



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: Тау-кен жыныстарының жылулық және электр қасиеттері. (13-1 дәріс)



Жоспар:

1. Жыныстағы сұйықтар мен газдар
2. Тау-кен жыныстарының жылулық қасиеттері
3. Жыныстардың электр қасиеттері



Көбінесе тау-кен жыныстары суға қаныққан болады және олар жыныста әр түрде кездесуі мүмкін. **Химиялы байланысқан, физикалы байланысқан және бос суларды ажыратуға болады.**

Химиялы байланысқан су - басқа да молекулар мен иондарға қоса минералдардың кристалдық торларының құрамына кіреді, мысалы гипстің $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ немесе каолинттің $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$. Ондай суларды кетіру минералдық бұзылуына әкеліп, ол басқа сусыз қосылысқа айналады.

Жыныстағы химиялы байланысқан сулар оларды тек қыздырғанда ғана көрінеді ($200^\circ - 1300^\circ$). Ол жыныс қасиетінің жоғары температурада өзгеруіне себепші болады. Химиялы байланысқан судың шығынын, минералдардың кристалдық торларының бұзылуы жыныстың әлсіреуіне және бұзылуына, ал кей жағдайда тығыздалуына (мысалы, саз) әкеледі.

Физикалы байланысқан су жыныстың қатты бөлшектерінің молекулалық тартылыс күштерімен тығыз байланыста болып, оны жұқа қабық түрінде бүркеп тұрады. Оның мөлшері жыныстың суланушылығына байланысты.

Суланушылық - бұл тау-кен жынысының сұйық қабықшамен бүркену мүмкіншілігі.

Жыныс суланғыштығы оны адсорбциялық мүмкіншілігімен, яғни электростатикалық тартылыс есебінен өз бетіне сұйықтық молекулаларын жинау мүмкіншілігімен түсіндіріледі. **Жыныстардың басым көпшілігі жақсы суланушыларға (гидрофильді) жатады. Суланушылығы нашар, немесе мүлдем суланбайтындарға (гидрофобты) күкірт, көмірлер, битумды құмтастар және басқа да кейбір жыныстар жатады.**

Физикалы (берік) байланысқан су, жыныста орын ауыстырмайды, тығыздығы жоғары (1740 кг/м³-дейін), қату температурасы төмен (-78°C), жылу сыйымдылығы, диэлектрлік өтімділігі, электр өткізгіштігі төмен, еріткіштік болмайды. Ол жыныстан тек 105-110°C-ден жоғары температураға дейін қыздырылған соң ғана шығады.

Жыныс сіңіре алатын байланысқан судың ең жоғарғы шамасы, максимал гигроскоптық және максимал молекулалық ылғал сыйымдылық көрсеткіштері арқылы бағаланады. Молекулярлы ылғал сыйымдылық жынысты құрайтын түйір шамаларына байланысты. Мысалы, мөлшері 0,1-0,05 мм кварц бөлшектер үшін 0,02 %, мөлшері 0,001 мм-ден кем болса -0,86 % болады. Дегенмен, жыныстың минералдық құрамы басты роль атқарады. Мысалы, бөлшек шамаларының мәні 1 мкм-ден кем болғанда ω_m альбит үшін 8,1 %, лимонит үшін 23 %, ал биотит үшін 48 % болады. Максимал гигроскоптық ω_r тау-кен жынысы өз бетінде салыстырмалы ылғалдылығы 94% ауадан сіңіре алатын ылғалдықтың ең үлкен мөлшері.

Молекулярлы, немесе қабықты ылғал сыйымдылық ω_m жыныс бөлшектерінің бетінде молекулалық тартылыс күштері ұстап тұра алатын судың мөлшері

Соған орай кварцты құмдардың құрамында байланысқан судың мөлшері бар болғаны - 0,24 % болса, лесста - 5,2 %, сазда -10-30 %-ке жетеді.



