



**ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ ПЕТРЯНОВ** — таниқли совет олими, физик-кимёгар, 1966 йилдан СССР Фанлар академиясининг ҳақиқий аъзоси, Социалистик Меҳнат Қаҳрамони. 1907 йилда туғилган, 1931 йили Москва Давлат университетини тугатган, Л. Я. Карпов номидаги Физик-кимё институтида ишлайди. У фаннинг янги, жуда муҳим соҳаси — аэрозоллар ҳақидаги таълимотни ривожлантираётган бармоқ билан санарли тадқиқотчилардан бири. И. В. Петрянов — Менделеев институтининг профессори. Талабалар унинг мароқли ва қизиқарли лекцияларини завқ билан тинглашади. У актив жамоат арбоби, табиатни

муҳофаза қилиш, Ер куррасида атмосферанинг соф бўлиши учун изчил курашчи. Унинг астойдил олиб бораётган бу кураши, моҳият-эътиборига кўра олимнинг илмий қизиқишлари билан чамбарчас боғлиқдир. Илм-фанни оммабошлаштиришга И. В. Петрянов ўзининг кўп куч-ғайрати ва вақтини бахш этапти. У Москвада чиқадиган бутуниттифоқ «Химия и жизнь» журналининг масъул муҳаррири, «Детская энциклопедия» учинчи томининг илмий муҳаррири. И. В. Петрянов уч марта Ленин ордени билан мукофотланган, Ленин ҳамда СССР Давлат мукофотларининг лауреатидир.

И. В. Петрянов



# Дунёда ЭНГ ғаройиб Модда

Таҳрир  
ҳайъати:  
*О. Содиқов*  
*Ҳ. Усмонов*  
*С. Шермухамедов*



Ўзбекистон ССР  
«Фан» нашриёти  
Тошкент, 1978

И. В. Петрянов. **Дунёда энг ғаройиб модда**, Тошкент, Ўзбекистон ССР «Фан» нашриёти, 1978 йил, 88 бет.

Энг оддий ва ҳаммага маълум бирикма — сув ҳақида мароқли суҳбат баён этилган ушбу китобчанинг муаллифи йирик совет олими, академик И. В. Петрянов савол-жавоблар тарзида сувнинг нималиги, унинг физик-кимёвий хоссалари ҳақида ҳикоя қилади.

Еш китобхон ҳаммага маълум-у машҳур бўлган сув сон-саноксиз моддалар ўртасида мутлақо ўзига хос, фавқуллода ўринга эгалигидан бохабар бўлади.

Китоб муаллифи сувнинг ҳозирга қадар олимлар тушунтира ва шарҳлай олмаётган айрим сирли хусусиятларини баён этади.

Ушбу асарни ўқиган киши сув ҳақида кўпгина янги, сирли ва ғаройиб маълумотларни олади.

### **Петрянов, И. В.**

Дунёда энг ғаройиб модда  
/[Таҳрир ҳайъати: О. Содиқов ва бошқ.].—Т.: «Фан»,  
1978 с.—88 б.

Петрянов, И. В. Самое необыкновенное вещество в мире.

551.49

П 20501—678  
355(06)—78 000—78

© Ўзбекистон ССР «Фан» нашриёти, 1978 й.



## **Мундарижа**

**Сувнинг ўзи нима?**

**5**

**Коинотда сув**

**23**

**Сувнинг хоссалари**

**32**

## Сувнинг ўзи нима?

Бирон кишига шундай савол билан мурожаат қилсангиз, бу савол унга фақат эриш туюлибгина қолмай, балки бирмунча назокатсиз ҳам сезилади. Ахир тўғрида, сувнинг нималигини ким билмайди, дейсиз. Сув водород билан кислороднинг бирикмаси эканлиги ҳаммага беш қўлдек аён. Мана, унинг маълум-у машҳур ифодаси:  $H_2O$ .

Ҳар куни эрталаб юз-қўлини ювадиган, ҳузур қилиб чой ичадиган, сузиб жавлон урадиган, шивалаб ёғаётган ёмғирда юришни хуш кўрадиган, коньки учиб, чанғида сайр этишни ҳордиқ чиқаришнинг энг яхши усулларида бири деб ҳисоблайдиган ҳар бир киши сувни жуда яхши-билади.

### **Ажабланманг: водород балки маъдандир?**

Сирасини айтганда, бунақанги йўсинда савол беришнинг ўзи ўринли эмас. Зеро унинг мазмуни теран бўлганлигидан унга шунчаки жавоб қайтаришнинг имкони йўқ. Водородни тадқиқ этишга киши бутун умрини бахш этиши мумкин-у, аммо шунда ҳам тўлиқ жавоб топа олмайди.

Ҳарқолда шу савол юзасидан икки оғиз гап айтган маъқул. Кимёгарлар ҳозирга қадар Менделеев элементлар даврий жадвалида водород қайси ўринда туриши кераклигини узил-кесил ҳал қила олганлари йўқ, уни айна бир вақтда икки гурпада: фтор, хлор, бром сингари галогенларга яқинлиги учун — VII; литий, натрий, калий каби ишқорий маъданларга ўхшашлиги учун эса I гурпада жойлаштиришган. Хўш, водородни қандай тушунмоқ керак?

1974 йилда совет тадқиқотчилари юқори босим ҳолатидаги водороднинг хусусиятларини ўргана бориб, уч миллионга яқин атмосфера босимида қисилган водород тўсатдан ғаройиб хоссага эга бўлиши — ҳар қандай од-

дий маъдан сингари электр ўтказувчанлик хусусиятини касб этишини аниқлашди.

Назариётчилар бу ҳодисани анча илгарийёқ башорат қилганлар, эндиликда эса у тажриба йўсинида тасдиқланди.

Дарвоқе, ажабланарли-ю лекин, чамаси, водород маъдан бўлса керак.

### **Кислород-чи?**

Бу саволга мазкур китобчадан жавоб излаб ўтирманг. Яхшиси дарсликка мурожаат қилинг.

### **Водород неча хил бўлади?**

Табиатда уч хил водород — унинг учта изотопи мавжуд. Энг енгили —  $^1\text{H}$ . Қимёгарлар уни кўпинча «протий» деб юртишади. Оддий сувдаги водород деярли мутлақо протийдан таркиб топган. Ҳар қандай сувда, бундан ташқари, оғир водород — дейтерий  $^2\text{H}$  бўлади, уни химияда кўпинча  $D$  ишораси билан белгилайдилар.

Сувда дейтерий жуда кам, протийнинг ҳар 6700 атомга ўртача атиги битта дейтерий атоми тўғри келади. Протий ҳамда дейтерийдан ташқари, яна ўта оғир  $^3\text{H}$  водород ҳам мавжуд. Одатда уни тритий деб атаб,  $T$  ишораси билан ифодалайдилар.

Тритий радиоактив модда бўлиб, унинг ярим емирилиш даври 12 йилдан зиёдроқ. У космик нурланиш таъсирида стратосферада муттасил ҳосил бўлиб туради. Ер куррасида тритийнинг миқдори буткул даражада оз — бутун планетамизда бир килограммдан ҳам кам; лекин шунга қарамай, уни ҳамма ерда, ҳар томчи сувда учратиш мумкин.

Физиклар ядро реакторларида тритийни сунъий йўсинда олиш усулини яратишди.

Олимлар водороднинг тўртинчи —  $^4\text{H}$  ва ҳатто бешинчи —  $^5\text{H}$  изотопи бўлиши керак деб тахмин қилишяпти, яъни водород атомида бир электрон ва бир про-

тўндан ташқари яна уч нейтрон  $4\text{H}$  да ва  $4$  нейтрон  $5\text{H}$  да бўлиши кутилади. Ана шу изотоплар ҳам радиоактив бўлиши керак.

### **Бошқа ҳеч қанақа водород йўқмикан?**

Ҳа, бошқа водород бўлмас керак. Ҳарҳолда, олимлар ҳозирча янги водород топганларича йўқ. Аммо шунга қарамай, антипротон ва позитрон мавжудлиги аён. Бинобарин, атомларида манфий ядро (антипротон) атропофида мусбат электрон (позитрон) айланадиган антиводородлар ҳақида сўз юритиш мумкин. Шунингдек антидейтрон ҳам топилган, бинобарин, эҳтимол, водороднинг масса сони 2 бўлган антиизотопи — антидейтерий мавжуддир. Антитритий ядроси топилганига кўп вақт бўлгани йўқ.

Шубҳасиз, ана шу антиядро ҳамда позитронлардан антиатомлар ҳосил бўлиши мумкин, бироқ ҳозирча антиводороднинг ҳатто энг содда антиатомларини ҳам бирон кимса кузатганича йўқ.

### **Оламда қанча кислород бор?**

Табиатда кислороднинг уч хил изотопи топилган. Уларнинг энг кўпи енгил кислород  $^{16}\text{O}$ , ундан камроғи оғир кислород  $^{18}\text{O}$ , энг ками  $^{17}\text{O}$  кислороддир. Биз нафас олаётган ҳаво кислородида  $^{17}\text{O}$  нинг ҳар 10 атомига  $^{18}\text{O}$  нинг 55 атоми ҳамда  $^{16}\text{O}$  кислород изотопининг 26000 дан зиёд атоми тўғри келади.

Физик олимлар тезлаткич ва реакторлар ёрдамида кислороднинг  $^{13}\text{O}$ ,  $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{19}\text{O}$ ,  $^{20}\text{O}$  каби яна бешта радиоактив изотопини яратишга муваффақ бўлишди. Аммо кислороднинг ана шундай барча изотоплари узоқ яшай олмай, бир неча дақиқадаёқ парчаланиб, бошқа элементларнинг изотопига айланиб кетади.

### **Сувдан сувнинг фарқи бор.**

Сувнинг умумий тарздаги  $\text{H}_2\text{O}$  формуласи билан боғлиқ бўлган хилма-хил бирикмаларни ҳисоблаб чиқ-

сак, сувларнинг қирқ саккиз хили бўлиши англашилади. Шундан ўттиз тўққиз хили радиоактив, тўққиз хили эса барқарор сувлардир:  $H_2^{16}O$ ,  $H_2^{17}O$ ,  $H_2^{18}O$ ,  $HD^{16}O$ ,  $HD^{17}O$ ,  $HD^{18}O$ ,  $D_2^{16}O$ ,  $D_2^{17}O$ ,  $D_2^{18}O$ . Агар водороднинг ўта оғир икки изотопи  $^4H$  ва  $^5H$  мавжудлиги ҳақидаги маълумот узил-кесил исботлангудек бўлса, сувларнинг хили бир юз йигирматага етади. Аммо бу гапнинг яқуни эмас. Совет физиклари 1970 йилда кўп зарядли ионларнинг катта тезлаткичида фавқулодда ғалати кислород —  $^{24}O$  ўта оғир изотопини яратишга муяссар бўлишди. Унинг ядросида жуда кўп миқдорда ортиқча нейтронлар бўлиб, бу ядро ғоят беқарор. Агар кислороднинг ана шу янги изотопини ҳам назарда тутадиган бўлсак, бунда сувлар хилининг сони 135 тага етади.

Молекуласи таркибида тритий элементи бўлган неча-неча хил сувлар космос чегарасида вужудга келиб, ёмғир билан биргаликда ерга тушишини кўз олдингизга келтиринг-а. Қолаверса, атом реакторини совутади-ган сувда неча хил радиоактив сувлар юзага келишини ҳам айтиш жоиздир. Дунёнинг қайси бир еридан бир пиёла сув олманг, унда изотоп таркиби турлича бўлган ҳар хил молекулалар аралашмаси мавжуддир. Шубҳасиз хилма-хил изотоп таркибли молекулалар ҳосил бўлиши эҳтимоли ҳар доим бир хил эмас. Бир йўла икки ёки учта ноёб атом изотопларига эга молекулалар шу қадар сийрак ва кам вужудга келадики, физикларнинг фикрича, ҳозир уларни эътиборга олмаса ҳам бўлаверади.

### **Оддий сув нима?**

Гапнинг сирасини айтганда, табиатда бунақа сув йўқ. Ҳа, оддий сув ҳеч ерда йўқ. Сув ғайритабиийдир. Ҳатто изотоп таркибига кўра ҳам ҳар доим табиатда сув хилма-хилдир. Унинг таркиби сувнинг кечинмаларига — табиатда чексиз ҳар йўсиндаги айланиши жараёнига боғлиқ. Сув буғланиш вақтида протийга бойийди, ёмғир сувининг кўл сувидан кескин фарқ қилиши са-



баби ҳам шунда. Дарё суви эса денгиз сувига ўхшамайди. Берк кўллардаги сувда сой ва жилғалар сувидагидан кўп дейтерий элементи бўлади. Ҳар бир сув манбадаги сувнинг ўзига хос изотоп таркиби мавжуд.

Қишда кўл суви музлаганда қонькида ўйнаётган болалардан биронтаси музнинг изотоп таркиби ўзгарганини: унда оғир водород миқдоран камайиб, оғир кислород кўпайганлигини хаёлига ҳам келтирмайди. Эриётган муздан тушган сув эса ўзгача, у музга айланган сувдан фарқ қилади.

Агар сувни кимёвий парчалаб, олинган водород ёқиб юборилса, тагин сув ҳосил бўлаверади, аммо бундай сув бутунлай бошқачадир, чунки ҳаводаги кислороднинг изотоп таркиби сув кислородининг ўртача изотоп таркибидан фарқланади. Лекин шунга қарамай, сувдан фарқли ўлароқ ҳавонинг изотоп таркиби бутун ер кураида бир хилдир.

Табиатда сув доимий бир хил изотоп таркибига эга бўлмайди, у доим ўзгариб туради, шу боисдан аллақерда оддий сув бор деб айтиб бўлмайди.

### **Енгил сув нима?**

Бу — формуласи ҳамма мактаб ўқувчиларига беш қўлдек маълум бўлган  ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$  сувининг ўзгинасидир. Бироқ табиатда бунақа сув эркин ҳолда учрамайди. Узоқ ва мураккаб тадқиқотлардан сўнггина олимлар шундай сув ҳосил қилишга муваффақ бўлдилар. Олимларга енгил сувнинг хоссаларини билиш, биринчи навбатда унинг зичлигини аниқлаш учун зарур эди. Ҳозирча, бунақа сув дунёнинг бир неча йирик лабораторияларида, турлича изотоп бирикмаларининг хусусиятлари ўрганилаётган илмий муассасалардагина мавжуд.

### **Оғир сув нима?**

Сувнинг бу хили ҳам табиатда эркин ҳолда кузатилмайди. Сирасини айтганда, фақат мутлақо водород ҳамда кислороднинг оғир изотопларидан таркиб топган

сувнигина —  $D_2^{18}O$  — оғир сув дейиш мумкин эди, аммо бундай сув ҳатто олимларнинг лабораторияларида ҳам йўқ. Албатта, бунақанги сув фан ёки техникага зарур бўлса, олимлар уни ҳосил қилишнинг усулини топадилар: ахир дейтерий ҳам, оғир кислород ҳам табиий сувда истаганча топилади-да.

Фан ва ядро техникасида оғир водородли сувни шартли равишда оғир сув деб аташ қабул қилинган. Оғир сувда фақат дейтерий бўлиб унда водороднинг одатдаги енгил изотопи мутлақо йўқ. Мазкур сувда кислород бўйича изотоп таркиби ҳаво кислороди таркибига мувофиқ келади. Оғир водородли сув формуласини ёзиб ҳам бўлмайди. Бу химиявий бирикма эмас, барчасида дейтерий бўлган бир неча хил сувнинг аралашмасидир, унда енгил водород мутлақо йўқ. Турлича изотоп таркибли сувлар аралашмасида кислороднинг барқарор изотоплари ҳудди ҳаво таркибидагидек нисбатда бўлади.

Яқин-яқинларгача бирон киши оламда шунақа сув бўлишини хаёлига ҳам келтирмаган, эндиликда эса жаҳоннинг кўпгина мамлакатларида миллионлаб тонна сувни қайта ишлаб, ундан дейтерийни чиқариб ташлаш йўли билан соф оғир сув оладиган улкан заводлар ишлаб турибди.

### Ярим оғир сувлар ҳам бўладими?

$HDO$  таркибли аралашма молекулали сувни ярим оғир сув деб аташ мумкин. Бундай сув ҳар қандай табиий сувда бўлади, бироқ уни соф ҳолда олиб бўлмайди, чунки сувда ҳам изотоп алмашинуви реакцияси кечади. Водород изотопларининг атомлари жуда ҳаракатчан бўлиб, сувнинг бир молекуласидан иккинчисига муттасил ўтиб туради. Уртача таркибли ярим оғир сув формуласига мувофиқ келадиган сув тайёрлаш қийин эмас. Лекин алмашинув реакциясига —  $2HDO \rightleftharpoons H_2O + D_2O$  — мувофиқ у турлича изотоп таркибли молекула-лар аралашмасидан иборат бўлади:  $H_2O$ ,  $HDO$ ,  $D_2O$ .

## Ноль сув нима?

Ноль сув ҳавонинг соф энгил водороди ҳамда кислородидан таркиб топади. Бундай сув формуласининг ифодаси ҳам йўқ. Ноль сув ҳам бир қанча сувлар аралашмасидан иборат бўлиб, улардан ҳар бири энгил водород ҳамда кислороднинг барқарор изотопларининг биридан таркиб топади. Мазкур сувда кислородлар ўртасидаги нисбат ҳаво таркибидаги сингаридир. Ноль сувда оғир водород бўлмайди. Физик-кимёгарлар бу сувни эталон сифатида танлаб олишган: ахир унинг таркиби доим бир хил бўлади-да. Уни ҳосил қилиш ҳам унчалик қийин эмас, таркиби номаълум бўлган сувни унга қиёслаш ҳам қулай: зичлик фарқларини аниқлаб, дейтерий миқдорини осонгина топиш мумкин.

## Балки яна қандайдир сув мавжуддир?

Юқорида санаб ўтилган барча сувлардан ташқари, оғир кислородли сув ҳам мавжуд —  $H_2^{18}O$ . Табиий сувдан оғир кислородли сув ҳосил қилиш ғоят мураккаб, мушкул. Ҳозирга қадар бундай сувни соф ҳолда ҳали бирон киши тайёрлай олгани йўқ. Оғир кислородли сув кўпгина биологик ва кимёвий жараёнларни тадқиқ этиш учун жуда муҳим, шу боисдан эндиликда заводларда мазкур сувнинг оддий сувда концентрацияланган эритмалари оlinяпти.

## Радиоактив сув борми?

Ҳа, бор. Физиклар атом реакторларида сунъий йўсинда тритийли сув ҳосил қилишни ўрганиб олишди. Радиоактивлигининг кучлилиги туфайли бу сув жуда хавфли ҳисобланади. Бундай сув ҳозирча олимларгагина керак.

## Бошқа ҳеч қанақа сув олингани йўқми?

Йўқ. Бунинг боиси шундаки, қолган бошқа олинishi мумкин бўлган сувлар ҳозирча ҳеч кимга керак эмас.

Борди-ю шундай сувлар зарур бўлиб қолса, шубҳасиз, фан бундай сувлардан истаганини ҳосил қилиш йўлини топади.

### **Антисув (акссув) бўлиши мумкинми?**

Афсуски, физиклар бу саволга ҳали жавоб тополганларича йўқ. Гарчи акссув мавжудлиги эҳтимолини тасдиқлаш учун барча асослар мавжуд бўлса-да, аммо антикислород ҳақида сўзлашга ҳали эрта. Тўғри, совет тадқиқотчилари антигелий изотопларидан бири-нинг — антигелий — 3 нинг ядросини олишга муваффақ бўлишди. Зеро антиэлемент — 3 олинган экан, бинобарин, физикларнинг яқин вақтда антиэлемент — 8 (антикислород антиэлементи) олишлари мумкинлигига ҳам умид билан қараш мумкин, аниқроғи улар буни ўзлари тайёрлашлари мумкин. Ушанда акссув ҳақида фикр юритиш мумкин бўлади. Антиводород ҳамда оддий кислороддан, маълумки, сув ҳосил қилиб бўлмайди. Антиводород билан оддий кислороднинг тўқнашуви катта фалокатга олиб келиши мумкин.

Шу боисдан ҳозирча антиводород изотопли сувлар хилини ҳисоблаш қийин. Акссув молекуласи ҳосил бўлиши учун аксислород ҳам мавжудлиги талаб этилади. Ҳозирча биз бу ҳақда ҳеч нарса билмаймиз. Эҳтимол, Коинотнинг узоқ ерларида аксмордалардан таркиб топган дунёлар (физик ва астрономлар бу масалани ғоят жиддий муҳокама этиптилар) бордир. Балки ана шу аксдунёларда бизнинг оламдагичалик сонда хилма-хил акссувлар мавжуддир. Бу гап тўғри ёки нотўғрилигига ҳозирча ҳеч ким кафил бўла олмайди. Шунинг учун дунёда жами неча хил сув бўлишини биз ҳозир билолмаймиз.

### **Сувда мавжуд бўладиган сувлар хили кўпми?**

Қандай сувда? деган савол туғилиши, табиий. Дарёдан келиб, водопровод жўмрагидан тушадиган сувнинг ҳар тоннасида 150 грамм  $D_2^{16}O$  оғир сув, 1800

граммга яқин оғир кислородли сув ( $\text{H}_2^{17}\text{O}$  ва  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  биргалликда) бўлади. Тинч океан сувининг ҳар тоннасида эса қарийб 165 грамм оғир сув бўлади.

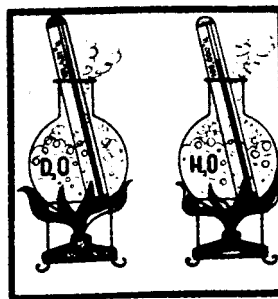
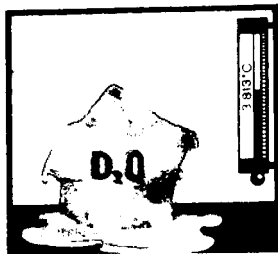
Кавказдаги катта музликлардан бирининг ҳар тоннасида денгиз сувига нисбатан 7 грамм кўп оғир сув мавжуд, оғир кислородли сув миқдори эса бир хил. Лекин шу музликлардан оқиб чиқаётган жилғаларда дарё сувидагига қараганда  $\text{D}_2^{16}\text{O}$  миқдори 7 грамм оз,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  эса 23 грамм кўпдир.

Тритийли сув  $\text{T}_2^{16}\text{O}$  ерга ёғинсочин билан тушади, аммо у миқдоран ниҳоятда кам — миллион-миллион тонна сувда атиги бир грамм тритийли сув бўлади. Океан сувида эса бундан ҳам кам.

Гапнинг сирасини айтганда, сув ҳар доим ва ҳамма ерда хилма-хил. Ҳатто турли кунларда ёғадиган қорларнинг ҳам изотоп таркиби ўзгача. Шубҳасиз, бунда фарқ айтарли катта бўлмайди. Тонна ҳисобида фарқ 1—2 грамм, холос. Лекин унинг оз ёки кўп эканини айтиш амримаҳол.

