, үелэг силикат ба хөнгөнцагаант силикатын бүлэгт хамаарна. Эдгээр үеүүдийн байршлын онцлог болон шингээгдсэн катион, устай холбоотой энэ төрлийн эрдсийн найрлага харилцан адилгүй байна(9-р хүснэгт).

Смектитын бүлгийн эрдэсүүд

Дугаар	Эрдэс	Хэлбэр	b, Å ⁰
Диоктаэдр	Монтмориллонит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) (Al_{1.67}Mg_{0.33})Si_4O_{10}(OH)$	8.97
	Бейделлит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Al_2(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	8.93
	Нонтронит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Fe^{3+}_2(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.13
	Волконскоит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Cr^{3+}(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.08
Триоктаэдр	Сапонит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Mg_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.18
	Гекторит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) (Mg_{2.67}Li_{0.33})Si_4O_{10}(OH,F)_2$	9.18
	Стивенист	$(M^{+}_{0.16} * n H_2O) Mg_{2.92}Si_4O_{10}(OH)_2$	9.12
	Соконит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Zn_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.28
	Пимелит	$(M^{+}_{0.33} * n H_2O) Ni_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.08

2.4 Бүтцийн ба кристалл химийн онцлог

Силикат үеүүдийн хооронд солилцох катионууд Na^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} болон усны молекулууд байна. Монтмориллонитийн кристаллжилтын зэрэг бага байдаг нь силикат үеүүдийн харилцан байршил эрэмбэгүй байдагтай холбоотой. Иймд үеүүдийн байршлын эрэмбэлэгдэлтийн зэргээр хоёр үндсэн хэлбэрт хувааж болно.

1. ab хавтгайн дагуу шилжсэн ба харилцан эргэсэн байдлаар бие биеэс ялгаатай бүрэн эмх замбараагүй давхаралдсан үеүүдээр тодорхойлогдох тогтонги хоолой бүтэцтэй монтмориллонитууд. Энэ төрлийн монтмориллонитийн дифракцийн зурагт зөвхөн (00l) ба хоёр хэмжээст (hk) рефлексүүд үүснэ.

2. Хагас эрэмблэгдсэн бүтэцтэй монтмориллонит. Энэ төрлийн эрдэс нь $k=3n$ байх hkl хурц шугамуудыг үүсгэдэг нь орон зай дахь үеүүдийн байршил ямар нэг хэмжээгээр эрэмбэлэгдсэн болохыг баталж өгдөг. Эрэмбэшилтийн зэрэг нь тетраэдр үеийн сөрөг цэнэгийн хэмжээнээс ихээхэн хамаарна. Дурын катионтой байгалийн монтмориллонит гурван хэмжээст эрэмбэшилт бүтэцтэй байдаггүй.

2.4.1 Физик-химийн шинж чанар

Ионы солилцоо. Монтмориллонитийн үеүүдийн цэнэгийн саармагжилт үе хоорондын катионы улмаас үүсэх ба энэ нь катион шингээх гайхамшигтэй шинж чанарын шалтгаан юм. Энэ процессын тоон үзүүлэлтийг 100 г шаварт миллиграмм-эквивалентаар хэмжигдэх солилцооны багтаамж юм. Монтмориллонитийн төрлийн шаварт катион солилцоо 50-100 мг-экв/100г хязгаарт байна. Катионууд солилцооны зэргээр бие биеэс ялгаатай ба $Li < Na < NH_4 < K < Mg < Rb < Ca < Co < Al$ цувааг үүсгэнэ. Солилцох чадварт катионы мөн чанар нөлөө үзүүлнэ. Ионы валент чанар их байх тутам түүний солилцох чадвар төдийчинээ их байна[7].

Органкомплекс. Монтмориллонитийн үе хоорондын органик бус катионууд хэмжээ томтой органик молекулын катионоор солилцон орган-эрдэс комплексийг үүсгэнэ. Органик катионууд молекулын үе хэлбэрээр базаль хавтгайтай паралель байрлана. Энэ нь d_{001} хавтгай хоорондын зайн утганд өөрчлөлт оруулна.

Кристалл доторхи хөөлт. Монтмориллонитийн үе хоорондын органик ба органик бус катионуудын зэрэгцээ түүний кристалл доторхи хөөлтийг үүсгэх ус орж болно. Энэ хөөлт нь тэдгээрийн бүтцээс бус үе хоорондын катионы хэлбэрээс хамаарах болохыг судлаачид тогтоосон байна. Ердийн нөхцөлд байгаа Na, Ca, Al монтмориллонитийн хувьд үе хоорондын усны хэмжээжээс хамааран 001 хавтгайд харгалзах утга 12.4, 15.5 ба 15.75 байна.

Халаах үед үүсэх бүтцийн өөрчлөлтүүд. Монтмориллонитийг халаахад үе хоорондын усаа алдаж эхлэх ба түүний эрчим ханасан ионы валент чанартай урвуу хамааралтай байна. Бүрэн усаа алдсан үед үе хоорондын зайн утга ханасан

катионы валент чанартай шууд хамааралтай. Усаа алдах үед 001 хавтгай хоорондын зайн утга 10\AA орчим болохын зэрэгцээ шугамын эрчим буурдаг нь үеүүдийн чигжрэлт ба усны дахин хуваарилалттай холбоотой байдаг. 600°C температур орчимд монтмориллонит ОН бүлгийн усаа алдаж хөөхгүй бүтцийг үүсгэнэ.

Бүтэц ба шинж чанарт механик ба химийн үйлчлэлийн нөлөө. Дулааны боловсруулалтын зэрэгцээ нунтаглах ба хүчлийн боловсруулалт хийхэд түүний бүтэц эвдэрснээс физик химийн шинж чанарт өөрчлөлт гарна. Энэ эвдрэл с тэнхлэгийн дагуу эрчимтэй явагдана. Эвдрэлийн эрчимд кристалл бүтцийн төгсжилтийн зэрэг нөлөөлнө. Төгсжилт муутай нь амархан эвдэрнэ. Нунтаглах ба хүчлийн боловсруулалтын үед 001 хавтгайд харгалзах ойлт их өнцөг рүү шилжин түүний эрчим буурах ба удаан хугацааны үйлчлэлийн дараа энэ ойлт бүрэн алга болно. Эвдрэлийн эцсийн бүтээгдэхүүн нь рентген аморф бодис юм. Хүчлийн боловсруулалтын үед явагдах эвдрэл октаэдр торонд үүснэ. Механик аргаар идэвхжүүлэлт хийхэд түүний катион шингээлт бараг 2 дахин ихэсдэг бол хүчлийн боловсруулалтын үед буурна.

2.4.2 Рентген дифракцийн судалгаа.

Монтмориллонит нь янз бүрийн эвдрэлтэй, маш муу кристаллжсан, жижиг ширхэглэлтэй материал тул түүний дифракцийн зурагт 00l базаль ба hk хоёр хэмжээст дифракцийн шугамууд үүснэ. 00l базаль шугамууд үеүүдийн давтагдах чанарыг тодорхойлох ба үе хоорондын зай, усны хэмжээ, катионы төрлөөс хамаарна. Үүнтэй холбоотой дээжийн боловсруулалтын үед дифрактограмм дээрхи түүний байрлал өөрчлөгдөнө.

hk шугамууд үеийн a ба b параметрууд өөрчлөгдөхөд түүний байрлал өөрчлөгдөнө.

Ердийн нөхцөлд хатаасан натри- монтмориллонитийн 001 хавтгай хоорондын зайн утга 12\AA орчим, кальци ба магнийнх 15\AA байна.

Рентген судалгаанд дээж бэлтгэх аргачлал.

Шаварлаг эрдэс нь тухайн чулуулаг, шавар дахь хэмжээнээс бага ширхэглэлтэй хэсгээс бүрдэх учраас задлах, ялгах өвөрмөц аргууд байдаг. Хамгийн өргөн хэрэглэгддэг аргын нэг нь 0.01 концентрацтай аммиакийн уусмал 10:1 харьцаагаар шаврын дээжийг хийж 48 цагийн турш сэгсэрч сарнимал төлөвт шилжүүлнэ. Шаврын усан уусмалаас Стоксын хуулиар 2мк–аас бага хэсгийг агуулсан хэсгийг ялган авч, хатааж судалгаанд хэрэглэх дээжийг бэлтгэнэ. Мөн дээрх шаврын усан уусмалаас шилэн ялтас дээр жигд түрхэн нарийвчилсан судалгааны дээж бэлтгэнэ.

Монтмориллонит төрлийн шаврын төрөл зүйлийг нарийвчлан тогтооход түүний найрлаганд байгаа карбонатын төрлийн эрдэс, органик бодис, амор хагас ислүүд ихээхэн нөлөөлдөг учраас тэдгээрийг урьдчилан боловсруулалт хийж зайлуулах шаардлагатай .

Карбонатыг арилгах. Монтмориллонитийн дээжинд карбонатууд хольц байдлаар орсон байвал түүнийг жижиг талстууд шингэн үеэс бэлтгэсэн шаврын дээжид нөлөөлж дифракцийн зургийг өөрчилж болдог. Иймд карбонатыг зайлуулахын тулд 1н давсны хүйтэн хүчилд 1:10 харьцаагаар хийж, нүүрсхүчлийн хий бүрэн гарч дуустал боловсруулалт хийнэ. Уусмалын асгасны дараа дээжээ олон дахин /5-10 удаа/ усаар угаана.

Органик хольцыг арилгах. Органик хольцыг зайлуулахын тулд 6-30% -ийн устөрөгчийн хэт ислийн уусмалд 1:10 харьцаагаар шаврын дээжийг хийж хэсэг хугацаанд тасалгааны хэмд байлгасны дараа 40-60⁰ хэмд 2-3 цагийн турш усан баннанд боловсруулалт хийнэ. Уусмалыг юүлсний дараа үлдэгдлийг нилээд хэдэн удаа усаар угаана.

Аморф хагас ислүүдийг арилгах. Аморф хагас ислүүдийг арилгахад 1 гр шаврын дээжийг 0.5л лимоны хүчлийн натрийн уусмалд 1:40 харьцаагаар хийж 1 л содын 5мл уусмал нэмнэ. Уусмалыг 80⁰ С –д 15 минут хатаасны дараа 1гр дитионит натри нэмж дахин 15 минут халааж хутгана. Уусмалыг хөргөсний дараа юүлж үлдэгдлийг нилээд хэдэн удаа усаар угаана.

Аморф цахиурыг арилгах. Төмрийн хагас ислийг арилгасан дээжийг 0.5л ОН-ийн уусмалд 1:100 харьцаагаар хийж усан банн дээр 2-3 минут буцалгана. Дараа нь уусмалыг юулж, үлдэгдлийг нилээд хэдэн удаа усаар угаана..

Монтмориллонит шаврын төрөл зүйлийг таних. Органик шингэнээр нэвчүүлэхэд талст дотор тэлэлт явагддаг. Монтмориллонитийн төрлийн шаврын энэ чадварыг тэдгээрийг танихад ашигладаг. Органик шингэнээр голдуу глицерин, этиленгликолыг ашигладаг.

Хуурай дээжийг органик шингэнээр нэвчүүлэхэд түүний 001 индекстэй гол шугам нь $17,6\text{Å}^0$ орчимд шилжинэ.

2.5 Нанобөөмсийн хэмжээг шинжлэх

PCCS нь тунгалаг бус суспенз ба эмульсийн бөөмийн хэмжээс ба тогтворжилтийг 1нм-ээс 10.000 нм-ийн мужид нарийн хэмжилтийг нэгэн зэрэг гүйцэтгэдэг. PCCS-ийн гол зарчим нь 3D хөндлөн корреляцийн техник юм.

Нанобөөмүүд нь ер бусын хосгүй давуу талуудтай бөгөөд үйлдвэр, арилжаа, хэрэглэгчийн бүтээгдэхүүн зэрэг олон тооны хамгийн ойрын хэрэглэгээг бий болгодог. Бөөмийн хэмжээс 100 нм-ийн орчимд буюу түүнээс бага болоод ирэх үед түүний физик ба химийн шинж чанарт гүнзгий өөрчлөлт ордог. Нанометрийн мужид бөөмийн диаметрийг эргэлзэхгүйгээр нарийн тодорхойлох нь нанобөөмийн хэрэглээний хөгжилд нилээд чухал асуудлуудын нэг болж байна. Нанометрийн мужид бөөмийн хэмжээсийн шинж чанарыг хэмждэг олон тооны багажууд байдаг. Өнөөдрийн байдлаар нанобөөмийн хэмжээсийг судлахад гурван төрлийн багажыг ашигладаг: PCCS, AFM, TEM.

NANOPHOX (PCCS) нь тунгалаг бус суспенз ба эмульсийн бөөмийн хэмжээс ба тогтворжилтийг 1нм-ээс 10.000 нм-ийн мужид нарийн хэмжилтийг нэгэн зэрэг гүйцэтгэдэг багаж юм. PCCS-ийн гол зарчим нь хөндлөн корреляцийн 3D техник болно. Тусгайлсан сарнилын геометрийн хувьд сарнисан гэрлийн хөндлөн корреляцийг сарнисан эрчмээс ганц сарнисан яльгүй хэсгийг шүүх замаар гарган

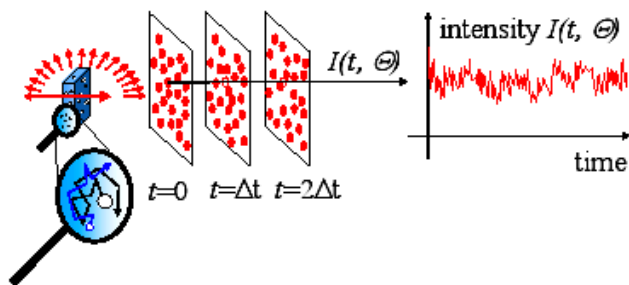
авч тооцоолдог. Энэ шүүлт нь Фотоны корреляцийн спектроскоп (PCS)-ийн өгөгдөлийг тооцоолох онолоор сайн тогтоогдсон бөгөөд нэг удаа сарнисан гэрлийн хувьд хүчинтэй байдаг. Олон удаа сарнисан гэрлийн ямар нэг тархалтийг бүртгэсэн дохио нь алдаатай үр дүн ба ташаа ойлголтыг өгөхөд хүргэдэг. Үүнээс шалтгаалан, хуучин PCS нь олон удаагийн сарнилаас зайлсхийхийн тулд нилээд шингэрүүлсэн суспензыг шаарддаг байсан. PCCS нь энэ хязгаарлалтыг даван гарч тунгалаг бус суспенз ба эмульсийн хэрэглээний орон зайг өргөтгөсөн. Энэ нь дээжийг бэлтгэх ба түүнтэй харьцахыг хүчтэй хялбаршуулж өгсөн юм. PCS-ийн хувьд дээж бэлтгэх өрөөний орчныг цэвэр байлгах асуудал удаан хугацаатай байсан бол харин PCCS-ийн хувьд ингэх шаардлаггүй болсон. Энэ нь олон тооны дээжийг шингэрүүлэхгүйгээр яг өөрийн нь төлөв байдалд судлах хэрэглээг өргөтгөж өгч байгаа юм. Үүний үр дүнд, хэрвээ дээж тогтвортой буюу тундасжсан төлөт байвал түүнийг илтгэсэн дээжийн тогтворжилтийг нэгэн зэрэг судалж чаддаг. Хөндлөн корреляцийн 3D техник дээр үндэслэсэн энэхүү өвөрмөц багаж нь үйлдвэрийн хэрэглээнд хамгийн тохиромжтой байхаар боловсруулагдсан болно. Энэхүү багаж нь овор хэмжээ бага бөгөөд жишээ нь, гэрлийн үүсгүүр, детекторууд, коррелятор дээж агуулах бортго зэрэг нь бүгд нэг доор байрлах ба ямар нэг лабораторт дөрвөн хэвшмэл хэмжилтүүдийг хийхэд бэлэн байдаг. Үйлдэл нь өмнөх PCS системээс маш хялбар учраас дээжийг шингэрүүлэх буюу тааруулан нэн шингэрүүлэх шаардлаггүй болсон. Дээжийг өндөр үнтэйгээр цэвэрлэх ба бэлдэх чармайлтаас зайлсхийж чадсан.

Энэхүү ажлын зорилго нь нанобөөмийн хэмжээсийг судалдаг фотоны хөндлөнкорреляцийн спектроскоп (PCCS)-ийн тухай, мөн түүн дээр хэмжсэн зарим үр дүнг электрон микроскопийн үр дүнтэй харьцуулж харуулахад оршино.

Фотоны корреляцийн спектрометр (PCS)

PCS нь нанометрийн горимд бөөмийн хэмжээсийг хэмжихэд өргөн ашиглагддаг. Ерөнхийдөө бөөмүүд нь суспензийн дээж бүхий жижиг кувет сав руу чиглэгдсэн лазерийн гэрлээр гэрэлтүүлэгддэг. Сарнилын спектр нь хоёр зүйлийг агуулдаг: тусгаар бөөмүүдийн сарнил ба бөөмүүдийн Броуны хөдөлгөөний явцад өөрчлөлтөнд орсон бөөмийн сарнил. Сарнилын тодорхой Θ өнцөг дээр бичигдсэн

эрчим I нь хугацаанаас хамааран хэрхэн өөрчлөгддөгийг 10-р зураг дээр харуулав.



10-р зураг. Ердийн PCS-ийн зохион байгууламж дахь сарнисан эрчим.

Бөөмийн диффуз D ба гидродинамик диаметр x -ийн хамаарлыг Стокс-Эйнштейний тэгшитгэлээр тайлбарладаг.

$$D(x) = k_B T / 3\pi\eta x \quad (1)$$

үүнд: k_B – Больцманы тогтмол, η – шингэний динамик зуурамтгайн коэффициент.

Нэг удаагийн сарнилын хувьд автокорреляцийн функц $G(\tau)$ -ийг эрчим I^s – ээр илэрхийлбэл:

$$G(\tau) = \langle I^s(\theta, 0) I^s(\theta, \tau) \rangle = \langle I \rangle^2 (1 + \exp(-2D(x)q^2\tau)) = \langle I \rangle^2 (1 + \exp(-2q^2 k_B T \tau / 3\pi\eta x)) \quad (2)$$

(2) тэгшитгэл нь PCS-д ерөнхийдөө ашигладаг $\ln(G(\tau)-1)$ -ийн налуугаас температурын T – ийн утгад η мэдэгдэж байх тохиолдолд бөөмийн хэмжээс x – ийг олохыг зөвшөөрдөг. Энэхүү энгийн тооцоо нь харилцан үйлчлэлгүй бөмбөлөг бөөмс ба нэг удаа сарнисан гэрлийн дотор хязгаарлагддаг. Олон удаагийн сарнилын ямар нэг тархалт нь, өөрөөр хэлбэл, тунгалаг бус буюу өтгөрсөн суспенз нь концентрац, оптик зам, өөрөөр хэлбэл, куветийн байрлалаас хамаарсан зэрэг алдаатай үр дүнг өгдөг. Цаашдаа дээжүүдийг хүчтэй шингэрүүлж байх шаардлагатай. Энэ нь тоолох хурд бага, муу статистик буюу удаан хугацааны хэмжилт зэргийн үр дүн юм. Хүчтэй шингэрүүлэлт нь x^6 – д пропорциональ

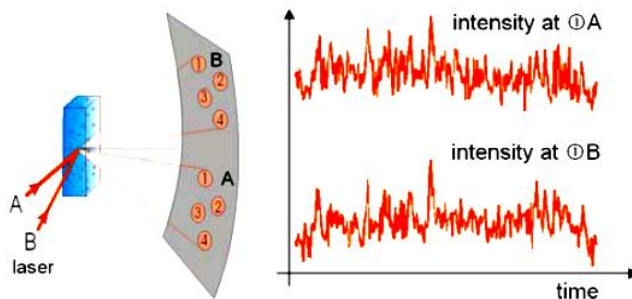
сарниулагч том бөөм (тоос)-үүдтэй бохирдолд мэдрэмтгий багажыг хэрэглэдэг. Ямарваа нэг PCS-ийн амжилттай хэмжилтийн хувьд орчны цэвэр байх нөхцлыг заавал биелүүлэх шаардлагатай.