Бос сулар жыныста капиллярлық көтергіші күштер арқылы ұсақ кеуектіктерде ұсталып тұратын, капилляр су күйінде, және ірі кеуектерді толтырып тұратын, жыныста ауырлық күшінің және қысымның әсерінен қозғалыста болатын гравитациялық су түрінде болуы мүмкін.

Капилляр судың мөлшері капиллярлық ылғал сыйымдылық параметрлерімен бағаланады.

Жыныстың минералдық, гранулометрлік құрамына және бөлшектер қалпына байланысты, жыныстағы әр түрлі сулардың мөлшері болуы мүмкін. Мысалы, құмның құрамында негізінен гравитациялық сулар болса, саздың, лесстың және саздақтардың құрамында - молекулярлы және капиллярлы сулар болады.

Байланысқан, капилляр және гравитациялық судың, жыныс ұстап тұра алатын максимал шамасы, оның толық ылғал сыйымдылығымен (салмақты және көлемді) сипатталады.

Көлемді толық ылғал сыйымдылықтың мөлшері шамамен жыныстың ашық кеуектігіне тең. Егер кеуектер жыныста бір-бірімен еркін байланыста болмаса, жыныс сумен толық қаныққан болса да, оларда газдың немесе ауаның біраз бөлігі қысылып қалып қалуы мүмкін.

Кейде су кейбір минералдардың кристалдық торларының арасынан өтіп кетуі мүмкін (монтмориллонит, вермикулит, галлуазит). Онда $\omega_{\text{тк}} > P$ болатыны байқалады.

Жыныстың табиғи күйін бағалау үшін, **табиғи ылғалдылық ω_m** параметрлерін қолданады, ол жыныстың табиғи жағдайындағы су мөлшерінің салыстырмалы мөлшеріне тең және жыныстың суға қанығу дәрежесін көрсететін **суға қаныққандық коэффициентін $k_{\text{ск}}$** қолданады.

Ылғал сыйымдылық - жыныстың физикалық параметрлері; **табиғи ылғалдылық ω_t және $k_{\text{ск}}$** - жыныс күйінің сипаттамалары.



Дымқылданған жыныстан барлық суды механикалық әдіспен шығару мүмкін емес. Кез келкен механикалық әсерден кейін жыныста физикалы байланысқан су қалады. Суды лесстың, өте ұсақ кұмдардың (батпақтар) құрамынан бөліп шығару қиын, себебі оларда физикалы байланысқан судың проценті жоғары. Жыныстың құрамынан механикалық әсерлестіктен кейін судың шығуын **су берушілік коэффициентімен** сипаттайды.

Жыныстың әлсіз су берушілігі жынысты механикалық және гидравликалық жолмен қазу кезіндегі өнімділігін төмендетеді, кен орындарын кептіруді, пайдалы қазбаларды тасымалдау мен ұсақтау жұмыстарын қиындатады.

Дымқылданған жыныстан барлық суды механикалық әдіспен шығару мүмкін емес. Кез келкен механикалық әсерден кейін жыныста физикалы байланысқан су қалады. Суды лесстың, өте ұсақ кұмдардың (батпақтар) құрамынан бөліп шығару қиын, себебі оларда физикалы байланысқан судың проценті жоғары. Жыныстың құрамынан механикалық әсерлестіктен кейін судың шығуын **су берушілік ξ коэффициентімен** сипаттайды.