**Енгил табиий сув ва оғир сувнинг фарқи нимада?**

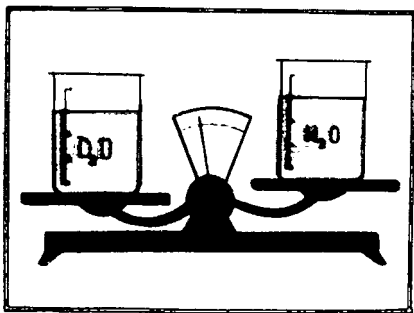
Жавоб бу савол билан кимга мурожаат қилинаётганлигига боғлиқ бўлади. Орамизда сувни



Оғир сув оддий сувга қараганда анча юқори ҳароратда музлайди... ва анча юқори ҳароратда қайнайди?

билмайман деган одам топилмаса керак. Борди-ю ҳар биримизга оддий, оғир ва енгил сув қуйилган учта стакан кўрсатилса, ҳамма ҳам учала стаканда оддий тоза сув борлигини ишонч билан айтади. Дарҳақиқат, бу сувларнинг барчаси тиниқ, рангсиздир. Хоҳ мазаси, хоҳ ҳидидан уларнинг фарқини билиб бўлмайди. Шунинг учун ҳам саволга берилган жавоб, юзаки қараганда, тўғри. Ҳаммаси — сув.

Кимёгар мутахассис ҳам бу саволга деярли шундай жавоб қайтаради: бу сувлар орасида деярли ҳеч қандай тафовут йўқ. Барчасининг кимёвий хоссалари айтарли фарқсиз: шу сувларнинг ҳар бирида натрий бир хил миқдорда водород ажратади, шу сувларнинг ҳар бири электролиз мобайнида бир хил парчаланаяди, учала сувнинг кимёвий хоссалари бир-бирига деярли ўхшаш. Бу тушунарли, албатта: зеро уларнинг кимёвий таркиби бир хил. Бу сув-да.



Оғир сув дейилиши бежиз эмас, чунки у оддий сувга нисбатан оғirroқдир. Унинг зичлиги 1,104 га тенг.

Аммо бу жавоблар физик мутахассисга мувофиқ келмайди. У ана шу сувларнинг физик хусусиятларидаги сезиларли тафовутларни бирма-бир санаб беради: бу сувлар турлича температурада қайнайди ва турлича температурада музлайди, зичлиги ҳам хилма-хил, улар

буғининг эластиклиги ҳам бир мунча ўзгача. Электролиз жараёнида улар турлича тезликда парчаланadi: енгил сув — тезроқ, оғир сув — сустроқ парчаланadi. Бунда тезликлар оралиғидаги тафовут жуда оз бўлсада, лекин электролизерда қолган сув оғир сувга бой бўлади. Бинобарин бу хил сувлар ана шу йўсинда кашф этилган. Изотоп таркибидаги фарқлар модданинг физик хусусиятларига ҳам таъсир этади. Улардан молекулалар массасига боғлиқ бўлганларигина сезиларли даражада ўзгаради, масалан, буғ молекулалари диффузиясининг тезликларини олиш мумкин.

Биолог эса юқоридаги саволларга дарҳол жавоб бера олмайди. Турлича изотоп таркибли сувлар орасидаги тафовут масаласи устида биолог кўп бош қотиришига тўғри келади. Яқин-яқингача оғир сувда тирик мавжудот яшай олмайди деган фикр ҳукмронлик қилиб келди. Ҳатто бундай сувни ўлик сув деб ҳам аташади. Аниқланишича, агар баъзи микроорганизмлар яшаётган сувдаги протийни жуда секин, эҳтиёткорлик билан дейтерийга алмаштирилса, микроорганизмларни оғир сувга ўргата бориш мумкин ва улар бу сувда бемалол яшаб, ривожланаверади, оддий сувда улар яшай олмайдиган бўлиб қолади.

### **Оғир сув кимга керак?**

Бундай сув инсониятга керак. Инсоният энергетика танқислигидек мудҳиш хавф бўсағасида турибди. Эндиги бутун умид оғир сувдан энергия олиш проблемасининг қандай ҳал этилишидадир.

### **Энди оғир сув нимага керак?**

Юқорида айтилган барча гаплар атомлар тузилиши, уларнинг тартиб номери, атом ядроларида электр зарядларининг, молекулада эса электронларнинг сони ҳамда жойланишига тааллуқли эди. Мана шуларгина модданинг кимёвий ҳолатини белгилаб беради. Молекуланинг тузилиши атом ядросининг массасига боғлиқ эмас.

Шунинг учун турли изотоп таркибли бир хил молекула-лар кимёвий жиҳатдан деярли фарқ қилмайди.

Тўғри, фанда «деярли» сўзини жуда эҳтиётлик билан, ўрнида ишлатиш керак. Бу тўғри, албатта, изотоп таркиблари турлича бўлган кимёвий бирикмалар кимёвий хусусиятларига кўра деярли фарқ қилмайди. Гарчи кузатиладиган изотоп эффектлари жуда кичик бўлса-да, ҳарҳолда бу бирикмалар, ўзини бир оз ўзгача тутади: реакциянинг тезлиги бўйича оз-моз фарқланади, мувозанат константалари ҳам пичагина тафовутли. Турлича изотоп таркибли, таркиби ва тузилиши жиҳатидан бир хил бўлган молекулалар спектрлари ўзаро бир-бирдан фарқланади.

Масала кинетик ва ядро характеристикаларига бориб тақалганда изотопли бирикмалар хусусиятларидаги ўхшашлик ниҳоясига етади. Оғир изотоп атомига эга бўлган молекула айни бир температурада кичик тезликда ҳаракатланади, бундай заррачалар тўқнашганда кинетик энергия алмашинуви ўзгача кечади. Муҳими — ядровий айланишларга киришиш қобилиятининг ўзгаришидир. Худди ана шу хусусиятлар оғир сувни бошқа изотоп таркибли ҳар қандай сувдан кескин фарқлайди, зеро унинг таркибида оғир водород мавжуд-да. Ҳозирги вақтда оғир сув атом энергетикасида ядро реакторларида нейтронларни секинлатиш учун қўлланилади.

Дарвоқе, атом қозонида секинлатгичнинг роли жуда катта. Уран — 235 ядроси икки атом ядросига парчаланганда, ундан айни бир вақтда икки ёки учта нейтрон чиқади. Уларнинг тезлиги жуда катта бўлиб, секундига 20000 километрни ташкил этади. Ана шу тез нейтронларнинг ўзи ураннынг бошқа атомларида янгидан парчаланишни келтириб чиқара олмайди. Улар ураннынг бошқа атомлари ёнидан шу қадар катта тезликда ўтадики, натижада таъсир кўрсатишга улгура олмайди. Нейтронлар атрофдаги молекулаларнинг иссиқлик ҳаракатига мутаносиб ҳолатга келиши учун, уларни тақрибан секундига 2,2 километрга қадар секинлатиш ке-



рак. Бунда нейтронлар энергияси қарийб 60 миллион марта камаймоғи лозим. Шуниси ҳам борки, ҳар қандай моддадан секинлатгич сифатида фойдаланилавермайди, танлаш учун имкониятлар ҳам чекли. Биринчидан, унинг ўзи ядро реакциясига киришаётиб нейтронларни ютмаслиги керак, иккинчидан, у кичик масса сонли энгил элементлардан тузилган бўлиши шарт. Оғир ядрога урилганда нейтроннинг тезлиги деворга урилиб қайтаётган тўп тезлиги сингари деярли ўзгармайди.

Энгил водород энг яхши секинлатгич бўлиши мумкин эди, аммо у нейтронларни сезиларли даражада ютади. Оғир водород эса уларни мутлақо ютмайди. Оғир сувга тушган нейтроннинг ўзидаги юқори энергияни йўқотиб, уран билан ўзаро таъсирлашув қобилиятига эга бўлиши учун оғир водород билан атиги 25 марта тўқнашуви кифоя. Графит ҳолидаги углерод ҳам тузуккина секинлатгич бўлиши мумкин эди-ю, аммо нейтрон дастлабки тезлигини йўқотиши учун 110 мартага яқин тўқнашуви керак.

Конструкторлар оғир сувдан секинлатгич сифатида фойдаланиб, жуда самарали, муҳими, энгил ва муъжазгина атом энергетика қурилмалари яратишяпти.

### **Оғир сув яна нималарга керак бўлиши мумкин?**

Юқорида айтилганлардан ташқари, оғир сув кўпгина кимёвий, физик ва биологик жараёнлар табиатини тадқиқ қилиш учун зарурдир. Бу, албатта, оғир сув қўлланиладиган камтарин, айни вақтда энг муҳим соҳалардир. Сув ёки водород иштирокисиз ўтадиган бирон табиий жараён бўлмаса керак. Оғир водород атомлари — энг муҳим нишонли атомлардир. Ҳозирги вақтда мустақил фан соҳаси бўлмиш изотоп алмашинуви кимёси вужудга келиб, тез суръатлар билан тараққий этяпти. Бу фаннинг энг муҳим вазифаси — органик бирикмалар олишда дейтерий воситасида кимёвий реакциялар механизмини тадқиқ этиш ҳамда улар тузилишини ўрганишдан иборат.

## Нега энди инсониятга айнан оғир сув керак?

Бу саволга рақам ва формулаларга мурожаат этмай туриб жавоб бериб бўлмайди. Ҳа, рақам ва формулалар тили рисоладагидек ўқимишли кишига, у қайси мамлакатда яшаши ва қай тилда сўзлашишидан қатъи назар, тушунарлидир.

Кимёгарлар учун эндиликда барча изотопли атомларнинг массалари аниқ ўлчанган. Ана шу массаларнинг айрим белгилари қуйидагичадир: протий — ${}^1_1\text{HМ} = 1,007825$ ; дейтерий — ${}^2_1\text{DM} = 2,014102$ ; тритий — ${}^3_1\text{TM} = 3,016049$ .

Физиклар энгил атомлар ўртасида ядро реакциялари бўлиши мумкинлигини, шу жумладан дейтерий атомлари ўртасида реакциялар бўлишини аниқлашди:  ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} = {}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{T}$ . Кимёда қўлланиладиган массанинг сақланиш қонунидан бундай реакцияда фойдаланиб бўлмайди, реакция натижасида етишмовчилик кузатилади:  $(2 \cdot 2,014102 - 1,007825 - 3,016049)_{\text{г}} = 0,004330_{\text{г}}$ . Бу етишмовчилик жуда ҳам оз эмас. Бунинг моҳияти шундаки, агар оғир водороднинг икки грамм-молекуласи ўртасида кечадиган шароитни аниқлашга эришилса, бунда Эйнштейн тенгламасига  $E = \Delta mc^2$  биноан қуйидагича энергия олиш мумкин бўларди:  $0,00433 \cdot (3,0 \cdot 10^{10})^2 \text{ эрг} = 3,9 \cdot 10^{18} \text{ эрг} = 3,9 \cdot 10^{11} \text{ Ж}$ . Бу кичик энергия эмас. Ҳозирги вақтда шундай энергия олиш учун қозон ўтхонасида кам эмас, кўп эмас 13,5 тонна биринчи сорт кўмир ёқиш керак бўлади. Бундан ташқари, кўмирни шахтада қазиб, ер остидан ўтхонага келтириш жараёни ҳам назардан четда қолдирмаслик керак.

Шу билан бирга ядро реакцияси тенгламасига мувофиқ бунча миқдордаги энергияни оғир сувнинг бир грамм-молекуласидаги атиги икки грамм-молекула дейтерийни сарфлаш воситасидагина олиш мумкин. Бинобарин:  $\frac{6700 \cdot 18}{1000} \text{ кг} = 120,6$  килограмм ёки 120 литр оддий сув талаб этилади. Демак, 1 литр оддий сув;

дан юз килограмм олий сорт кўмирга нисбатан кўп энергия олиш мумкин. Ер куррасида эса сув бисёр.

### Сувдан энергия олишга нима халал беради?

Бундай имконият ҳозир худди тушга ўхшаб туюлади, аммо у мутлақо амалга оширса бўладиган ишдир. Бу ғояни рўёбга чиқариш борасида фан бир қатор қийинчиликларни енгиб ўтди. Табиий сувдан оғир сув олишдек мураккаб проблема ҳал этилди. Енгил атомлар ўртасида ядро реакциялари рўй бериши мумкин бўладиган шароитлар назарий тадқиқ этилди ва ҳисоблар ўтказилди.

Лекин, афсуски, бу борада тадқиқотчилар кўплаб мушкулотларга дуч келишди. Бу қийинчиликларнинг қай даражада эканлигидан қуйидаги ҳисоблар яққол далолат беради: икки атом ядро реакциясига киришиши учун уларнинг ядролари тўқнашмоғи, яъни улар тақрибан  $10^{-14}$  метр масофага қадар яқинлашиши керак, шу масофадан бошлаб ядролараро кучлар электростатик итарилиши бартараф этилади.

Лекин атом ядролари, худди зирҳлангандек ўз электрон қобиғи билан ҳимояланган. Энг муҳими — ядролар зарядланган бўлиб, барча бир хил зарядли жисмлар сингари бир-биридан итарилади. Уларнинг ўзаро итарилиш кучини бартараф этадиган энергияни ҳисоблаб чиқиш қийин эмас. Кулон қонунига биноан  $10^{-14}$  метр масофада бир-бирига яқинлашган икки ядронинг потенциал энергияси, агар  $Z_1$  ва  $Z_2$  атом номерли элементлар ўзаро тўқнашса

$$\frac{Z_1 \cdot Z_2 / 1,6 \cdot 10^{-19/2} \cdot 9 \cdot 10^9}{10^{-14}} \text{ Ж} = 2,3 \cdot 10^{-14} \times$$

$\times Z_1 \cdot Z_2 \cdot \text{Ж}$  га тенг бўлиши керак.

Шубҳасиз, атом миқдорлари дунёси айтарли одатий ва яққол эмас, шунинг учун бу энергиянинг кам ёки кўплигини дарҳол англаб олиш мушкул. Аммо электростатик итарилиш потенциал энергиясини бартараф этиш учун атомлар қандай тезликда тўқнашуви кераклигини таъсаввур қилиш осон. Уларнинг кинетик энергияси кам

бўлмаслиги ёки, лоақал тенг бўлиши лозим. Бинобарин, бунини шундай ифода этиш мумкин:

$\frac{1}{2} m^2 = 2,3 \cdot 10^{-14} \cdot Z_1 \cdot Z_2$ . Бир грамм молекулада қанча атом бўлишини билган ҳолда атом массасидан битта атомнинг массасини топиш мумкин:  $m = \frac{A}{6,02 \cdot 10^{23}}$

Ядро реакцияси бошланиши учун атомлар қандай тезликда тўқнашуви кераклигини ҳам аниқлаш мумкин:

$$v = 5,3 \cdot 10^8 \sqrt{\frac{Z_1 \cdot Z_2}{A}}$$

Дейтерийнинг атом номери  $Z=1$ . Изотоп массаси  $A=2$ , бинобарин, атомлар тезлиги  $V=3,8 \cdot 10^6$  м/секунд ёки 3800 км/секундга тенг бўлиши керак. Физикларга маълумки, оддий температурада дейтерий атомларида иссиқлик ҳаракатининг ўртача тезлиги атиги 1,9 км/секундга тенг. Тақрибан 293 К га тенг бўлган уй ҳароратида молекулаларнинг кинетик энергияси абсолют температурага ёки тезлик квадратига мутаносиб тарзда орта боради.

Демак, дейтерий молекулаларининг ўртача тезлиги ядролар ўртасидаги реакцияга етарли бўлсин учун оғир водородни  $T = 293 \cdot \frac{3800^2}{1,9^2} \text{ К} = 1,1 \cdot 10^9 \text{ К}$  ҳароратга қадар қиздириш керак. Шундай қилиб, дейтерийнинг фақат миллиард кельвиндан юқори ҳароратга қадар «қиздирилган» ядроларигина ўзаро тўқнашиб, бир-бирига таъсир этиши мумкин. Дарвоқе, бутун ҳаётини келажак авлодларни энергия билан таъминлашга интилишдек мурраккаб ва улуғвор проблемага бағишлаган чинакам фан шайдолари — физиклар олдидаги жиддий қийинчилик ҳам мана шундадир.

**Балки оғир сувни бирон бошқа нарса билан алмаштириш мумкиндир?**

Афсуски, уни ҳеч нима билан алмаштириб бўлмайди. Энергия олиш мақсадида термойдро реакциялари учун оғир водород манбаи бўлмиш оғир сувни, афтидан, ҳеч

нима билай алмаштириш имкони йўқ. Бунинг моҳияти шундаки, реакция бошланиши учун зарур бўлган ҳарорат элементнинг атом номери орта боргани сари кескин кўтарилади. Дарҳақиқат, бериллий ёки кремний атом ядроларининг электростатик итарилишини бартараф этишга қобил заррачаларнинг кинетик энергиясига қандай ҳарорат мос келишини ҳисоблаб чиқиш қийин эмас. Дейтерийнинг бир қисмини тритий билан алмаштириш мумкин, лекин бундай изотоп табиатда йўқ.

### Наҳотки бунинг имкони бўлса?

Қийин-у лекин мумкин. Аввало, табиат ҳам физик тадқиқотчиларга ҳомийдир: реакция бошланиши учун бутун газни ақл бовар қилмайдиган даражада юқори ҳароратда қиздиришнинг ҳожати йўқ. Унинг айрим атомларигина бу қадар юқори энергияга эга бўлса бас.

Ҳар қандай газда исталган ҳароратда хилма-хил тезликка, яъни жуда кичик тезликдан то ниҳоятда катта тезликкача эга бўлган зарралар мавжуд. Шу туфайли дейтерий атомлари ўртасидаги реакция ҳатто  $10^9\text{K}$  дан бир неча ҳисса паст ҳароратда ҳам етарли тезликда кечаверади. Бу эса ишни анча осонлаштиради.

Бундан ташқари, туннель эффекти деб аталмиш муайян восита ҳам мавжудки, у туфайли ҳатто ядролар кинетик энергияси электростатик итарилиш учун заруридан камроқ тақдирда ҳам ядролар ўртасида реакция кечишининг ҳар вақт бирмунча имкони бўлади.

Шу боисдан водород ядролари ўртасида термоядро жараёнлари бошланиши учун атиги уч юз миллион кельвин ҳарорат мутлақо кифоядир. Агар дейтерий билан тритий ўртасида реакция олиб бориладиган бўлса, қирқ миллион кельвин ҳароратнинг ўзи ҳам кифоя қилади.

Буни қандай амалга ошириш мумкин? У аллақачон амалга оширилган. Физиклар термоядро портлаши реакциясини ўтказишди. Бунда енгил ядролардан оғир элементларни ядровий олиш бошланиши учун зарур

бўлган ҳароратга атом зарядининг портлаши — запал билан эришилади.

Шунга қарамай, ҳали қилинадиган ишлар кўп. Ахир инсонга портлаш эмас, балки бошқариладиган реакция — саноат, транспорт, хуллас келажакда жамиятга нимагаки зарур бўлса ҳаммаси учун керакли энергия манбаи лозим-да! Ҳа, инсониятга термоядро «ўтхонаси» — юз миллион кельвин ҳароратли ўтхона зарур.

Ана шундай хаёлий туюладиган масаланинг ҳам ҳал этилишидан умидвормиз. Мамлакатимиз физиклари термоядро реактори яратишнинг чинакам ажойиб усулини топишди. Уларнинг қатъий исботлашича, гарчи табиатда бундай ҳаминқадар ҳароратга бардош бера оладиган материал йўқ бўлса-да, бундай «ўтхона» яратиш мумкинлигини исботлашди. Ҳар қандай модданинг молекулалари, исталган элементнинг атомлари бунақанги ақл бовар қилмайдиган даражадаги «иссиқ»да буткул емирилиб, ўз электронларини йўқотади. Барча моддалар плазмага — молекуладан ва ҳатто атомлардан эмас, балки эркин атом ядролари ва эркин электронлардан иборат газга айланади. Гўё бу масалани принцип жиҳатидан мутлақо ҳал этиб бўлмаслигига қарамай, олимларимиз термоядро реактори учун бундай «ўтхона»ни қандай яратиш кераклигининг йўлини топишди. «Ўтхона»нинг деворлари ўрнида кучли магнит майдонларидан фойдаланиш мумкинлиги исбот этилди. Сезилмас, кўринмас ва тиниқ электромагнит майдонлар оғир водород ядролари учун ҳамда бошқа ҳар қандай элементлар учун ҳатто юз, эҳтимол, миллион кельвиндан юқори ҳароратларда ҳам ишончли тўсиқ бўла олади.

Сувда яширинган энергия инсониятга қанча вақтга етади?

Миллиард йилдан кўпга!

## Космосда сув

### Наҳотки космосда сув бўлса?

Ҳа, аниқланишича, космик фазода сув бор экан. Бундан етти йил муқаддам астрофизиклар радиотелескоп ёрдамида космосдан келаётган галати — 1,35 сантиметр узунликдаги қисқа радио тўлқинларни аниқлашга муваффақ бўлишган. Бу нурлар Галактикамиздаги Орнона, Кассиопея ва баъзи бошқа буржларда жойлашган сирли улкан булутлардан тарқалаётганлиги равшанлашди. Назарий ҳисоб-китоблар бундай нурлар... сувга мансублигини кўрсатди. Сув буғларининг молекулалари юлдузлар ёруғлиги спектрининг инфрақизил қисмини ютади ва қўзғалган ҳолатга ўтади. Бунда улар айланиш ҳаракатининг энергия даражаси ортади. Молекулалар тагин асосий ҳолатга қайтганда улар 1,35 сантиметр тўлқинли энергия чиқара бошлайди. Сув булутлари космосда катта майдонни эгаллайди: уларнинг кўлами турли буржларда бирдан то қирқ астрономик бирликкача етади, астрономларда масофа бирлиги Ердан Қуёшгача бўлган масофага баробардир.

Лекин космик бўшлиқларда биргина сув мавжуд деб бўлмайди. Радиоастрономлар янги-янги мураккаб молекулаларни излаб топмоқдалар. Ҳозиргача гидроксил, аммиак, формальдегид, углерод оксиди, циан, водород цианид топилган ва ҳатто, таажжубки, олимлар чизиқли углерод занжирига эга бўлган мураккаб молекула — ацетиленилцианидни топишга муваффақ бўлишди. Бу эса олимларни ҳайратга солди: ахир бундай углерод занжирлари органик молекулаларгагина хос бўлиб, улар илк бор космосда топилган-да. Уқчи буржида юлдузлараро газ булутини — ацетиленилцианид йиғилмалари мавжуд.