Фотоны хөндлөн корреляцийн спектроскоп (PCCS)

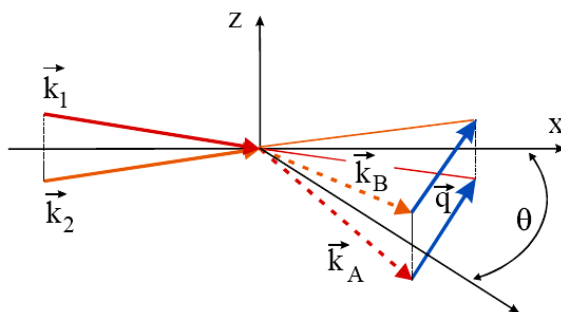
Олон чармайлтын дүнд PCS-ийн хязгаарлагдмал байдлуудыг давж гарсан, жишээ нь, Филиз (1981)-ийн “90°-ийн хөндлөн корреляц”, Шацл (1989)-ийн “хоёр өнгөт хөндлөн корреляц”, Хорн (1991)-ийн FQELS, буюу Хобман (1997)-ийн “нэг хөндлөн корреляц”.

3D хөндлөн корреляц

1990 онд 3D хөндлөн корреляц нь Шацлаар бий болсон бөгөөд 1996 онд Аберлигаар сайжруулагдсан юм. Энэхүү төхөөрөмжинд хоёр лазер 11-р зураг дээр харуулсан үл ялиг спектрийн бүрдэлийг үүсгэж буй дээжийн эзлэхүүн дээр адилхан тусдаг.



11-р зураг. Сарнилын спектрийн хоёр бүрдэлийг үүсгэж буй дээжийн эзлэхүүн хоёр лазер тусч байх үеийн PCCS-ийн байгууламж. Хоёр эрчмүүдийг 12-р зураг дээр харуулсан сарнилын вектор \vec{q} -ийн тусламжтайгаар хэмждэг.



12-р зураг. PCCS-ийн сарнилын геометр.

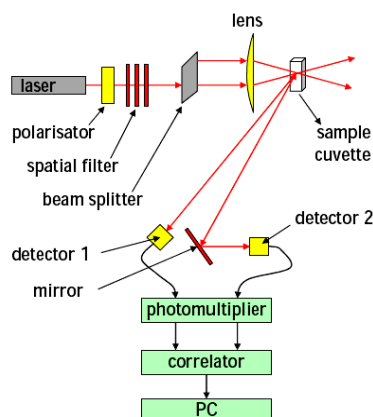
Эдгээр нөхцлийн үед, жишээ нь, Аберли (1998) хөндлөнкорреляц нь олон удаагийн сарнилын ямар нэг нөлөөг бүрэн алга болгодог гэдгийг харуулсан. PCS-ийн $G(\tau)$ -тай харгалзан хөндлөнкорреляцийн $G_2(\tau)$ функц (3) тэгшитгэлд харуулсан бөөмийн хэмжээст шууд хамааралтай байдаг.

$$\ln(G_2(\tau) - 1) \propto \text{диффуз } D(x) \propto \frac{k_B T}{3\pi\eta x} \quad (3)$$

Тэгэхээр, бас, тодорхой T температурын үед бөөмийн абсолют (гидродинамик) хэмжээсийг тооцоолохын тулд зөвхөн динамик зуурамтгайн коэффициент η хэрэгтэй. Олон удаагийн сарнил бүрэн алга болсоноор концентрац буюу тунгалаг бус суспензуудыг хэмжиж болдог. Ингэснээр үр дүн куветийн байрлал ба коннцентрацаас үл хамаарсан болж ирдэг. Хамгийн их концентрац нь статистикаар хамаарах үрд үнгийн хувьд ганц удаагийн гэрлийн сарнилыг хангалттайгаар гарган авах детекторуудаар тодорхойлогддог. Өндөр концентрац дээрх хэмжилтийн нэмэлт давуу талууд нь: дээжийг анханы концентрацид нь хэмжих, тоолуурын бүртгэх чадвар өндөр үзүүлэлттэй тул хэмжих хугацаа бага, бохирдсон бөөмүүдийн нөлөө хүчтэй буурдаг, тэгэхээр, тусгайлсан цэвэр шингэн ба өрөөний цэвэр байх нөхцөлүүдээс зайлсхийдэг. Боловсруулалт маш хүчтэй хялбар болж байгаа юм.

PCS дахь хоёр хязгаарлалт PCCS-ийн хувьд хадгалагддаг: бөөмүүд бөмбөлөг ба харилцан үйлчлэлгүй байх ёстой. Гэвч олон удаагийн сарнилын нөлөө буюу бөөмүүдийн харилцан үйлчлэлийг хооронд нь ялгаж чаддаггүй PCS-ээс эрс ялгаатай нь PCCS нь ердийн шингэрүүлсэн цувралуудын харилцан үйлчлэлийг судлахыг зөвшөөрдөг (олон удаагийн сарнилын нөлөөг арилгасан шиг).

3D хөндлөнкорреляцийн багажын оптик байгууламжийг 13-р зураг харуулав.



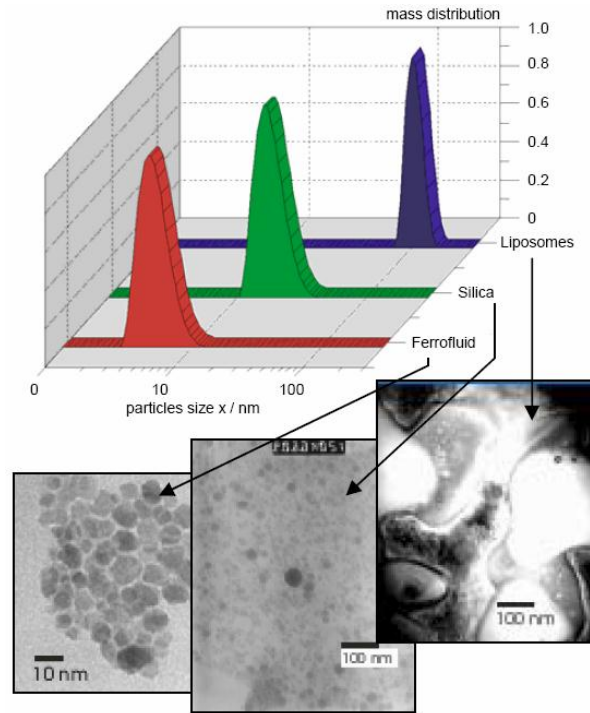
13-р зураг. Хэмжилтийн байгууламжийн схем.

Дээр дурьдсан сарнилын \vec{q} вектор энэ хоёр детекторын хувьд адилхан. Ашигласан шингэний хугарлын индексийн үл хамаарлаар гүйцэтгэдэг ажиллагаа ба хэрэглэсэн гүйцэтгэлүүд патентлагдсан. Энэ нь 14-р зураг дээр харуулсан арилжааны багажын хувьд үндсийг нь бий болгосон юм.



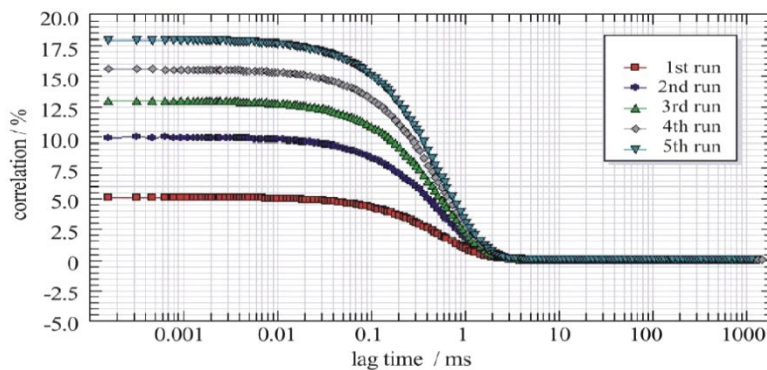
14-р зураг. 3D хөндлөнкорреляц дээр үндэслэсэн PCCS багаж: NANOPHOX (Sympatec GmbH)

PCCS нь элдэв янзын томоохон хэрэглээнд ашиглагдсаар байна. Знм-аас 200нм-ийн хэмжээсийн мужийг хамарсан гурван материалын эзэлхүүний тархалтыг шилжилтийн электрон микроскоп (TEM)-той харьцуулан 15-р зураг дээр үзүүлэв.



15-р зураг. PCCS дээр хэмжсэн гурван өөр материалын хэмжилтийн дүнг TEM-тэй харьцуулсан нь.

TEM-ээр бэлтгэх явцад бараг устаж байсан липосомуудыг PCCS-ийн тусламжтайгаар хялбархан хэмжиж байсан. PCCS-ийн хэмжээсийн анализийн хажуугаар зэрэгцүүлэн системийн тогтворжилтийн судалгааг хийдэг. Энэ нь хөндлөнкорреляцийн функцийн далайцын өөрчлөлтөөс шууд харагддаг (16-р зураг).



16-р зураг. Булингартсан кварцийн суспензийн тогтворжилтийн хэмжилт.

Хөндлөнкорреляцийн функцийн далайцын хугацааны хамаарлыг дээжийн тогтворжилтийн шугаман анализид ашиглаж болно. Хэрвээ далайц тогтмол байвал тухайн дээж тогтвортой төлөвт байна гэсэн үг. Эсрэг тохиолдолд болж байгаа тунах, өсөх процессуудыг хянаж болно.

- PCCS нь 1нм-ээс 10мкм-ийн мужид тунгалаг бус суспензийн бөөмийн хэмжээс ба тогтворжилтийг нэгэн зэрэг хэмжихийг зөвшөөрдөг.
- Тооцоолох абсолют утгын хувьд зөвхөн динамик зуурамтгайн коэффициент η -г мэдэх шаардлагатай.
- Хөндлөнкорреляц нь гэрлийн олон удаагийн сарнилын тархалтыг бүрэн арилгадаг. Цаашдаа олон удаагийн сарнилын онолын өөрчлөн байгуулалт хэрэггүй болж байгаа болно. Энэ нь тунгалаг бус ба өнгөт дээжийн хэмжилтийг зөвшөөрч байгаа юм.
- Үр дүн куветийн байрлал ба концентрацаас үл хамаарна.
- Хэмжилтийг ямар нэг шингэрүүлэхгүйгээр үргэлж өндөр концентрац дээр гүйцэтгэж чадна.
- Тоолуурын өндөр хурд нь хамгийн бага тодорхой бус статистик бүхий хэмжилтийн богино хугацаагаар хангадаг.
- Өмнөх PCS шиг маш цэвэр байх үүднээс ямар нэг тусгай арга хэмжээ авах шаардлаггүй. Энэ нь боловсруулалтыг ихээхэн хялбаршуулж байгаа юм.

3.Вакуум дулааны ба химийн хосолсон аргаар шавар идэвхжүүлэх лабораторийн төхөөрөмжийн зохион бүтээлт, горимын судалгаа

Байгалийн эрдэс түүхий эдийг идэвхжүүлэх болон нийлэгжүүлэх аргаар нанотехнологийн судалгаанд ашиглах шаварлаг эрдсүүдийг гарган авч байна.

Үүнд:

-Уурын өндөр даралтанд цэвэр бодисуудыг нийлэгжүүлэн үет силикатын бүтцийг үүсгэх

-Байгалиас үүссэн үет силикатуудад химийн болон физик боловсруулалт хийх

Дээрхи хоёр чиглэлийн судалгааны үндсэн арга нь янз бүрийн хийн орчинд даралт, температур нөлөөллөөр үет силикат бүтцийг үүсгэхэд чиглэгдсэн байна. Эндээс үндэслэн өндөр вакуум үүсгэх насос ба автоклавыг ашиглан туршилтын тоног төхөөрөмжийг зохион бүтээж ажиллах горимыг судалгааг хийв.

Энэ системийн давуу тал нь

- Термобарокамерт маш бага даралтыг үүсгэх
- Бага даралтанд тодорхой хугацаагаар барих
- Бага даралтыг огцом өөрчлөх
- Вакуум орчинд тодорхой хэмжээний дулааныг тохируулгатай үүсгэх
- Тодорхой орчин бүрдүүлсний дараа харилцан үйлчлэл явуулах бодисыг уусмал байдлаар гаднаас оруулах
- Тухайн уусмалын ханасан уурын даралтыг барилттайгаар үүсгэх зэрэг болно.

Автоклавын техникийн боломж нь

багтаамж- 2 литр

-үүсгэх даралтын дээд хэмжээ- 60 кг/см^2

доод хэмжээ- 10^{-2} кг/см^2

-Температурын дээд хэмжээ - 285°C

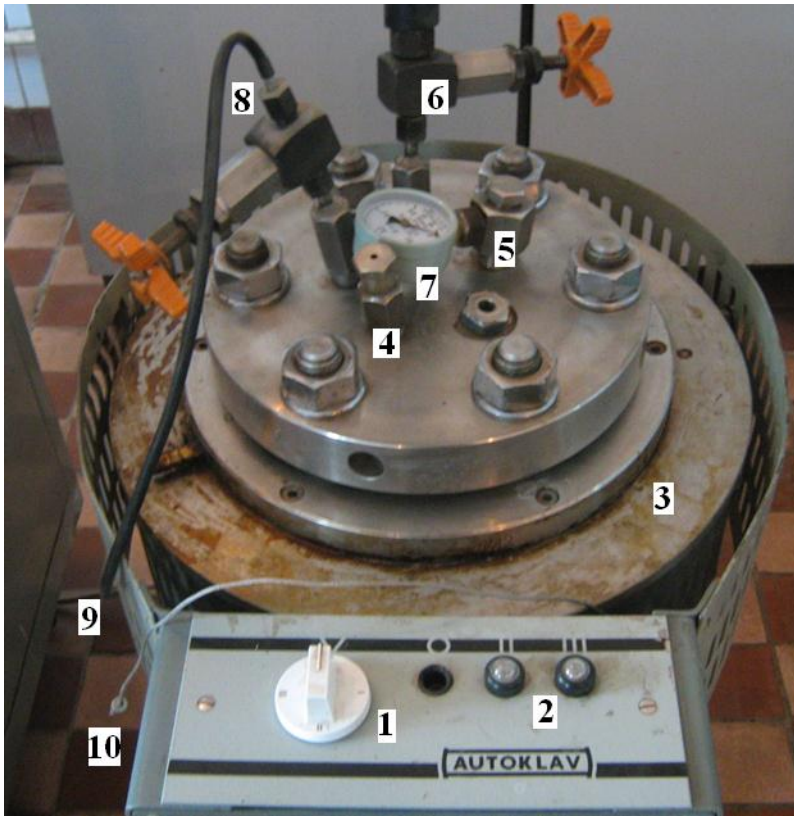
-Ажиллах хүчдэл- 380

Ваакум системийн техникийн боломж нь доод даралт үүсгэх хэмжээ 1 торр байна. 17 –р зураг.



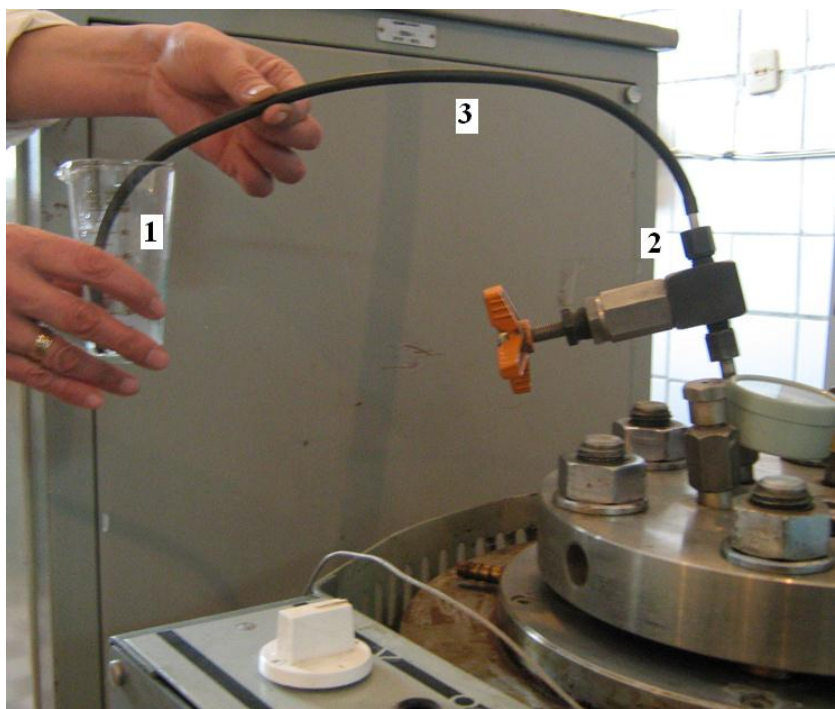
17-р зураг Туршилт хийсэн лабораторийн төхөөрөмж

1-Ваакум систем, 2-ваакум хэмжигч, 3-агаар оруулах хаалтууд, 4-ваакум соруулах хоолой, 5- температур хэмжигч, 6-автоклав,



18-р зураг Автоклавын хэсгүүдийн тайлбар

1-Төв залгуур, 2- Халаалтын зэрэглэлийн анхааруулгын дохиолол, 3-их бие, 4-осолын хаалт, 5-манометр, 6-ваакум соруулах хоолойн хаалт, 8-уусмал соруулах хоолойн хаалт, 9-уусмал соруулах резин хоолой, 10- термопар



19-р зураг Вакуум орчинд уусмалыг соруулах байдал

1- уусмал, 2- хаалт, 3-хоолой

Төхөөрөмжийн ажиллах зарчим нь дээжийг тефлон саванд хийж уусмал соруулах хоолойн төгсгөлд байрлуулна. Автоклавын орчныг вакуум насосаар сийрэгжүүлэн 1 торр болгосоны дараа уусмалыг соруулна. Дараа нь автоклавыг халааж зохих температурт барилттайгаар туршилтыг гүйцэтгэнэ.

Туршилтын дараа сорьцыг автоклаваас гарган авч түүний PH-ийг хэмжин хэрвээ 7-аас ялгаатай байвал усаар саармагжуулан центрофугаар хатуу хэсгийг ялгах үйлдлийг хэд хэд дараалан гүйцэтгэнэ. Үйлдлийг PH=7 болтол үргэлжлүүлнэ.