Су берушілік шамасы жынысты кұрайтын белшектердің шамасынан, кеуектердің мөлшері мен өзара орналасуына байланысты болады. **Жыныстың әлсіз су берушілігі жынысты механикалық және гидравликалық жолмен қазу кезіндегі өнімділігін төмендетеді, кен орындарын кептіруді, пайдалы қазбаларды тасымалдау мен ұсақтау жұмыстарын қиындатады.**



Жыныста судан басқа тағыда мұнай мен газда кездеседі. Кеуектерде судың, мұнайдың және газдың таралу сипаты, жыныстың көптеген физикалық қасиеттеріне себебін тигізеді, мысалы олардың электр кедергілігіне зор әсерін тигізеді. Мұнайға V_m , газға V_r , суға қаныққан жыныстағы мұнайдың газдың және судың V_m көлемдерінің қосындысы жыныстың кезектік кеңістігінің көлеміне V_m тең. Сұйықтықтар мен газдар жыныстағы жарықшақтар мен кеуектер арқылы қозғала алады. Жыныстың, өзі арқылы флюидтерді өткізу қасиеті, оның *өткізгіштігі* деп аталады.

Өткізгіштік физикалық (абсолютты) және фазалық (тиімді) болып бөлінеді.

Физикалық өткізгіштік - жыныс арқылы біртекті сұйықтық пен газдың сүзілген кезіндегі өткізгіштік. Фазалы өткізгіштік - әр текті сұйықтықпен қаныққан жыныстың, оның жеке-жеке фазаларын өткізу қабілеті. Өткізгіштік шамасы Дарси тендеуінен шығатын өткізгіштік коэффициенті $k_{от}$ арқылы беріледі. Өткізгіштік коэффициентінің өлшем бірлігі - m^2 .

Өткізгіштіктің практикалық өлшем бірлігі дарси (Д) - ауданы 1 см^2 , ұзындығы 1 см жыныс үлгісі арқылы $9,8 \cdot 10^4\text{ Па}$ қысыммен, 1 с уақытта, тұтқырлығы $10^{-3}\text{ Па} \cdot \text{с}$, 1 см^3 сұйықтың өткендегі өткізгіштік шамасы. Бұл кезде $1\text{ Д} = 1,02 \cdot 10^{-12}\text{ м}^2$

Тау-кен өндірісінде басқа шама - сүзілу коэффициенті k_c — кең қолданылады. Ол сұйық пен газдың жыныс арқылы сүзілу жылдамдығы

Сүзілу коэффициенті k_c , судың ағының есепке алмайды. k_c және $k_{от}$ шамаларын салыстыру, олардың арасында, судың сүзілу жағдайында келесідей байланыс болатынын көрсетеді: $1\text{ Д} = 1\text{ см/с} = 864\text{ м/сут}$.

Сүзілу коэффициентінің шамасы бойынша жыныстар келесі топтарға бөлінеді: суға төзімді ($k_c < 0,1\text{ м/сут}$), әлсіз өткізгіш ($0,1\text{ м/сут} \leq k_c \leq 10\text{ м/сут}$), орташа өткізгіш ($10\text{ м/сут} \leq k_c \leq 50\text{ м/сут}$) және жеңіл өткізгіш ($k_c > 1000\text{ м/сут}$)

Су өткізгіштік негізінен кеуек мөлшерінен, олардың жыныстағы жалпы көлемінен және кескін үйлесімімен байланысты: кеуектер сүзілуші сұйықтықтардың көлемін, ағыс жолын және қозғалуына кедергі жасайтын үйкеліс күштерін анықтайды. Жалпы жағдайда өткізгіштік жыныстың кеуектілігінің өсуімен артады. Жоғарыкапиллярлы кеуектер сұйықтықтарды салмақ күшінің немесе қысымның әсерімен гидродинамикалық қарапайым заңдылықтары бойынша өткізеді.

Капилляр кеуектерде сұйықтардың қозғалысы капиллярлық тартылыс күштерінің әсерінен болады. Қысымның әсерінен сұйықтық капиллярда тек қысым малекулалық тартылыс күштерінен асып кеткен жағдайда ғана қозғалады.