Космоснинг ичкари ерларида сув иштирокида кимёвий жараёнлар кечиши керак: ҳатто у ерда аниқланган кимёвий бирикмаларнинг ўзиёқ янада кўплаб бирикма-

лар ҳосил бўлишига олиб келувчи бир қанча кимёвий реакцияларнинг асоси бўлиши мумкин.

Шундай қилиб, ҳозирги вақтда олимлар ажойиб фан соҳаси — космос кимёсининг асосини яратмоқдалар. Унинг келажакдаги муваффақиятлари билан танишиш гоят мароқлидир.

### **Бошқа планеталарда ҳам сув борми?**

Бу саволга жуда қатъий ва аниқ жавоб беравериш мумкин: ҳа, бошқа планеталарда ҳам сув бор.

Совет олимлари Венера сайёрасига автоматик кимё лабораториялари юборишди. Бу лабораториялар бевосита планета атмосферасида унинг таркибини кимёвий анализ қилди ва олинган натижаларни радио орқали Ерга юборди. Ана шу лабораториялардан бири — «Венера-4» 500 миллион километр йўл босиб, «ғаройботлар сайёраси» атмосферасига парашютда муваффақиятли қўнди. У атмосферанинг физик-кимёвий табиати — ҳарорати, босими, зичлигини ўлчади ва ўша ернинг ўзида газларнинг кимёвий таркибини тадқиқ қилди. Бу воқеа фан тарихида илк бор 1967 йилнинг 18 октябрида рўй берган эди. Кейинги икки автоматик станция Венерага 1969 йил май ойида етиб борди. Улар ҳам илгари олинган натижаларни тасдиқлади.

Аниқланишича, Венера «ҳавоси» таркибида қуйидагилар мавжуд:

карбонат ангидрид — қарийб 97 процент,  
кислород — кўпи билан 0,1 процент,  
сув буғлари — қарийб 1 процент,  
азот — кўпи билан 2 процент.

1970 йил 15 декабрида планеталараро «Венера-7» автоматик станция сайёра сатҳига етди ва Ерга бевосита Венера юзасидан маълумотлар юборди. Маълум бўлишича, сайёрада ҳарорат 470°C дан юқори, босим эса Ердагидан 90 марта ортиқ.



Албатта, Венерада суюқ ҳолдаги сув йўқ. Бизга маълум бўлган ҳаёт формалари Венерада мавжуд эмас. Лекин у ерда сув борлиги шубҳасиз.

Марс атмосферасида ҳам сув бўлса керак, деган тахминлар бор. Астрономлар кўп йиллар мобайнида Марсда ғалати ёрқин чақнашларни бир неча бор кузатишган. Худди ана шу чақнашлар кўпгина фантастик романлардаги мавзулар учун асос бўлган. Яқинда мазкур ғалати чақнашларнинг сири ошкор этилди.

Совет олимлари шу чақнаш чиққан ёруғлик нурларининг Қуёш томон йўналиш бурчагини аниқ ўлчаш воқитида бу чақнашлар Марс атмосферасида айланиб юрадиган муз кристаллчаларида қуёш нурларининг аксланишидан иборат эканлигини узил-кесил аниқладилар. Бинобарин, Марсда ҳам сув бўлиши мумкин. Қаҳратон совуқ кунлари осмонда мавҳум қуёш тасвирлари пайдо бўлган кезлари Ерда ҳам худди шундай ҳодисалар кузатилади. Яқинда бу тахмин асосли далилга эга бўлди: Марс атмосферасида сув бугларининг излари мавжудлиги спектроскопия усулида аниқланди.

Астрофизиклар Юпитерда ҳам сув топишга муваффақ бўлишди. Бу улкан сайёра энг сирли сайёра дейишга аригудек. Юпитер атмосферасида сувнинг қанчалик аҳамиятга эга эканлиги устида батафсил тўхталиб ўтиш ўринлидир. Гарчи Юпитер сирли, ҳали ошкор этилмаган масалалар кони ҳисобланса ҳам, бироқ, балки худди шу планета мисолида фан улкан сир — Коинотда ҳаётнинг пайдо бўлиши масаласини ҳал этишга бирон йўл топар.

Шуни айтиш керакки, гарчи ядро жараёнлари бошланиши учун унчалик етарли бўлмаса-да, қизиқ турган Юпитер ядроси металл водородли қобиқ билан ўралган. Планетанинг ўзи эса ташқи томондан ўнларча минг километр қалинликдаги зич атмосфера қатлами билан қопланган. Юпитернинг ташқарисида температура паст — 100 даражага яқин. Унинг атмосфераси асосан водород ҳамда гелийдан таркиб топган. Лекин,

бундан ташқари, Юпитер атмосферасида метан, аммиак, сероводород ва ...сув борлиги ҳам аниқланган.

Юпитер атмосферасининг Ердаги сингари шароитли қисмида — температураси нолдан 100 даражагача бўлган ва босими икки-уч атмосферадан ортмайдиган қисмида ғоят ажиб ва сирли ўзгаришлар кечади.

Астрономларнинг маълумотларига қараганда, Юпитерда ақл бовар қилмайдиган даражада момақалди роқ ва довул бўлиб туради. У планетада ҳам Ердаги сингари сувдан қор ва ёмғир ёғиши керак. Бироқ у планетада, шу билан бирга, суяқ аммиак ва водород сульфиддан жала қуяди, аммиакдан қор ёғади. Аммо на қор ва на жала Юпитер сатҳигача етиб кела олади (балки Юпитер сатҳи йўқдир), у юқорига кўтарилиб, қайта ёғади.

Тадқиқотчилар улкан планетадаги даҳшатли оламнинг ғаройиб шароитларини ўз лабораторияларида ҳосил қилишга бир неча бор уринишди. Электр разрядлари ҳамда ионловчи нурланиш таъсирида моделдаги Юпитер «ҳавоси»да сув буғлари, аммиак ва метандан кўпгина органик бирикмалар, шу жумладан ҳатто аминокислота ва углеводородлар ҳам вужудга келади.

Ҳосил бўлган кимёвий бирикмаларнинг аксарияти очиқ ранглидир, уларнинг туси, ўз спектрал таркибига кўра, Юпитердаги булут полосалари рангига ўхшаб кетади. Кўпгина олимлар Юпитер атмосферасида ҳаётнинг ҳосил бўлиши учун қулай шароитлар мавжудлигини эътироф этишмоқда.

Ойда ҳам сув бўлса-чи? Ойда сув йўқ. Ойга парвоз қилган одамлардан биронтаси у ердан сув топмаган. Тўғри, бир вақт Америка космик кемаси Ойда сирли «булоқ» отилишини қайд қилганди, лекин у узил-кесил ҳал бўлмаган.

### **Кометаларда сув борми?**

Ҳа, бор. Кўпгина олимларнинг эътироф этишларича, кометанинг бош қисми қаттиқ жисм — оддий сув музи

билан космик совуқда қотган аммиак ва метан газлари музининг аралашмасидан иборат «ифлос» муздан ташкил топган. Бу музда асосан темир, кальций, кремний ва бошқа кўпгина кимёвий элементлардан ҳосил бўлган қаттиқ метеорит моддасининг заррачалари ҳам учрайди.

Комета Қуёшга яқинлашганда анча енгил молекулалар бугланиб, кометанинг улкан думини ҳосил қилади. Айнан комета думининг порлаш спектрида парчаланиш вақтида сув молекулалари ҳосил қиладиган гидроксил чизиқлари топилди.

### **Коинотнинг яна қаерида сув бўлиши мумкин?**

Юлдузларда ва бизнинг Қуёшимизда сув бўлиши эҳтимолдан узоқ. Гарчи у жисмларда водород ҳам, кислород ҳам бўлса-да, ўта даражада юқори температура шаронтида сув молекулалари ҳосил бўла олмайди. Астрономларнинг аниқлашларича, Қуёшда бўлганидек Коинотнинг кўпгина юлдузларида ҳам планета системалари мавжуд.

Мазкур планеталарнинг бирламчи атмосфераси космосда сероб элемент ҳисобланган водород бирикмаларидан таркиб топади, унда водород —  $H_2$ , сув —  $H_2O$ , аммиак —  $NH_3$  ва метан —  $CH_4$  молекулалари бўлиши керак.

Коинотнинг ҳамма қисмида сув бор. Бу шубҳасиз.

### **Сув космосда кечаётган жараёнлардан бохабарми?**

Бу савол ўта ғалати, сирли ва ҳозирга қадар мутлақо мавҳум бўлиб келаётган кузатувлар соҳасига даҳлдорки, улар масаланинг шундай образли қилиб ифодаланишини талаб этади. Гўё экспериментал далиллар узил-кесил аниқлангандек, аммо уларнинг ҳозирча шарҳи мавжуд эмас.

Ушбу масала мансуб бўлган ажабтовур жумбоқ бирданига ошкор этилгани йўқ, албатта. У оддий ва гўё жиддий аҳамиятга эга бўлмаган арзимас ҳодиса-

ларга тааллуқлидек туюлади.— Аммо бу ҳодиса сувнинг ниҳоятда нозик ва ҳозирча тушуниш қийин, миқдорий аниқлаш эса амримаҳол бўлган хусусиятлари билан — сувли эритмаларда кимёвий реакцияларнинг тезлиги ҳамда реакциянинг асосан қийин эрийдиган маҳсулотлари ҳосил бўлиш тезлиги ва уларнинг чўкмага тушиш тезлиги билан боғлиқдир.— Бу ҳам сувнинг беҳисоб хусусиятларидан биридир.

Бир хил шароитда ўтказиладиган реакцияда чўкманнинг дастлабки излари ҳосил бўлиш вақти турғун эмас. Шунини айтиш керакки, бу факт кўпдан буён маълум бўлишига қарамай, кимёгарлар уни одатдагича «тасодифий сабаблар» туфайли деб тушунтириш билан чекланиб, унча эътибор беришмаган. Лекин бора-бора реакция тезликлари назарияси ривожланиши ҳамда тадқиқот методикасининг такомиллашуви туфайли бу ғалати факт тушунмовчиликларга олиб келаверди.

Тажриба ўтказишда нечоғли эҳтиётлик чоралари кўрилишига қарамай, мутлақо турғун шароитларда бари бир натижа такрорланмади: гоҳ чўкма бирданига чўкса, гоҳ унинг ҳосил бўлишини узоқ вақт кутишга тўғри келди.

Юзаки қараганда, пробиркада чўкма бир секундда ҳосил бўлди нима-ю, 20 секундда ҳосил бўлди нима, бари бир эмасми? деган савол туғилиши мумкин. Бироқ табиатда бўлганидек фанда ҳам аҳамиятсиз биронта нарса йўқ.

Бунақанги ажиб такрорланмаслик олимларни тобора кўпроқ қизиқтира борди. Ниҳоят, мутлақо кўз кўриб, қулоқ эшитмаган тажриба амалга оширилди. Ер куррасининг барча қисмларида юзлаб кўнгилли кимёгар-тадқиқотчилар илгаридан ишлаб чиқилган ягона программа асосида бир вақтда, дунё миқёсида айни бир дақиқада бир хил оддий тажрибани қайта-қайта такрорлашди: сувли эритмадаги реакция натижасида ҳосил бўладиган қаттиқ фаза чўкмаларининг биринчи излари вужудга келиши тезлигини аниқлашди. Тажриба

қарийб ўн беш йил давом этди, уч юз мингдан зиёд марта такрорланди. Тушунтириб бўлмайдиган, сирли ажиб манзара секин-аста намоён бўла бошлади. Аниқланишича, сувли муҳитда кимёвий реакциянинг кечиш вақти сувнинг хоссаларига боғлиқ бўлар экан.

Бугунги реакция кеча худди шу дақиқадагидек кечмайди, эртага эса бугунгидан ўзгача бўлади. Тафовут катта бўлмаса-да, у диққат-эътиборни, тадқиқ қилишни ва илмий шарҳлашни тақозо этарди.

Ана шу кузатишлардан олинган материалларни статистик ишлаб чиқиш натижалари олимларни ажабтовур хулосага олиб келди: маълум бўлишича, Ер куррасининг турли қисмларида реакция тезлигининг вақтга боғлиқлиги бир хилдир. Бунинг маъноси шуки, бутун планета миқёсида айни бир вақтда бараварига ўзгарадиган ва сув хоссаларига таъсир кўрсатадиган аллақандай сирли шароитлар мавжуд.

Материалларни ишлаш, тадқиқ этиш яна давом қилди. Буни қаранг, олимлар яна кутилмаган натижага эришишди: «Қуёшда рўй берадиган ҳодисалар муайян тарзда сувда ўз аксини топиши аниқланди. Сувдаги реакция характери Қуёш активлиги маромига — Қуёшда доғлар пайдо бўлиши ва чақнашлар кузатилишига боғлиқ.

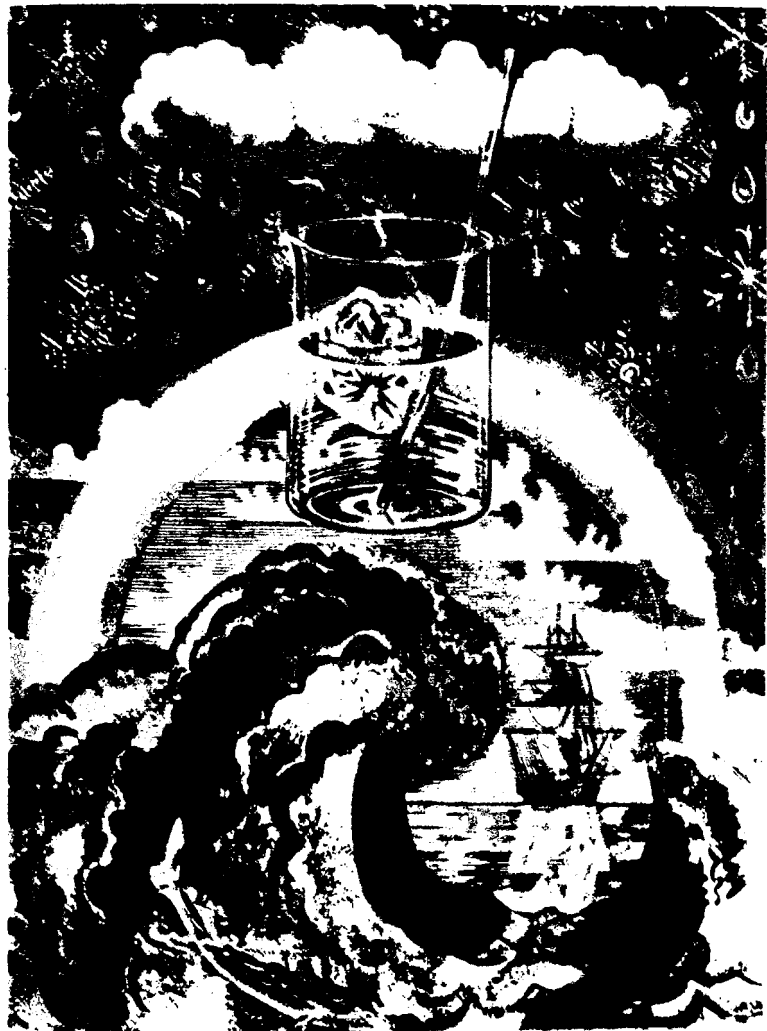
Аммо бу шарҳ ҳам етарли эмас эди. Кейинроқ янада ғалатироқ ҳодиса аниқланди. Сув қандайдир йўл билан космосдаги ҳодисалардан таъсирланар экан. Шунингдек Ернинг космик фазода ҳаракатланиш нисбий тезлигининг ўзгаришига ҳам аниқ боғлиқлик жиҳатлари белгиланди.

Сувнинг Коинотда кечадиган ҳодисаларга сирли боғлиқлиги ҳали узил-кесил шарҳлангани йўқ.

**Сув билан Космос ўртасидаги алоқа қандай аҳамиятга эга бўлиши мумкин?**

Ҳозир бунинг аҳамияти қанчалик катталигини ҳеч ким айта олмайди. Танамизнинг тўртдан уч қисми сув-

дан иборат; планетамизда сувсиз ҳаёт бўлиши мумкин эмас; ҳар бир тирик организмда, ҳар бир тўқимада сон-саноқсиз кимёвий реакциялар боради. Зеро оддий ва қўпол реакция мисолида космосдаги ҳодисалар таъсири кузатилган экан, бинобарин, ҳозирча бундай таъсирнинг Ерда ҳаёт ривожланишига оид улкан жараёнлар учун аҳамияти нечоғли катта бўлганини тасаввур этиш ҳам қийин. Эҳтимол, келажак фани — космобиология ғоят муҳим ва қизиқарли бўлар. Унинг асосий бўлимларидан бири тирик организмда сувнинг ҳолати ва хоссаларини ўрганеди.



## Сувнинг хоссалари

### Нега сувни сув деймиз?

Бундай савол номаъқулдек туюлса-да, аслида унчалик эмас. Дарҳақиқат, сув — фақат ариқдан оқадиган ёки водопровод жўмрагидан тушадиган рангсиз суюқликдангина иборатми?

Деярли бутун планетамизни, миллион йиллар муқаддам ҳаёт пайдо бўлган ажойиб Еримизни эгаллаб олган океан — бу сув. Ер юзасидаги барча мавжудотга намлик олиб келувчи булут ва туманлар ҳам сув-да.

Қутб областларидаги чексиз муз саҳролари, планетамизнинг қарийб ярмини қоплаб ётувчи қор қопламлари ҳам — сув. Кун ботаётгандаги ажойиб, бетакрор чексиз хилма-хил рангдаги тусланишлар, тилла ранг ва яллиғланиб жилваланишлар киши ақлини лол қолдиради. Кун чиқар пайтидаги осмоннинг ажиб рангларда тусланишини айтмайсизми? Ана шу рангларнинг ҳар кунги ва мудом одатдан ташқари жилваси ҳам атмосферада қуёш спектрининг сув буғлари томонидан сочилиши ва ютилиши туфайли рўй беради. Бу табиатнинг буюк меъмори сувдир.

Тоғ тизмалари юзлаб хил тоғ жинсларининг улкан қатламларидан тузилган. Уларнинг аксарияти табиатнинг буюк меъмори томонидан яратилганлигини геологлар яхши билишади. Ер қиёфаси ҳам муттасил ўзгариб борапти. Бир замонлар осмонўпар тоғлар бўлган ерлар бугунги кунда бепоён текисликларга айланган. Бу ҳам сувнинг иши.

Ҳаёт турлари беҳад хилма-хил. У планетамизнинг ҳамма ерида мавжуд. Бу ўринда доно халқнинг: «Сув бор ерда ҳаёт бор» деган нақлининг юз фоиз ҳақлиги исботланади. Агар сув бўлмас экан, тирик мавжудот ҳам бўлмайди.



Вожаб, нега энди оддий ва ҳеч бир диққатга сазовор ери йўқ формулалари, олам учун соддагина бўлган икки кимёвий элементдан таркиб топган, молекуласи атиги учта атомдан иборат бўлган сон-саноксиз химиявий бирикмалардан бири — водороднинг оддий оксиди, энг содда, ҳаммага маълум сув табиат ҳаётида шунчалик буюк аҳамият касб этса? Сувнинг бундай фавқуллоддаги ролини нима билан изоҳлаш мумкин?

Оламдаги беҳад хилма-хил моддалар орасида сув ўзининг физик-кимёвий хусусиятлари билан мутлақо ўзига хос, алоҳида ўринни эгаллайди. Бу том маънода айтилган гапдир.

Сувнинг деярли барча физик-кимёвий хоссалари — табиатда истиснодир. У, ҳақиқатан ҳам дунёдаги энг ғаройиб моддадир.

Сув фақат молекуласидаги изотоп формаларининг хилма-хиллиги ёки келажакда туганмас энергия манбаи бўла олишига умидворлик учунгина ғаройиб эмас. Булардан ташқари, у ўзининг энг оддий хоссалари билан ҳам ғаройибдир.

Оддийгина  $H_2O$  формуласи содда кимёвий бирикма ўзида одатдан ташқари хусусиятларни ниҳоятда моҳирона мужассам этганлиги туфайли ҳам ажойиб планетамизда алоҳида ўрин эгаллайди.

### Сувнинг «қариндошлари» борми?

Агар сув сингари фақат водород ҳамда кислороддан таркиб топган бирикмаларни сувнинг қариндоши дейиладиган бўлса, бунда ҳақиқатан, сувнинг қариндошлари бор.

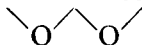
Тўғри, сувнинг қариндошлари кўп эмас — атиги иккита холос. Ана шу бирикмалардан бири азалдан ҳаммага маълум. Бу энг оддий водород пероксидидир. Иккинчиси эса яқиндагина топилган. У бирмунча ғайри оддий йўсинда кашф этилган бўлиб, назариянинг фан учун муҳимлигига далил бўла олади.

Молекулалар структурасини ҳисобловчи назариячилар анча паст ҳароратда  $H-O-H$  ва  $H-O-O-H$

молекулаларидан ташқари, Н—О—О—О—Н молекулалари ҳам барқарор бўлиши мумкинлигини термодинамик йўсинда аниқлашди.

Водород ва кислород бошқа молекулалар ҳосил қила олмайди, чунки бундан кўпроқ кислородга эга бўлган молекулалар Н—О—О—О—О—Н, ҳатто жуда паст ҳароратда ҳам барқарор бўла олмайди.

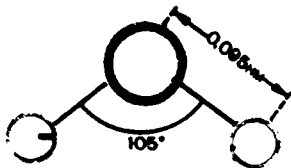
Олимларнинг бошқа гуруҳи эса назария башоратини эътиборга олмай, тажрибада  $\text{H}_2\text{O}_3$  молекуласи мавжуд бўла олмаслигини исботладилар. Улар ана шу бирикмани ҳосил қилиш учун бўлган барча уринишлар натижаларини рад этмоқчи бўлишганди; буни қарангки... ўзлари водород уч оксидини кашф этдилар. Водород билан кислород янги бирикмасининг молекуласи илон изи занжир тарзида тузилган: Н О НУ ноль даражадан



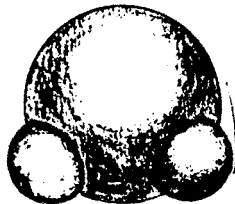
анча паст ҳароратдагина барқарордир. Юқори ҳароратда эса сув ҳамда кислородга парчаланadi. Шундай қилиб, паст ҳароратларда суэт электр разрядларда водород билан кислород ўртасида реакция кечади. Бинобарин, водород уч оксиднинг кашф этилиши назарий ҳисобларнинг мутлақо ишончлилигини яна бир бор исботлади. Энди сувнинг бошқа «қариндошлари» бўлмаса керак.