4. Монгол орны бентонит шаврын судалгаа

Барилгын материалын үйлдвэрлэлд ашигладаг түүхий эдүүдийн дотроос шаварлаг чулуулаг нь технологийн ангилалаар дахин боловсруулалт хийж ашигладаг, тухайлбал өндөр температурт шатаан эдлэхүүн хийдэг бүлэгт багтах бөгөөд түүхий эдийн чанарыг физик ба физик химийн шинж чанар, чулуулгийн эрдэс бүрдлээс хамааруулан үнэлдэг .

Гэхдээ ихэнх шаварлаг түүхий эдийг шинж чанарт стандарт буюу техникийн нөхцөлөөр шаардлага тавих боломжгүй учраас эцсийн бүтээгдэхүүн хийж туршин түүхий эдийн тохирох эсэхийг тодорхойлдог.

Шаварлаг чулуулаг нь физик механик шинж чанараараа тухайн ордын хэмжээнд бараг тогтвортой байдаг боловч хими ба эрдсийн найрлагаараа харилцан адилгүй үе давхараа, хэсгүүдээс тогтсон байдгаас эдгээр үзүүлэлтээр тухайн түүхий эдийн шинж чанарыг үнэлэх асуудал судлаачдын анхаарлыг татсан хэвээр байна.

Оросын эрдэмтэн В.Ф.Павлов үйлдвэрлэлийн ач холбогдол бүхий 90 гаруй орд газрын шаврын хими, эрдсийн найрлагыг нарийвчлан тодорхойлж түүний шаталтын дараах шинж чанартай холбон 3 бүлэгт хуваан үзжээ. /2/ .

1-р бүлэгт хялбар хайламтгай шавар хамаарна.Энэ бүлгийн шавар нь зонхилон каолинит, монтмориллонитоос тогтсон гидрослюд, хлоритын хольцтой, RO/R₂O-ийн харьцаа 1.0-ээс ихгүй карбонатын хольц байхгүй буюу 1-2%-иас хэтрэхгүй .Энэ бүлгийн шаварт хайлмагжих температурын хязгаар ажиглагдана.

2-р бүлэгт ихэвчлэн монтмориллонит ихээр агуулсан шавар хамаарагдана. Бага хэмжээгээр карбонат, хээрийн жонш агуулснаас шалтгаалан хайлмагжих температурын хязгаар бараг ажиглагдахгүй.

3-р бүлэгт их хэмжээгээр карбонат, цахиур агуулсан шавар хамаарагдана.

В.П.Петров шаврын эрдэс найрлагаас үндэслэн үйлдвэрлэлийн хэрэглээг тогтоож каолинит, монтмориллонит, холимог бусад гэж ангилсан байна.Шаварлаг

түүхий эдийг түүний талст бүтцэд тулгуурласан Р.Грим / 1953/ М.Ф.Викулова /1957/ нарын ангиллыг харгалзан ЗСБНХУ-ын шавар судлалын товчооноос гаргасан ангиллаар үндсэн шаварлаг эрдсээр төлөөлүүлэн каолинит, иллит – уст гялтгануурын, смектитын, холимог үет эрдсийн гэж бүлэглэжээ.[8]

Монгол орны шаврын эрдэс найрлагыг судалсан олон жилийн ажлын үр дүнгээс харахад шаварлаг хэсгийн хэмжээ (60%-иас хэтрэхгүй) харьцангуй бага, талст бүтцийн хэлбэршил муутай боловч рентген нарийвчилсан шинжилгээгээр тодотгон каолинитын, гидрослюдын, монтмориллонитын болон холимог эрдсийн гэсэн үндсэн бүлгүүдэд хуваан үзэх нь хэрэглээний хүрээг тодорхойлох үндсэн нөхцөл болох давуу талтай юм.

Монгол орны нутаг дэвсгэрт явуулсан геологи хайгуулийн судалгаагаар тогтоогдсон шаварлаг түүхий эдийн орд, илэрцээс үйлдвэрлэлийн ач холбогдол болон эрдэс найрлагын онцлогийг харгалзан сонгосон 20 ордын шаврын дундаж дээжинд химийн найрлагыг стандарт аргачлалаар, чөлөөт цахиур болон эрдэс зүйн найрлагыг хими, дулааны задлан шинжилгээ, рентген шинжилгээний аргуудыг ашигласан нэгдсэн аргачлалаар дараах байдлаар тодорхойлов.[8]

Шаврын 2мкм-ээс бага хэсэгт агуулагдаж байгаа эрдсүүдийг түүний усан уусмалаас шилэн ялтас дээр жигд түрхэн ердийн нөхцөлд хатаасан сорьцонд органик шингэнээр нэвчүүлэх, дулааны боловсруулалт хийхэд шаварлаг эрдсүүийн талст торын үндсэн хавтгайнуудаас ойх рентген туяаны дифракцийн шугамын өөрчлөлтөөр тодорхойлов.

Каолинитийн агууламжийг дулааны дифференциал ба жингийн алдагдлын муруйгаар каолинитийн төрлийн эрдсийн талст торын эвдрэх температурын мужид харгалзах жингийн алдагдлаар түүний онолын найрлагаас үндэслэн агуулагдах хэмжээг тодорхойлов.

Дараагийн эрдэс болох монтмориллонитийн төрлийн эрдсийн агуулагдах хэмжээг рентген нарийвчилсан шинжилгээний үр дүнг харгалзан тухайн төрлийн монтмориллонитийн талст химийн томъёогоор “үлдэгдэл” ислүүдийн хэмжээнээс тооцох ба тооцооны үнэн зөвийг монтмориллонитийн тооцоонд орсон цахиур ба

хөнгөн цагааны ислийн молекул жингийн харьцаа 4-тэй ойролцоо байхаар үнэлсэн болно.

Уст гялтгануурын агуулагдах хэмжээг тухайн эрдсийн талст химийн томъёонд үндэслэн калийн ислийн агууламжаар тооцсон бөгөөд хээрийн жонш агуулагдаж байвал түүнийг тооцоонд харгалзан үзэх шаардлагатай . Холимог үет эрдсийн хэмжээг тухайн эрдсүүдийн нийлбэр мэтээр дээрхи аргаар тодорхойлов.

Монгол орны шаварлаг түүхий эдийн хими эрдэс зүйн найрлагын ерөнхий төрхийг тогтоох судалгаанд сонгон авсан орд, илэрцүүдийн зарим үзүүлэлтийг 10-р хүснэгтэнд үзүүлэв. Геологи хайгуулийн ажлаар 40 гаруй орд, 30 гаруй илэрцэнд үйлдвэрлэлийн хагас үйлдвэрлэлийн туршилт, лабораторийн шинжилгээ хийж ердийн тоосгоны үйлдвэрлэлд тохирох эсэхийг тогтоосон байна.

Эдгээрээс сонголт хийсэн 10-р хүснэгтэнд үзүүлсэн шаврын ордууд нь нутаг дэвсгэрийн байрлал, нөөц, эрдэс зүйн найрлагаараа Монгол орны шаврыг төлөөлж чадах үндэслэлтэй болно.

10-р хүснэгт

Үйлдвэрлэлийн ач холбогдол бүхий шаврын ордуудын тодорхойлолт.

№	Орд илэрцийн нэр	Байршил	Түүхий эдийн гадаад төлөв	Нөөц, мян, м ³
1	2	3	4	5
1	Цогт-овоо	Өмнөговь аймаг Цогт-овоо сум	Бүхэлдүү юмуу нунтаграсан цайвар өнгөтэй анхдагч каолин	866.9
2	Хамар даваа	Дорнод аймаг Халх гол сум	Нягт, цайвар хүрэн өнгөтэй давсны хүчилд буцална.	2554.0
3	Баяндүүрэх	Булган аймаг Гурванбулаг сум	Багсармал байдалтай, усанд амархан дэвтдэг, чулуулагбага зэргийн нүүрс агуулсан	

4	Мандал овоо	Өмнөговь аймаг Мандал-овоо сум	Нягт,улаан, хүрэн ягаан өнгийн судалтай саарал өнгөтэй	3749.8
5	Орлогын гол	Увс аймаг	Нягт, хольцгүй хүрэн хар өнгөтэй аргиллит	53931.2
6	Их хайрхан	Дундговь аймаг Мандалговь хот	Тослог,уян налархай тодорхой бүтэцтэй ногоон саарал өнгөтэй	4162.4
7	Уран хайрхан	Баян хонгор аймгийн төвөөс баруун урагш 45 км	Бага зэргийн хэмхдэст хольцтой ногоон болон саарал өнгөтэй	1594.4
8	Туулант	Архангай аймаг Цэцэрлэг сум	Эзэгийдүү, имрэхэд налддаг тослогтой.Элс, жижиг чулуулгийн хольцгүй	
9	Улаанхужирт	Хөвсгөл аймаг		
10	Мянгат	Ховд аймаг төвөөс 3Х-45 км	Бүхэлдүү хуурай бор шаргал шавранцар	1776.6
11	Өвдөг худаг	Өвөрхангай аймаг төвөөс 3У-37км	Хүрэвтэр толботой цайвар саарал,улаан хүрэн,хүрэн өнгөтэй	2528.0
12	Хайрхан	Архангай аймаг төвөөс 3Х-90км	Нягт болон сийрэг бүтэцтэй хүрэн саарал өнгөтэй давсны хүчилд буцална.	966.4
13	Адгийн шанд	Сүхбаатар аймаг төвөөс 3.5км	Нягт саарлаас хүрэн бор өнгөтэй шавранцар	793.6
14	Сондуултын дов	Хэнтий аймаг төвөөс 52 км	Саарал зарим үед хүрэн өнгөтэй шавар	1217.1
15	Найрамдал	Улаанбаатар	Сэвсгэр элсэрхэг шавар	11126.0
16	Шарын гол	Сэлэнгэ аймаг Баруунхараа сум	Нүүрсний үеийн дээр оршдог аргиллит шавар	
17	Сүхий хоолой	Говь-алтай аймаг Тайшир сумаас 3км	Төмөр болон жижгээр бүхэлжсэн улаан бор өнгөтэй шавранцар	2114

18	Хамрын хурал	Дорноговь аймаг төвөөс урагш 7км	Нягт, бараан ба хар саарал өнгөтэй шавранцар	2374.5
19	Бор тээг	Завхан аймаг төвөөс БХ-60км	Цул, их өгөршсөн шавранцар	370.9
20	Хавцлын ам	Баян өлгий аймаг Өлгий хотын дэргэд	Шавранцар	218.7

10-р хүснэгтэнд үзүүлсэн шаврын орд, илрэлүүдээс авсан дундаж дээж болон түүнээс 2 мкм-ээс бага хэсгийн седиментацийн аргаар ялган химийн найрлагын стандарт аргаар тодорхойлж 11-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

Хүснэгт-11

Шавар болон шаварлаг хэсгийн химийн найрлага

№	Ордын нэр	Агууламж, жингийн хувиар							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	шга
1	Баяндүүрэх	69.69	18.11	1.91	0.7	0.76	1.94	2.45	4.18
		57.36	27.69	3.11	1.93	1.16	0.78	0.33	6.68
2	Хамардаваа	63.86	18.25	1.63	2.07	2.88	2.4	0.21	8.6
		47.98	31.97	4.38	1.42	1.64	0.33	0.31	12.63
3	Цогт-овоо	65.48	20.86	1.06	1.08	0.31	0.35	4.49	6.06
		43.61	34.48	0.89	2.68	1.24	1.17	2.39	13.54
4	Орлогын гол	58.86	19.69	6.58	2.15	0.75	1.68	2.67	7.62
		45.13	23.62	5.97	5.6	2.77	0.53	0.53	13.84
5	Найрамдал	60.61	19.13	4.38	3.28	1.11	2.42	1.61	7.56
		46.42	22.52	4.18	7.35	1.64	0.65	0.85	16.39
6	Их хайрхан	55.07	15.03	3.78	7.05	2.14	2.04	2.16	12.39
		50.43	24.38	3.02	1.75	1.76	0.46	1.26	16.85
7	Туулант	54.3	16.62	3.98	6.43	3.78	2.5	1.46	10.9
		57.46	25.92	1.04	1.26	1.81	0.41	2.62	8.92
8	Уран хайрхан	52.71	18.11	6.58	2.8	4.28	1.77	2.33	9.81
		38.72	25.41	5.97	6.13	5.29	0.53	1.53	16.42

9	Улаан хужирт	56.2	17.29	6.38	3.06	2.36	2.66	2.49	8.58
		45.38	20.39	8.46	3.5	3.53	0.25	0.84	17.01
10	Мянгат	55.18	17.5	2.57	5.26	5.57	2.81	1.46	8.66
		50.69	20.18	5.77	5.25	2.78	1.06	1.31	12.96
11	Сондуултын дов	65.85	17.23	5.77	0.35	1.01	1.31	2.83	5.66
		54.05	26.27	4.38	0.88	1.26	0.48	0.92	11.77
12	Шарын гол	52.65	18.77	7.16	1.25	2.52	1.92	2.21	12.13
		49.45	24.7	5.97	3.55	2.11	0.42	0.55	13.25
13	Бор эрэг	63.51	14.43	4.39	1.23	0.63	2.17	1.22	10.44
		46.05	22.11	6.17	6.65	3.78	0.46	1.33	13.23
14	Хавцлын ам	58.96	15.33	5.37	5.25	3.4	1.86	1.39	8.38
		43.47	16.62	7.56	8.41	4.16	0.86	2.55	14.95
15	Мандал овоо	63.71	19.76	5.03	0.54	0.52	0.76	2.59	5.47
		51.89	28.86	2.79	0.86	0.63	0.25	2.61	11.14
16	Өвдөг худаг	64.58	14.71	6.95	2.82	1.95	1.33	1.51	5.95
		36.92	19.72	8.63	5.29	17.2	0.23	0.65	11.36
17	Хайрхан	55.19	16.28	6.35	7.88	2.58	1.41	3.48	6.25
		49.25	20.12	9.35	4.52	1.28	0.35	1.77	11.77
18	Бор тээг	53.08	14.77	5.99	5.34	2.52	1.61	2.22	11.69
		49.93	15.43	5.37	8.15	3.4	1.61	2.01	12.74
19	Сүхий хоолой	50.32	15.11	5.37	7.71	4.16	1.67	2.44	13.18
		36.58	22.21	6.37	9.63	4.03	0.75	0.71	19.72
20	Адгийн шанд	55.87	14.8	7.47	3.51	3.4	0.87	2.61	11.86
		28.72	23.04	3.38	11.55	10.71	0.61	2.55	18.78

- Дээд тоо шаврын, доод тоо шаварлаг хэсгийн химийн найрлагыг үзүүлнэ.

Шаврын химийн бүрэлдэхүүнд Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , H_2O зэрэг ислүүд мэдрэгдэхүйц орсон байна. Хөнгөн цагаан исэл Al_2O_3 -ийн агууламжаас шаврын чанар их хамаарна. Al_2O_3 их байх тутам шаврын уян налархай чанар сайжирч, гал тэсвэрлэлт ихэснэ. 11-р хүснэгтээс харахад 2 мкм – ээс бага хэсэгт хөнгөн цагаан ислийн агуулагдах хэмжээ хөнгөн цагааны исэл Al_2O_3 –ийн агууламжаас шаврын чанар их хамаарна. Al_2O_3 их байх тутам шаврын уян налархай чанар сайжирч, гал тэсвэрлэлт ихэснэ. 11-р хүснэгтээс харахад 2 мкм – ээс бага хэсэгт хөнгөн цагааны ислийн агуулагдах хэмжээ эх дээжтэй харьцангуй

5-15 % нэмэгдэж байгаагийн дотор дан эрдэс зонхилсон Цогт –Овоо, Баяндүүрэх, Хамардаваа, Туулантын шаварт 10%-аас дээш нэмэгдэж байгаа нь тэдгээрийн керамик технологийн шинж чанар сайжирахад эерэг нөлөө үзүүлнэ.

Шаврын найрлаганд төмрийн исэл Fe_2O_3 –аас гадна FeO , FeS_2 хэлбэрээр орсон байдаг. Төмрийн исэл ихсэхэд шаврын өнгө шараас улаавтар болохоос гадна шатах температур буурдаг. Судалгаанд хамрагдсан дээжүүдийн төмрийн ислийн хэмжээ каолинит зонхилсон шавруудад хамгийн бага (1.06-1.91%) боловч тэдгээрийн шаварлаг хэсэгт ихсэх хандлага ажиглагдаж байгаа нь бүрдүүлэгч эрдсүүдийн талст торонд төмрийн изоморф солилцоо явагдсантай холбоотой байх онолын үндэслэл бий.

Кальцийн исэл нь шаварт карбонатын хэлбэрээр агуулагдах ба керамик эдлэлийн шинж чанарт муу нөлөө үзүүлнэ. Түүний агууламж шаварлаг хэсэгт мэдрэгдэхүйц хэмжээнд (0.88-11.55%) байгаа нь карбонат чулуулагт маш нарийн ширхэгтэй хольц байдлаар агуулагдаж буйг харуулж байна. Дулааны задлан шинжилгээний температурын дифференциал муруйд $700-850^{\circ}C$ хэмд үүссэн эндоэффект дээрхи санааг баталгаажуулсан болно.

SiO_2 –ийн хэмжээ 80-85 %-иас их Al_2O_3 -ийн хэмжээ 6-8 %-иас бага шавраар керамик материал үйлдвэрлэж болохгүй гэж үздэг химийн найрлагын үүднээс тавьдаг хязгаарлалтанд сонгосон шаврын аль нь ч хамаарахгүй байна.

Судлагдсан шаврын дээжүүдийн химийн найрлагаас авч үзвэл хөнгөн цагааны агууламжаар хагас хүчиллэг, өнгө үүсгэгч ислийн агууламжаар Цогт – Овоогийн шавар багавтар, Баяндүүрэх , Хамардаваагийн ордын шаврууд өнгөт исэл ихтэй ангилалд багтана.

Дээрхи оруудын шаварлаг хэсгийн химийн шинжилгээний дүнгээс үзвэл SiO_2 -ийн хэмжээ 12-22 % буурч , Al_2O_3 -ийн хэмжээ 9-14 % ихэссэн ба Баяндүүрэх, Хамардаваа , Цогт- Овоогийн ордын дээжийн шаварлаг хэсэг нь каолинит шаврын Каменау / Герман / Просяновск / ОХУ/ зэрэг ордын химийн найрлагатай ойролцоо боловч харин Баяндүүрэх, Хамардаваагийн дээжийн шаварлаг хэсэг

өнгөт ислийн хэмжээ ихсэж / 3.11- 4.38 / байгаа нь нарийн керамикийн үйлдвэрлэлд ашиглах боломжгүйг харуулж байна.