Субкапилляр кеуектер сұйықтықты өткізбейді. Сондықтан да саздар кеуектілігінің жоғарылығына (50% және одан жоғары) қарамастан **суға төзімділерге** жатады. Ондағы барлық су байланысқан күйде болып, гравитациялы судың қозғалуына кедергі жасайды. Және керісінше, жартасты жыныстардың кеуектілігі аз болғанымен, **өткізгіштігі жоғары**. Бұл жыныстарда гранула аралық және жарықшақты өткізгіштер деген болады және соңғысының шамасы үлкен болып келеді.

Қабатты жыныстарға су өткізгіштіктің анизотропиясы тән: **қабат бойымен өткізгіштігі перпендикуляр бағытта өткізгіштігіне қарағанда үлкен**.

Борпылдақ жыныстардың су өткізгіштігіне олардың минералдық құрамы да әсерін тигізеді.

Жақсы біріккен минералдар суды әлсіз өткізеді, себебі басқа сондай жағдайларда нашар біріккен және жақсы желтектелкен минералдарға қарағанда, кеуектердің шамасы аз болады.

Су жақсы жұғатын минералдардан құралған жыныстар арқылы жақсы өтеді.

Жыныста газдар айналымы болған жағдайда, газ өткізгіштік түсінігін қолданады: газ өткізгіштіктің физикалық мәні су өткізгіштікпен бірдей.



Жыныста жылудың жұтылуы әрдайым молекулалардың және атомдардың кинетикалық энергиясының артуымен қатарласып жүреді және жыныстың температурасының өзгеруі байқалады. Молекула мен иондардың тербеліс амплитудасы, температура жоғарылауымен артады. Бұл жағдайда дененің ішкі энергиясына өтетін жылу dQ мөлшер мен температураның өсуінің dT арасында тура пропорционалды байланыс байқалады:

$$dQ = C dT,$$

мұндағы C - пропорционалдық коэффициент - дененің **жылуsыйымдылығы** деп аталатын және температура бір градусқа өзгергенде оның жылулық энергиясының өзгеруін сипаттайтын көрсеткіш.

Қыздырылатын көлемнің бірлік массасына m бөлінкен C шамасы, жыныстың меншікті жылуsыйымдылығы c деп аталады (өлшем бірлігі - Дж/(кг·К)):

$$c = C / m \qquad c = dQ / (m dT),$$

Біртекті қатты денелерде жылудың (жылуөткізгіштік) не электрондар соқтығысы кезіндегі кинетикалық энергияның ауысуы арқылы, орташа кинетикалық энергияның диффузиясы не кристалдық тордың тербелісінің бір бөлшектен келесіге берілуі арқылы, себебі олардың арасында біршама байланыс күштері бар, болады.

Жылуөткізгіштіктің бірінші түрі электронды деп аталады. Ол негізінен токөткізгіштерге - металдар мен жартылайөткізгіштерге тән. Жылуөткізгіштіктің екінші түрі көбінесе фононды деп те аталады.



Жылуөткізгіштіктің екінші түрін кристалдық тордың бөлшектерінің өнімді тербелістерінің ерекше түрімен ұқсатуға болады. Кванттар теориясына сәйкес бұл тербелістер квазибөлшектер - **фонондары** (электромагниттік өрістегі фотондар тәрізді) **арқылы беріледі**. Фонондар - бұл кристалл торларының тербеліс өрістерінің кванттары. Фонондар саны жыныста тұрақты емес - атомдардың жылулық қозғалысы неғұрлым қарқынды болса, яғни температура неғұрлым жоғары болса, тербелістер көп. Температура 300 °C болғанда 1см³ жыныста шамамен 1020 фонондар болады.

Жылудың берілу процессін фонон "газдарының" тығыздығы жоғары аймақтың тығыздығы төмен аймаққа ағуы деп түсіндіруге мүмкіндік береді.

Бір жыныстың белгілі бір шекті бетінен келесі бір, жылулық қасиеттері өзгеше, жынысқа жылу ауысу жағдайы **жылуберушілік деп аталады**.