### Сув молекуласи қандай тузилган?

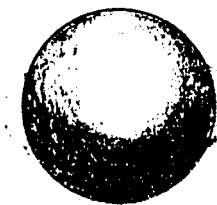
Сувнинг бир молекуласи қандай тузилганлиги энди жуда аниқ маълум. У қуйидагигача тузилган:



Водород ҳамда кислород атомлари ядроларининг ўзаро жойлашиши ва улар ўртасидаги масофа яхши ўрганилиб, ўлчанган. Маълум бўлишича, сув молекуласи чизиқли эмас. Сув молекуласини атомларнинг электрон қобиқлари билан биргаликда, агар унга «ён томондан» қаралса, мана шундай тасвирлаш мумкин: «Юқори-



дан» — кислород атоми томонидан қаралганда эса мана бундай кўринади:

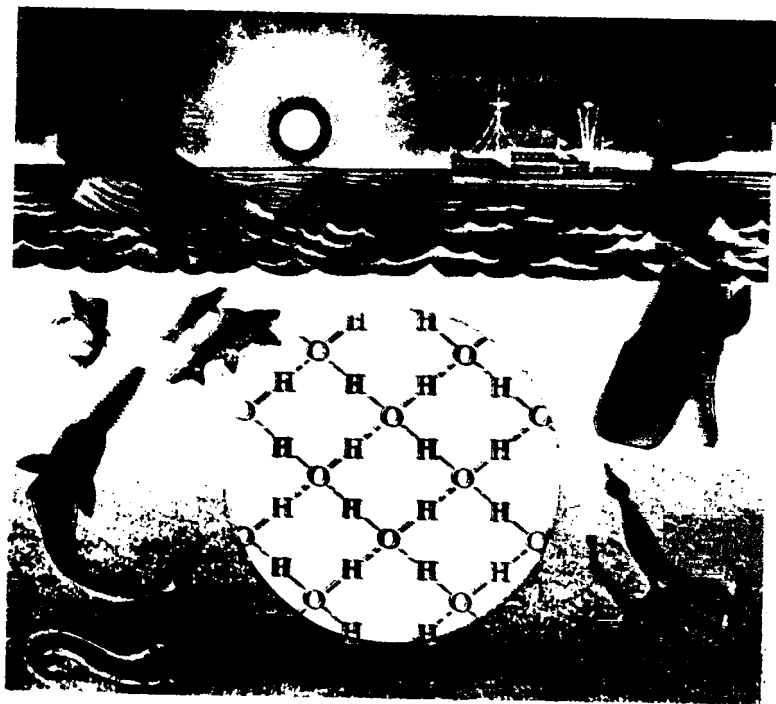


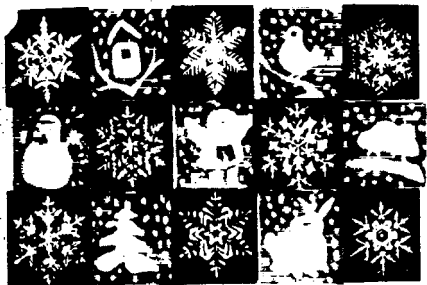
яъни молекулада зарядларнинг геометрик ўзаро жойлашишини оддий тетраэдр сифатида тасвирлаш мумкин.

Ҳар қандай изотоп таркибли сувнинг барча молекулалари мутлақо бир хил тузилган.

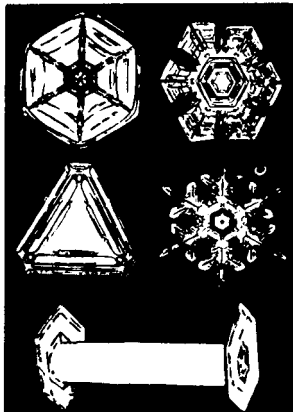
## Океанда сувнинг нечта молекуласи бор?

Битта. Бунинг ҳечам ҳазили йўқ. Албатта, ҳар бир ўқувчи маълумотномага кўз қирини ташлаб, дунё океанида қанча сув борлигини билгач, унда жами нечта  $H_2O$  молекуласи борлигини осонгина ҳисоблаб чиқара олади. Аммо бундай жавоб тўла ишончли эмас. Сув — алоҳида бир ўзгача модда. Биобарин, ўзига хос тузилганлиги туфайли, айрим молекулалар ўзаро бир-бирига таъсир кўрсатади. Битта молекула водороди атомларидан ҳар бири қўшни молекулалардаги кислород атомларининг электронларини ўзига тортиб олади.





Музнинг тўғри кристалл тузилиши қор учқунларининг кишини ром этувчи гўзаллигида намоён бўлади.



Ана шундай водород алоқаси ҳисобига сувнинг ҳар бир молекуласи схемада тасвир этилгани сингари бошқа тўртта қўшни молекулалар билан анча мустаҳкам боғланади. Тўғри, бу схема ниҳоят даражада соддалаштирилган — у ясси, зеро расмда бошқача тасвирлаб бўлмайди. Бирмунча аниқроқ манзарани кўз олдимизга келтирайлик. Бунда водород алоқалари (улар узик чизиқлар билан белгиланган) жойлашиши текислиги сув молекуласида водород атомларининг жойлашиш текислигига перпендикуляр йўналганлиги ҳисобга олинади.

Сувда барча алоҳида  $H_2O$  молекулалар ягона туташ фазовий тўр — битта улкан молекулага боғлангандир. Шунинг учун айрим физик-кимёгар олимларнинг бутун океан — битта молекула деган фикри мутлақо ҳақдир. Лекин бу фикрни унчалик ҳам айнан тушунавермаслик керак; гарчи сувнинг барча молекулалари сувда ўзаро водород алоқалари билан боғланган бўлса-да, улар айна вақтда индивидуал хоссаларини ҳамда алоҳида молекулаларини сақлаган ҳолда мураккаб агрегатлар ҳосил қилиб, жуда мураккаб ҳаракатли мувозанатда бўлади. Бундай фикр фақат сувгагина тааллуқли эмас: олмос бўлаги ҳам битта молекула.

## **Муз молекуласи қандай тузилган?**

Музнинг бирон алоҳида молекуласи йўқ. Сув молекулалари ажойиб тузилиши туфайли муз бўлагида ўзаро шундай бирикканки, уларнинг ҳар бири бошқа тўртта молекула билан боғланган ва қуршаб олинган, бу эса муз структурасининг жуда мўрт бўлишига олиб келади, чунки ушбу структурада жуда кўп бўш жой қолади. Музнинг тўғри кристалл тузилиши учқунларнинг киши ақлини лол қолдирадиган даражада гўзаллигида, дераза ойналарини қоплайдиган муз безагида ўз аксини топади.

## **Қор учқуни нима?**

У атмосферанинг жуда паст ҳароратли юқори қатламларида сув буғларининг қуюқланиши натижасида вужудга келган муз кристалларининг ўсимтасидир.

## **Нега қор учқунлари бу қадар чиройли бўлади?**

Гап шундаки, музнинг кристалл тўрида кислород атомлари, расмда кўрсатилганидек, тўғри олти бурчаклар ҳосил қиладиган тарзда жойлашувчи текисликлар мавжуд. Эҳтимол, олти қиррали юлдузсимон чиройли қор учқунларининг ҳосил бўлиши шу билан боғлиқдир.

Қор учқунлари шаклларининг ажабтовур гўзаллиги ва беҳад хилма-хиллиги кўпгина олимларни табиатнинг ана шу ғаройиб жумбоғини узоқ йиллар тадқиқ этишга руҳлантирди.

Турли-туман шароитларда: юқори булутларда, ерда, узоқ Шимолда, жануб томонда, хуллас, қор ёғадиган ҳамма ерларда қор учқунларининг ўн мингларча фотосурати олинди. Қор учқунлари орасидаги гексогонал симметрикнинг жуда хилма-хил шакллари-ю, олти қиррали учқунлардан ташқари пластинкасимонлари, устунсимонлари, нинасимон шаклдагилари ҳам учрайди. Олимлар табиатда ниҳоятда турли-туман шаклдаги қор учқунларини аниқлашган. Агар синчиклаб кузатадиган

бўлсак мутлақо бир-бирига ўхшаш қор учқунлари сира ҳам учрамаслигини эътироф этишга тўғри келади. Беҳад хилма-хил қор учқунларнинг ҳар бири тузилиши, шакли, шунингдек, катта-кичиклиги жиҳатидан, хуллас, бирон белгиси билан ажралиб туради.

Шубҳа йўқки, бундай тафовут атмосферада қор учқунлари ҳосил бўлиши ва ўсиши шаронтларининг ниҳоятда ўзгарувчанлигига боғлиқдир. Қор учқунининг нозик гўзаллиги билан ҳали табиатдаги кўпгина мавҳумликлар боғлиқдир.

### **Ўш, сувдаги сув молекулалари қандай тузилган?**

Афсуски, муҳим аҳамиятга эга бўлган бу масала ҳали етарлича ўрганилгани йўқ. Суюқ сувда молекулаларнинг тузилиши жуда мураккабдир. Муз эрир экан, унинг турли структураси ҳосил бўлаётган сувда қисман сақланади. Эриган сувдаги молекулалар кўплаб оддий молекулалар — музлик ҳолатини сақлаб қолган агрегатлардан таркиб топади. Температура юқорилаша борганда уларнинг бир қисми парчланади, ҳажми кичрая боради.

Ўзаро тортишиш шунга олиб келадики, сувдаги мураккаб молекуланинг ўртача катталиги суюқ сувдаги сув молекуласи катталигидан анча зиёд бўлади. Сувнинг бундай одатдан ташқари молекула тузилиши унинг ғалати физик-кимёвий хоссаларга эга бўлишига олиб келади.

### **Сувнинг зичлиги қандай бўлиши керак?**

Ҳа, бу ғалати савол! Масса бирлиги — бир грамм — қандай белгиланганлигини эслаб кўрайлик-чи. У бир куб сантиметр сувнинг массасидир. Демак, шубҳа йўқки, сувнинг зичлиги қандай бўлса, шундайлигича қолаверади. Бунинг гумон қилиш мумкинми? Ҳа, мумкин. Назарнётчиларнинг ҳисобларига қараганда, агар сув суюқ ҳолатида мўрт, музсифат структурасини сақлаб қолмаганда ва унинг молекулалари зич жойлашган





бўлганида эди, сувнинг зичлиги янада юқори бўларди. 25 даража ҳароратда сувнинг зичлиги 1,0 эмас, балки 1,8 грамм/сантиметр кубдан иборат бўларди.

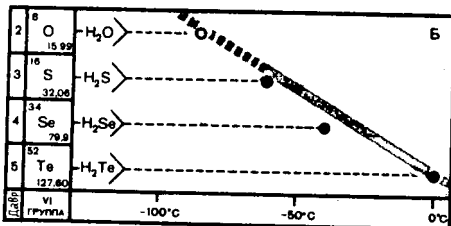
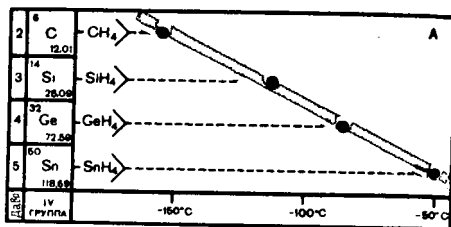
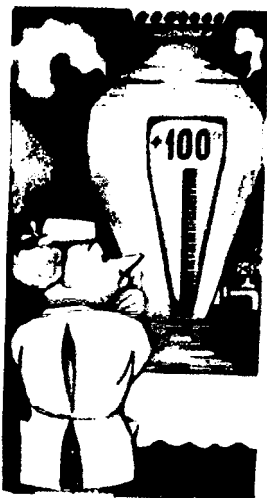
### **Сув қандай температурада қайнаши керак?**

Бу масала ҳам ўқувчиларга таажжуб туюлиши мумкин. Ахир сув юз даража ҳароратда қайнайди-да. Уни эса ҳамма биледи. Бунинг устига ҳаммага маълумки, нормал атмосфера босимида сувнинг қайнаш температураси шартли равишда  $100^{\circ}\text{C}$  сифатида ифодаланиб, температура шкаласининг таянч нуқталаридан бири тарзида танлаб олинган.

Бироқ бу ерда масала ўзгача қўйилган: сув қандай температурада қайнаши керак? Ахир, турли моддаларнинг қайнаш температураси тасодифий эмас-да. Қайнаш температуралари шу моддалар молекулалари таркибига кирувчи элементларнинг Менделеев даврий системасидаги ўрнига боғлиқдир.

Борди-ю Менделеев жадвалидаги аини бир группага мансуб турли элементларнинг бир хил таркибли кимёвий бирикмалари ўзаро таққосланса, элементнинг атом номери ва атом оғирлиги қанчалик кам бўлса, унинг бирикмаларининг қайнаш температураси ҳам шунчалик паст бўлади. Кимёвий таркибига кўра, сувни кислород гидриди деб аташ мумкин.  $\text{H}_2\text{Te}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$  ва  $\text{H}_2\text{S}$  — сувнинг кимёвий ўхшашлари (аналоглари)дир. Агар уларнинг қайнаш температураси кузатилиб, даврий системанинг бошқа группаларида гидридларнинг қайнаш температураси қандай ўзгариши қиёсланса, ҳар қандай гидриднинг, ҳар қандай бошқа бирикманинг қайнаш температурасини анча аниқ белгилаш мумкин. Менделеевнинг ўзи шу йўсинда ҳали кашф этилмаган элементлар кимёвий бирикмаларининг хоссаларини олдиндан айтиб берган эди.

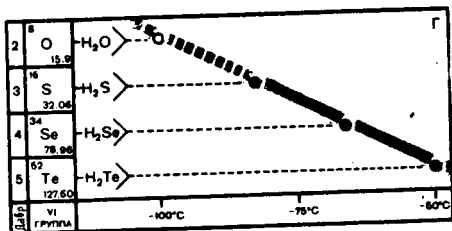
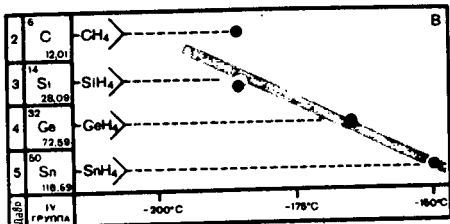
Дарвоқе, даврий жадвалдаги ўрнига қараб кислород гидриднинг қайнаш температураси аниқланса, бунда сув —  $80^{\circ}\text{C}$  да қайнаши керак. Бинобарин, сув қайнаши



Ҳар қандай кимёвий бирикманинг хоссалари уни ташкил этувчи элементларнинг табиатига, бинобарин, уларнинг Менделеев кимёвий элементлар даврий системасидаги ўрнига боғлиқ. Ушбу графикларда даврий система V ва VI группаларидаги водород бирикмалари қайнаш ҳамда эриш температураларининг боғлиқликлари акс эттирилган. Сув ниҳоятда ҳайратомуз истисно ҳисобланади. Протон радиуси жуда кичиклиги туфайли унинг молекулалари ўртасидаги ўзаро таъсирлашув кучи шу даражада каттаки, ҳатто уларни бўлиш ҳам амримаҳол, шунинг учун сув одатдан ташқари юқори ҳароратларда қайнайди ва эрийди. Сувдан ташқари аммиак ва фторли водород ҳам озроқ даражада аномал хоссаларга эга.

керак бўлганидан, тахминан, бир юз саксон даража юқори ҳароратда қайнайди. Сувнинг қайнаш температураси — унинг энг оддий хоссаси бўлиб, аслида галати ва ҳайратланарлидир.

Фараз қилайлик, бизнинг сув мураккаб, ассоциацияланган молекулалар ҳосил қилиш қобилиятидан баногоҳ маҳрум бўлиб қолди. Бунда у, эҳтимол, Менделеев



А график. V группа элементлари гидридлари қайнаш температурасининг Менделеев жадвалидаги ўрнига боғлиқлиги.

Б график. VI график элементлари гидридлари ўртасидаги сув аномал хусусиятга эга: сув минус 80 — минус 90 даражада қайнаши керак эди, аслида эса 100°C да қайнайди.

В график. VI группа элементлари гидридлари эриш температурасининг Менделеев жадвалидаги уларнинг ўрнига нормал боғлиқлиги.

Г график. VI группа элементлари гидридлари ўртасида сув тартибини бузади: минус 100°C да эриши лозим эди, аслида муз 0°C да эрийди.

даврий қонунига мувофиқ келадиган температурада қайнайдиган бўларди. Хўш, шунда Ернинг аҳволи не кечарди? Океанлар бирданига қайнаб кетарди. Ерда бир томчи ҳам сув қолмай, осмонда биронта булут ҳосил бўлмасди...

Ахир ер курраси атмосферасида ҳарорат бирон ерда — 80—90 даражадан пасаймайди-да.

## Қандай ҳароратда сув музлайди?

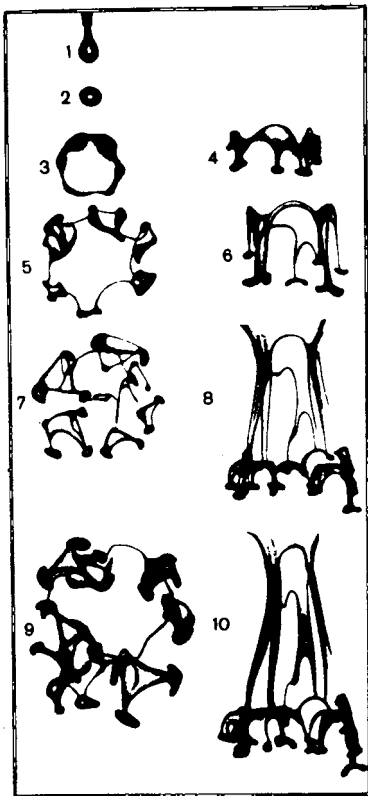
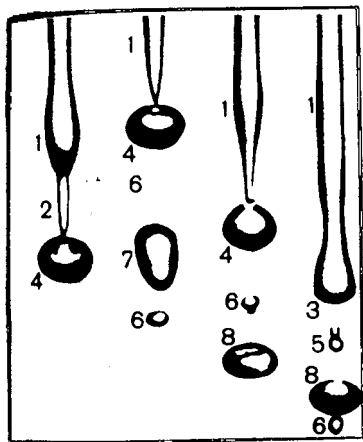
Бу савол илгаригисидан ҳам ғалати-я, шундай эмасми? Дарвоқе, сув ноль даражада музлашини ким билмайди? Бу термометрнинг иккинчи таянч нуқтасидир. У — сувнинг энг оддий хусусияти. Лекин шу ўринда ҳам сув ўзининг кимёвий табиатига мувофиқ қандай ҳароратда музлаши керак? деган савол туғилиши мумкин. Маълум бўлишича, кислород гидриди Менделеев жадвалидаги ўрнига кўра, 100 даража совуқда музлаши керак.

Сув, ҳақиқатан ҳам, жуда ғалати модда, уни таъбир жоиз бўлса, ўзбошимча модда дейиш мумкин. У бошқа бирикмалар амал қиладиган кўпгина физик-кимёвий қонуниятларга бўйсунмайди, чунки унинг молекулалари ўзаро таъсири ниҳоятда катта, қўшимча тортишишни бартараф этиш учун молекулаларнинг айниқса интенсив иссиқлик ҳаракати талаб этилади. Ана шу ҳолат сувнинг қайнаш ва музнинг эриш температураларининг бундай баногоҳ ҳамда кескин ортишига олиб келади. Бирдан сув молекулаларининг бирлашиш хусусияти йўқ бўлиб қолди, деб фараз қилайлик... бунда аста-секин ер юзида қор ва музлар ҳам ғойиб бўла бошлайди. Ҳа, на коньки ва на чанғи учиб бўлади; дарвоқе, бунда коньки ва чанғи учадиган одамлар ҳам қолмайди.

## Ерда сув суюқ ёки қаттиқ бўлиши эҳтимоли йўқми?

Бундай эҳтимол йўқ. Кислород гидридининг эриш ва қайнаш ҳарорати — унинг аномал хусусияти бўлганлигидан бизнинг Ермиз шароитида унинг суюқ ва қаттиқ ҳолати ҳам одатдан ташқари ҳолатдир. Сувнинг фақат газсимон ҳолатигина нормал ҳисобланган бўлур эди.

Сувнинг барча хусусиятлари «нормал» бўлган имкониятдан ташқари, оламнинг имкониятдан ташқари аҳолиси биз ҳозир суюқ кислород олишда амалга оширадиган даражада сув ҳосил қилиш учун махсус машиналар қуришларига тўғри келур эди.



Чапда: бу суратларда ни-  
 хоятда ингичка сув оқимининг  
 куйи қисми акс эттирилган.  
 Бу оқимнинг юзасида тўлқин-  
 симон таранг тебранишлар рўй  
 беради (1). Улар кучая бориб,  
 ингичка бўйинча (2) ҳосил бў-  
 лади ва шу срдан узилади.  
 Бўйинча олдидаги қалинлаш-  
 ган оқим (3) томчига (4) ай-  
 ланади, бўйинча эса қисқариб,  
 кичик томчига (5) айланади.  
 Сиртқи тортилиш таъсирида  
 томчи шакли ўзгариб туради.  
 У дам чўзилади (7), дам яна  
 кенгайиб тарвақайлайди (8).

Ўнгда: бу суратларда сувга тушган сув томчиси нималарни боши-  
 дан кечирishi акс эттирилган. Пипетка учидан сувга томган томчи  
 (1) ҳалқасимон шаклга айланади (2). Бу ҳалқа кенгайди ва унда  
 қалинлашиш (3) кузатилади. Улар аста ривожлана бориб, икки-  
 ламчи ҳалқалар (4, 5, 6) ҳосил қилади. Бу жараён тобора такрор-  
 ланиб, ҳалқалар сони ортаверади. Мазкур жараён бор-йўғи бир  
 неча дақиқа мобайнида рўй беради. Чапда: шу жараён — юқоридан,  
 ўнгда — ён томондан суратга олинган.

Агар яқиндан танишиб, обдан таҳлил қилинадига бўлса, сувнинг энг оддий хусусиятлари ҳам одатда ташқари ва ғалати бўлиб туюлади.

### Суюқ сув қаттиқ бўлиши мумкинми?

Бу мутлақо мантиқий савол. Афсуски, бу саволга тўғри жавоб берадиганлар камдан-кам. Жавоб дастлабига ғалати туюлиши мумкин, лекин агар деярли ҳамма жавоб бера оладиган: қаттиқ сув қачон суюқ ҳолатга келади? деган содда ва тушунарли савол таҳлил этилса, бу жавоб мантиқий бўлади.

Албатта, бу ўринда гап сувни музлатиш ёки муз эритиш хусусида бораётгани йўқ. Ушбу саволлар суюқ сув ҳамда қаттиқ музга тааллуқлидир.

Ҳаммага маълумки, муз суст таъсир этувчи юкларнишларда оқади. Музликлар тоғларда худди дарёларнинг сингари, лекин ниҳоятда секин, йилига атиги бир неч метр тезликда оқади. Бинобарин, гарчи ҳар қанақа муз ҳар қандай суюқлик сингари оқиш хусусиятига эга экан, у аини вақтда қандайдир муайян даражада суюқ жисм ҳамдир. Асрлар мобайнида юкланишларнинг оғир та бориши натижасида тоғ жинслари ҳам эластик ҳолатга келиб, оқади.