Химийн болон эрдсийн найрлагаас үндэслэн тогтоосон В.П. Павловын ангилалаар авч үзвэл 1-р бүлэгт Баяндүүрэх, Хамардаваа, Цогт-Овоо, Орлогын гол, Найрамдал , Бор эрэг, Хавцлын ам, Мандал – овоо , 2-р бүлэгт Туулант, Уранхайрхан, Улаанхужирт , Мянгат, Сондуултын дов Шарын гол, Өвдөг худаг, Хайрхан , 3-р бүлэгт Их хайрхан, Бор тээг, Сүхий хоолой, Адгийн шандийн шавар хамаарагдаж байна. Энэ ангилалын 1 ба 2 –р бүлэгт хамаарагдаж буй шаврын ордууд нь тоосгоны үйлдвэр болон сантехникийн керамик эдлэлийн үндсэн түүхий эдээр ашиглаж байсан нь уг ангилалыг хэрэглээний хүрээг тогтоох онолын үндэслэл гэж үзэж болохыг харуулж байна.

Шаврын 2 мкм –ээс бага хэсгийн усан уусмалаас шилэн ялтас дээр тундасжуулан ердийн нөхцөлд хатаасан дээжийн шаварлаг эрдсүүдийн талст торын үндсэн хавтгайгаас ойх рентген шугамын органик шингэнээр нэвчүүлэх болон дулааны боловсруулалтын дараах өөрчлөлтийг 12-р хүснэгтэнд үзүүлэв. [10]

12-р хүснэгт

Шаварлаг эрдсийн рентген дифракцийн үндсэн шугамын өөрчлөлт

Ордын нэр	Хавтгай хоорондын зай A^0			Ордын нэр	Хавтгай хоорондын зай A^0		
	N*	ЭТ**	550 ⁰ C***		N	ЭТ	550
Цогт-Овоо	7.07	7.07	-	Их хайрхан	14.96	19.61	10.64
					9.92	9.81	
					7.01	7.01	
Өвдөг худаг	12.1	16.9	10.15	Найрамдал	15.76	17.31	9.81
	9.81	9.81			9.81	9.81	
					7.07	7.07	
Сондуултын дов	12.22	17.09	10.06	Баяндүүрэх	9.17	9.17	10.38
	10.06	10.06			7.07	7.07	
	7.17	7.17					
Орлогын гол	14.47	14	13.79	Улаанхужирт	12.67	16.98	9.81

	10.7 7.01	9.79 7.01	9.86		10.27 7.07	9.81 7.07	
Сүхийн хоолой	13.38 9.81 6.96	13.71 9.92 7.07	13.58 10.04	Туулант	15.49	17.38	9.68

* Агаарт хатаасан ** Этиленгликолоор нэвчүүлсэн ***550 °C шатаасан

Баяндүүрэх, Цогт-Овоогийн шаврын дифрактограмм хавтгай хоорондын зай (d_{001}) агаарт хатаасан сорьцонд 7.07 \AA , органик шингэн нэвчүүлэхэд өөрчлөгдөхгүй харин $550 \text{ }^\circ\text{C}$ хэмд дулааны боловсруулалт хийсний дараа уг рефлекс илрээгүй нь түүний оронт тор эвдэрсэнтэй холбоотой бөгөөд энэ нь каолинитийн төрлийн шаврын ерөнхий төрхийг үзүүлж байна. Харин Баяндүүрэхийн шаварт илэрсэн $9-10 \text{ \AA}$ хавтгай хоорондын зайд харгалзах рентген шугам нь гидрослюдийн төрлийн эрдэс хольц хэлбэрээр байгааг тодруулж байна.

Орлогын голын шаврын дифрактограммд агаарт хатаасан сорьцонд үүссэн $7.07: 10.17: 14.01 \text{ \AA}$ суурь рефлекс нь органик шингэнээр нэвтрүүлэхэд 14.01 \AA рефлекс 16.47 \AA болж өөрчлөгдөн харин $550 \text{ }^\circ\text{C}$ хэмд дулааны боловсруулалт хийсний дараа 7 \AA рефлекс алга болж $9.86, 13.29 \text{ \AA}$ -ийн рефлекс илэрсэн нь уг түүхий эдэд гидрослюдийн шавар зонхилж байгааг нотолж байна. Сметитын төрлийн шаварт монтмориллонитын 14.07 \AA -ын рефлекс (Туулант) хүчтэй илэрч органик шингэнээр нэвчүүлэхэд 17.04 \AA болон өсч, харин $550 \text{ }^\circ\text{C}$ хэмд дулааны боловсруулалт хийхэд 10.5 \AA болж буурсан нь уг шавар сметитын төрөлд багтахыг нотлож байна. Холимог эрдсийн шаварт (Найрамдал, Сондуултын дов) зэрэг дээрхи үндсэн эрдсүүдийн рефлекс жигд үүсэж физик химийн боловсруулалтын үед уг рефлексүүд харгалзах өөрчлөлтөнд орж байгааг нь аль ч эрдэс давамгайлахгүй байгааг харуулж байна.

13-р хүснэгт

Шаврын ордуудын дээжийн эрдсийн найрлага.

Д/Д	Ордын нэр	Эрдсийн найрлага %
-----	-----------	--------------------

		KL	ГС	ММ	КВ	ПШ	бусад
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Хамрын хурал	6-10	7-11	19-23	43-47	12-16	1-5*
2	Уран хайрхан	13-17	4-8	18-22	35-39	15-19	3-7*
3	Улаан хужирт	7-11	1-5	21-25	23-27	36-40	0-2*
4	Орлогын гол	7-11	18-22	4-8	31-35	25-29	3-7*
5	найрамдал	6-10	18-22	2-6	35-39	17-21	10-14*
6	Их хайрхан	0-2	15-19	9-13	31-35	28-32	7-11*
7	Баяндүүрэх	24-28	5-9	0-4	47-51	14-18	-
8	Хамардаваа	28-32	0-4	0-2	48-52	15-19	-
9	Цогт-Овоо	29-33	2-3	-	29-28	29-33	1-5*
10	Мянгат	4-8	6-10	22-26	27-31	24-28	5-9*
11	Сондуултын дов	1-5	2-6	29-33	26-30	32-36	-
12	Туулант	-	-	40-45	20-25	18-21	5-10*
13	Бор эрэг	8-12	10-14	1-5	21-25	48-52	1-4*
14	Хавцлын ам	7-11	14-18	8-12	38-42	17-21	4-8*
15	Мандал - Овоо	14-16	26-28	2-6	43-47	5-9	-
16	Өвдөг худаг	12-16	1-4	17-21	48-52	9-13	2-6*
17	Хайрхан	12-16	8-12	13-17	38-42	19-23	-
18	Бор тээг	13-17	9-13	0-4	25-29	31-35	10-14*
19	Сүхий хоолой	19-23	2-6	1-5	19-23	36-40	11-15*
20	Адгийн шанд	20-24	4-8	5-9	51-55	4-8	4-8*

- - Кальцит + бусад КЛ- Каолинит, ММ – монтмориллонит , ГС- гидрослюд, КВ- Кварц , ПШ- хээрийн жонш

Шаварлаг эрдсүүдийн талст торын үндсэн хавтгайгаас ойх рентген шугамын өөрчлөлтөөр тухайн шаварлаг эрдсийн талст торын төрлийг тогтоосны үндсэн дээр тэдгээрт харгалзах талст химийн томъёог ашиглан эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнг 13-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

Шаврын гол, илэрцүүдийн эрдсийн найрлагыг тодорхойлсон үр дүнгээс харахад шаварлаг хэсгийн хэмжээ 50% -иас ихгүй. чөлөөт цахиурын хэмжээ 25-50% , хээрийн жоншны хэмжээ 5-25 % , бусад хольц 10% хүртэл агуулагдаж

байгаа учраас эрдэс зүйн ангилалд оруулахдаа шаварлаг хэсэгт зонхилон эзэлж буй эрдсийн хэмжээгээр тооцоход каолинитийн төрлийн эрдэс зонхилсон шаврын ордод Цогт – овоо , Хамардаваа, Баяндүүрэх гидрослюд зонхилсон шаврын ордод Орлогын гол, Мандал овоо, Их хайрхан, монтмориллонит зонхилсон шаврын ордод Туулант, Уран хайрхан , Улаан хужирт , Шарын гол холимог эрдэст шаврын ордод Найрамдал, Мянгат, Сондуултын дов, Бор эрэг, Хавцлын ам , Өвдөг худаг, Хайрхан Бор тээг, Адгийн шанд хамааруулан үзэх боломжтой юм.

4.1 Бентонит шаврыг идэвхжүүлэн органик шинж чанарыг үүсгэх

Туулантын бентонит шаврын шинж чанар

Бентонит шаврыг боловсруулан нанохэмжээст төлөвт шилжүүлэхэд

$(\text{Na}_{0.33}\text{3H}_2\text{O})(\text{Al}_{1.67}\text{Mg}_{0.33})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})$ гэсэн кристалл химийн томъёотой монтмориллонитийн агуулагдах хэмжээ 85% -иас багагүй, үе хоорондын катион натрийн ионоор бүрэн солилцсон, катион солилцооны багтаамж 100 мг экв/100г – аас багагүй байх зэрэг үндсэн шаардлагуудыг хангасан байхыг судлаачид зөвлөж байна.

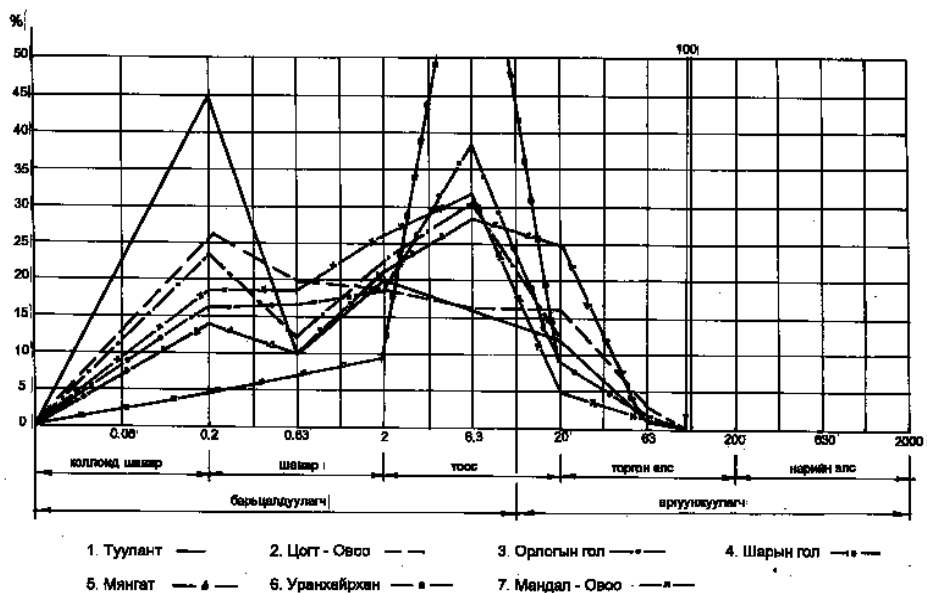
Олон улсын ангиллаар шаварлаг чулуулагт дахь 2 микроноос бага хэмжээтэй хэсгийг шавар гэж үздэг ба Туулантын дээжийн хувьд шаврын агуулагдах хэмжээ 21% байна[14-р хүснэгт].

14-р хүснэгт

Туулантын шаврын ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн

Ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, микрон, жингийн хувиар							
>63	63-20	20-6.3	6.3-2	<2	Элс, >20	Тоос, 2-20	Шавар, <2
38.25	3.54	32.78	4.43	21	41.79	37.21	21

Шаварлаг хэсэгт агуулагдаж байгаа 0,2 микроноос бага хэсгийг коллоид шавар гэж нэрлэдэг бөгөөд энэ хэсгийн агууламж өндөр байх тутам жижиг хэсгүүдийн өөр хоорондоо харилцан үйлчлэх хүч харьцангуй бага буюу кристалл оронт торын хэлбэршилт өндөр байгааг харуулна. Шаврын 100 микроноос бага хэсгийг агуулсан усан уусмалд Sedigraph 1500D маркийн төхөөрөмж ашиглан нарийн ширхэгтэй хэсгийн хэмжээг тодорхойлсон судалгааны дүнг 20-р зурагт үзүүлэв.



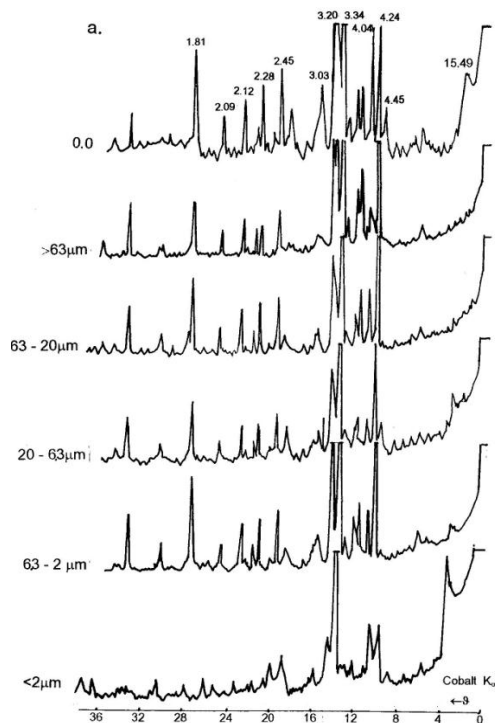
20-р зураг. Монгол орны зарим шаврын ширхэгэлэлийн бүрэлдэхүүн.

(Аттарбергийн ангиллаар)

Зургаас харахад 0,2 микроноос бага буюу коллоид шаврын агууламж 45% байгаа нь манай орны бусад шавруудын үзүүлэлтээс харьцангуй өндөр байна.

Эдгээрээс үзэхэд тухайн түүхий эдийг баяжуулан нанонунтаг гарган авахад тохирох баяжмалын гарц 20% хүртэл байж болно гэсэн урьдчилсан дүгнэлт хийж болно.

Мөн ширхэглэлээр ялгасан дээжүүдэд хийсэн дифрактограммын бичлэгээс харахад 2 микроноос бага хэсэгт монтмориллонитийн 001 атомын хавтгайгаас үүссэн $15,47\text{\AA}$ утгатай шугамын эрчим бусад ширхэглэлийнхтэй харьцангуй өндөр байгаа нь дээрхи үр дүнг баталж байна[21-р зураг].



21-р зураг. Шаврын ширхэглэлээр ялгасан нунтаг дээжийн дифрактограмм/0.0-байгалийн дээж/

Бентонитийн төрлийн шавар нь химийн найрлага, солилцсон катионы төрөл, октаэдр ба тетраэдр бүтцийн элементийн харилцан байршлаас хамаарч янз бүрийн эрдсээс зонхилон тогтсон байж болохыг 15-р хүснэгтээр үзүүлэв [3].

Смектитын бүлгийн эрдсүүд

Бүтцийн хэлбэр	Эрдсийн нэр	Кристалл химийн томьёо	b, Å
Диоктаэдр	Монтмориллонит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O) (Al_{1.67}Mg_{0.33})Si_4O_{10}(OH)$	8.97
	Бейделлит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O) Al_2(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	8.93
	Нонтронит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O)Fe^{3+}_2(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.13
	Волконскоит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O)Cr^{3+}(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.08
Триоктаэдр	Сапонит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O)Mg_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.18
	Гекторит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O) (Mg_{2.67}Li_{0.33})Si_4O_{10}(OH,F)_2$	9.18
	Стивенсит	$(M^{+}_{0.16} n H_2O) Mg_{2.92}Si_4O_{10}(OH)_2$	9.12
	Соконит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O) Zn_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.28
	Пимелит	$(M^{+}_{0.33} n H_2O) Ni_3(Si_{3.67}Al_{0.33})O_{10}(OH)_2$	9.08

Тайлбар: M^{+} - үе хоорондын катионууд(Na^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} гэх мэт), ердийн нөхцөлд агаарын хуурай төлөвт байгаа

сорьцын үе хоорондын усны хэмжээ нэг валенттай ионы хувьд $n=3$, хоёр валенттай ионы хувьд $n=4-6$ байна.

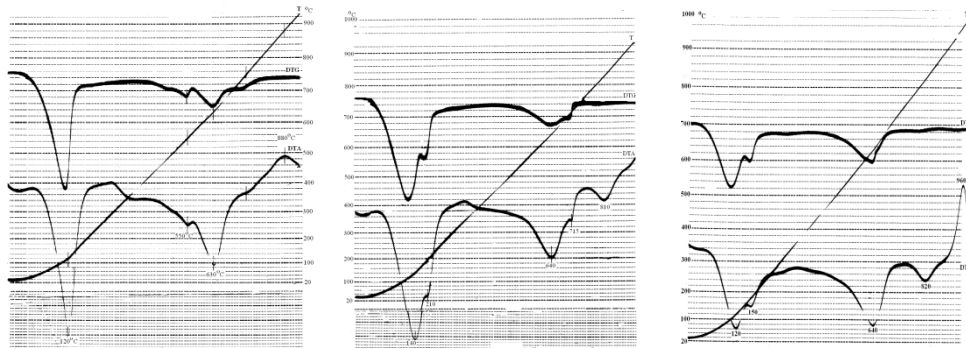
Na-Монтмориллонитийн кристалл химийн томьёо нь $(Na_{0.33}3H_2O)(Al_{1.67}Mg_{0.33})Si_4O_{10}(OH)$ байх тул үүнээс үндэслэн тооцсон химийн найрлагын утгыг судалгааны дээжийн химийн найрлагын утгатай харьцуулан 16-р хүснэгтээр үзүүлэв.

Туулантын шаврын химийн шинжилгээний дүн.

Дээжийн нэр	Найрлага, жингийн хувиар							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	шга
Шавар (байгалийн)	54.3	16.62	3.98	6.43	3.78	2.5	1.46	10.9
Шаварлаг хэсэг	57.46	25.92	1.04	1.26	1.81	0.41	2.62	8.92
Тооцооны	58,98	21,46	-	-	3,34	2,56	-	13,63

Химийн шинжилгээний үр дүнгээс харахад байгалийн дээжид агуулагдах калийн оксидын хэмжээ шаварлаг хэсэгт өссөн ба тооцооны үзүүлэлттэй харьцуулбал натрийн оксидын орлох хэмжээний агууламжтай байна. Энэ нь үе хооронд орших шингээгдсэн катион K²⁺, Ca⁺ байж болохыг харуулж байна. Харин тооцооны найрлагаас дутагдаж байгаа магнийн хэмжээг монтмориллонитийн кристалл бүтцийн октаэдр дэх Fe³⁺, Al³⁺ ба Mg²⁺ катион солилцоогоор нөхөгдсөн байж болох юм.

Монтмориллонитийн дериватограммд гурван эндо ба нэг экзотерм эффект ажиглагдана. 175°C орчим температурт үүсэх эндоэффект нь механик холбоотой болон үе хооронд орших усаа алдах, 625°C температурт үүсэх эндоэффект нь кристалл торын усаа алдаж монтмориллонитийн бүтцийн зарим хэсэг эвдрэх, 1000°C температур орчимд үүсэх экзоэффект нь шпинелийн кристаллжилттай холбоотой байна. Туулантын шаврын дериватограммыг 22-р зурагт үзүүлэв.



А.

Б.

В.