Температураның көтерілуі dT мен жыныстың ұзаруының dL арасындағы байланысты **сызықтық жылулық ұлғаю коэффициенті** арқылы беруге болады.

Минералдар мен жыныстардың меншікті жылусыйымдылығы 0,4-тен 2 кДж/(кг·К)-ге дейін өзгеруде. Олар әрдайым металлдардың жылусыйымдылығынан жоғары болады.

Минералдардың тығыздығының төмендеуінен меншікті жылусыйымдылығының артуы байқалады

Тығыз жыныстардың меншікті жылусыйымдылығы тек оның минералдық құрамына  байланысты.

Рудалы минералдардың, негізінен, **жылуsыйымдылығы төмен**, сондықтан рудалы жыныстарда рудасыз жыныстарға қарағанда жылуsыйымдылық төмен.

Жылуsыйымдылық жыныс күйінен - аморф немесе кристалл күйінде болса да, **оған байланыста болмайды**. Мысалы, кристалл және балқытылған кварцтың жылуsыйымдылығы бірдей, $0,85 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$ -ға тең.

Минералдар мен тау-кен жыныстары **негізінде жылуды нашар өткізеді**, олар қатты денелердің ішінде салыстырмалы төмен жылуөткізгіштік мәнге ие - $0,1-7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$.

Жоғары жылуөткізгіштікке - $30-40 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$ -ге дейін тек кейбір рудалы, мысалы сфалерит сияқты минералдар ие.

Жыныс құраушы минералдар ішінде жылуөткізгіштіктің жоғары мәні кварцта, $[\lambda = 7 \div 12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}]$ болады. Сондықтан тығыздығы аз кеукті рудасыз жыныста λ шамасының жыныс құрамында кварцтың көбеюімен өсуі байқалады.

Қабатты ортада қабатқа перпендикулярға қарағанда, қабат бойымен жылуөткізу шамасы жоғары.

Ауаның жылуөткізгіштігі λ_a өте төмен екені белгілі $[0,023 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}]$. Сондықтан, λ құрғақ кеукті жыныстардың жылуөткізгіштігі кеуксіз жыныстардың жылуөткізгіштігіне қарағанда әрқашан да **төмен болады**. Мысалы, құмның жылуөткізгіштігі тығыз құмтастың жылуөткізгіштігіне қарағанда **6-7 есе төмен**.

Кеуктерді толтырып тұрған газдардың құрамы да айтарлықтай әсерін тигізеді.

Мысалы, сутегінің жылуөткізгіштігі ауаға қарағанда 7 есе артық, сондықтан құрамында сутегі бар жыныстардың жылуөткізгіштігі тура сондай кеуктіліктегіден әрдайым жоғары болады.

Негізінде, жыныс түйіршіктерінің мөлшерінің кішіреюуінен қатар жылуөткізгіштігі де төмендейді

Аморф $\lambda_{ам}$ және кристалды $\lambda_{кр}$ минералдың жылуөткізгіштігін едәуір айырмашылық бар. **Негізінде, $\lambda_{кр} > \lambda_{ам}$, және де $\lambda_{ам} \leq 1,9 \text{ Вт/(м} \cdot \text{K)}$** , яғни жыныста әйнектectes массаның болуы оның жылуөткізгіштігін төмендетеді.

Жыныстың температура өткізгіштігінің өзгеру шегі шамамен $10^{-6}-10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ аралығында.

Тығыздығының өсуімен жыныстың температура өткізгіштігі сәл ғана төмендейді.

Жыныстың температураөткізгіштігі құрылысына байланысты. **Қабат бойымен әрдайым үлкен перпендикулярға қарағанда. Жыныстың кеуктілігі оның температура өткізгіштігін төмендетеді.**



Жыныстардың сызықты және көлемді жылулық ұлғаю коэффициенттері жыныстардың жылу энергиясын механикалық энергияға, яғни сыртқы жұмысқа трансформациялау болып табылады.