Агар қаттиқ жисм маълум даражада суюқ бўлса бундан шундай мантиқий хулоса чиқариш мумкин: ҳар қандай суюқлик ҳам муайян даражада қаттиқ жисм белгиларига эгадир.

Муз суст юкланиш таъсирида оқар экан, бинобарин сув ўта тез таъсир натижасида қаттиқ жисм ҳолатига келади ва мўрт қаттиқ жисм сингари бўлакчаларга ажралиб кетади. Ҳақиқатан ҳам шундай. Бу хулосани тажриба буткул тасдиқлайди. Борди-ю шиддат билан отилаётган сув устунига жуда катта тезликда пўлак тўқмоқ билан урилса, суюқ сув худди синган шиша таъқча сингари парчаланиб кетади. Агар челақдаги сувга ўқ келиб тушса, бунда худди шиша сингандагидек майн зара рўй беради. Шундай қилиб, суюқ сув ҳар доим

айни вақтда қаттиқ ҳамдир. Қандай хусусият намоён бўлиши — деформация тезлигига . боғлиқдир. Бундай қизиқ хусусият фақат сувгагина тааллуқли дейиш тўғри эмас. У бошқа суюқликларга ҳам хосдир. Ҳатто газлар, масалан, ҳаво ҳам гарчи жуда оз бўлса-да, бирмунча қаттиқ жисм хусусиятига эга бўлади. Ҳавонинг «қаттиқлиги» фақат жуда тор ёриқларда тез деформация туфайлигина содир бўлади.

Демак, умуман суюқ сувнинг айни бир вақтда бирмунча қаттиқлигига ажабланмаса ҳам бўлади. Бизга қараганда минг марта тез ҳаракатлана олиши мумкин бўлган фантастик дунё аҳолиси бемалол сувда сайр этган бўлур эди.

**Сувнинг газсимон ҳолатда бўлиши неча хил?**

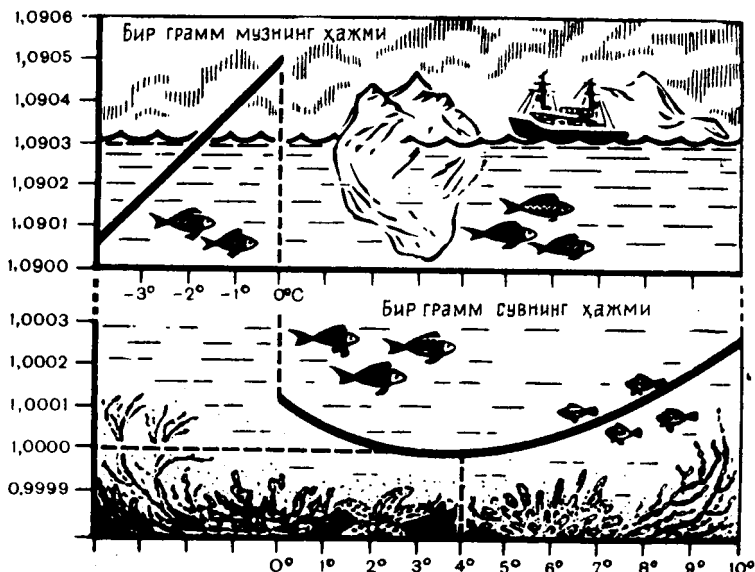
Фақат битта — у ҳам бўлса буғ ҳолатидир.

**Буғнинг ўзи ҳам биттами?**

Албатта йўқ. Сув неча хил бўлса, сув буғлари ҳам шунча хилдир. Хилма-хил изотоп таркибли сув буғлари, гарчи жуда яқин бўлса-да, ҳар ҳолда турлича хусусиятга эга: уларнинг зичлиги ҳар хил, айни бир ҳароратда уларнинг тўйинган ҳолатдаги эластиклиги ҳар хил бўлади, критик босими ва диффузия тезлиги турлича.

**Сувнинг суюқ ҳолати неча хил?**

Бу саволга жавоб беришнинг ўзи бўлмайди. Албатта, сувнинг суюқ ҳолати — битта, у ҳам бўлса одатдаги суюқ сувдир. Аммо суюқ сув нақадар галати хусусиятларга эгаки, натижада: гўё ҳеч бир шубҳага ўрин қолдирмайдиган бундай оддий жавоб, ҳақиқатан, тўғримикан, деган савол туғдиради. Сув — оламда шундай ягона моддаки, у муздан эригандан сўнг дастлаб сиқилади, кейинчалик ҳарорат кўтарила боргани сайин кенгайеради. Тақрибан 4 даража ҳароратли сувнинг зичлиги энг катта бўлади. Сувнинг хусусиятларида онда-сонда кузатиладиган бундай ҳолатни шу билан шарҳлаш мум-

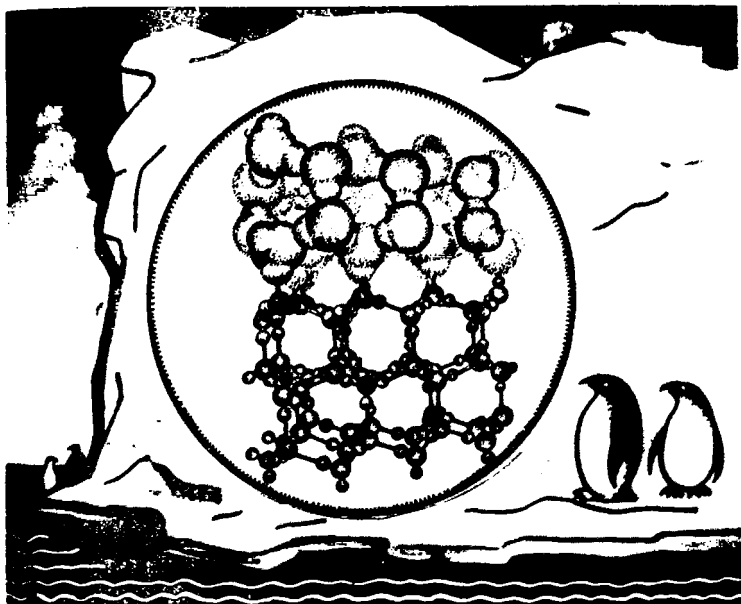


Ушбу графикда температурага боғлиқ равишда бир грамм муз ва суёқ ҳолатдаги сув ҳажмининг қандай ўзгариши тасвирланган. Бу ўзгаришлар жуда кичик бўлса-да, аммо табиат ҳаётида ниҳоятда катта аҳамиятга эга. Фақат сувдагина зичликнинг температурага ана шундай ажойиб ва ғаройиб боғлиқлиги намоён бўлади. Сувнинг яна бир ғалати хусусиятига эътибор беринг-а — муз соғудан ниҳоятда кенгайди. Музнинг кенгайиши шу қадар каттаки, бир яхлит чизмада музлаган сув ҳажмининг ўзгаришини тасвирлашнинг иложи йўқ. Оғир сувда температура ва зичлик ўзгаришлари ўхшаш, лекин у 3,8°C да музлайди ва 11,6°C да энг катта зичликка эга бўлади.

кинки, ҳақиқатан ҳам суёқ сув мутлақо ғалати таркибли мураккаб эритма — сувнинг сувдаги эритмасидир.

Муз эриётганда дастлаб йирик, мураккаб молекулалар ҳосил бўлади. Уларда музнинг мўрт кристалл структураси сақланиб, у оддий, қуйи молекулали сувда эригандир. Шунинг учун сувнинг зичлиги паст бўлади,





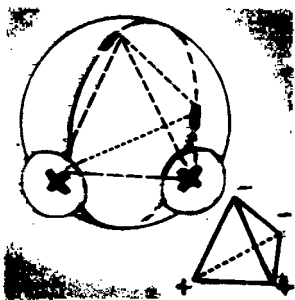
Доирадаги тасвир: пастда — музнинг кристалл тўрини ҳосил қилган сув молекулаларида водород ва кислород атом ядроларининг схематик жойлашиши акс эттирилган; юқорида — электрон қобитқ кўламлари сақланган ҳолда муз кристалларини вужудга келтирган сув молекулалари. Музнинг мўрт структурасига диққат қилинг-а.

лекин ҳароратнинг орта бориши билан бу йирик молекулалар емирилади, натижада сувнинг зичлиги ортади. Сув зичлигининг ортиши оддий иссиқлик кенгайиши устулик қилгунинга қадар давом этади. Шундан кейин эса сувнинг зичлиги яна пасаяди. Агар бу ҳақиқатга тўғри келса, сувнинг бир неча хил бўлиши эҳтимолки, уни ҳеч ким фарқлай олмайди. Бунинг қачонлардир амалга ошиши ҳам ҳозирча номаълум. Сувнинг бундай ғаройиб хусусияти ҳаёт учун жуда катта аҳамиятга эга. Чунончи, сув ҳавзаларида қиш олдидан аста-секин со-

виб бораётган сув бутун ҳавзадаги сувнинг ҳарорати 4 даражани ташкил этгунига қадар пастга тушади. Ҳарорат янада пасая боргани сайин салқин сув юқорида қолаверади ва сувнинг ҳар қандай аралашishi жараёни тўхтайтиди. Натижада ғалати ҳолат рўй беради: юп қагина совуқ сув қатлами сув ости дунёсининг барча жониворлари учун «иссиқ кўрпа» хизматини ўтайди. Улар 4 даража ҳароратда бемалол ҳаёт кечираверади.

### Қай бири енгил — сувми ёки музми?

Буни ким билмайди, дейсиз... Ахир муз сувда сузиб юради-да. Океанда улкан муз тоғлари — айсберглар сузади. Кўл қишда туташ муз билан қопланади. Албатта, муз сувдан енгил-да. Нега энди «албатта» бўлар



Сув молекуласида мусбаи зарядлар водород атомлари билан боғланган. Манфий зарядлар—кислороднинг валентли электронларидир. Уларнинг сув молекуласида ўзаро уйғунликда жойлашишини оддий тетраэдр тарзида ифодалаш мумкин.

экан?.. Ҳўш, бу изоҳ талаб қилмайдиган даражада равшанми? Аксинча, барча қаттиқ жисмларнинг ҳажми эриш вақтида ортаверади ва улар ўз эритмасига чўкади. Муз эса сувда сузиб юради. Сувнинг бу хусусияти — табиатдаги одатдан ташқари истисно ҳолат, ҳа, мутлақо ғалати истиснодир.

Фараз қилайлик, агар сув нормал хусусиятларга эга бўлиб, муз ҳар қандай нормал модда сингари, суюқ сувдан зичроқ бўлганда оламда нималар рўй берган бўлур эди?

Қишда сув юзасидаги анча зич муз сувда чўкиб, ҳавза тубига аста туша бошлар эди. Ёзда, муз совуқ сув қатлами билан қопланганлиги учун эрий олмасди.

Аста-секин барча кўл, ҳавза, дарё ва жилғалар буткул музлаб, улкан муз бўлақларига айланган бўларди. Ниҳоят, денгизлар, ундан кейин эса океанлар буткул музлаб қолар эди. Бизнинг ажойиб, гуллаб-яшнаган ям-яшил оламимиз унда-бунда эриган сув қатламили яланг муз саҳросига айланар эди.

### **Неча хил муз мавжуд?**

Табнатда бизнинг Еримизда битта — оддий муз мавжуд. Бу барча минералларнинг энг ажойибидир. Офтобда нур сочиб турувчи қор учқунининг ярқироқлиги ва чиройи олдида ҳеч қандай олмос ип эшолмайди. Ана шу кўкимтир-яшил тошдан фақат тоғ ҳамда улкан музликларгина таркиб топган бўлмай, балки бутун-бутун материклар у билан қопланган. Муз — ғаройиб хусусиятли тоғ жинсидир. У қаттиқ, бироқ суюқлик сингари оқади, баланд тоғлардан аста оқиб тушувчи улкан муз дарёлари мавжуд. Муз жуда ўзгарувчандир — у муттасил йўқолади ва яна қайтадан ҳосил бўлади. Муз ҳаддан ташқари мустаҳкам ва узоқ турадиган минералдир — у тасодифан музлик ёриқларига тушиб ўлган мамонтлар жисмини ўз бағрида ўн минглаб йиллар ҳеч бир ўзгаришсиз сақлай олади.

Инсон лаборатория шароитида яна камида олти ғаройиб музларни кашф этишга муваффақ бўлди. Бундай муз хилларини табнатда топиб бўлмайди. Улар фақат жуда юқори босимли шароитлардагина мавжуд бўла олади. Оддий муз 208 МПа (мегапаскал) босимга қадар сақланади, лекин бундай босимда у — 22 даражада эрийди. Агар босим 208 МПа дан юқори бўлса, зич муз-III ҳосил бўлади. У сувдан оғир бўлиб, унда чўқади. Анча паст ҳарорат ва 300 МПа гача бўлган катта босимда янада зич муз-IV вужудга келади. 500

МПа дан юқори босим эса музни муз-V га айлантиради. Бундай муз ноль даражага қадар иситилганда ҳам катта босим мавжудлигига қарамай, у эримайди. 2 ГПа (гигапаскал)га яқин босимда муз-VI ҳосил бўлади. Бу қайноқ муз 80 даражали ҳароратда ҳам эримай, бардош беради. 3ГПа босимда вужудга келган муз-VII ни лағча чўғ муз дейиш мумкин. Бу бизга маълум музлар ичида энг зич ва қийин эрийдиган муздир. У 190 даража иссиқдагина эрийди.

Ҳа, сўнгги муз мутлақо ғалати муздир. Ана шундай муз парчасида, агар оддий босимга бардош бера олганида, бемалол гўшт қовуриш мумкин бўларди. Бугина эмас, муз-VII ниҳоятда қаттиқ минералдир. Бундай сувни фақат олимлар лабораториясида юқори босимли қурилмалардагина ҳосил қилиш мумкин, уни бошқа бирон ерда учратиб бўлмайди, деб ўйлаш ўринли эмас. Муз-VII ҳатто тасодифий фалокатларнинг сабабчиси ҳам бўлиши мумкин. Электростанцияларнинг кучли турбина валлари айланадиган подшипникларда катта босим вужудга келади. Агар унинг мойига озгинагина сув тушгудек бўлса, подшипниклар ҳарорати жуда юқори бўлишига қарамай, бу сув музлайди. Ҳосил бўлган муз-VII нинг зарралари ниҳоятда қаттиқлигидан вални емира бошлайди ва подшипник тез ишдан чиқади.

Айрим олимлар нобарқарор ва тез орада муз-V га айланувчи муз-IV ҳам мавжуд бўлса керак деб тахмин қилмоқдалар.

### **Балки космосда ҳам муз бордир?**

Космосда муз бордек, бўлганда ҳам жуда ғалати. Гарчи бундай муз бизнинг планетамизда мавжуд бўла олмаса-да, олимлар уни Ерда аниқладилар. Ҳозирда маълум бўлган барча музларнинг зичлиги, ҳатто жуда юқори ҳароратларда ҳам, 1 грамм/сантиметр кубдан бир оз зиёдроқ. Муз гексогональ ва куб модификацияснинг зичлиги жуда паст босим ва ҳароратларда, ҳат-

то абсолют нолга яқин шароитда ҳам, бирдан озгина камроқ. Уларнинг зичлиги 0,94 грамм/сантиметр кубга тенг.

Аниқланишича, вакуумда, озгина босим ҳамда — 170 даражадан паст ҳароратда, музнинг ҳосил бўлиши совитлаётган қаттиқ сатҳда буғнинг конденсациясига асосланган бўлса, ниҳоятда ғалати муз ҳосил бўлади. Унинг зичлиги ...2,3 грамм/сантиметр кубдир. Ҳозиргача маълум барча муз — кристалл, янги муз эса, афтидан, аморф бўлиши керак, у айрим сув молекулаларининг нисбий бетартиб жойлашиши билан характерланади; унда муайян кристалл структура бўлмайди. Шу сабабли, уни баъзан шиша муз ҳам деб аталади. Олимлар бу ғалати муз космик шароитларда вужудга келиши ҳамда планета ва кометалар физикасида катта роль ўйнашига алоҳида умид боғлашапти. Бундай ўта зич музнинг кашф этилиши физиклар учун тасодифий ҳолдир.

### **Яна бошқа хил музлар ҳам мавжудмикан?**

Бундай саволни айтарли ўринли деб бўлмайди. Албатта мавжуд-да. Олимлар оғир сувнинг яхлаши жараёнида ҳосил бўладиган музнинг хусусиятларини обдан ўрганиб чиқишди. Бу жуда ўзига хос муздир. У ноль даражада эмас, балки 3,18 даража иссиқда эрийди. Оғир сув музи ўзининг барча хусусиятларига кўра, оз бўлса-да, табиий муздан фарқ қилади. Енгил сувдан ҳам, ноль сувдан ҳам, шунингдек оғир кислородли сувдан ҳам муз тайёрлаш мумкин. Сирасини айтганда, ҳар бир «сув» хилининг бир неча шаклдаги ўз музи бўлади. Шубҳасиз, барча бу музлар хилма-хилдир.

### **Табиатнинг бирон ерида яна қандайдир муз бордир, балки?**

Ҳозирча йўқ. Эҳтимол, инсон табиат сирларини янада чуқурроқ ўргана бориб, келажакда музнинг бир қанча янги хилини топишга муяссар бўлар. Бунинг қанчалик аҳамиятга молик бўлишини ҳеч ким айта олмайди.

**Хўш, бошқа ҳеч қандай муз бўлмаса, ёзда газ қувурларида қандай муз ҳосил бўлади?**

Бу — гаройиб, аини вақтда олимларга, инженер ва техникларга катта қийинчиликлар туғдирадиган муздир.

Нам ёнувчи газ ер ости қудуғидан ўнлаб атмосфера босими остида қувурлар орқали ташилаётганда ҳатто ёзда, иссиқ шароитда ҳам дўлат қувур деворларида муз ҳосил бўлади. Бунда муз қатлами шу қадар қалинлашадики, натижада қувур ичида муз тўсиғи вужудга келиб, газ ўтмай қолади. Бундай жиддий аварияни бар-тараф этиш осон эмас.

Бунақанги ғалати муз фақат катта босим остида қисилган ёнувчи газ бор ерлардагина юзага келади. Унинг муз ёки муз эмаслигини аниқлаш мушкул. Тадқиқотчилар унинг табиатини аниқлаш учун жуда кўп меҳнат сарф этишди.

Унинг кристалл тўри деярли оддий музники сингари тузилган — у водород боғлари ёрдамида сув молекулаларидан ташкил топган. Оддий муздаги сингари унда муайян ҳажмли бўшлиқлар мавжуд бўлади. Қисилган газ муҳитида муз ҳосил бўлишида ғалати ҳодиса рўй беради. Нисбатан яқинда аниқланган бу ҳодисанинг моҳияти шундай: муз тўрининг ана шундай бўшлиғида метан молекуласи мавжуд бўлади. Тўрга қамалган ана шу газ молекуласи музнинг кристалл асосини ҳосил қилувчи сув молекулалари билан кимёвий боғлиқ эмас. У шунчаки тўрга қамалгандир. Бундай музда метан кўп.

Музнинг тўрига қамалган газ молекулалари умуман олганда унинг хусусиятларига таъсир кўрсатади. Улар тўрнинг барқарорлигини оширади, шунинг учун ҳам бундай муз анча юқори ҳароратда эрийди. Ана шундай бирикмалар гарчи кўп ва ҳозир анча катта аҳамиятга эга бўлса-да, аммо кимёвий бирикмалар жумласига кира олмайди. Уларнинг ҳосил бўлишида кимёвий боғлар иштирок этмайди. Бундай бирикмалар клатратлар деб юритилади. Уларни механик бирикмалар деб ҳам айтавериш мумкин бўлар.

Газ ўтадиган қувурларда ҳам шундай клатрат муз вужудга келади. Уни ҳар ҳолда муз дейиш ҳам айтарли тўғри бўлмаса керак.

### **Муз эриши учун нима керак?**

Жуда кўп иссиқлик. Шунча миқдордаги бошқа ҳар қандай моддани эритиш учун сарфланадиган анча кўп иссиқлик керак. Ғоят катта солиштирма эриш иссиқлиги — бир грамм музга 80 калория (335 Ж) — бу ҳам сувнинг одатдан ташқари хусусиятидир. Сув музлаётганда ҳам худди шунча миқдордаги иссиқлик қайта ажралиб чиқади.

Қиш кириб, сув музлаб, қор ёғганида сув иссиқлигини қайтариб беради, ер ва ҳавони илитади. Бу ҳолат совуққа мослашиб, қаҳратон қишга ўтишни юмшатади. Сувнинг худди ана шу ажойиб хусусияти туфайли планетамизда куз ҳамда баҳор фасллари мавжуддир.

### **Муз ҳақида ҳамма нарса аёнми?**

Вожаб, бу қандай савол бўлди? Албатта, йўқ. Фанда ҳеч бир нарса ҳақида: батафсил ўрганилди, ҳеч бир мавҳум жиҳати қолмади, деб бўлмайди. Айниқса бу гап планетамиздаги энг ғаройиб минерал — қаттиқ сув хусусида юз карра тўғридир. Юзаки қараганда, энг оддий муз ҳаммадан кўп ўрганилгандек туюлади, аммо қадимдан маълум бўлган бу модда ҳалигача сир-асрорлар-у жумбоқларга тўла.

Муз сирли кристалл структурасига эга. Унинг тузилиши ва мустаҳкамлиги сувнинг айрим молекулалари ўртасидаги водород боғларининг мустаҳкамлиги билан белгиланади. Водород боғи барча тирик организм тўқималарида биополимер молекулаларининг тузилишида жуда катта роль ўйнайди. Бу, эҳтимол, ҳаёт учун ҳам катта аҳамиятга эгадир, чунки муз структурасининг излари, афтидан эриган сувда узоқ вақт сақланади. Ана шу хусусият фан томонидан эндигина ўрганиляпти.

Сўнгги йилларда илмнинг янги муҳим тармоғи — муз



физикаси ривожлана бошляпти. Муз — мустаҳкам, арзон ва яхши қурилиш материалидир. Ундан тураржой, омбор барпо этилади, шунингдек, муз табиий ишончли йўл, кечик, учиш-қўниш майдончаси вазифасини ҳам ўтайди. Муз — табиий офатлар сабабчисидир. У тўғонларни бузади, кўприкларни қўпоради, тупроқни тўнғитиб қўяди, самолёт ҳамда кемаларнинг сиртини музлатиб қўяди. Музнинг барча хусусиятларини ўрганиш, унинг механик, электр, акустик, электромагнит, радиацион хусусиятларини аниқлаш ниҳоятда муҳим масала бўлиб қолди.

Изланишлар натижасида илгари мутлақо хаёлга ҳам келмаган тасодифий жиҳатлар ошкор бўлди. Масалан, музнинг протон тарзидаги ярим ўтказгич экани аниқланди. Сув музлаётганида муз билан сув чегарасида ўнлаб вольтга етадиган электр потенциаллари тафовути рўй бериши маълум бўлди.