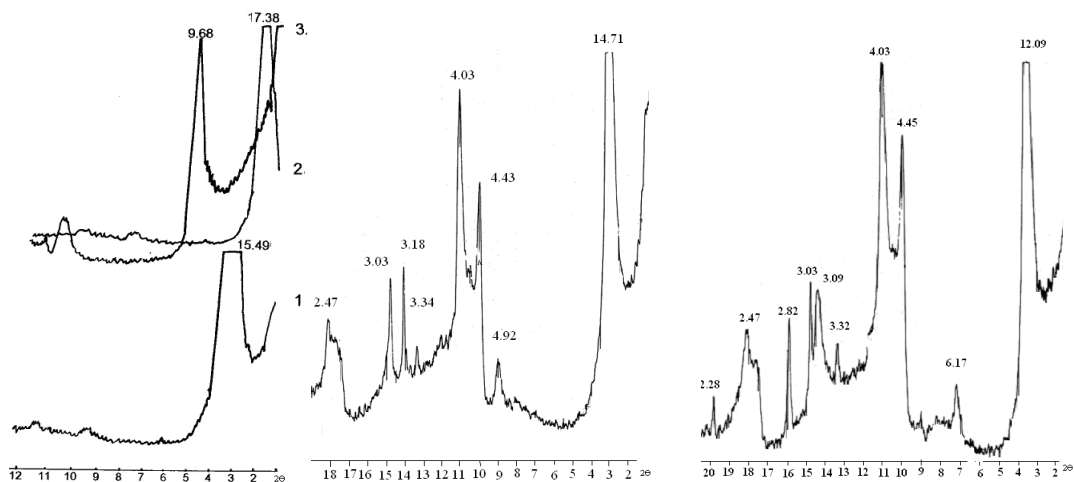
22-р зураг. Туулантын шаврын дериватограмм.

А. Байгалийн дээж. Б. 2 мк -аас бага шаварлаг хэсэг.

В. 0,1N натри хлорийн уусмалаар боловсруулсан 2 мк -аас бага шаварлаг хэсэг

Байгалийн дээжийн дериватограммд 120, 550, 630°C температурт эндо, 880°C температурт сулхан экзоэффект илэрсэн нь монтмориллонит эрдсийн дулааны задралын ерөнхий төрхийг харуулах ба харин 2 микроноос бага дээжид 180°C температурт шинээр эндоэффект илэрсэн нь үе хоорондын катионы төрлөөс хамааран механик болон үе хоорондын усаа шат дараалан алдаж байгааг үзүүлнэ. Энэ процесс 0,1N натрийн хлорын уусмалаар боловсруулсан дээжийн дериватограммд давтагдаж, 880°C температурт хүчтэй экзоэффект үүссэн нь натрийн ионы нөлөөгөөр кристаллжилт эрчимтэй явагдаж байгаа гэж үзэж болох ба тухайн дээж Na-монтмориллонит хэлбэрт шилжсэнийг баталж байна.

Шаврын 2 микроноос бага хэсгээс бэлдсэн эрэмбшсэн сорьцын дифрактограммд 001 атомын хавтгайгаас үүсэх шугамын байрлал 15,49A° утгатай байгаа нь үе хоорондын катион Ca, Mg зонхилж байгааг харуулна[23-р зураг]. Органик шингэнээр үйлчлэхэд 17,38 , 500°C температурт дулааны боловсруулалт хийхэд 9,68A° утгатай болж байгаа нь бентонитийн төрлийн шаврын ерөнхий зүй тогтлыг илэрхийлнэ[3].



А.

Б.

В.

23-р зураг. Туулантын шаврын дифрактограмм.

А. Шилэн ялтас дээр эрэмбшүүлсэн Б. Нунтаг дээж В. Натри хлорын уусмалаар боловсруулалт хийсэн

Харин 2 микроноос бага ба түүнийг натрийн хлорын уусмалаар үйлчилсэн сорьцын дифрактограммуудыг харьцуулан үзвэл зөвхөн 001 атомын хавтгайгаас үүсэх үндсэн шугам $14,59\text{ A}^\circ$ утгаас $12,09\text{ A}^\circ$ шилжсэн нь Na-монтмориллонитод хэлбэрт орсныг баталж байна.

Нэг валенттай катионыг үе хоорондоо агуулсан монтмориллонитийн катион солилцох багтаамж тооцоогоор 92 мг экв/100 г ба туршилтаар 80-120 мг экв/100 г байдаг. Туулантын шаврын 2 микроноос бага хэсгийн катион солилцох багтаамж 35,94 мг экв/100 г харин уг дээжийг 100 ба 200°C температурт хатааж катион солилцох багтаамжийг тодорхойлоход харгалзан 22,64 ба 12,22 мг экв/100 г болж буурч байна. Энэ нь баяжуулалтын технологийг сонголтоос түүний онцгой шинж чанарын нэг болох катион солилцох багтаамж ихээхэн хамааралтай болохыг харуулж байна.

4.2. Дулааны шинж чанар

Бентонитыг үйлдвэрлэлд хэрэглэхийн тулд ихэвчлэн боловсруулалтанд оруулдаг. Үүнд: хатаалт, бутлалт болон төрөл бүрийн идэвхижүүлэлт орно. Бентонитийг үйлдвэрлэлд хэрэглэхэд түүний температурыг өсгөхөд талст тороо хэвээр хадгалдаг шинж чанарт үндэслэдэг. Халаалт явагдаж буй температурын өөрчлөлтөөс шалтгаалан монтморилонит нь янз бүрийн хэлбэрээр усаа алддаг байна. РФ ын шинжилгээний харахад судлагдсан ордуудын бентонитын дегидратаци нь түүний найрлага дахь эрдсийн онцлогоос голлон шалтгаалдаг болох нь харагдаж байна. Бентонитийн боловсруулалтын нөхцлийг тодорхойлох зорилгоор Туулантын бентонитийн дулааны шинж чанарыг тодорхойлох Д-1500 маркийн 3 муруй бүхий бичлэгтэй дервитографт явуулсан байна. 1-дулааны жингийн муруй 2-дулааны жингийн дифференциаль муруй 3-дулааны шинжилгээний муруй.

Шинжилгээний дүнд гарсан муруйн тусламжтайгаар дараах зүйлийг шийдэх боломжтой юм. Үүнд: Сорьцын фазын бүтэц, түүн дэхь шаварлаг хэсгийн агууламж "тухайлбал монтмориллонитын", бентонитын дулаан тэсвэрлэлт, ус



ялгаруулалтын хязгаар, хатаалтын зохистой температур, хөөлтөнд нөлөөлөх хатаалтын температур г.м

Дериватограмм нь монтмориллонитын бүлгийн эрдэст хамаарах бөгөөд 100°C - 300°C -т бага температурын жингийн алдагдал, 100°C - 150°C -т адсорбцлогдсон, халаас хоорондын, сольватацийн усны максимум алдагдал, 500°C - 550°C -т бүтцийн усны алдагдал явагдах ба 800°C - 900°C -т сул экзотерм эффект ажиглагдана (24-р зураг).

24-р зураг. Бентонитийн дериватограмм

Тухайн деривитограм нь ердийн монтмориллонитын бичлэгээс ялгаатай. Тухайлбал: 600-650⁰С ба 500⁰-555⁰С температурын мужид ОН группын ялгаралттай холбоотой хоёрдогч эндоэффэкт үүсэх ба , 800⁰С-ийн орчимд гуравдагч эндоэффэкт ажиглагдахгүй байна. Энэ нь төмөр агуулсан монтмориллонитод хамаарна. 550⁰-555⁰С-мужид илрэх эффэкт нь эрдсийн дулаан тэсвэрлэлтийг илтгэх ба энэ нь октаэдр торны давхарга дахь Al,Fe,Mg -ын харьцаа болон октаэдр давхаргын хязгаар дахь октаэдрин байрлалаас хамаарна. Энэ нь тухайн бентонитийн онцлог бөгөөд түүний дулаан тэсвэрлэлт бага байдагтай холбоотой. Al болон Mg агуулсан монтмориллонитод хоёрдогч эндоэффэкт 600⁰-800⁰С-т үүсэх ёстой . 850-900⁰С-т эффэкт нь силикатын бүрэн эвдрэлийг илтгэнэ. 250-300⁰С мужид Ca-Mg –ийн катион солилцооны хазайлт гарна. Улмаар 920⁰С хүртэл халаахад ус 12-21% алдагдах ба энэ нь нийт усны алдагдлын 14-16%-ийг эзлэнэ.

Бентонитын дулааны шинж чанарт нөлөөлөх төмрийн хэмжээг тодорхойлохын тулд хүчилтөрөгчийн потенциалын дэглэмд агаарт болон азотын орчинд шинжилгээг явуулсан байна. Ингэхэд термограммд ямар нэгэн өөрчлөлт гараагүй болно. Энэ нь бентонитод агуулагдах төмрийн агууламж нь монтмориллонитийн октаэдрин давхарга болох силикатын фазад ордогоор тайлбарлагдаж байна. Түүнчлэн бентонитыг хүчлээр идэвхжүүлсэн туршилтын дүнгээр давхар батлагдсан болно. Төмрийн агууламжийн хэмжээг 1.5-3.0%-иар бууруулахад октаэдрин давхарга эвдрэлд орно. Энэ үед бентонит задралд орж хөөх чадвараа алдана. Бентонитийг содоор идэвхжүүлэхэд дулаан тэсвэрлэлт тодорхой хэмжээгээр өснө. Энэ үед 2 дахь эндоэффэктийн температур 20⁰-30⁰ С-аар өссөн байна. Идэвжүүлэх явцад өсөх дулаан тэсвэрлэлтийг эрдсийн дотоод бүтэц болон түүний октаэдр давхаргын шинж чанарт нөлөөлөх Na-OH нэгдлийн нөлөөлөлтэй холбож тайлбарлана.

4.3 Регидратаци дахь бентонитын шинж чанар

Бентонитын ус шингээх буюу хөөх шинж чанар нь түүнийг үйлдвэрлэлд хэрэглэх гол шинж чанаруудын нэг болдог. Бентонитыг ихэвчлэн нунтаг байдлаар хэрэглэдэг ба нунтаглахын өмнө хатаах шаардлагатай. Бентонитын хатаалтын горим нь түүний төмөрлөгийн ба цутгамалын шинж чанарт нөлөөлдгийг туршилтаар тогтоосон байна. Туршилтын дүнд тухайн эрдэс нь шатаалтын янз бүрийн температурт ус шингээж байсан ба эцсийн дүнд хатаалтын зохистой горим тогтоов.

Судалгаанд Туулантын бентонит хамрагдсан ба дээжийг урьдчилан идэвхжүүлсэн болно. Идэвхжүүлэлтийг нойтон аргаар дараах аргачлалаар явуулав. Нухуурт тодорхой хэмжээний дээж авч тохирох хэмжээний сода нэмж хутгаад зутан болтол нь ус нэмж нухаад 50°C - 60°C -т хатаана. Ингэж идэвхжүүлсний дараа сорьцыг туршилтанд оруулна."2-р зураг,2-р хүснэгт" Эхлээд идэвхжүүлсэн бентонитын усны агууламжийг тодорхойлох ба улмаар тогтмол жинтэй (578-80мг) бентонитыг 200°C , 300°C , 400°C , 500°C , 600°C , 800°C , 900°C -т шатаана. Улмаар 98%-ийн чийглэгтэй $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ –ийн уусмал бүхий эксикаторт 8 хоногийн турш байлгаад ДТА шинжилгээ хийж усны шингээлтийн хэмжээг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$Q_{\text{рег}} = Q_{\text{экс}} - Q_{\text{общ,гигр}} - Q_{\text{ост}} - Q_{\text{гигр.400}}$$

$Q_{\text{экс}}$ --Эксикаторт 7 хоног байлгасан сорьцын шингээсэн усны хэмжээ,

$Q_{\text{общ,гигр}}$ --Эксикатор дахь дээжний 100°C -т алдах гигр усны хэмжээ,

$Q_{\text{ост}}$ --Өгөгдсөн температур хүртэл халаахад ялгараагүй үлдсэн усны хэмжээ

$Q_{\text{гигр.400}}$ -Өгөгдсөн температурт халаах явцад 100°C -т сорьцын алдах усны хэмжээ,

17-р хүснэгт

Урьдчилан шатаасан бентонитын температур болон усаа алдах шинж чанарын хамаарал

Регид, Т	Жин, мг	$Q_{\text{экс}}$	$Q_{\text{общ,гигр}}$	$Q_{\text{ост}}$	$Q_{100}, \%$	$Q_{\text{рег}}, \%$	Регид, %
200	457	26,4	11,02	8,6	1,8	9,4	61,0
300	442,5	23,27	7,2	7,4	1,3	9,3	59,0
400	429,5	21,4	6,9	7,15	1,6	7,95	51,6
500	408,6	17,7	7,6	6,0	1,6	5,7	37
600	398,7	16,7	7,0	5,5	1,0	5,2	33,7
800	395	14,25	9,0	4,4	1,0	1,65	12,0
900	368,9	8,1	8,0	0,1	0,3	0,3	5,0

17-р хүснэгтээс харахад бентонитыг 200⁰С хүртэл халаахад хөөлтөөсөө хамааран шинж чанарынхаа 61% –ийг хадгалдаг байна. 500⁰С-аас дээш температурт бентонитийн ус алдах процесс огцом буурдаг ба зөвхөн 31% регидратацид ордог байна. 800⁰-900⁰С-т эрдэс нь эерэг шинж чанараа бараг бүрэн алддаг байна. Туршилтын дүнг үндэслэн бентонитын хатаалтын зохистой температур 350⁰-400⁰С байх ба 200⁰С –аас доош температурт бентонит нь шинж чанараа алдагдахгүй байхаар байна.

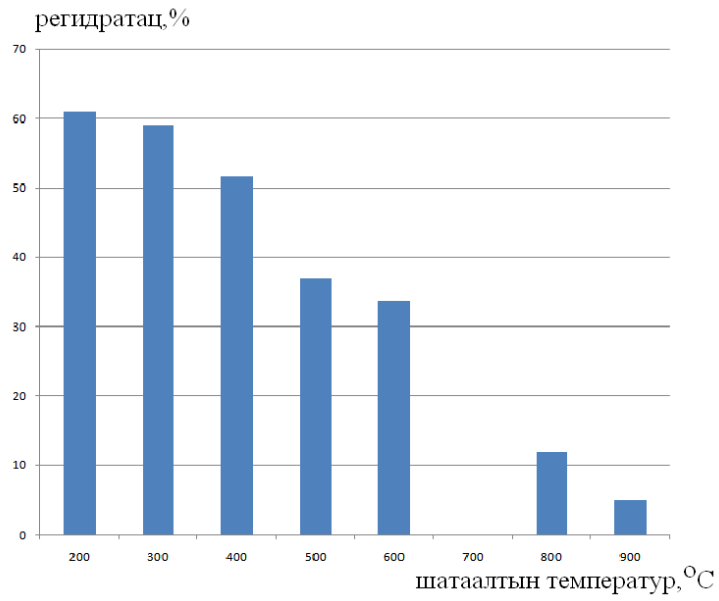
4.4 Шатаалтын температур болон хөөлтийн хамаарал.

Судалгаанд Туулантын бентонит хамрагдсан ба тухайн сорьц нэгэн төрлийн бүтэцтэй болохыг тогтоосон. Иймд бентонитыг 2%-ийн содоор дахин идэвхжүүлэв. Улмаар 2г дээжийг 200⁰ С, 300⁰С, 400⁰С, 500⁰С, 600⁰С, 700⁰С, 1000⁰С –ийн температурт шатаасны дараа ус шингээж хөөлтийн индексийг тодорхойлов. Идэвхжүүлж хатаасны дараа 6% ус агуулсан дээж хамгийн өндөр хөөлттэй байлаа. Хөөлтийн индексийг хувиар илэрхийлбэл 26 нэгж байна. 200⁰С -700⁰ С –ийн мужид дахин шатаалт явуулахад хөөлт огцом буураагүй бөгөөд хөөлтийн индекс аажмаар багассан. Туршилтийн дүнд үндэслэн бентонитын хатаалтын температур 350⁰ -400⁰ С хооронд байна(18-р хүснэгт).

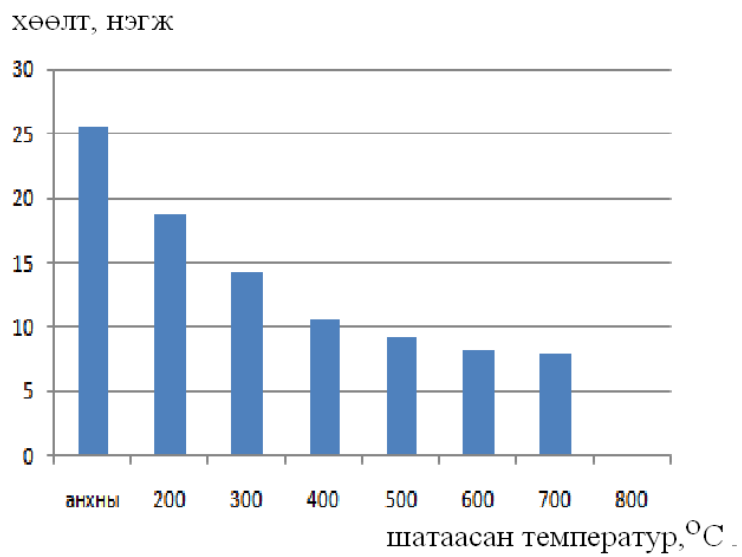
Хөөлтийн индексийн судалгааны дүн.

T°С	Жин, гр	100°С хатаасны дараах жин, гр	Чийг, гр	Ппп, %	Н, мл	W, нэгж	Хөөлтийн индекс хадгалалт, %
Эх дээж	2,0	1,89	0,11	-	5,7	25,6	100
200	2,0	1,8969	0,1031	0,3	4,2	18,7	73
300	2,0	1,8959	0,1041	1,1	3,2	14,3	56
400	2,0	1,8940	0,1060	1,6	2,4	10,7	42
500	2,0	1,8657	0,1343	2,5	2,0	9,2	36
600	2,0	1,8619	0,1381	4,5	1,8	8,3	32
700	2,0	1,8604	0,1211	5,6	1,7	7,9	31
1000	2,0	1,8900	0,1100	5,9	-	-	-

Идэвхжүүлсэн бентонитын хөөлтийн индекс 25,6 нэгж байна. Урьдчилан 200° С хүртэл халаасан бентонитын хөөлтийн индекс 18.7 байгаа нь анхны дээжний 73%-тай тэнцүү байна. 500°С-т шатаасан сорьцын хөөлтийн индекс 9.2 нэгж байгаа ба ашигтай шинж чанараа 36% хадгалж байв. 700°С-ийн мужид 31% шинж чанараа хадгалж байна. 1000°С-т монтмориллонитын эрдэс бүтэц бүрэн эвдрэлд орж хөөх чадваргүй болно. Дээрхи туршилтаас харахад бентонитыг хэт өндөр температурт шатааснаас түүний шинж чанар огцом буурдаг болох нь харагдаж байна. 200°С хүртэл халаасан байхад хөөлт 27% хүртэл буурсан байна. Бентонит шаврын шинж чанарыг алдагдуулахгүйн тулд хатаалтыг 120°С хүртэлх температурт явуулах ёстой.