Минералдың сызықты жылулық ұлғаю коэффициенті кристалдық тордың қуатының артуымен, оған ілесе минералдардың тығыздығының өсуімен кемиді. α шамасы $10^{-6} - 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ аралығында өзгереді. Жыныстарда сызықты жылулық ұлғаю коэффициентті аз шамада ғана өзгереді: $10^{-6} - 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ аралығында.

α шамасы күкіртте ($8 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$), тас тұзда ($4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$), слюдада, флюоритте, кварцта ($1,3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) жоғары.

Минералдың сызықты жылулық ұлғаю коэффициенті аморф күйінде кристалды күйіне қарағанда төмен болады ($3,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ дейін).

Тау-кен жынысындағы **кеуектілік, жарықшақтық және бостықтар** оның жылулық ұлғаю коэффициентінің төмендеуіне әкеліп соғады.

Кез-келкен тау-кен жынысында еркін (электрондар) және байланысқан (мысалы, иондар) зарядтар болады.

Жынысқа электр өрісін түсіркенде онда ішкі байланысқан зарядтардың қозғалуы болады. Нәтижесінде оның бетінде тұрақсыз зарядтар пайда болады. Осы құбылыс электрлік ұялану (поляризация) деп аталады. Ұялану векторы P_z - жыныстың бірлік көлемінің жинақ электрлі моменті. Ұялану механизміне және оған қатысушы бөлшектердің түрлеріне байланысты төрт түрлі ұялануға бөлінеді: **электронды, ионды, дипольды және миграциялық.**

Электронды ұялану $P_{эл}$, атомдарда электрон орбиталарының оң зарядталған ядроларға қатысты ысырылуы нәтижесінде пайда болады. Себебі, өріс кернеулігінің өсуімен электрон орбиталарының ысырылуы ұлғаяды, $P_{эл}$ шамасы электр өрісінің кернеулігіне тура пропорционал E_z (серпімді ұялану).

Электронды ұялану барлық атомдар мен молекулаларға тән және ұяланудың ең жылдам түрі (10^{-15} с ішінде пайда болады).

Ионды (атомды) ұялану $P_{\text{и}}$ электр әрісінде иондардың немесе ковалентті байланысқан кристалл торларының бір бөлшегінің ысырымды нәтижесінде пайда болады. Бұл кезде электр өрісінің әсерінен өң және теріс иондар қозғалады. Ионды ұялану шамасы да сыртқы еріске E_0 тура пропорционал.

Ионды ұялану электронды ұялануға қорағанда баяулау; $10^{-14} \cdot 10^{-12}$ с болады.

Дипольды ұялану $P_{\text{д}}$ жыныста қарама-қарсы байланыстағы иондар болған кезде байқалады. Бұл жағдайда әр молекула, сыртқы өріс сондай молекулярдан тұратын жыныста, бей-берекет орналасуына байланысты сыртқы өріс жоқ кезде жыныстық дипольды моменті нөлге тен.

Сыртқы өріс бар жағдайда дипольдар сыртқы өріске қатысты бағдар ұстайды, яғни жыныс көлемінің электрлі ұялануы болады. **Дипольды ұялану $10^{-10} \cdot 10^{-7}$ с аралығында бітеді.**

Миграционды (көлемді) ұялану $P_{\text{м}}$ түрлі электрлік қасиеттері бар бөлшектерден тұратын көп фазалы жыныста, сондай-ақ электролитпен толған кеуектер болған жағдайда пайда болады.

Жынысты электр өрісіне енгізгенде өткізуші және жартылай өткізуші қосындыларда болатын еркін электрондар мен иондар әр қосындының аумағында қозғала бастайды. Нәтижесінде әр қосынды дипольды моментке ие болып, өзін үлкен дипольдай ұстайды. **Миграциялық ұялану уақыты $10^{-6} \cdot 10^{-3}$**