Музнинг кристалл тўрида молекулаларнинг ҳаракатчан бўлиши аниқланди: улар фақат айланибгина қолмай, балки нисбатан катта масофада (молекуляр кўламда) сакрашсмон ҳаракатланади.



Табиатда музнинг ҳосил бўлиши жараёнлари ва унинг табиатини ўрганиш хусусида кўпгина ажойиб хусусиятлар ошкор этилди. Қутб музлари кучланиш ҳолатида «шарақлайди». Муз деформацияси бошланганда, Ф. Нансеннинг тасвирлашича, чирсиллаш ва гўё инграгандек овоз эшитилади, кейин бу овоз кучая боради: муз гоҳ йиғлайди, гоҳ инграйди, гоҳ гумбирлайди, гоҳ ўкиради, унинг «овози» янада баландлаша бориб, духовой музика овозига ўшаб кетади.

Парчаланиш олдидан критик кучланиш вақтида муз жаранглайди, қирсиллайди ва гумбурлаб кетади. Муз овозининг характери билан ҳаво ҳарорати ўртасидаги боғлиқлик ҳам ошкор этилди. Муз физикасининг ана шу муҳим тармоғи ҳам етарлича ўрганилгани йўқ.

Табиатда муз ҳосил бўлиш жараёнларининг энергетикасини тадқиқ қилиш ҳам янада кўпроқ муаммоларни очиб беришидан умидвормиз. Сув музлаётганда ажралиб чиқадиган ақл бовар қилмайдиган даражадаги иссиқлик қишки совуқ киришини бирмунча кечиктиради. Музнинг эриши вақтида сингадиган иссиқлик эса баҳор келишини кечиктиради. Планетамизда муз массасининг ўзгариши билан Ерда иқлимнинг ўзгариши узвий боғлиқдир. Лекин об-ҳаво билан ана шу улкан миқёсдаги жараёнларнинг ниҳоятда катта энергия сарфиётини ҳисоблаб чиқишнинг ҳозирча имкони йўқ—ҳали унда кўп мавҳумликлар мавжуд. Масалан, мана шундай муаммолардан бири: кўҳна давр қўлёзмаларида муз далалари баъзан қуёш ёритиб бўлганидан кейин хира нур таратиб, қоронғиликда ёритиш қобилиятига ҳам эга бўлади, деган фикрлар учрайди. Хўш, бу гап тўғрими, бундай ҳодиса қачон ва нега рўй беради, сабаби? Кузатувлардан маълумки, агар бир неча даражалик совуқ ҳаво шаронтида қорни илгари офтоб тушиб турган қоронғи хонага олиб кирилса, у ҳам нур таратади. Айтишларича, дастлаб тушган дўл доналари ҳам нур таратади — улар гўё электролюминесценция хусусиятига эга. Бу ҳодисани ҳам ўрганиш керак.

## **Сувни иситиш учун қанча иссиқлик керак?**

Жуда кўп иссиқлик керак. Шунча миқдордаги бошқа ҳар қандай моддага сарфланадиганидан анча кўп иссиқлик керак бўлади. Бир грамм сувни бир даража иситиш учун бир калория (4,2 Ж) керак. Бу ҳар қандай кимёвий бирикманинг иссиқлик сарфиётидан икки ҳиссадан зиёддир.

Сув — биз учун ҳатто энг одатдаги, хусусиятлари жиҳати билан ҳам ғаройибдир. Албатта, сувнинг бундай хусусияти фақат қозонда овқат пишириш вақтидагина катта аҳамиятга эга бўлиб қолмайди. Сув — Ерда иссиқликни тақсимловчи улкан омилдир. Экватор атрофида қуёш иссиғини ғамлаб олган сув Дунё океанида улкан денгиз оқимлари воситасида иссиқликни узоқ қутб ерларига олиб боради. Ҳа, бу қутб областларида сувнинг худди ана шу ғаройиб хусусияти туфайлигина ҳаёт юзага келган.

## **Булутларда сув қаердан пайдо бўлади?**

Бунинг ҳеч мураккаб ери йўқ. Офтоб ҳамма ерда: кўлмакда, ҳавзада, денгиз ва океанларда сувни иситади. Сувнинг юпқагина сиртқи қатлами Қуёшдан келаётган нурларнинг деярли ҳамма энергиясини сингдиради ва буғланади. Сув молекулалари жуда содда тузилган, аини вақтда ғалати, бошқа барча молекулалардан фарқ қилади. Улар қўшимча водород боғлари ҳисобига молекулалараро тортишиш кучи туфайли бир-бирини зўр билан тортиб туради. Сув молекулаларини бир-биридан ажратиб, уни боғга айлантириш учун Қуёш катта энергия сарф этади. Буғланишнинг солиштирма иссиқлиги сувниқидан катта бўлган биронта модда йўқ. Сув — энг яхши иссиқлик ташувчидир. Бошқа бирон нарса бу борада ундан ўта олмайди. Электр станцияларнинг буғ турбиналарида, буғ двигателларининг цилиндрларида сувдан кўра яхши иш берадиган бирон восита йўқ.

Сув — табиатда улкан двигателдир. Метеорологларнинг ҳисоблашларига қараганда, Қуёш бир минут мобайнида Ерда миллиард тонна сувни буглатади. Ҳар дақиқада миллиард тонна сув буғи қизиган ҳаво оқими билан биргаликда атмосферанинг юқори қатламларига кўтарилади. Сув буғининг ҳар грамми ўзи билан бирга 537 калория (2265 Ж) қуёш энергиясини олиб кетади.

Босим кам бўлган катта баландликда ҳаво кенгайди, унинг ҳарорати кескин пасаяди, сув буғи конденсацияланади ва яна сувга айланади — унинг майда томчилари булут ҳосил қилади. Сув буғи билан бирга юқорига кўтарилган Қуёш энергияси буғ булутга айланганда, шубҳасиз, қайта ажралиб чиқиши керак. Бу энергия ҳавонинг иситиб, иссиқлик энергиясига айланади. Ҳар дақиқада сув буғи Ер атмосферасига ақл бовар қилмайдиган даражада кўп —  $2,2 \cdot 10^{10}$  Ж энергия инъом этади. Бунча энергияни ҳар бири миллион киловатт энергия берадиган 40 миллионга электр станцияси ўшанча вақтда ишлаб чиқарган бўлур эди.

Бу — юз миллиардлаб тонна сувни осмонни фалак булутларига олиб чиқиб, бутун ер юзасини ёмғир билан суғорадиган энергиядир. Бу — шамол эстирадиган, бўрон, довул ва пўртана ҳосил қиладиган энергиядир. Биргина кўтарилган довул 30 мингга атом бомбаси энергиясига барабар энергия чиқаради.

### **Нега денгизнинг суви шўр?**

Бу сувнинг энг ғаройиб хусусиятларидан биридир. Унинг молекуласида мусбат ҳамда манфий зарядларнинг марказлари бир-бирига нисбатан кескин силжийди. Шунинг учун бундай сувнинг диэлектр ўтказувчанлиги ниҳоятда юқори ва аномал аҳамият касб этади. Сув учун E-80, ҳаво ҳамда вакуум учун E-1. Бунинг маъноси шуки, сувда ҳар қандай икки хил заряд ҳаводагидан 80 марта кам куч билан ўзаро бир-бирига тортилади. Ахир Кулон қонунига биноан қуйидагича-да

$$f = K \frac{Q_n \cdot O_2}{Er^2}$$

Лекин, умуман жисмнинг мустаҳкамлигини белгиловчи барча жисмлардаги молекулалараро боғлиқликлар атом ядроларининг мусбат зарядлари билан манфий электронлар ўртасидаги ўзаро таъсирга асосланган. Сувга ботган жисм юзасида молекула ва атомлар ўртасидаги кучлар сувнинг таъсирида қарийб юз марта сустлашади. Агар молекулалар ўртасидаги боғлиқликнинг қолган мустаҳкамлиги иссиқлик ҳаракатининг таъсирига бардош бериш учун етарли бўлмаса, жисмнинг молекула ёки атомлари унинг сиртидан ажралиб, сувга ўтади. Жисм ё пиёладаги чойга солинган қанд сингари алоҳида молекулаларга ажралиб, ёки ош тузи каби зарядланган заррача — ионларга ажралиб эрий бошлайди.

Айнан юқори даражада аномал диэлектр ўтказувчанлиги туфайли сув — энг кучли эритувчилардан бири ҳисобланади. У Ер куррасидаги ҳар қандай тоғ жинсини ҳам эритишга қодир. У ҳатто гранитни ҳам аста ва муқаррар равишда емириб, ундан осон эрийдиган таркибий қисмларни ажратиб чиқараверади.

Энг қудратли емирувчи бўлмиш сувга бас кела оладиган биронта мустаҳкам жинс табиатда йўқ.

Сой, жилға ва дарёлар сув эритган аралашмаларни океанга олиб кетади. Океандан сув буғланади ва яна ерга қайтади, ҳа, у ўз ишини шу тарзда такрорлайверади. Эриган тузлар эса денгиз ва океанларда қолаверади.

Дарвоқе, сув фақат осон эрийдиган жинсларнигина эритиб, денгизга олиб кетади ва денгиз сувида биз озиқ-овқатимизда ишлатадиган оддий тузгина бўлади, деб ўйламаслик керак. Денгиз суви таркибида табиатда мавжуд бўлган деярли барча элементлар учрайди. Унда магний ҳам, кальций ҳам, олтингугурт ҳам, бром ҳам, йод ҳам, фтор ҳам бор. Темир, мис, никель, қурғошин, уран, кобальт ва ҳатто, кумуш ҳамда олтин оз

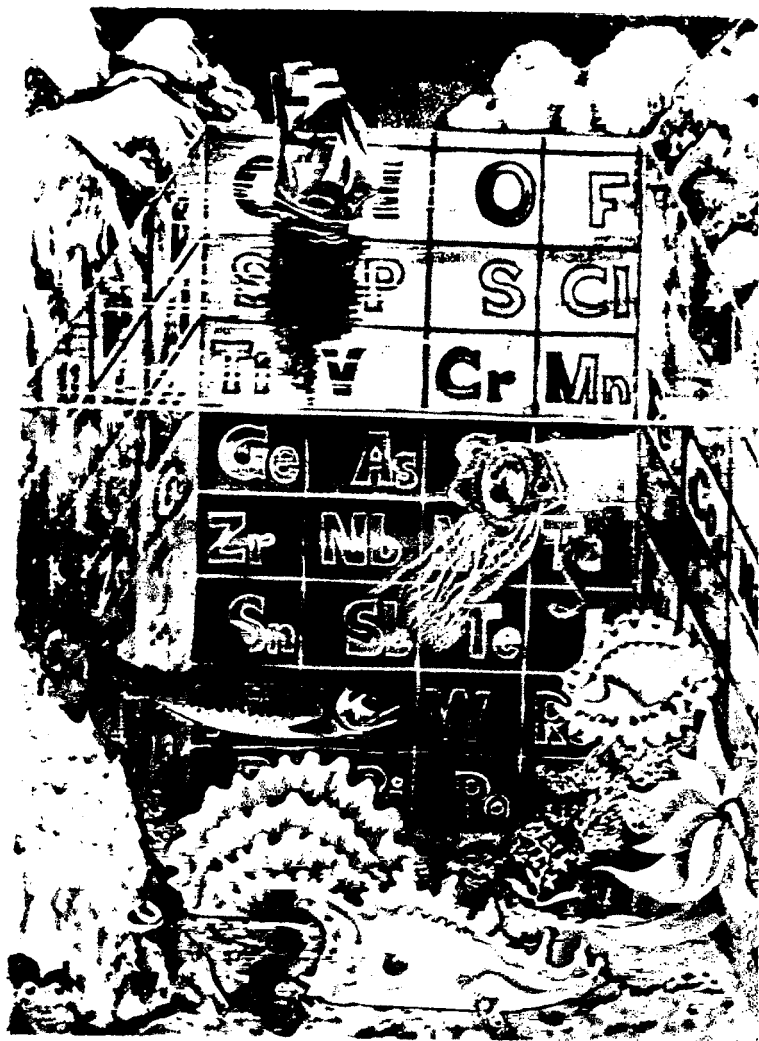


миқдорда учрайди. Кимёгарлар денгиз сувида олтмишдан зиёд элемент борлигини аниқлашди. Эҳтимол, қолган барча элементлар ҳам топилса керак. Денгиз сувда энг кўп учрайдигани ош тузидир. Шунинг учун денгизнинг суви шўр.

Одам ва бошқа ҳайвонлар қонининг таркиби денгиз суви таркибига яқинлигини биласизми? Усимликлар ердан озуқа моддаларни сувли эритма тарзида олишидан хабарингиз борми? Агар сув ғаройиб хусусиятга — ҳаддан ташқари юқори диэлектр ўтказувчанликка эга бўлмаганида эди, денгиз суви шўр бўлмасди. Агар сув бундай хусусиятларни касб этмаганида, Ерда ҳаёт ҳам бўлмас эди.

**Сувнинг ўз молекулалари сувда ионларга ажраладими?**

Ҳа, ажралади. Сув молекулалари жуда мустаҳкам, лекин уларнинг озгина қисмигина ионларга ажралади:



$\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$ . Бунда сув молекулаларининг ҳар миллиардидан оддий ҳароратда фақат иккита молекулагина таркибий қисмларга ажралган. Эркин протон  $\text{H}^+$  — водород атомининг ядроси — албатта сувли муҳитда мавжуд бўла олмайди: водород иони дарҳол сув молекуласига бирикади ва гидроксон иони ҳосил бўлади —  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

### Сув молекуласисиз сув бўлиши мумкинми?

Ҳа, бўлиши мумкин. Тўғри, ҳозирча бундай сув олинганча йўқ. Агар сув тобора кўпроқ қизитила боргани сайин унинг молекулаларининг ионларга ажралиши ҳам тезлашишини олимлар тадқиқот асосида аниқлашди.

Жуда юқори ҳароратда сувнинг шундай ғалати ҳолати рўй бериши лозимки, бунда сувнинг биронта молекуласи қолмай, уларнинг барчаси ионларга ажралади. Ҳисоблашларга қараганда, сувнинг бундай ҳолати 900 даражадан юқори ҳароратда бошланади. Бунда босим 15 ГПа дан кам бўлмаслиги керак.

Эҳтимол, ер бағрида шундай сув бордир. Қизиқ, унинг хоссалари қандай экан?

### Сувдан қандай қилиб сув олиш мумкин?

Албатта, сувда сувнинг молекулалари протон ва манфий ионли водород иони — гидроксилнинг ўзаро таъсирида ҳосил бўлади, деб тахмин қилиш осон. Дунёдаги барча мактаб дарсликларига худди шундай ёзилган. Кейин кимёгарлар сув молекулалари гидроксилнинг гидроксон иони билан таъсирлашуви натижасида ҳосил бўлади, деб ҳисоблайдиган бўлишди:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$ .

Гидроксон ионининг ўлчами «қуруқ» протон — водород иони ( $\text{H}^+$ ) дан анча катта бўлганлиги учун гидроксил билан гидроксоннинг тўқнашувлари протон билан тўқнашувларга нисбатан тезроқ кечади, реакциянинг кечиш тезлиги ҳам юқорироқ. Заррачалар ўлчамини

аниқлаб ҳар икки реакция — протон билан ва гидроксон иони билан реакцияларнинг тезликлари констант миқдорини назарий ҳисоблаб чиқиш мумкин.

Бироқ тажриба тасодифий ва ғалати натижага олиб келди: маълум бўлишича, реакция тезлигининг константаси, дарҳақиқат янада катта аҳамиятга эга ва сувда сув молекулалари, мактаб дарсликларидан келтирилганидек, водород ионларидан  $H^+$ , шунингдек барча кимёгарлар эътироф этганидек гидроксон ионларидан эмас, балки анчагина катта ўлчамли ионлардан вужудга келади. Олимларнинг фикрича, сувда сув катта ионлардан ҳосил бўлади:  $H_9O_4^+$  ва  $H_7O_4^-$ . Сувда сув ҳосил бўлиши реакциясининг тенгламаси энди кимёгарлар учун ҳам ғалати туюлади:  $H_9O_4^+H_7O_4^- = 8H_2O$ .

### Сув нега «ҳўл»?

Агар бу ҳазиломуз савол сувнинг бошқа жисмларни намлаш қобилиятига тааллуқли экани ҳисобга олинса, сув жудаям «ҳўл» эмас. Суюқликларнинг кўпчилиги сувдан кўра «ҳўл»роқдир. Сув металлни базўр ҳўллайди, ёғли сиртларни эса мутлақо ҳўлламайди. Парафинни ҳам сув билан ҳўллаб бўлмайди. Кўпгина полимер материаллар: тефлон, полиэтилен ва бошқалар сиртига сув юқмай, думалаб кетаверади. Спирт ёки керосин эса деярли ҳар қандай жисмни яхши намлайди. Бунинг маъноси шуки, сув молекулалари ўртасида ўзаро таъсир кучи ҳаддан ташқари катта бўлганлигидан бошқа барча суюқликлар ёйилиб кетадиган ерда сув тўпланиб томчи ҳосил қилади.

Сувнинг бундай хусусияти кундалик ҳаётимизда ва техникада кўпгина мушкулликларга сабаб бўлади: ёғ ёки мой билан ифлосланган қўлни сувда тозалаб бўлмайди. Шу сабабли совун кашф этилган. Кимёгарлар кўплаб махсус моддалар — «ҳўллагич»лар яратишдики, улар техникада сувни «ҳўлроқ» қилиш учун қўлланади.



## Қуруқ сув бўладими?

Аниқланишича, бундай сув бўлади. Яқинда олимлар қуруқ сув тайёрлашга муваффақ бўлишди. Гап шундаки, улар оддий сувга бирмунча намланмайдиган кремний кислотанинг майда кукунини аралаштиришди. Бунда сув дарҳол қуруқ ва сочилувчан бўлиб қолади. Бунақанги қуруқ сувни сепиш, пакетларда ташиш мумкин; ҳатто уни ушлаб кўрганда ҳам намлик сезилмайди, у қуруқ ва совуқдир.

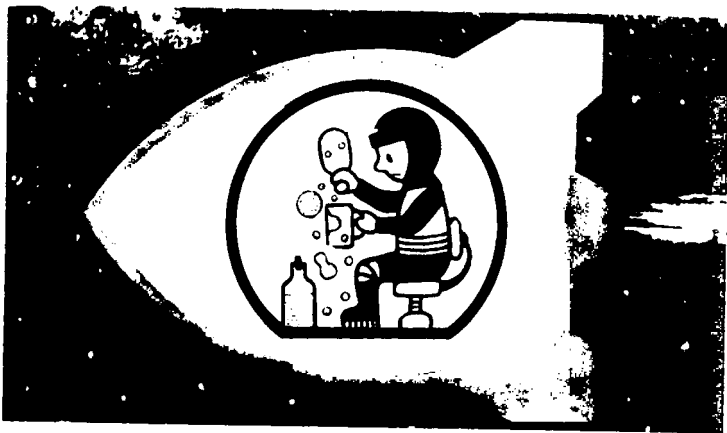
## Сирғанчиқ сув нима?

«Сирғанчиқ» сув катта аҳамият касб этади. Бу ўринда гап сувнинг ўзида эриган аралашмалар табиатига боғлиқ равишда эга бўладиган жуда ғаройиб хусусиятлари устида боряпти. Сувнинг хусусиятлари унинг таркибига боғлиқлиги ўз-ўзидан аён бўлиб, ҳеч кимни ҳайратга сола олмайди. Лекин озгина миқдорда қўшилган эрувчан полимернинг сув хоссаларига таъсири мисолида кузатилганидек озгинагина қўшилма таъсирида модданинг асосий хоссалари шу қадар кескин ўзгариб кетишини олимларнинг биронтаси ҳам олдиндан кўра билмаган эди.

Аниқланишича, агар сувда озгина миқдорда полимер — полиэтилен оксид эритилса, сув ғаройиб хоссага эга бўладики, шу сабабдан мазкур эритма «сирғанчиқ» сув номини олган. Бунақанги сув қувурдан оддий сувга нисбатан уч карра тез оқади. Бундай сув шлангдан оддий сувга қараганда икки ярим марта узоққа отилади. Унда жисмлар анча тез ҳаракатланади. «Сирғанчиқ» сувдан ўт ўчиришда фойдаланила бошланди.

## Сув қандай шаклда?

Бу савол, гарчи, ғалати туюлса-да, аммо жуда ўринлидир. Ҳар қандай суюқлик сингари сувнинг ҳам ўз шакли бор. У шар шаклидадир. Дарсликларда айтилганидек, сув идиш шаклини олади. Сув ўзининг мутлақо шаклига эга эмас, деган фикр буткул нотўғри. Унинг



Вазъисизлик шаронтида сув шар шаклида бўлади.

Ўз шакли Ерда, одатда, ер тортиш кучи таъсирида бузилган ҳолатда бўлади.

Сувнинг шар шаклида эканлигига ишонч ҳосил қилиш қийин эмас — космик кемада космосга парвоз этиб, шишадан сув тўқилса, бас. Буни ерда ҳам кўриш мумкин: тушаётган томчига назар солинг ёки совун кўпигини пуфланг. Бундай ҳолларда оғирлик таъсири истисно бўлиб, сув ҳар қандай бошқа суюқлик сингари ўз шаклини олади.

### **Сув юзида чопиб юриш мумкинми?**

Ҳа, мумкин. Гапимизнинг чинлигига ишонч ҳосил қилиш учун ёз кезлари ҳовуз ёки кўлнинг юзасига разм солинг-а. Сув юзасида қанчадан-қанча тирик, тезкор ҳашаротлар юриш у ёқда турсин, ҳатто чопади ҳам. Агар ана шу ҳашарот оёғи остидаги сув юзасининг майдони ниҳоятда кичик эканлигини ҳисобга олсак, улар вазнининг кичиклигига қарамай, сув сатҳи анча-мунча босимга чидамли эканини англаш қийин эмас,

## Сув баландга оқадими?

Оққанда қандоқ. Бундай ҳодиса ҳар доим ва ҳамма ерда содир бўлади. Мана, бунинг исботи. Ер ости сувлари сатҳидан то ер юзасигача бўлган қатламни намлаб сувнинг ўзи тупроқда юқорига кўтарилади. Дарахтнинг капилляр томирлари бўйлаб сувнинг ўзи кўтарилиб, ўсимликка жуда баландга — ернинг ич-ичига кириб кетган илдизлардан то япроғ-у меваларигача озуқа моддаларни эриган тарзда етказиб беришда ёрдамлашади. Сиёҳ доғини қуритиш учун босма қоғоздан фойдаланганингизда, юз артаётганингизда сочиқда сувнинг ўзи бевосита юқорига ҳаракатланаверади. Ниҳоятда ингичка найчаларда — капиллярларда сув бир неча метр баландга кўтарила олади.