25-р зураг Шатаалтын температур регидратацын индексийн хамаарал



26-р зураг Шатаалтын температур хөөлтийн индексийн хамаарал

4.5 Идэвхжүүлэх процессын судалгаа

Идэвхжүүлэх процессыг янз бүрийн аргаар явуулж болно. Хамгийн өргөн хэрэглэгддэг аргуудад нойтон, хуурай, суспенз байдалд идэвхжүүлэх аргууд орно. Нойтон аргаар идэвхжүүлэхдээ бентонитыг тодорхой хэмжээний содтой хольж усаар зууран зутан бэлтгэж хатаагаад нунтаглана. Энэ үед идэвхжүүлсэн бентонит ба уусдаггүй болон сул уусдаг CaCO_3 , MgCO_3 үүснэ. Хуурай аргаар идэвхжүүлэхдээ механик аргаар сода болон бентонитыг холих ба бентонитын идэвхжүүлэлт түүний байгалийн чийгээр явагдана. Суспенз байдлаар идэвхжүүлэх процессыг бөмбөлөгт тээрэмд шаврыг хийж устай содын хамт тээрэмдэнэ. Идэвхжүүлэх процессыг сода ба NaCl -ийн 0.01M, 2%, 5%-ийн уусмалыг хэрэглэн 2 үе шаттай явуулна.

Катион солилцоонд Mg , Ca -аас гадна Na , K , Fe орно. Гэхдээ кальци ба магнийн нийлбэр хэмжээ 80-82% байна. Кали нь байгалийн дээжид маш бага харин төмөр нь октаэдр үед ордог тул эдгээрийг тооцохгүй байж болно.

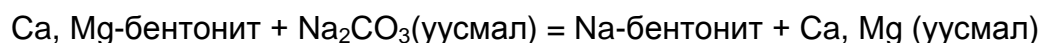
19-р хүснэгт

Солилцооны катионууд судалгааны дүн.

№	Дээжийн төрөл	Солилцооны катион, мг.экв/100г				
		Mg	Ca	Na	K	нийлбэр
1	Байгалийн	14,2	46,1	3,8	0,6	64,7
2	Идэвхжүүлсэн	6,27	9,96	53,11	0,62	69,96

4.5.1 Содоор идэвхжүүлэх

Содоор идэвхжүүлэхэд дараах урвал явагдана.



Уусмалд шилжиж байгаа Ca ба Mg -ийн хэмжээг химийн аргаар тодорхойлно. Энэ хэмжилтийн үр дүнг 20-р хүснэгтээр үзүүлэв.

Содоор идэвхжүүлэх үед бентонитийн Ca, Mg-ийн Na-аар солигдох кенитик

Урвал	Концентрац,%	Хугацаа, цаг	Катионууд			
			Нийлбэр	Солилцоогүй Мг,экв/г	Солилцсон	
					Мг,экв/г	%
Ca---Na	0.1	24	46.19	36.1	10.09	21.8
Ca---Na	2.0	24	46.09	11.59	34.5	74.8
Ca---Na	5.0	24	45.92	18.5	27.42	59.7
Mg---Na	0.1	24	14.2	8.5	5.7	40.1
Mg---Na	2.0	24	14.15	4.75	9.4	66.4
Mg---Na	5.0	24	14.05	7.5	7.0	49.8

Идэвхжүүлээгүй бентонитод кальцийн ионы хэмжээ 46-46,2 мг экв, магни 14-14,2 мг экв байсан бол идэвхжүүлсний дараа түүний зарим хэсэг нь солилцоонд орсон болох нь харагдаж байна. Содын концентрац бага үед ион солилцоо бүрэн явагдахгүй харин их үед сөрөг нөлөө үзүүлж байна.

4.5.2 Хоолны давсаар идэвхжүүлэх

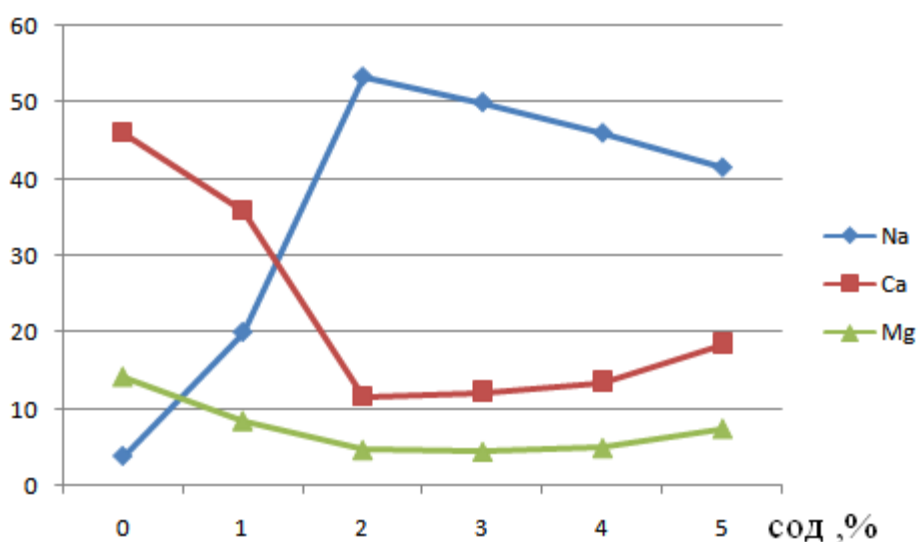
Туршилтыг 0.1, 2.0, 5.0% концентрацтай уусмал ашиглан Туулантын бентонитын катион шингээлтийн идэвхийг тодорхойлох туршилтыг явуулав. Туршилтын үр дүн содоор идэвхжүүлсэн туршилтын дүнтэй ойролцоо боловч зарим нэг ялгаа ажиглагдав. 5% концентрацтай үед ион солилцлын процесс хоолны давс ашигласан үед идэвхжиж байна.

Хоолны давсаар идэвхжүүлэх үед бентонитийн Ca, Mg-ийн Na-аар солигдох кенитик

Урвал	Концентрац,%	Хугацаа,	Катионууд		
				Солилцоогүй,	солилцсон

		цаг	Нийлбэр	Мг.экв/г	Мг.экв/г	%
Ca---Na	0.1	24	46.4	34.2	12.2	26.3
Ca---Na	5.0	24	46.43	10.22	36.21	77.9
Mg---Na	0.1	24	14.25	6.5	7.75	54.3
Mg---Na	5.0	24	14.07	5.8	8.27	58.7

Солилцооны катион, мг экв



27-р зураг. Солилцооны катионы агууламж уусмалын концентрацаас хамаарах хамаарал.

4.5.3 Туулантын ордын бентонитийг нүүрсхүчлийн натрийн давс/ Na_2CO_3 /-аар идэвхижүүлсэн судалгааны үр дүн

Судалгаанд туулантын ордын бентонитийг вакуум орчинд / Na_2CO_3 /- аар идэвхижүүлж боловсруулалтын температур, содын уусмалын концентрацийн нөлөөлөлийгдулааны задлан шинжилгээний аргаар судлаж үр дүнг 22-р хүснэгтэд нэгтгэв.

Na₂CO₃ /сода/-аар идэвхижүүлсэн үеийн ДТА-ийн үр дүн

№	Дээжийн тэмдэглэгээ	Боловсруулалт хийсэн нөхцөл	Дулааны эффект, °C		Жингийн алдагдал, %	Пикийн талбай, S см ²	Тайлбар
			Эндо/+	Экзо/-			
0	1	2	3	4	5	6	7
1		Эх дээж бентонит <2мк	140 200 640	900 сул	17,03		
2	T-00	бентонит <32мк , 60 ⁰ C –вакуумд	160 200 640	860 сул	14,5	11,3 - 6,425	860 ⁰ C -д маш сул эффект илэрсэн.
3	T-01	2% Na ₂ CO ₃ ; 60 ⁰ C -вакуумд	140 660 740			8,75 3,5 2,25	
4	T-02	2% Na ₂ CO ₃ ;100 ⁰ C -вакуумд	135 640 710			5,15 3,5 1,625	
5	T-03	2% Na ₂ CO ₃ ; 140 ⁰ C –вакуумд	130 640 680			8,15 5,125 5,125	
6	T-04	4% Na ₂ CO ₃ ; 60 ⁰ C -вакуумд	140 180 645 720	280	12,76	9,2 2,575 0,95	
7	T-05	4% Na ₂ CO ₃ ;100 ⁰ C -вакуумд	140 640 690	260	13,05	6,2 3,125 0,75	
8	T-06	4% Na ₂ CO ₃ ;140 ⁰ C -вакуумд	140 200 640 700			7,325 2,95 1,4 -	

9	T-07	6% Na ₂ CO ₃ ; 60 ⁰ C -вакуумд	140 640 710		14,45	6,7 3,2 1,425	
10	T-08	6% Na ₂ CO ₃ ; 100 ⁰ C -вакуумд	140 640 700	265 850 сул	14,5	8,625 3,25 1,25	850 ⁰ C -д сул экзо эффект илэрсэн.
11	T-09	6% Na ₂ CO ₃ ; 140 ⁰ C -вакуумд	135 200 635 690	850 сул	16,7	8,45 2,725 1,125	Дээрхитэй ижил

Дулааны задлан шинжилгээг дериватограф Д-1500 төхөөрөмж дээр дараах горимоор явуулав: DTA -1/5; DTG-1/5; TG-200mg; T-1000⁰C; Vt-10⁰C/min, inert mat-Al₂O₃

Судалгааны үндсэн объект болох Туулантын бентонитийн 32 мкн –оос бага хэсгийг вакуум хатаагуурт 60⁰ C-д боловсруулалт хийсэн үеийн дериватограммд /зураг / 3 эндо эффект ажиглагдана. 160 ба 210⁰ C –т шаталсан эндо эффект нь механик холбоотой болон үе хоорондох усаа шат дараалан алдах 640⁰ C-т үүссэн эндо эффект нь кристалл торын усаа алдах болон монтмориллонитийн бүтцийн зарим хэсэг эвдэрч буй явцтай холбоотой юм. 850⁰ C орчимд маш сул экзо эффект илэрсэн нь *** 2,4,6%-ийн содын уусмал (NaCO₃) -аар боловсруулж вакуум хатаагуурт 60,100,140⁰ C хэмд хатаасан үеийн дериватограммын бичлэгүүдийг эх дээжтэй харьцуулахад 2% содын уусмалаар 3 температурт боловсруулалт хийсэн бичлэгүүд дээр 210⁰ C –т шаталсан эндо эффект арилсан бөгөөд шинээр 680-740⁰ C –т эндо эффект үүссэн бөгөөд пикүүдийн хэмжээ томорч, тодорсон. Дулааны боловсруулалтын температур өсөхөд пикүүдийн үүсэлтийн температур 5-30⁰ C-ээр буурч байна. 4% содын уусмалаар идэвхижүүлж 3 температурт боловсруулалт хийх үед пикүүдийн үүсэлтийн температур 5-40⁰ C-ээр өсөж 60-100⁰ C –т боловсруулалт хийсэн үеийн сорьцын дериватограммын бичлэгийн 240-250⁰ C мужлалд үл мэдэг экзо эффект илэрсэн .Судлаачдын [] үзэж байгаагаар

энэ нь органик хольцын задрал эсвэл Ca → Mg катион солилцоотой холбоотой байх боломжтой юм. Дулааны боловсруулалтын хэм өсөх тусам пикүүдийн хэмжээ томорч 140 °C хэмд 240-250 °C мужлал дахь экзо эффект арилж 850 °C орчимд бага зэрэг экзо эффект үүссэн нь катион солбицол бүрэн явагдаж, үелэг силикат бүрэн задаосаныг илтгэж байна. Содын концентраци ихсэхэд дээрхи процессууд идэвхижиж байгаа нь пикүүдийн томролтоор илэрхийлэгдэж байгаа бөгөөд 850 °C орчимд үүсэх эффект эрчимжэж үүсэлтийн температур 10 °C –ээр буурсан байна.

6% содын уусмалаар идэвхижүүлж 3 температурт боловсруулалт хийх үед пикүүдийн үүсэлтийн температур 60-100 °C –т боловсруулалт хийсэн үеийн сорьцын 4% нэмэлттэй үеийнхтэй ойролцоо байгаа бөгөөд дериватограммын бичлэгийн 240-265 °C мужлалд үл мэдэг экзо эффект илэрсэн . Дулааны боловсруулалтын хэм өсөх тусам 4% нэмэлттэй үеийнхтэй харьцуулахад пикүүдийн хэмжээ томорч 200 °C мужлал дахь экзо эффект дахин тодорч, 100, 140 °C хэмд барилт хийх үед 850 °C орчимд бага зэрэг экзо эффект үүссэн нь катион солбицол бүрэн явагдаж, үелэг силикат бүрэн задарсаныг илтгэж байна. Содын концентраци ихсэхэд дээрхи процессууд идэвхижиж байгаа нь пикүүдийн тодролтоор илэрхийлэгдэж байгаа бөгөөд ялангуяа 850 °C орчимд үүсэх пикийн температур 10 °C –ээр буурсан байна.

Эх дээжтэй харьцуулахад боловсруулалтын бүх тохиолдолд 680-720 °C мужлалд шинэ пик илэрсэн бөгөөд 6% содын уусмалаар идэвхижүүлж, 100-140 °C хэмд барилт хийх үед пикийн үүсэлт хамгийн эрчимтэй явагдсан байна. Мөн энэ тохиолдолд 850 °C орчимд шинэ экзо эффект илэрсэн.

4.5.4 Идэвхжүүлсэн бентонитийн катион шингээлтийг тодорхойлсон дүн

Идэвхжүүлсэн бентонитийн катион шингээлтийн үзүүлэлтийг боловсруулсан горимоос хамааруулан хэмжин гадаадын өндөр үзүүлэлт бүхий дээжтэй харьцуулан үзэв.

Идэвхжүүлээгүй үеийн катион шингээлтийн үзүүлэлтүүд туулант ба Зүүнбаянгийн шаварт харгалзан 23,95 ба 6,48 байсан бол сийрэгжүүлсэн орчинд

140°C температурт боловсруулалт хийхэд 73,25 ба 47,25 болж нэмэгдсэн байна. Энэ нь анхны үзүүлэлттэй харьцуулбал 3,06 ба 7,29 дахин өссөн байна.

Эндээс харахад нам даралтын орчинд физик химийн боловсруулалт хийхэд шаварлаг эрдсийн бүтэц болон үе хоорондын катион солилцоо идэвхтэй явагдаж Na-монтмориллонит үүссэн болохыг туршилтын үр дүн харуулж байна 23-р хүснэгт.

№	Дээжийн нэр	Дээжийн жин, гр	Идэвхжүүлэлтийн горим			Катион шингээлт	Тайлбар
			Температур, °C	Даралт, торр	Орчин		
1	Зүүнбаян	0,15	20	2	2%, NaCl	4,67	
2	Зүүнбаян	0,15	60	2	2%, NaCl	7,38	
3	Зүүнбаян	0,15	100	2	2%, NaCl	5,59	
4	Зүүнбаян	0,15	140	2	2%, NaCl	9,15	
5	Туулант	0,15	60	2	2%, NaCl	15,86	
6	Туулант	0,15	100	2	2%, NaCl	15,05	
7	Туулант	0,15	140	2	2%, NaCl	17,46	
8	Зүүнбаян	0,3	20	2	2%, NaCl	46,49	
9	Зүүнбаян	0,3	60	2	2%, NaCl	28,97	
10	Зүүнбаян	0,3	100	2	2%, NaCl	39,01	
11	Зүүнбаян	0,3	140	2	2%, NaCl	47,64	
12	Туулант	0,3	60	2	2%, NaCl	29,97	
13	Туулант	0,3	100	2	2%, NaCl	63,1	
14	Туулант	0,3	140	2	2%, NaCl	73,15	
15	Туулант	0,3	60	2	2%, Na ₂ CO ₃	42,22	
16	Туулант	0,3	100	2	2%, Na ₂ CO ₃	54,47	
17	Туулант	0,3	140	2	2%, Na ₂ CO ₃	50,26	
18	Туулант	0,3	60	2	4%, Na ₂ CO ₃	42,02	
19	Туулант	0,3	100	2	4%, Na ₂ CO ₃	48,05	
20	Туулант	0,3	140	2	4%, Na ₂ CO ₃	46,44	
21	Туулант	0,3	60	2	6%, Na ₂ CO ₃	35,0	
22	Туулант	0,3	100	2	6%, Na ₂ CO ₃	34,99	
23	Туулант	0,3	140	2	6%, Na ₂ CO ₃	49,85	
24	Туулант					23,95	баяжуулсан

25	Зүүнбаян					6,48	баяжуулсан
26	Австрал					56,88	импортын
27	Хаккаси					29,97	импортын

Бентонитийн ширхэглэлийн хэмжээг тодорхойлсон дүн.

Судалгаанд сонгон авсан Туулант ба Зүүнбаянгийн шаврын дээжийн ширхэглэлийн бүрэлдэхүүний үзүүлэлтийг шигшүүрийн ба седиментацын аргаар тодорхойлж 24–р хүснэгтэнд үзүүлэв.

24-р хүснэгт

№	Нэр	Ширхэглэлийн бүрэлдэхүүн, жингийн %-иар							
		>63	63-20	20-6,3	6,3-2	<2	элс	тоос	шавар
1	Туулант	38,25	3,54	32,78	4,43	21,0	41,79	37,21	21,0
2	Зүүнбаян	1,56	1,66	23,2	29,81	43,79	3,2	53,01	43,79

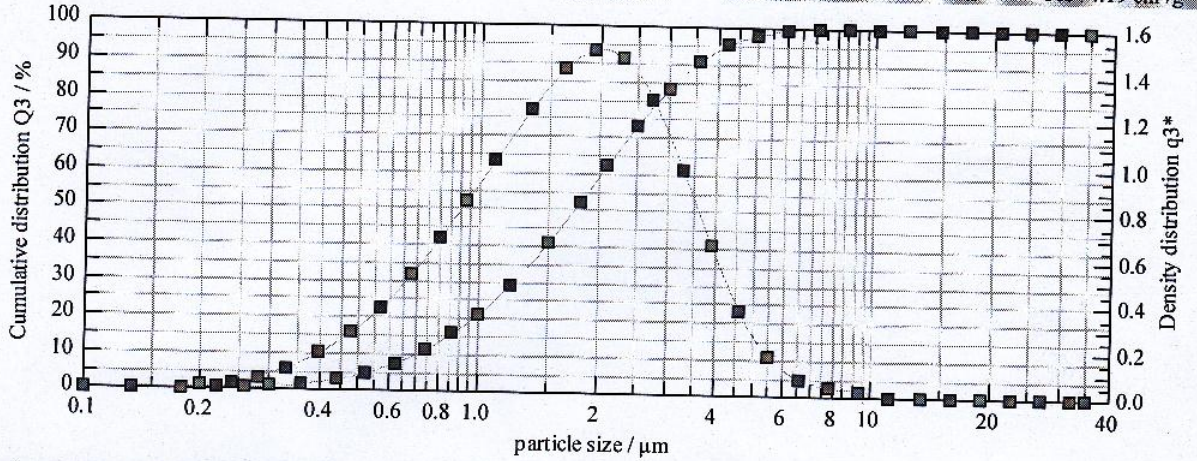
Эдгээр шавруудын бохирдлын хэмжээг шигшүүрийн аргаар тодорхойлоход Туулант-1,92%, Зүүнбаян-0,04% байгаа нь байгаль дээрээ нилээд цэвэр байдлаар оршин байгааг харуулж байна.

Шигшүүрийн (32 мк) аргаар болон седиментацын аргаар баяжуулсан (2 мк-аас бага) дээжүүдийн бөөмийн хэмжээг тодорхойлох шинжилгээг Герман улсын Симпатек компаны лабораторид тодорхойлсон үр дүнг –р зургуудаар үзүүлэв.

HELOS (Hi190) & QUIXEL, R1: 0.1/0.18...35µm
2 micron

2010-02-25, 14:38:54,356

$x_{10} = 0.71 \mu\text{m}$	$x_{50} = 1.75 \mu\text{m}$	$x_{90} = 3.55 \mu\text{m}$	SMD = 1.35 µm	VMD = 2.00 µm
$x_{16} = 0.88 \mu\text{m}$	$x_{84} = 3.09 \mu\text{m}$	$x_{99} = 5.99 \mu\text{m}$	$S_v = 4.44 \text{ m}^2/\text{cm}^3$	$S_m = 16374.19 \text{ cm}^2/\text{g}$



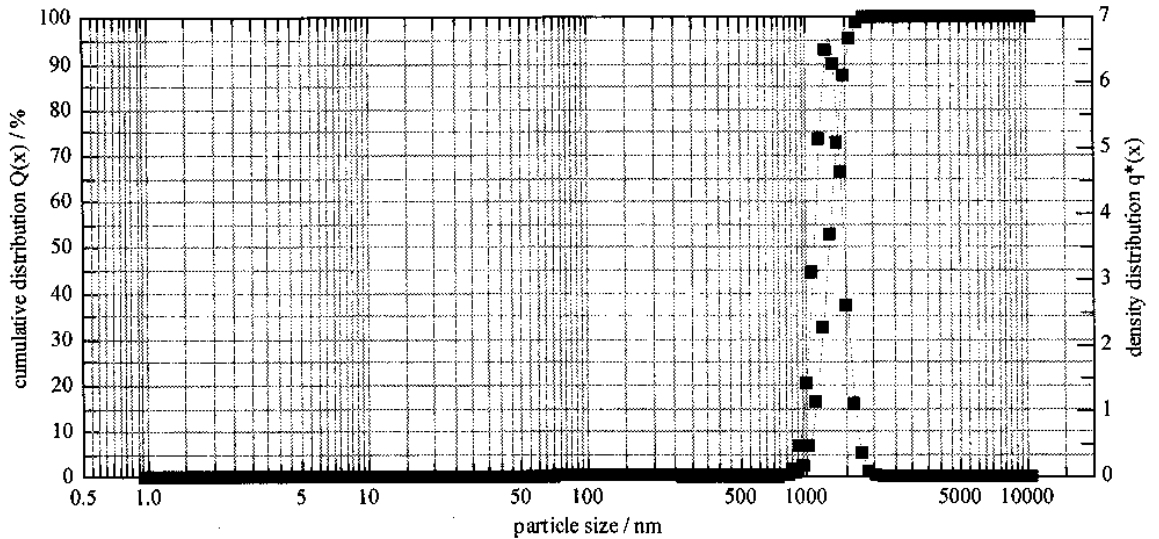
Sympatec GmbH
 System-Partikel-Technik

NANOPHOX Particle Size Analysis
WINDOX 5

NANOPHOX (NX0061), Cross correlation
LATEX

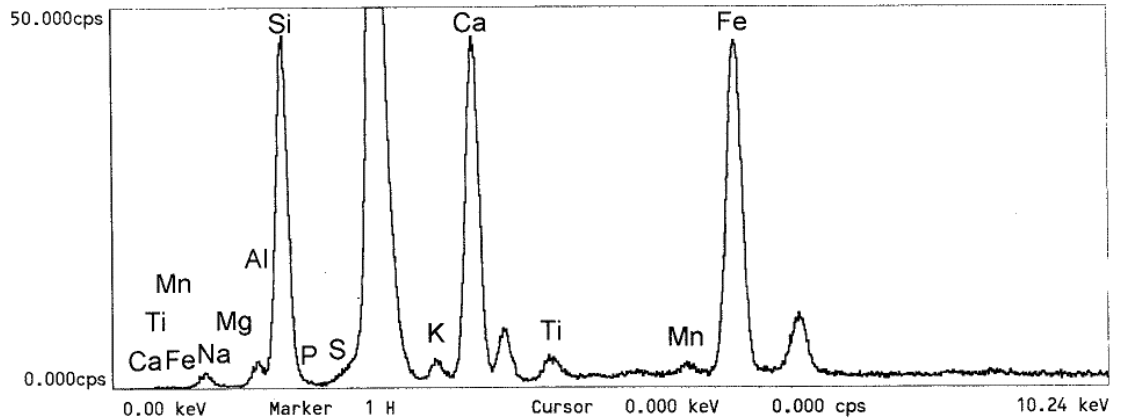
2010-06-30, 11:35:18,171

$x_{10} = 1046.37 \text{ nm}$	$x_{50} = 1253.98 \text{ nm}$	$x_{90} = 1503.18 \text{ nm}$	SMD = 1230.63 nm	VMD = 1265.44 nm
$x_{16} = 1093.54 \text{ nm}$	$x_{84} = 1442.09 \text{ nm}$	$x_{99} = 1727.17 \text{ nm}$	$S_v = 4.88 \text{ m}^2/\text{cm}^3$	



4.5.5 Рентгенфлуоресценцийн спектр шинжилгээ

Рентгенфлуоресценцийн спектр шинжилгээг ШУТИС-ийн эрдэм шинжилгээний нэгдсэн лабораторийн төхөөрөмж дээр хэмжилт хийн үр дүнг –р хүснэгтээр үзүүлэв.



NA2-2.SPM
T-01

Live time : 100 sec
X-ray tube vol. : 15/50 kV
Path : Vacuum
Current : 340/ 42 μ A
CELL : Existence

Quant. Corr. : Standardless

Elem.	Line	Mass[%]	2sigma[%]	Intensity[cps/ μ A]	Formula	Mass[%]
11 Na Sodium	K	0.000	0.779	0.000	Na ₂ O	0.000
12 Mg Magnesium	K	0.602	0.529	0.003	MgO	0.998
13 Al Aluminium	K	4.588	0.313	0.111	Al ₂ O ₃	8.669
14 Si Silicon	K	33.868	0.543	1.716	SiO ₂	72.451
15 P Phosphorus	K	0.000	0.083	0.000	P ₂ O ₅	0.000
16 S Sulfur	K	0.000	0.043	0.000	SO ₃	0.000
19 K Potassium	K	0.595	0.127	0.118	K ₂ O	0.716
20 Ca Calcium	K	7.673	0.215	1.924	CaO	10.737
22 Ti Titanium	K	0.377	0.085	0.406	TiO ₂	0.629
25 Mn Manganese	K	0.073	0.033	0.205	Mn ₂ O ₃	0.105
26 Fe Iron	K	3.984	0.116	14.516	Fe ₂ O ₃	5.696
8 O Oxygen		48.240	0.827			

№	Дээж	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
1	T-00	74.97	9.38	5.95	0.61	7.25	0.91	0.81	0.00	0.00
1	T-00	74.75	9.09	6.15	0.65	7.51	0.87	0.81	0.00	0.00
2	T-01	72.45	8.67	5.69	0.63	10.73	0.99	0.72	0.00	0.00
3	T-01	71.84	8.44	6.16	0.63	11.16	0.9	0.73	0.00	0.00

4	T-02	69.17	8.62	5.95	0.66	9.14	0.8	0.83	4.72	0.00
5	T-02	73.88	9.09	5.5	0.61	9.07	0.94	0.77	0.00	0.00
6	T-03	77.92	12.41	1.99	0.27	4.16	2.74	0.42	0.00	0.02
7	T-03	77.81	11.89	2.09	0.28	4.41	3.04	0.44	0.00	0.00
8	T-04	78.24	11.81	1.85	0.25	4.04	3.16	0.46	0.00	0.00
9	T-05	71.37	8.84	5.06	0.59	7.46	1.2	0.73	4.61	0.03
10	T-06	73.26	9.69	6.21	0.61	8.27	0.86	0.76	0.00	0.05
11	T-06	70.07	9.71	5.62	0.59	7.52	0.83	0.67	4.87	0.00
12	T-07	71.39	9.05	6.12	0.65	10.9	0.86	0.89	0.00	0.00
13	T-07	68.72	8.34	5.61	0.63	10.03	0.83	0.84	4.87	0.00
14	T-08	69.2	9.69	5.36	0.55	7.53	0.97	0.93	5.62	0.00
15	T-08	73.3	9.24	6.15	0.67	8.46	0.8	0.93	0.00	0.122
16	T-09	71.82	9.24	7.25	0.69	9.23	0.79	0.83	0.00	0.00
17	T-09	71.81	9.81	6.76	0.71	8.94	1.05	0.78	0.00	0.00
18										

5.Бентонитод суурилсан ус тусгаарлах материалын технологийн тухай.

"VOLTEX" и "BENTOMAT" зэрэг геотекстил хөвөн нь дотор зайндаа натри бентонитийн үрлүүд бүхий полипропелин утсаар хийсэн зүү хэлбэрийн каркас юм. "VOLTEX" хөвөнг газрын доорхи барилга байгууламжийн босоо ба хэвтээ гадаргуугийн ус тусгаарлалтанд ашиглана. "BENTOMAT" хөвөнг геотехнологид шүүрэлтийн эсрэг экрангаар ашиглана. "SWELLTITE" мембран нь хоёр үетэй бөгөөд дээд үе нь өндөр даралтын полиэтилен хальс, доод үе нь бутилкаучиктай натрийн бентонитоос бүрдэнэ. Энэ материал хоёр зэрэг хамгаалалтын үүргийг гүйцэтгэдэг учир барилга байгууламжийн газрын доор ба дээрх хэсгийн ус тусгаарлалтыг хийхэд хамгийн тохиромжтой байна.

"WATERSTOP" и "REDSTOP" зэрэг ус тусгаарлах жийргүүдийн найрлаганд бутил каучик ба натрийн бентонит орох ба цутгамал бетон бүтээцийн уулзвар зангилааны ус үл нэвтрүүлэх шаваасыг хийхэд ашиглана.

Туслах материалууд.

"SALINE SEAL" нь натрийн бентонитийн үрэл бөгөөд бетон гадаргуугийн ан цавыг бөглөхөд ашиглана.

"HYDROBAR TUBE" нь усанд уусдаг хальсанд ууталсан натрийн бентонитийн үрлүүд юм. Энэ нь барилгын хана ба суурийн хоорондох нэмэлт тусгаарлалтыг хийхэд зориулагдсан байна.

Эдгээр ус тусгаарлах материалуудын давуу талууд нь:

-Дээд зэргийн ус тусгаарлах шинж чанартай (Шүүрэлтийн коэффициент 10^{-11} - 10^{-14} м/с);

-Гидрогеологийн хүнд нөхцөлд ашиглах боломжтой бөгөөд материал нь 7 ат хүртэл даралтыг тэсвэрлэнэ.

-Гидратацийн үед өөрийн эзлэхүүнээ мэдэгдэхүйц ихэсгэдэг тул өөрийгөө эмчлэх чадвартай.

-Ашиглалтын явцад шинж чанарын өөрчлөлт гардаггүй учир эдэлгээний хугацаа их

-Материал нь энгийн бөгөөд угсрахад хялбар тул ус тусгаарлалтын ажлын тусгай мэргэжилтэн шаардлагагүй. Иймээс уламжлалт аргатай харьцуулбал хөдөлмөр зарцуулалт нь түүний 30% орчим байна.

-Бентонит материал нь рН 5-10 бүхий орчин ба туйлт бус шингэнд (масло, бензин) тогтвортой ба хөлдөөлт-гэсгээлт ба гидратац-дегидратацын хязгааргүй мөчлөгийг тэсвэрлэнэ.

-Байгаль орчинд халгүй

-Ус тусгаарлах материалыг ямар ч улиралд хэрэглэж болно.

-Материалын угсарахад адгезийг ашиглах шаардлагагүй

Манай орны томоохон хотууд тухайлбал Улаанбаатарт барилга барих чөлөөтэй талбай хомс болсон нөгөө талаар газрын үнэ эрс өссөнтэй холбоотойгоор газрын доорхи орон зайг ашиглах чиглэл түлхүү хөгжих хандлагатай болж байна. Шинээр баригдаж байгаа орон сууц, үйлчилгээний барилгууд газар доорхи гаражтай болжээ. Мөн газар доогуурх гарц, хонголууд ихээр баригдаж байгаа төдийгүй 2020 он гэхэд Улаанбаатар хот метротой болох тухай яригдаж эхлээд байна. Ийм барилга байгууламжинд удаан хугацааны туршид шинж чанараа хадгалах ус тусгаарлах материал шаардлагатай болох нь ойлгомжтой.

Дээрхи шаардлага нь хөрсний усыг бохирдлоос хамгаалахад мөн хамаардаг.

Ийм ус тусгаарлагч материал нь натрийн бентонит болохыг судалж тогтоосны үндсэн дээр түүнд суурилсан ус тусгаарлах материалуудыг ашиглаж байна.

Эдгээр материалуудын үйлчлэлийн зарчим нь бентонит нь бүрэн гидратацад орох үед өөрийн эзлэхүүнээ 14-16 дахин өсгөдөг шинж чанар юм.

Ус бүхий хязгаарлагдмал орон зайд байвал бентонит нь гель үүссэн хүчдэлтэй төлөв байдалд орж үүний үр дүнд ус үл нэвтрүүлэх шинж чанартай болно.

Энэ шинж чанар нь барилга байгууламжийн ус тусгаарлах материал хийх үндэс болно. Нөгөө талаар механик гэмтлийн улмаас үүссэн ан цавыг гелиэр дүүргэн өөрийгөө эмчлэх чадварыг бий болгоно.

Натрийн бентонитэд суурилсан ус тусгаарлах материалыг 2 бүлэгт хуваан үзэж болно.

1. Газрын доорхи байгууламжийг хамгаалах ус тусгаарлах материалууд

2. Геотехнологийн шүүрэлтийн эсрэг халхавч

Бентонит хөвөн.



Цутгамал төмөр бетон бүтээц нь ган арматурыг цэврэлтээс хамгаалах шаардлага хангахуйц ус үл нэвтрүүлэх шинж чанартай байх хэрэгтэй. Бодит байдалд ус үл нэвтрүүлэх бетоныг хийхэд ихээхэн хүндрэлтэй нь гадны жаахан хольц ороход бетоны дотоод бүтцэд эвдрэл үүсдэгт

оршино.

Төмөр бетоны гүнд нэвтрээд байнга байгаа ус нь хүчиллэг бөгөөд ган арматур ба бетоны найрлаганд орсон химийн элементүүдэд хортой нөлөө үзүүлэн улмаар үндсэн элементийн эвдрэлийг үүсгэнэ.

Цул цутгамал бетоны гадна тал хатуурах үед суултын улмаас үүсэх нүдэнд үл харагдах цууралтууд бий болно. Ийм өчүүхэн цууралттай бетоноор барьсан барилга байгууламжууд байгалийн үзэгдэл, хөрсний суулт зэргээс шалтгаалан эвдрэх магадлалыг ихээхэн нэмэгдүүлнэ. Ган арматур нь ихэвчлэн гадна талаасаа гадаргуугийн ан цав мөн ашиглалтын явцад гарах хийц эдлэлийн ашиглалтын явцад үүсэх нугаралтын микро ан цавд ус нэвтэрснээс зэврэлтэнд өртөнө. Бентонит мат BENTOFIX нь бетоны ус тусгаарлагч материал бөгөөд төмөрбетон хийцийн ус нэвтрэлтийг сааруулах, хөрсөн дэхь химийн хортой бодисуудын үйлчлэлээс эрчимтэй хамгаалах, төмөр бетон хийцийг хамгаалах үүрэгтэй. BENTOFIX нь эрдэс дээр суурилагдсан ус тусгаарлагч материал юм. Гидратацийн дараа BENTOFIX нь шингэн, хий, уурын нэвтрэлтэнд тэсвэртэй болох ба өөрөөр хэлбэл хаалт болдог байна. 10 гаруй жил бентонитын мат BENTOFIX®

амжилттай хэрэглэсэн нь түүний хэрэглээний хүрээ үнэхээр хязгааргүй гэдгийг харуулж байгаа ба үүнд бохирдож гэмтсэн хөрсний гадаргуугийн,хогийн цэгийн хөрсний,усан сангийн ёроолын доторлогооны,геомембраны хамгаалах давхаргын,уур ба хийн ус тусгаарлалтын,салст бүрхэвчийн хоёрдогч



хамгаалалтын болон дамб-н, сувгийн,урсгал усны хаягдлын хязгаарлалт,хаягдлын

хязгаарлалт,хөрсний ус,шингээгч мембраны,босоо завсар ханын ус тусгаарлагч материалууд тус тус багтана. BENTOFIX® матын чанарын гол баталгаа нь түүнийг гарган авах технологи юм.

Байгалийн натрибентонитыг 2 геотекстилийн хооронд байрлуулна.Натрибентонит нь устай харилцан үйлчилснээр хөөж ,анхны байдлаа хуурай шавраас гелеобр бодист шилжинэ.Босоо гадаргуугийн (тухалбал:ханын) битүү байдлыг хангах шаардлагатай

тохиолдолд бентонит нь хүндийн хүчний үйлчлэлийн нөлөөгөөр шилжих хандлагатай болно. <[Phttp://geoplast-m.com/pixfolder/dscn0022.jpg](http://geoplast-m.com/pixfolder/dscn0022.jpg)

Урсгал усны нөлөөллөөр бентонитын гель нь мөн шилжилтэнд орно.Гидражсан гель байдалтай натрибентонит нь төмөр бетон барилгын материалд хөөх хандлага үзүүлнэ. Энэ нь гадаргуугийн жижиг цууралт болон ашиглалтын явцад үүсэх цууралтанд ус тусгаарлалт болж өгнө.

Бентонитын барьер нь төмөр бетоной ойр байх тусам барилгын хананд шингэн нэвтрүүлэхгүйгээс гадна төмөр бетоныг хамгаалах тусгаарлагч материал болж өгнө.

Натрибентонитыг норгоход түүний гадаргуугийн геотекстиль хөөлтийн байдалд орж бүтцийн согог ба жижиг хэсгүүдийг дүүргэн, тэдгээрт ус нэвтрүүлэхгүй болно. Үүнээс гадна явган зам тодорхой хэмжээгээр тасрах мөн бетон барилгын тусгаарлагчийг тохируулахад BENTOFIX® матын переклестын герметизаци хангагдана.

Нунтаг бентонитын жижиг хэсгүүд аажмаар устай урвалд орсноор бентонитын хэрэглээний бэлэн байдал эрс багасна. Бодит байдалд энэ нь бараг л агшин зуурын ус тусгаарлалт болно.