## Хўш, бунинг боиси нимада?

Бунинг боиси сувнинг ажойиб хусусиятларидан бири — унинг ўта даражада юза тортилишидадир. Юзада сув молекулалари фақат бир томонлама молекулалараро тортилиш кучидан таъсирланади. Сувда эса бундай ўзаро таъсир ҳаддан ташқари катта. Шунинг учун сув сатҳидаги ҳар бир молекула суюқлик ичида чўзилади. Натижада суюқлик сатҳини кўтарувчи куч ҳосил бўлади. Сувда бундай куч ҳаддан зиёд катта: унинг сирт таранглиги 72 мН/м (ҳар метрига миллиньютон)дан иборат.

Мазкур куч совун пуфагига, тушаётган томчига ва вазнсизлик шароитида ҳар қанча миқдордаги суюқликка шар шаклини беради. Бу кучнинг ёрдамида сув тупроқ қатлами бўйлаб юқорига кўтарилади, ундаги торгина бўшлиқ ва ёриқларнинг деворлари сувда яхши намиқади. Агар сув ана шундай ғаройиб хусусиятга эга бўлмаганида, деҳқончилик бўлиши даргумон эди. Шу куч ҳовуз суви сатҳида зир қатнаётган қўнғизларни чўқтирмайди, уларнинг оёқлари ҳатто хўл ҳам бўлмайди. Коста-Рика мамлакатада, Марказий Америкада сув юзасида бемалол чопиб юрадиган калтакесак яшайди. Яшил бешиктерватар йиртқишлардан ўзини ҳимоя қилиш учун орқа оёқ-

ларида паст тургани ҳолда чўкмай-нетмай сув юзасида чопиб кетаверади. Албатта, сувнинг юза таранглиги ҳатто митти калтакесакни ҳам чўктирмай олиб турулмайди. Бунда ҳашаротнинг тез ҳаракат қилиши қўл келади.

### Сув ёнадими?

Ёниши мумкин. Эркин фтор атмосферасида сув яхши ёнади.



Сувнинг сирт тортилиши шу қадар кучлики, шу туфайли, сиз расмда кўриб турганингиздек, анча йирик ҳашаротлар ҳам сувда бемалол чопиб юравериши мумкин.

### Сувни кўрган киши борми?

Бу савол китобхонга жуда қизиқ туюлиши, табиий. Лекин у айнан сувга, мутлақо тоза сувга бегона аралашмалардан бутунлай ҳоли бўлган сувга тааллуқлидир. Шу жиҳатдан олганда соф ҳолдаги бунақа сувни ҳали инсон зоти ўз кўзи билан кўриб, қўли билан ушламаган. Оддий кўз билан қараганда, жуда тоза сувни эритмалар аралашган сувдан фарқлаш мушкул бўлса-да, аммо фан унга оддий кўз билан қарамайди-да. Тошдан-тошга урилиб оқаётган шўх жилгадан ёки водопровод жўмрагидан пиёлага тўлатилган ва биз одатда сув деб атайдиган суюқлик, аслида, сувда эриган ниҳоят даражада хилма-хил моддаларнинг эритмасидир. Сувда азот, кислород, аргон, карбонат ангидрид газларининг ва ҳаво таркибидаги барча аралашмаларнинг эритмалари мавжуд. Унда тупроқдаги тузлар, водопровод қувурининг темири эриган ҳолда бўлади. Сувда, эҳтимол, даврий системадаги

деярли барча элементларнинг юзлаб ва ҳатто, минглаб хилма-хил бирликлари эриб, аралашиб кетади. Қолаверса, унда чанг, темир оксидлари, коллоид чўкиндиларнинг жуда майда, эримайдиган зарралари учрайди. Ҳа, биз уни тоза сув деб атаймиз.

Кўплаб олимлар мутлақо соф ҳолда сув ҳосил қилишдек мураккаб проблема устида иш олиб боришяпти. Аммо ҳали бундай сув олинганича йўқ. Дарвоқе, уни ҳосил қилишнинг ҳам ўзи бўлмайди: пиёлага қуйилган сув пиёла деворларини, шунингдек ҳар қандай газ билан тўқнашиб, уни эритади.

Ниҳоятда синчиклаб тозаланган ва газлардан халос этилган сув мутлақо ғаройиб хусусиятларга эга бўлади: уни қайнаш нуқтасидан ўнлаб даража юқори ҳароратда истилса ҳам қайнамайди, шунингдек уни ўта даражада совутилса ҳам музламайди.

### **Сувнинг хотираси борми?**

Эътироф этиш керакки, бундай савол эриш туюлса-да, аммо у мутлақо жиддий ва ғоят муҳимдир. Ушбу савол каттагина физик-кимёвий проблемага дахлдорки, унинг муҳим жиҳатлари ҳали тадқиқ этилмаган. Бу савол эндигина фан олдига қўйилди, лекин унга жавоб топилганича йўқ. Гап шундаки, сувнинг ўтмиш тарихи сувнинг физик-кимёвий хусусиятларига таъсир этадими, йўқми, сувнинг хусусиятларини ўрганиш асосида илгари у бошидан нималарни кечирганини билиш — буларни «эслаш» ва шулар ҳақида бизга ҳикоя қилиб беришга сувнинг ўзини мажбур этишнинг имконияти борми? Таасуфки, бунинг имконияти бор. Буни оддий, лекин жуда қизиқ ва ғалати мисол—муз хотирасида фаҳмлаш керак.

Муз — бу ахир сувнинг ўзгинаси-да. Сув буғланганда сув ҳамда буғнинг изотоп таркиби ўзгаради. Енгил сув, гарчи оз даражада бўлса-да, оғир сувга нисбатан тезроқ буғланади.

Табиий сув буғланганида унинг таркиби фақат дейтерийнинггина эмас, балки кислороднинг изотоп миқ-

дори бўйича ҳам ўзгаради. Бу изотоп таркибининг ана шу ўзгаришлари яхши тадқиқ этилган, шунингдек уларнинг температурага боғлиқлиги ҳам рисоладагидек ўрганилган.

Мана, энди улкан, эҳтимол, планетамизда энг йирик бўлган, бутун Ер куррасини эгаллаб олган жараённи бир кўз олдингизга келтиринг-а. Дунё океани сатҳидан ўзгарган изотоп таркибли, ақл бовар қилмайдиган даражада кўп сув буғланади. Атмосферадаги ҳаво оқимлари сув буғларини бутун Ер курраси бўйлаб тарқатади. Буғ совуқ ерларга «ташриф буюрганда» буткул конденсацияланиб, қор ҳосил қилади ва ўзининг изотоп таркибини сақлаган ҳолда ерга тушади. Ҳа, улкан Арктика музликлари шундай ҳосил бўлади.

Яқинда олимлар қизиқ бир тажриба ўтказишди. Арктикада, Гренландиянинг шимолидаги қалин музлик қатламида бурғилаш қудуғи қазилиб, қарийб бир ярим километр узунликда муз устуни олинди. Унда музлик ўсишининг йиллик қатланиши кўзга яққол ташланиб туради. Муз устунининг бир ярим километрлик узунлиги бўйича музлик қатламлари изотоп жиҳатидан анализ қилинди ва водород ҳамда кислороднинг оғир изотоплари — дейтерий ва  $^{18}\text{O}$  нинг нисбий миқдорига кўра, музлик устун қисмларида йиллик муз қаватларининг ҳосил бўлиш ҳароратлари аниқланди. Йиллик қаватлар вужудга келиши саналари тўғридан-тўғри саналаверади. Шундай қилиб, Ернинг минг йиллар мобайнидаги иқлимий шароити тикланади. Бинобарин, сув буларнинг барчасини эслаб қолиш ва Гренландия музлигининг чуқур қатламларида қайд этишга муваффақ бўлган.

Муз қатламларининг изотоп анализлари натижасида олимлар Ерда иқлим ўзгаришини акс эттирувчи эгри чиқиқ яратишди. Аниқланишича, ер куррасида ўртача ҳарорат асрий ўзгариб турган. Чунончи, XV асрда, XVII асрнинг охирида ва XIX асрнинг бошларида иқлим совуқ бўлган. 1550 ва 1930 йиллар эса энг иссиқ йиллар бўлган.

Сув ўз хотирасида сақлаган барча маълумотлар та-



рихий йилномаларда қайд этилган маълумотларга мутлақо мувофиқ келяпти. Музнинг изотоп таркиби бўйича аниқланган иқлим ўзгаришларининг даврийлиги планетамизнинг келажакдаги ўртача ҳароратини олдиндан айтиш имконини беради.

Тўғри, буларнинг барчаси аниқ, равшан, тушунарли. Гарчи, Ер об-ҳавосининг қутб музликлари қатламида қайд этилган минг йиллик хронологияси жуда ҳайратли бўлса-да, аммо изотоп мутаносиблиги батафсил ўрганилган ва бу хусусда ҳозирча ҳеч қандай сирли муаммо йўқ.

### **Шундай экан, сув «хотираси»нинг сирини нимада?**

Гап шундаки, сўнги йилларда фанда кўплаб ғаройиб ва мутлақо тушунарсиз далиллар аста-секин тўплана борди. Уларнинг айримлари қатъий белгиланган, бошқалари эса миқдорий ишончли тасдиқланишни тақозо этади, хуллас уларнинг барчаси шарҳ талабдир.

Айтайлик, кучли магнит майдонидан оқиб ўтаётган сувда нималар рўй бераётганини ҳеч ким билмайди. Назариётчи физикларнинг бундай шароитда сувда ҳеч қандай ўзгариш, жараён рўй бермаслигига ишончлари қатъий. Улар магнит майдонининг таъсири йўқолганидан кейин сув дарҳол аввалги ҳолатига қайтиши ва азалдагидек ҳолатда бўлишини тасдиқлови мутлақо ишончли назарий ҳисоблар билан ўз ишончларини мустаҳкам-ляптилар. Тажриба эса бундай шароитда сувнинг ўзгариб, бошқача хусусият касб этишини кўрсатяпти.

Хўш, бунда фарқ қанчалик катта? Бу ҳақда, муҳтарам китобхон, ўзингиз хулоса чиқариб олишингиз мумкин. Буғ қозонидаги оддий сувда эриган тузлар ажралиб, буғ қозони қувурларининг деворларига тошдек зич ва қаттиқ қатлам тарзида ўтириб қолади, магнитланган сувдан (техникада у ҳозир шундай аталади) эса эриган тузлар сувда буруқсиб юрадиган бўшақ чўкинди сифатида ўтиради. Юзаки қараганда, тафовут айтарли катта эмасдек туюлади. Аммо бу қандай нуқтаи назарга боғлиқ. Иссиқлик электр станциялари ходимларининг фик-



рича, бу тафовут ғоят муҳим роль ўйнайди, чунки магнитланган сув улкан электр станцияларининг <sup>73</sup> маромда ва бетиним ишлашини таъминлайди: буг қозонлари қувурларининг деворлари қатламланмайди, бинобарин уларнинг иссиқлик узатиш қобилияти ортади, электр энергияси ишлаб чиқариш кўпаяди. Кўпгина иссиқлик станцияларида аллақачон сувни магнитлаш тадбири амалга оширилган, лекин унинг моҳиятини, нимага наф келтиришини на инженерлар ва на олимлар билишади. Бундан ташқари, тажрибаларда аниқланишича, сувга магнит ишлови берилганда унда кристалланиш, эриш ва адсорбция жараёнлари жадаллашади, ҳўллаш қобилияти ўзгаради, тўғри, барча ҳолларда олинган натижалар самараси айтарли катта эмас ва уларнинг такрор ҳосил бўлиши мушкул. Савол туғилади: фанда оз нима-ю, кўп нима эканини қандай баҳолаш мумкин. Бу вазифани ким эплайди?

Шуни айтиш керакки, магнит майдонининг сувга — албатта, тез оқар сувга — таъсири секунднинг оз улуши мобайнида давом этади, сув эса буни ўнлаб соат «эсда сақлайди». Негалиги номаълум. Бу масалада амалиёт фандан анча ўзиб кетган. Ҳатто магнит ишлови сувга таъсир этакими ёки унинг таркибидаги аралашмаларгами экани ҳам номаълум. Ахир соф сув табиатда бўлмайди-да.

Сувнинг «хотираси» фақат магнит таъсиротининг сақланиш оқибатлари билангина чекланмайди. Сув гўё илгари музлаган ҳолатда бўлганлигини «эслаши»ни кўрсатувчи кўплаб далил ва кузатувлар фанда мавжуд ҳамда аста-секин тўплана борапти.

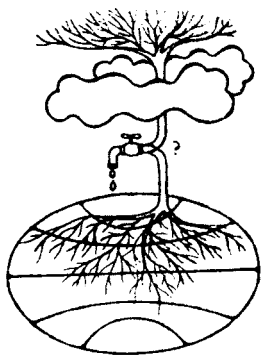
Муз парчасининг эришидан эндигина ҳосил бўлган сув гўё шу муз парчаси ҳосил бўлган сувдан фарқланади, деган фикрлар мавжуд. Бундай эриган муз сувида ўсимлик уруғи тез униб, майса яхши ривожланади, ҳатто эриган муз суви бериладиган жўжалар ҳам тез ўсиб, яхши тараққий этар экан. Эриган муз сувининг биологлар аниқлаган ажойиб хусусиятларидан ташқари, соф физик-кимёвий фарқлари ҳам мавжуд, масалан, эриган

Муз суви қовушқоқлик қобилияти, шунингдек диэлектрик ўтказувчанлиги миқдори жиҳатидан ҳам фарқланади. Эриган муз сувининг қовушқоқлиги 3—6 кундан кейингина оддий сувдагидек қимматга эга бўлади. Агар ҳақиқатан шундай бўлса, бунинг боисини ҳам ҳеч ким билмайди.

Кўпгина тадқиқотчилар бу ҳодисалар мажмуасини сувнинг «структура хотираси» деб аташади. Улар фикрича, сув илгариги тарихининг сув хусусиятларига таъсирининг бундай тарзда ғалати намоён бўлишини сув молекуляр ҳолати нозик структурасининг ўзгариши билан шарҳланади. Эҳтимол, шундай бўлиши мумкин, лекин шунчаки тилга олиш уни шарҳлаш деган маънони англамайди. Бинобарин, фанда аввалгидагидек: сув нега ва қандай «хотирлайди», у бошидан нималарни кечирган? деган муҳим проблема мавжуд.

### Ерда сув қандай пайдо бўлган?

Космик нурлар оқими — жуда катта энергияли зарралар оқими Коинотга ҳар томонлама мудом кириб боради. Бу зарраларнинг асосий қисмини водород атомларининг ядролари — протонлари ташкил этади. Планетамиз космосдаги ўз ҳаракати мобайнида муттасил «протон ёмғири»га дуч келади. Протонлар Ер атмосферасининг юқори қатламларига кира бориб, электронларни «тузоғига илинтиради», сўнг водород атомларига айланиб, кислород билан дарҳол реакцияга киришади ва сув ҳосил бўлади. Ҳисоб-китобларнинг кўрсатишича, ҳар йили стратосферада қарийб бир ярим тонна ана шундай «космик сув» ҳосил бўлади. Юқори баландликда паст ҳарорат шароитида сув буғининг таранглиги кам бўлиб, сув молекулалари аста тўплана боради, космик чанг зарраларида конденсацияланиб, сирли кумушранг булутлар вужудга келтиради. Олимларнинг тахминича, бу булутлар шундай «космик сув»дан ҳосил бўлган майда муз кристаллчаларидан таркиб топган. Ҳисоблар шуни кўрсатдики, Ер тарихи мобайнида ана шу йўсинда



юзага келган сув бизнинг планетада барча океанларнинг ҳосил бўлиши учун бемалол кифоя қилади. Демак, Ерда сув космосдан келган экан-да? Аммо...

Геохимиклар сувнинг самовий «меҳмон» эканини тан олишмайди. Сув Ернинг ўзида вужудга келганлигига уларнинг ишончи комил. Ернинг марказий ядроси билан Ер пўсти оралиғида жойлашган Ер мантияси жинслари изотопларнинг радиоактив парчаланишидан ҳосил бўлган иссиқликнинг тўплана бориши натижасида баъзи-баъзида эриган. Улардан азот, хлор, шунингдек углерод ва олтингугурт бирикмалари сингари учувчи таркибий қисмлар, кўпроқ сув буғлари ажралиб чиққан.

Планетамиз тарихи давомида барча вулканлар отилганида улар қанча миқдорда ана шундай учувчан таркибий қисмлар, жумладан сув буғлари чиққан? деган ҳақли савол туғилади. Олимлар буни ҳам ҳисоблаб чиқишган. Маълум бўлишича, вулкан отилишидан вужудга келган бундай геологик сув ҳам барча океанларни тўлдириш учун бемалол етади. Ҳар ҳолда, Ерда сув қаердан пайдо бўлганлигини билиш қизиқарлидир.



## Ерда қанча сув бор?

Жуда оз! Бутун Ер куррасида қанча сув борлигини ҳали ҳеч ким аниқ айтиб беролмайди, лекин умуман сув миқдори жуда оз. Планетамизнинг марказий қисмида, унинг ядросида сув йўқ бўлиши керак. Ҳа, у ерда сув бўлиши эҳтимолдан узоқ. Баъзи олимларнинг фикрича, ҳатто агар Ер ядросида кислород ва водород бўлган тақдирда ҳам, улар бошқа элементлар билан биргалликда фан учун мутлақо янги бўлган, ўта зич. Ер курраси марказида ҳукмронлик қилаётган ниҳоятда юқори босим ва ҳароратларга бардош бера оладиган қандайдир металл-симон шаклдаги бирикмалар ҳосил қилиши лозим.

Бошқа тадқиқотчилар эса Ер куррасининг ядроси темирдан ташкил топганлигига қатъий ишонишади. Дарҳақиқат, биздан унчалик олис бўлмаган ерда, оёғимиз остида, уч минг километрдан зиёдроқ чуқурликда нима борлиги ҳали ҳеч кимга аниқ эмас, ҳар ҳолда у ерда сув бўлмаса керак.

Ер бағрининг сув энг кўп бўладиган қисми унинг мантияси — Ер пўсти остида тақрибан 3 минг километр чуқурликкача давом этадиган қатламлардир. Геологларнинг ҳисобига қараганда, Ер мантиясида тўпланган сув миқдори 13 миллиард куб километрдан оз эмас.

Ер қобиғининг энг юқори қавати — Ер пўстида тақрибан бир ярим миллиард куб километр сув мавжуд. Бу қатламлардаги деярли барча сув боғлиқ ҳолатда бўлади — у тоғ жинслари ҳамда минераллар таркибига кириб, гидратлар ҳосил қилади. Бу сувда на ювиниб бўлади ва на уни истеймол қилиш мумкин.

Ер куррасининг сув қобиғи — гидросфера тақрибан бир ярим миллиард куб километр суви жамлаган. Бунинг деярли ҳаммаси Дунё океанидадир. У Ер юзасининг 70 процентга яқин майдонини эгаллайди, унинг майдони 360 миллион квадрат километрдан зиёд. Бизнинг планетамиз космосдан Ер курраси тарзида эмас, кўпроқ сув курраси сифатида кўзга ташланади.

Океаннинг ўртача чуқурлиги — қарийб 4 километр. Агар ана шу «тубсиз чуқурлик»ни ўртача диаметри 12740 километрдан иборат бўлган Ер куррасининг ўз катталиги билан қиёслайдиган бўлсак, бунда, аксинча, биз ҳўл планетада яшаётганлигимизни эътироф этишга тўғри келади, бу планета сув билан бир оз намланган бўлиб, у ҳам Ер сатҳининг ҳамма қисмини эгаллайди. Океан ва денгизлардаги сув шўр — уни ичиб бўлмайди. Қуруқликда эса сув жуда оз: бор-йўғи 90 миллион куб километрга яқин, холос. Шундан 60 миллион куб километрдан зиёди ер остида бўлиб, уларнинг деярли ҳаммаси шўр сувлардир. 25 миллион куб километрга яқини — қаттиқ ҳолатдаги сув тоғлик ва музлик районларида, Арктика, Гренландия ва Антарктидада тўпланган. Ер куррасидаги ана шу сув запаси доимий сақланиб туради. Кўпгина олимларнинг фикрига қараганда, агар қутб музликлари бирдан эрий бошласа, бунда Дунё океанининг сатҳи 50 метрдан зиёд кўтарилади ва қуруқликнинг каттагина қисми бунинг оқибатида сув остида қолиб кетади. Фавқулодда фожиавий сув тошқинлари туфайли катта-катта ҳосилдор пасттекисликларни сув босади ва натижада географик карта шу даражада ўзгариб кетадики, уни таниш амримаҳол бўлиб қолади.

Ҳақиқатан, бундай ҳодиса рўй бергудек бўлса, ҳадсиз фалокат ёғилади. Метеорологларнинг маълумотига кўра, агар Ерда ўртача ҳарорат атиги яна икки даражага ортадиган бўлса, музликлар тез эрий бошлаши мумкин. Ҳозир музликлар қуруқлик сатҳининг 10 процентга яқин қисмини эгаллайди. Бундан ташқари, 16 миллион квадрат километрга яқин майдонни абадий музлаган ер ташкил этади, бу территорияда қарийб 500 минг куб километрдан иборат тупроқ ости муз қатлами доим сақланади.

Барча кўл, ботқоқлик, шунингдек инсон барпо этган сув омборларида ва тупроқда яна 500 минг куб километр сув мавжуд.

Атмосферада ҳам сув бор. Ҳавода ҳар доим, ҳатто

бир томчи сувсиз ва мутлақо ёмғир ёғмайдиган дашти-биёбонларда ҳам талайгина сув буғлари бўлади. Бундан ташқари, осмонда ҳар вақт булутлар сузиб юради, улар тўпланади, қор ва ёмғир ёғади, туман тушади. Атмосферадаги ана шу сув запаслари жуда аниқ ҳисобланган, уларнинг барчаси атиги 14 минг куб километрдан иборат.

Ердаги сув запаслари ва унинг қандай тақсимланганлиги ҳақидаги асосий маълумотлар мана шулардан иборат. Шуни ҳам айтиш керакки, Ерда сув доимо ҳаракатланиб туради.

Планетамиздаги барча сув ресурсларини, уларнинг қаерда: атмосферадами, гидросферадами, биосферадами бўлишидан қатъи назар ўзаро боғловчи абадий сув айланиши табиатда мавжуд. Геологларнинг ҳисобига қараганда, ҳатто планетамизнинг энг чуқур қисмларидан ҳар йили бир куб километрга яқин (бирламчи) табиий ювениль сув чиқади. Эҳтимол, ана шу сув ҳисобига Ер куррасининг миллиард йиллик ҳаёти мобайнида Ер юзасидаги барча сув запаслари ҳосил бўлгандир. Тўғри, астрофизикларнинг фикрича, сувнинг дастлабки ҳосил бўлиши космос билан боғлиқ.