BENTOFIX® бентонит мат бараг бүх төрлийн төмөр бетон барилгын ус тусгаарлагчийн үүрэг гүйцэтгэх ба ихэвчлэн хөрсний уснаас доор байрлах, түүний үйлчлэлд өртөх барилгын суурийг хамгаалахад хэрэглэнэ.

BENTOFIX® бентонит мат ус тусгаарлагчийн давуу талууд:

- Баталгаатай ус тусгаарлах барьер үүсгэнэ.

- “Өөрийгөө анагаагч” материал болно.

- Хялбар, хурдан эмхлэгддэг богино хугацаанд ихээхэн хэмжээний талбайг бүрхэнэ.

- Деформацид ороход бентонит матын давхарга гэмтэхгүй.

- Температурын бууралтанд өртөхгүй

- Барилгын талбайд хураахад хялбар

Наношаврын шинэ модификаторууд.

Дунеон компанийн “ЗМ” охин компани нүүрстөрөгчийн функциональ бүлэг бүхий блок-сополимер(CAM) гарган авах технологи боловсруулсан байна.

CAM нь полимерийн өндөр чанар бүхий нанокomпонентийг гарган авахын тулд полимерийн бүтэц ба функциональ бүлгийн байрлалыг зохицуулахад

хэрэглэнэ.Дээрхи компани наночаврыг модификацид оруулснаар хайлш байдлаар гарган авсан полиолефин ба стирольн төрлийн нанокөмпозит дахь нэмэлтийн үйлчлэлийг сайжруулах болон эдгээр материалуудыг ашиглах талаар судалгааны ажил хийсэн байна.

Түүнчлэн наночаврын нунтаглалтыг сайжруулах, түүнийг полимер матрицтай бат бэх холбохын тулд САМ-модификаторын хэрэглээний талаархи судалгаа хийгдсэн байна.Шаврын үеүүд нь хоорондоо бат бэх барьцалдах хандлагатай байдаг тул полимер матриц дахь шаврын диспергацийн процесст хүндрэл учруулдаг.

Үүнээс гадна шаврын ус татах чанарнь полиолефины матрицын ус алдахтай нийцэхгүй байдаг ба энэ нь үргэлж түүний диспергацийн процесст саад болж байдаг.

Одоогийн байдлаар шаврын үеүүдийн хуваагдлыг эрчимжүүлэхэд болон түүний диспергацид хэрэглэгдэж буй малейний хүчил-этиленийн сополимер (МА-ПП) нэмэлт нь шаардлага хангахгүй байгаа ба асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд нэмэлтийн хэмжээг ихэсгэх шаардлагатай.

Дупеон компани янз бүрийн шавраас шинэ төрлийн блок-сополимер гарган авсан ба тэдгээр нь функциональ бүлэгтээ амин,ангидрид,хүчил,эпоксидийн давирхай зэргийг агуулдаг байна.

5% САМ+ 5%органочавар+ 90% полипропилен (ПП)-ийг шавар+ ПП –ийн хольцыг + 5% этилен ба малейнийн хүчлийн сополимертэй ижил аргачлалаар экструдерээр хольж туршсан үр дүнгүүдийг харьцуулсан байна. Рентген дифракцийц аргыг судалснаар САМ- ыг МА-ПП көмпозиттой харьцуулахад бага нэмэлттэй (1%) үед суналтын уян харимхайн модуль 40-50%иар өссөн байна.

Дүгнэлт.

1. Нанотехнологид ашиглах монтмориллонит шаврыг байгаль дээр оршиж байгаа шаварлаг түүхий эдийг физик химийн гүнзгий боловсруулалт хийн гарган авах аргачлалыг боловсруулав.

2. Туулантын бентонитын седиментацын аргаар ялгаж авсан сорьцод агуулагдах монтмориллонитийн агууламж 80% дээш бөгөөд түүний хувийн гадаргуу $16374 \text{ см}^2/\text{г}$, бөөмийн дундаж хэмжээ 2 мк, болон 0,1-3мк хэмжээтэй бөөмийн агуулалт 84%- ийг эзэлж байна.
3. Дулааны эффектийн температурын утгууд, жингийн алдагдал зэргийг тооцсон E параметр нь дериватографын судалгааны мэдээлэл агуулах чадварыг ялангуяа шаварлаг эрдсүүдийг хувьд дээшлүүлж байна.
4. Туулантын шаврын физик химийн болон технологийн нарийвчилсан шинжилгээний дүнгээс харахад нанотүвшний судалгаанд ашиглах бентонитийн төрлийн шаврыг гарган авах түүхий эдийн шаардлагыг хангана гэж үзэж болно.
5. Ион солилцох багтаамжийг дээшлүүлснээр натрийн ион бүхий уусмалаар боловсруулалт хийж Na-монтмориллонит хэлбэрт шилжүүлж болно.
6. Монгол орны бентонит шавруудын эрдэс бүтэц, шинж чанарын судалгааг нарийвчлан хийж түүнд агуулагдах монтмориллонит эрдсийн кристалл бүтцийг физик химийн үйлчлэлээр сул холбоост хуудсархаг хэлбэрт шилжүүлэх арга зүйг боловсруулав. Монтмориллонитийн хүчлийн үйлчлэлээр эвдэрсэн талст бүтцийг дахин талсжуулах болон Na-монтмориллонит хэлбэрт шилжүүлэх процессыг нэгэн зэрэг натрийн ионоор ханасан уурын орчинд 160°C температур, 4 атмосфер даралттай орчинд 6 цагийн турш явуулах нь тохиромжтой болохыг нарийвчилсан судалгааны үр дүнгээр тогтоов. Боловсруулалтын дараа түүний катион шингээлт 75,6 мг.
7. Монтмориллонит шаврын органик орчинтой харилцан үйлчлэх механизмын судалгааг шавар-полимер системд явуулж органик ба органик биш бодисуудын харилцан зохицлыг бий болгох арга зүйг боловсруулав.
8. Шаварлаг эрдсийн бүтцэд байгаа микро болон нанохэмжээст жижиг хэсгүүдийг судалгааг 1-10000 нм хэмжээст бөөмийн тархалтыг тодорхойлох NANOPHOX багажаар тодорхойлох арга зүйг боловсруулан туршилт судалгааны ажилд хэрэглэв.

9. Байгальд байгаа бентонит шаврын шинж чанарыг физик химийн аргаар идэвхжүүлэн түүний усан орчинд дахь эзлэхүүний өөрчлөлтийг 12 дахин өсгөх боломжийг тогтоосноор газрын доорхи барилга байгууламжийн ус тусгаарлах системийг экологийн цэвэр түүхий эдээр орлуулах боломжийг туршилт судалгааны түвшинд тогтоов.

Ашигласан хэвлэл.

1. Нанотехнологии в строительстве

Строительная газета. № август 2007. 01.10.2007

2. П. Мөнхбаатар, Ш. Чадраабал

Нанотехнологи ба материал судлалын асуудлууд.

Шинжлэх ухаан технологи. ШУТИС-ийн сэтгүүл. 2007 он № 2

3. Ч. Нацагдорж, Д. Халзаа

Монголд нанотехнологийг хөгжүүлэх боломж.

Шинжлэх ухаан технологи. ШУТИС-ийн сэтгүүл. 2007 он № 2

4. Потапов. В.В.

Разработка способов использования гидротермального кремнезема для повышения прочности бетона.

Химическая технология. 2004 №2

5. Лотов. В.А

Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий

Строительные материалы. №8 2006 стр 5-7

6. Middendorf. B

Nanoscience and nanotechnology in cementitious materials

Cement international. 2006. № 4. pp 80-86

7. Баженов. Ю.М

Использование наносистем в строительном материаловедении.

Сборник докладов участников круглого стола "Вопросы применения нанотехнологий в строительстве". Москва. 2009. ISBN 5-7264-0486-6

8. Баженов. Ю.М

Нанотехнологии в строительстве и производстве строительных материалов.

Сборник докладов участников круглого стола "Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов". Москва. 2007. ISBN978-5-93093-575-2

9.Фаликман. В.Р

Анализ и разработка концепции развития работ в области применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве.

Сборник докладов участников круглого стола "Наносистемы в строительстве и производстве строительных материалов". Москва. 2007. ISBN978-5-93093-575-2

9.В.А.Герасин и др

Структура нанокompозитов полимер/ Na+-монтмориллонит, полученных смешением в расплаве.

Российские нанотехнологии. Том 2. № 1. 2007г

10.<http://alandcompany.spb.ru>

11.www.inauka.ru

12.Ассадуллоевна.Т.Ф

Структурные и кристаллохимическое обоснование технологического модифицирования бентонитов. Автореферат. Москва.2006г

13.Горюшкин.В.В

Технологические свойства бентонитов и возможности их изменения. Вестник Воронежского университета. Геология. №1. 2005 г

14.Наноглины и развивающиеся рынки

www.e-plastic.ru/main/articles/r2/pk11

15.Ф.Тиаркс и др

Дисперсии с наночастицами-новаторский подход в области покрытий на водной основе Украинский лакокрасочный журнал № 6

16.Кашпура.В.Н

Получение материалов на основе нанодисперсного кремнезема природных гидротермальных растворов. Автореферат. М. 2007

17. Перспектив строительных наноматериалов

Металлическая здание. №3 2009

18. Ж.К. Узденбаева, и др.

Способы активации природных сорбентов –бентонитов и цеолитовых туфов Таганского месторождения южного приазовья

УДК 553.5.078. www.rusnauka.com/27_NII_2008/Ecologia/35110.doc.htm

19. В.В. Горюшкин

Технологические свойства бентонитов палеоцена Воронежской антеклизы и возможности их изменения

Вестник Воронежского университета. Геология. 2005. №1, стр 166

20. Д.П. Толстенко и др

Методы исследования свойств бентонитов при их использовании в виноделии

Учебные записи Таврического национального Университета им. В.И. Вернадского
Серия (Биология, химия). Т. 19(58)0. 2006. №2 С. 126-133

21. Вопросы применения нанотехнологий в строительстве

Сборник докладов участников круглого стола, Москва, 30 сентября, 2009 г

isa @ mgsu.ru

22. В.В. Попов

Исследование процесса получения гидрозолей нанодисперсного SiO_2 методом электродиализа

УДК 539.2(06) Ультрадисперсные(нано-) материалы

23. В.В. Потапов и др.

Получение нанопорошков кремнезема и природных гидротермальных растворов.

НИГТЦ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

24. BENTOMAT-геосинтетический материал на основе природного натриевого бентонита производства фирмы SETCO

www.sovmat.ru/material/m217.htm

25. Болотин .О и др

Исследование минералогического состава и возможности практического применения глинистых пород Центральной части Молдовы

Институт Химии АН РМ ,стр 97

26. Глина и технологии

Biblitekar.ru/nauka/3.htm стр 1-3

27. В.В Наседкин

Бентонитовые и палыгорскитовые глины как естественные наноматериалы
(кристаллохимическая характеристика, свойства, генезис)

nasdi@mail.ru

28. Шунгит-природный нанотехнологический материал

Tiniel в 16 май, 2008-11.03

29. С.Н Чвалун и др

Полимерные нанокомпозиты, Химия

30. Б.В. Романовский и др

Нанокомпозиты как функциональные материалы

Сороковский образовательный журнал, Т. 8, №2, 2004

31. Высокоэффективные гидроизоляционные материалы на основе натриевого бентонита

www.nestor.minsk.by/sn/2001/36/sn13616.html ,стр 1-3

32. В.В. Горюшкин

Технологические свойства бентонитов палеоцена Воронежской антиклизы и возможности их изменения

УДК 552.52(470.324) ,стр 166

33. Т.Ф. Абсудалловна

Структурное и кристаллическое обследование технологического модифицирования щелочноземельных бентонитов и бентонитоподобных глин

//vims-geo.ch.rinel.ru/cont/dissovet/referal/trofimova.htm ,стр 1-22

34. Нанотехнологии в строительстве

“Строительная газета” № август 2007 01.10.2007

35. В.А. Лотов

Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий

УДК 666.965.541.182.621 E-mail:kvic @ list.ru стр 84

36.В.Я.Шевченко и др

Развитие работ в Российской Федерации в области нанотехнологий. Доктрина

Наука Москвы и регионов №3, 2006, стр 54

37.В.А.Крутиков

Композиционный материал с наноармированием

УДК 541.16:536.4. Email5 :kodo istu.udm.ru ,стр 36

38.Q.H.Zeng

Glau -based polymer Nanocomposites : Research and Commercial Development

Journal of Nanoscience and Nanotechnology Vol.5, 1574-1592, 2005

39.В.В.Потапов и др

Физико-химические характеристики коллоидного кремнезема в гидротермальном растворе

УДК 661.183.4:541.18.0.48. Вестник Краунц. Серия науки о земле. 2003. №2

40.О.К.Гаришин и др

Исследование микронапряженного состояния в полимерных нанокompозитах на основе глинистого наполнителя и полиолефиновой матрицы

УДК 539.3

41.А.И.Русанов

Нанотермодинамика: химический подход

УДК 541.18 E-mail rusanov.spb.edu стр 145

42.М.Н.Сабодина и др

Сорбционные свойства а бентонитовых глин по отношению к некоторым радионуклидам

www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/geoecol-10.pdf

43.О.А.Болотин и др

Бентонитовые глины водораздельного пространства рек Чага-Скиноса

44. А.К. Микитаев

Некоторые новые подходы к синтезу ароматических полиэфиров

УДК 678.674

45. С.Н. Чвалун и др

Полимер-силикатные наноконпозиты: физико-химические аспекты синтеза полимеризацией in-situ . УДК 541,6+546,284 стр 52

46. О.Ю. Голубева и др

Гибридные наноструктуры на основе слоистых силикатов и азотсодержащих органических соединений. УДК 548.736.64 Журнал общей химии. 2007. Т. 77. Вып .2 стр 246

47. Э.Н. Корыткова и др

Гидротермальный синтез нанотубулярных Mg-Fe-гидросиликатов

Журнал неорганической химии, 2007, том 52, №3, с. 388-394

48. А.К. Микитаев

Наноконпозитные полимерные материалы на основе органоглин

www.zhurnal.ape.relarn./articles/2004/083.pdf

49. П.А. Косоруков и др

Структурно-механические свойства водных дисперсий варварского бентонита

УДК 544.77.0

50. О.Ю. Голубева и др

Слоистые силикаты со структурой монтмориллонита . Получения и перспективы применения для полимерных наноконпозитов

Журнал Физика и химия стекла Т. 33, №3, 2007

51. О.Ю. Голубева и др

Гидротермальный синтез магнево-силикатного монтмориллонита для полимер-неорганических нанокомпозитов

Журнал прикладной химии .Т.78.Вып.1

52.Б.И.Пирогов

В развитии нанотехнологий тонкодисперсного минерального сырья –будущее технологической минералогии

Вестник,февраль,2008г.,№2

53.Термовакuumный стенд многофакторных воздействий

www.samspace.ru/IIK/8-1-4.htm

54.В.И.Вигдорович и др

Природа и роль наноразмерных эффектов при состоянии равновесия и вдали от него
Конденсированные среды и межфазные границы,Т 10,№3,2008,стр 213

55.В.И.Вердов и др

Нанопроцессы в технологии строительных материалов

Научно-технический и производственный журнал ,июль,2008,стр76

56.А.К.Микитаев и др

Нанокомпозитные полимерные материалы на основе органоглин с повышенной огнестойкостью .Zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/129.pdf

57.В.А.Герасин и др

Структура нанокомпозитов полимер Na+ монтмориллонит,полученных смещением в расплаве /Российские нанотехнологии/ Т.2 №2 , 2007

58.А.А.Абряман и др

Биосовместимые наноматериалы .Наноиндустрия 1/2007

59.С.В.Кононова и др

Наноккомпозит на основе полиамидоимида с гидросиликатными наночастицами различной морфологии. Журнал прикладной химии, 2007. Т. 80. Вып. 12

60. В. В. Потапов и др

Методы извлечения кремнезема из гидротермального раствора и утилизации аморфного кремнеземсодержащего материала

61. О. Ю. Голубева и др

Наноккомпозиты на основе полиимидных термопластов и магниевосиликатных наночастиц со структурой монтмориллонита

Журнал прикладной химии. 2007. Т. 80. Вып. 1

61. Нанонаука, нанотехнологии, строительные наноматериалы

[//stroidelo.net.ru/dokumentaciya/stati-1/stati-0-stroitelstve/nanonauka-nanotehnol...11/29/2007](http://stroidelo.net.ru/dokumentaciya/stati-1/stati-0-stroitelstve/nanonauka-nanotehnol...11/29/2007)

62. Е. В. Королев и др

Модифицирование строительных материалов нанокуглеродными трубками и фуллеренами. Строительные Материалы-Наука 8/2006, стр 2

63. В. А. Лотов

Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий

Строительные Материалы –Наука 8/2006, стр 5

64. В. В. Насадкин

Бентонит как природный материал в строительстве

Строительные Материалы –Наука 8/2006, стр 8

65. Ю. В. Пухаренко и др

Наноструктурирование воды затворение как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей

Строительные Материалы-Наука 8/2006, стр 11

66.П.Г.Комохов

Золь-гель как концепция нанотехнологии цементного композита

Строительные Материалы –Наука 8/2006,стр 14

67.В.С.Лесовник

О развитии научного направления “Наносистемы в строительном материаловедении”

Строительные Материалы-Наука ,8/2006 ,стр 18

68.Ю.Д.Третьяков

Проблемы развития нанотехнологии в России и за рубежом

Строительные Материалы,декабрь 2006,стр 17

69.А.Н.Пономарев

Нанобетон:концепция и проблемы

Строительные Материалы ,июнь 2007,стр 69

70.В.В.Строкова и др

Консорциум как инструментарий развития направления наносистемы в строительном материаловедении

Строительные Материалы,август 2007,стр 9

71.С.М.Усачев

Реализация нанотехнологического подхода для вибропрессованных бетонов

Строительные Материалы ,январь 2007,стр 45

72.Middendopf В..

Исследование и технология цемента и материалов на его основе на наноуровне

Строительные Материалы ,январь 2007,стр50

72.В.И.Марголин и др

Перспективы и проблемы нанотехнологий

73.Прогноз развития нанотехнологий с 2003 по 2050 гг

www.nanonevsnet.ru/help/nanotree

74.М.Роко

Перспективы развития нанотехнологии национальные программы,проблемы развития.

Email : mroko @ ns.gov

75.В.К.Дублякин и др

Бентонит-природный сорбент и катализатор:

76.И.П.Суздалев

Нанотехнология :пути развития и перспективы

77.Н.А.Шапалова

Оптимизация структуры наносистем на примере высококонцентрированной керамической
взвешенной суспензии

Строительные материалы –Науки 8/2006

78.Aberle, L.B., et. al., (2000), Macromol. Symp., 162, pp. 249-261.

79.Pusey, P.N., (1999), Curr. Op. Coll. Interf. Sci., 4, pp. 177.

80.Schatzel, K.J., (1991), Mod. Optics, 38, pp. 1849

81.XU, R., (2000), Particle Characterisation, Light Scattering Methods, Kluwer.

82.Witt, W., Aberle L., Geers, H., Particulate Systems Analysis 2003, Harrogate. UK.