Ерда сувнинг айланиши Қуёш энергияси ҳисобига рўй беради. Сув буғланиб, ҳаво оқимлари таъсирида бутун оламга тарқалади, конденсацияланиб, ер юзасига ёгин тарзида тушади ва яна қайтиб Океанга оқади. Бу жараён узлуксиз давом этаверади.

Ҳар йили океан ҳамда материклар сатҳидан 520 минг куб километр сув буғланади ва унинг ҳаммаси ёмғир-у қор бўлиб ерга тушади. Шуниси ҳам борки, бу ёгиннинг кўп қисми — 410,5 минг куб километри тўғридан-тўғри океанга тушади, қолган 109,5 минг куб километри қуруқлукка ёғиб, ерларни суғоради, планетамизнинг барча қитъаларида ҳамма тирик мавжудотнинг ҳаёт кечиришини таъминлайди. Дунё бўйича йил давомида атиги 37,4 минг куб километр миқдордаги сув барча дарё ўзан-

лари орқали оқиб, океанга тушади. Сувнинг қолган қисми буғланади. Дарвоқе, қуруқликдаги барча сувнинг учдан бир улушидан кўпрогини ўсимликлар буғлатади.

### **Сув шунчалик кўп бўлишига қарамай, Ерда нега сув оз?**

Бу жуда муҳим масала. Ҳақиқатан ҳам, Ерда сув озми ёки кўпми? «Кўп» ёки «оз» дегани нимаси? Юқорида айтганимиздек, олимлар планетамизда қанча сув борлигини аниқ билишмайди, лекин унинг 16 миллиард куб метрдан кам эмаслигига ишончлари комил.

Маълумки, Ер куррасининг массаси тақрибан  $6,0 \cdot 10^{21}$  тоннага барабар. Бинобарин, Ер куррасидаги сув планетамиз массасининг чорак процентини ташкил этади. Хўш, буни оз деб бўладими? Энди атиги бир куб километр сувни кўз олдингизга келтириб кўринг-а. Бир километр баландликка эга бўлган афсонавий сув кубини тасаввур қилинг-а (ахир ҳар нарса ни тасаввур қилиш мумкин-ку). У булутдан ҳам баланд бўлади. Унинг асос қисмига бутун бошли мўъжазгина шаҳарча бемалол жойлашади. Ундаги сув миқдори бир миллиард тонна бўлиб, бунча сув Ер куррасидаги бутун инсониятга тақрибан ярим йил мобайнида чанқоқ қондириш учун кифоя қилади.

Фақат биргина дарёларнинг ўзи ҳар йили дунё океанига 40 минг куб километрга яқин сув олиб бориб қуяди. Демак, дарёларнинг бир йиллик суви Ердаги барча одамларни ҳеч бўлмаганда йигирма беш минг йил бадалида ичимлик сув билан таъминлайди. Бу ҳам камми? Албатта, бу жуда кўп! Аммо гап шундаки, инсониятга ҳам жуда кўп сув керак. Эндиликда унинг сувга бўлган эҳтиёжи миқдоран планетада қайта тикланадиган чучук сув ресурсларига тенглашиб қолди.

Инсониятга яхши, тоза чучук сув керак. Усиз инсон ҳаёт кечиролмайди. Далаларда сувсиз дон етиштириб бўлмайди. Сув бўлмаса, заводлар ҳам ишлай олмайди. Иссиқлик ва атом электр станциялари ҳам тўхтаб қолади. Қишлоқ хўжалигига ҳам, саноатга ҳам сув керак.



## Жамиятга қанча сув керак?

Инсон табиатнинг бу нодир ҳадясини нималарга сарфлайди? Ҳозирги вақтда инсоният ўз эҳтиёжлари учун ҳар йили дарё ва кўллардан тахминан 2 минг куб километр чучук сув олади, бу — Ер куррасидаги барча дарёлар йиллик оқимининг қарийб йигирмадан бир қисми ёки улар барқарор оқимининг 13 процентга яқинини ташкил этади, демакдир. Суғорма деҳқончиликда айниқса кўп сув сарфланади. Ер куррасининг қурғоқ қисмларида катта дарёлар сувининг кўп қисми далаларни сувга тўйинтиришга хизмат қилади. Мисрда Нил дарёси сувининг ярми далаларга оқади, жўшқин Сирдарё йиллик оқимининг учдан икки қисми экинзор чанқоғини қондиради, унинг учдан бир қисмигина Орол денгизига қуйилади.

Ҳар йили Ер куррасидаги дарёлардан 150 куб километр сув инсоният таъминоти учун олинади. Бунча миқдордаги сув турмуш эҳтиёжлари ва саноат таъминоти учун сарфланади. Юзаки қараганда, бу сарфиёт жуда оздек туюлади, ахир бу, дарёлар йиллик барқарор оқимининг атиги бир процентинигина ташкил қилади-да. Бунда сув бойликларининг камайишидан хавфсираш ўринсиздек туюлади, афсуски, амалда бундай эмас... инсоният олдида чинакам сув танқислиги хавфи кўндаланг бўлмоқда, бундай хавф районларда, Ғарбнинг саноати юқори даражада тараққий этган мамлакатларида ҳозироқ ўзини намоён этмоқда.

Гап шундаки, одамлар ўз эҳтиёжлари учун дарёлардан олаётган 150 куб километр ҳажмдаги сувдан ташқари, кўл ва ер ости манбаларидан тағин 400—500 куб километр сувни сарфлашаёпти. Умуман коммунал ва саноат эҳтиёжларини қондириш учун дунё бўйича қарийб 600 куб километр чучук сув ишлатилади. Ана шунча ниҳоятда катта миқдордаги сувдан атиги 150 куб километринигина қайта тикланмай, буткул сарфланади, қолгани — ишловдан чиққан ва ифлосланган оқар сув эса яна дарё ва ҳавзаларга тушиб, уларнинг

сувини заҳарлайди, бинобарин, инсон ва ҳаёт учун мутлақо яроқсиз ҳолга келтиради.

Оқар сувларни зарарсизлантириш учун уларни даставвал яхшилаб тозаламоқ, кейин тоза табиий сувдан тақрибан 10 ҳисса қўшиш керак, тозаланмаган оқар сувга эса уни дарё ва ҳавзаларга туширишдан олдин 20—60 ҳисса аралаштириш лозим. Айнан шу мақсад учун дунё бўйича олти минг куб метрга яқин тоза сув сарфланади. Буни дунёдаги жами дарёларнинг барқарор оқими миқдори билан қиёслаб, инсоният олдида сув танқислигидек катта хавф мавжудлигини пайқаш қийин эмас.

Ҳозирдаёқ саноат ва турмуш чиқиндилари билан ифлосланган оқар сувларни зарарсизлантириш учун ҳар йили дунё бўйича жами барқарор чучук сув оқимининг қарийб 40 проценти, яъни инсониятнинг барча эҳтиёжлари учун сарфланадиганидан уч ҳисса ортиқ чучук сув ишлатишяпти.

Кези келганда шуни айтиш керакки, Ерда сув етишмаётганлиги учун жамиятга сув танқислиги хавф солаётгандек туюлади. Ҳамма гап инсон ўз фаолияти мобайнида мавжуд технология ҳамда саноат ишлаб чиқаршининг ҳозирги даражасида жуда кўп миқдордаги табиий тоза сувни ифлослантириш ва яроқсиз ҳолга келтиришга мажбур бўлаётганлигидадир. Турли оқизмалар билан ифлосланган дарё сувида ҳаёт сўнади, балиқлар йўқолади, дастлаб ёввойи сув ўсимликлари тез ривожланади, кейин ана шу сув ўсимликлари ҳам ҳалок бўлади, зарарли майда ўсимликлар ўса бошлайди, сасиган сув ҳавони ҳам заҳарлайди, оғир касалликлар манбанга айланади.

Европанинг бир вақтлар тозалиги тилларда дoston бўлган йирик дарёларидан бири — Рейнни ҳозир таниб бўлмайди, у ифлос оқизмага айланган.

**Бундан чиқди, сувни эҳтиётлаш керак экан-да? Бунинг учун нима қилиш керак?**

Ҳа, жуда эҳтиёт қилиш зарур! Дарвоқе, оламда ажойиб, энг оддий тоза сувдан кўра қимматлироқ, азизроқ нарса бўлмаса керак. Усиз ҳаёт йўқ ва бўлиши ҳам мумкин эмас. Сувни эъзозлаш лозим. Бунинг ҳар бир киши, келажакда ким бўлишидан қатъи назар тўла тушуниб етиши ва эсида тутиши керак. Яна такрор таъкидлаймизки, ҳар бир киши ким бўлишни хоҳлашидан, қаерда ишлашидан ва нима иш қилишидан қатъи назар сувни эҳтиёт қилиш кераклигини доим ёдида сақлаши ҳам фарз, ҳам қарз. Бу — ҳаётни ҳимоя қилиш, соғлиқни ҳимоя қилиш, фаровонликни ҳимоя қилиш, табиат гўзаллигини ҳимоя қилиш демакдир.

Табиатдаги бутун борлиқ, мураккаб ва кўпинча тасодифий боғланишлар туфайли, метиндек яхлитликни ташкил этади. Афсуски, бу ҳақда батафсил фикр юритишга ушбу китобчанинг ҳажми мусоид этмайди. Шунга қарамай, бу ўринда бир мисолни келтиришни лозим топамиз. Дарё лиммо-лим оқиши учун унинг соҳилларида ўрмон ўсиши керак. Чунки ўрмон дарёни тўйинтириб турувчи тупроқ ости намлиги запасини оширади ва уни сақлаб туради. Бинобарин, сувни тежаш учун аввало ўрмонни авайлаш ва кенгайтириш лозим. Чумолилар эса ўрмонни зараркунандалардан муҳофаза қилади (тўғри, улар ўрмонни арра ва болтадан ҳимоя қила олмайди!). Демак, катта дарёнинг ҳаёти митти чумолилар ҳаёти билан узвий боғлиқ. Ҳар бир одам, ҳатто ўрмонда шунчаки сайр қилиб юрган киши ҳам унинг уясига, оиласига зарар етказмаслиги, аксинча, муҳофаза қилиши керак.

Бу ҳам сув ҳақидаги ғамхўрликнинг биридир. Келажакда дон етиштиришга бош қўшадиган одам ерни шундай ҳайдаш кераклигини унутмаслиги лозимки, тоқи қор эришидан ҳосил бўлган баҳорги сув далага наф келтирмай бефойда оқиб кетмасин.

Автомашина ҳайдаш ихтисоблигини эгалламоқчи бўлган киши шуни зинҳор ёдидан чиқармаслиги керакки, ёнилгини ёки ишловдан чиққан мойни ерга тўкиш, машинани дарёда ювиш — жиноятдир. Сувга тушадиган ҳар килограмм нефть ва бензин минг куб метр дарё суви ёки тупроқ ичидаги сувни заҳарлайди, бу сувларни тирик организмлар учун зиёнқунандага айлантиради.

Агар бузилган жўмакдан сув жилдираб турган бўлса, уни дарҳол тузатиш ва ёпиш лозим. Акс ҳолда табиат инъом этган сувнинг аллақанча куб метри исроф бўлади, эҳтимол, кимгадир хамир қориб нон ёпишга сув етмай қолади. Бугина эмас, сув беҳуда исроф бўлар экан, бинобарин сувни бегона ифлослардан, кўплаб касаллик тарқатувчи микроблардан тозалаб, зумрад сувни сизнинг хонадонингизга етказиб бериш учун сарфланган жуда катта меҳнат бекор кетади. Ваҳолонки, бунга аллақанча киловатт-соат энергия сарфланган. Шундай беҳуда сарфланган энергия ҳисобига қаердадир чироқ ёнмайди, кимнингдир костюми тикифсиз, аллақанча пўлат эритишсиз қолади, уй қуриш маълум вақт тўхтайд.

Ушбу китобча сатрларига нигоҳ ташлаган барча кишилар, улар ким: химикми, металлургми, машина яратувчиси бўлишидан, қандай вазифа бажаришидан—янги ажойиб жараёнлар яратиши, янги завод ва фабрикаларни лойиҳалаши ва қуриши, янги йирик иссиқлик ва атом электр станциялари қуришидан қатъи назар шуни билишлари ва уқиб олишлари шарт: улар янгидан яратадиган барча нарсалар, барча янги корхоналар, саноат марказлари, шаҳарлар шундай ишлаб чиқилиши, лойиҳаланиши ва барпо этилиши лозимки, бундай янги қурилишлар табиий муҳитга зарар келтирмасин, улар сув ҳавзалари, ҳаво муҳити ва тупроқни ифлослантириб, заҳарламасин.

Бизнинг ажойиб планетамизда сув тоза бўлсин, унда инсон муттасил янги ҳаводан нафас олсин. Ҳозирги замон фани, муҳими, бизнинг янги социалистик ижтимоий тузумимиз сизлар учун замонамизнинг ана шундай

улкан вазифаларини муваффақиятли ҳал этиш имкониятини яратиб берган.

### **Сув хоссаларининг қай бири энг муҳим?**

Бундай савол беришнинг ўзи ўнғайсиз. Табиатда бўлганидек фанда ҳам энг муҳим, шунингдек иккинчи даражали бирор нарса мавжуд эмас. Жамики борлиқдаги ўзаро алоқаларнинг буюк ва узилмас занжирида масала-ю муаммоларнинг катта-кичиги бўлмайди. Агар сувнинг олимлар томонидан яхши ўрганилган хоссаларини олиб, фантастик романлардаги сингари бу хоссаларни хаёлан бирмунча ўзгартирсак, бунинг оқибатида биз яшаётган оламда кузатиладиган улкан таъсирот ва ўзгаришларни олдиндан билиб, тавсифлаб берадиган бирон фантаст-ёзувчи топилмаса керак. Ушанда биз бу оламни таний оламизми, қолаверса биз шу оламда бўламизми, йўқми?

Дарвоқе, бундай савол ўртага ташланган экан, унга жавоб бермоқ лозим. Умуман оламда энг муҳими — ҳаётдир. Ҳаёт — материя тараққиётининг чўққисидир. Сувсиз эса ҳаёт бўлмайди — бундай ҳаёт фанга ҳали маълум эмас. Сувсиз яшаб ривожлана оладиган бирон тирик организм борлиги ҳеч кимга маълум эмас. Одам жисмининг 65 фоиздан зиёди сувдан иборат. Сувсиз бир неча кун ҳам яшай олмаймиз. Бизнинг организмимизда барча жараёнлар сув муҳитида ва сув иштирокида кечади. Шу нуқтаи назардан олганда, энг муҳими, сувнинг ҳаёт манбаи бўла оладиган сирли хусусиятидир. Фан уни ошкор этмоғи лозимдир. Шуниси равшанки, табиатда биз учун сувдан ҳам қимматли, муқаддас бўлган бирон нарса йўқ.

### **Сувнинг ҳамма хоссалари олимларга аёнми?**

Албатта, йўқ! Сув — сирли модда. Ҳалига қадар олимлар унинг кўпгина хусусиятларини тушуна ва била олганлари йўқ. Бунга ўхшаш сирларнинг фан томонидан ошкор этилишига шубҳа бўлиши мумкинми?

Шубҳасиз, дунёдаги энг ғаройиб модда бўлмиш сувнинг тагин ҳам ғалати, сирли хоссалари аён бўлади.

**Бу китобчада сувнинг ҳамма хоссалари санаб ўтилди. дейиш мумкинми?**

Афсуски, уларнинг ҳаммаси санаб ўтилганича йўқ. Унда ҳатто энг қизиқарли хоссалари учун ҳам жой етишмайди. Лекин сувнинг олимлар томонидан батафсил ўрганилган барча хоссаларини муфассал билишни хоҳлаган кишилар буни мустақил равишда амалга оширишлари мумкин. Бунинг учун улар дунёнинг барча кутубхоналарида мавжуд бўлган, химия, физика, биология, физиология, биохимия, биофизика, геология ва геохимияга доир илмий ишлар босилган жамики журнал ва китобларни ўқиб чиқишлари лозим.

Шунингдек астрономия ва астрофизикага доир кўпгина асарларни ўқиб чиқишга тўғри келади (қизиқ, ўзга планеталарда, юлдузлараро бўшлиқларда, узоқ галактикаларда сув бормикан? Агар бўлса, уни астрономлар қандай ўрганишади?). Зоология ва ботаникага доир асарларни ҳам ўқиб керак, чунки на ҳайвон ва на ўсимлик сувсиз яшай олади. Балиқ ва микроорганизмлар сувда яшайди, биобарин, ихтиология ва микробиологияга доир илмий ишларни ҳам таҳлил этиш даркор.

Ўз-ўзидан аёнки, гидрология, океанология, лимнологияга (бу кўллар ҳақида жуда қизиқарли фан) оид китобларни ҳам хаёлдан фаромуш қилмаслик керак, шунингдек дарёлар назарияси, уларнинг ҳосил бўлиши ва ҳаёти ҳақида олимлар яратган асарларни ўрганиб чиқиш, гляциология (бу музнинг хоссалари ҳақида жуда муҳим фан, у узоқ шимолда катта-катта шаҳарлар қуришга ёрдам беради), спелеологияга (ахир ғорлар ер бағрида сув таъсирида ҳосил бўлган, бу ҳам сув хоссаларидан бири-да) оид мавжуд маълумотларни яхшилаб ўрганиб чиқиш даркор.

Термодинамикани билмай туриб сувнинг энергетикадаги ролини англаб бўлмайди (чунки барча иссиқлик

электр станциялари — сув бугида, гидростанциялар эса сув ёрдамида ишлайди). Ядро физикасини ҳам ўрганишга тўғри келади (атом энергетикасига нима учун оғир сув керак). Яна жуда кенг кўламли, мураккаб фан — гидравлика ҳам мавжуд.

Электротехниканинг бир қанча бўлимларини ҳам ўрганишга тўғри келади, чунки бу фансиз кўпгина жараёнлари сувли эритмаларда кечадиган электрохимияни ўзлаштириб бўлмайди.

Ернинг қаерида қандай дарё, денгиз ва океанлар жойлашганлиги ҳақида географияга оид асарларда сўз юритилади. Кемани бошқариш ва кемасозлик назарияси ҳақидаги фан — навигация сувнинг алоҳида хусусиятларини ўрганади.

Нима сабабдан булут пайдо бўлиб, нега ундан ёгин ёғишини ўрганувчи метеорология илмига доир китоблардан ҳам сув ҳақида кўпгина қизиқарли маълумотларни билиб олиш мумкин.

Медицинага оид илмий асарларни ҳам эътибордан четда қолдириб бўлмайди, зеро инсондаги барча ҳаётий жараёнлар сув муҳитида кечади.

Сиз, балки, тарих, экономикага доир адабиётларни ўқимаса ҳам бўлар, деб ўйлашингиз мумкин. Йўқ, албатта, бу фанлар бизнинг планетамизда сув йўллари орқали қилинган алоқалар билан боғлиқ равишда ривожланган. Агар дўппини ерга қўйиб ўйлаб кўрилса, сув хоссалари ўрганиладиган яна кўплаб фан тармоқларини санаб ўтиш мумкин. Буни сизларга ҳавола, муҳтарам китобхонлар.

### **Сув ҳақида ҳамма нарса аён бўлдимми?**

Яқин-яқингача, асримизнинг 30-йилларида кимёгарлар сувнинг таркиби ҳақида батафсил маълумотга эгамиз, деб ҳисоблашарди. Лекин улардан бири электролиздан қолган сувнинг зичлигини ўлчаб кўрди-ю ҳайратидан ёқасини ушлади: унинг зичлиги одатдагидан юз мингнинг бир неча улушича юқори эди.

Шуни айтиш керакки, фанда аҳамиятсиз деган гап йўқ. Ана шу арзимаган тафовут ҳам изоҳ талаб қилади. Натижада олимлар табиатнинг кўпгина янги-янги катта сирларини очишга муваффақ бўлишди. Улар сувнинг мураккаблигини англашди. Сувнинг янги изотоп шакллари аниқланди. Оддий сувдан оғир сув ҳосил қилинди; унинг келажак энергетикаси учун ниҳоятда зарурлиги маълум бўлди. Эндиликда дунёнинг ҳамма мамлакатларида физиклар ана шу улуғвор вазифани ҳал этиш борасида ҳормай-толмай тадқиқот олиб боришяпти. Бунинг ҳаммаси энг оддий, одатдаги, мутлақо қизиқарсиз миқдорини шунчаки ўлчашдан бошланди — сувнинг зичлиги атиги ўнлик улуш ҳисобида аниқроқ ўлчанган.

Ҳар бир янги, аниқроқ ўлчов, ҳар бир янги ишончли ҳисоб, ҳар бир янги кузатув мавжуд маълумотларнинг ишончлилигини таъкидлашдан ташқари, ҳали аниқланмаган, ўрганилмаган масалалар миқёсини кенгайтиради ва улар сари янги йўл очади.

Ҳа, киши ақл-идрокининг, имкониятларининг чеки йўқ; биз ҳозир дунёда ҳақиқатан энг ғаройиб модда — сувнинг табиати ва хоссалари ҳақида эга бўлган кўплаб билимларимиз сизларнинг олдингизда, шу китобчани ўқиган кишилар олдида яна катта, чексиз имкониятлар очиб беради. Ким билсин, муҳтарам китобхоҳ, Сн келажакда яна нималарни билиб оласиз, янги, яна ғаройиб кашфиёт қилар экансиз.

Кузатиш ва ҳайратланиш ҳам — санъат.

Дунёдаги барча нарсалар сингари сув ҳам битм туганмасдир.



*На узбекском языке*

## **Игорь Васильевич Петрянов**

**САМОЕ  
НЕОБЫКНОВЕННОЕ  
ВЕЩЕСТВО  
В МИРЕ**

*Перевод с издания М., 1975 г.*

*Ўзбекистон ССР ФА илмий-оммабон  
китоблар таҳрир ҳайъати томонидан  
наширга тасдиқланган*

Таржимон **Ҳ. У. Нурмуҳамедов**  
Муҳаррир **У. З. Зокиров**  
Техмуҳаррир **В. М. Тарахович, А. Т. Шепельков**  
Корректор **О. Абдуллаева**

ИБ № 953

Теришга берилди 17/VII-1977 й. Босишга рухсат  
этилди 5.X-1978 й. Формати 70×100<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Офсет  
қозғизга босилди, Адабий гарнитура. Офсет бос-  
ма. Шартли босма л. 3,55. Ҳисоб-наш-  
риёт л. 4,0. Тиражи 10000. Баҳоси 25 т.

Ўзбекистон ССР Нашриётлар, полиграфия ва китоб  
савдоси ишлари бўйича Давлат комитети Тошкент  
«Матбуот» полиграфия ишлаб чиқариш бирлашмаси  
офсет босма фабрикасида босилди. Тошкент,  
Усмон Юсупов кучаси, 86. Зак. 1200.