

**ԱՍՈՒԼՍԱՐԻ ԾՐԱԳՐԻ ՇՐՋԱՆԻ ՋՐԵՐԻ ԵՎ ՋԵՐՄՈՒԿԻ ԹԵՐՄԱԼ ՋՐԵՐԻ**

**ԻԶՈՏՈՊԱՅԻՆ ԿԱԶՄԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Կեչուտ-Սպանդարյան թունելից Կեչուտի ջրամբար բեռնաթափվող և Ջերմուկի ջերմային աղբյուրներ հոսող ջրերի աղբյուրները պարզելու նպատակով «Գեոթիմ» ՓԲ Ընկերության պատվերով «Գոլդեր» միջազգային կազմակերպության կողմից կատարվել են Ամուլսարի ոսկու հանքավայրի տարածքի և Ջերմուկի երկրաջերմային համալիրի շրջակայքի ստորերկրյա և մակերևութային ջրերի հիմնական իոնների և իզոտոպային կազմի ուսումնասիրություններ: Այդ նպատակով 2013թ-ի հուլիս ամսին վերցվել են ջրերի ութ նմուշներ, դրանցից հինգը մակերևութային ջրերի նմուշներ են, մեկը Ջերմուկի տաք աղբյուրից (30°C) և երկուսը՝ Ամուլսարի ստորերկրյա ջրերի աղբյուրներից (տես ՇՄԱԳ, էջ 170 աղ.2.6.128):

**Աղ.2.6.128**

**Ամուլսարի շրջանի մակերևութային, ստորերկրյա և թերմալ ջրերից վերցված նմուշների տեսակը և վերցման տեղը**

<b>Նմուշի համարը և Ջրի տեսակը</b>	<b>Վերցման տեղը</b>
AW003A, Մակերևութային ջուր	Սպանդարյանի ջրամբար
AWJ1, Մակերևութային ջուր	Արփա գետից, Ջերմուկից Արփա գետն ի վեր
AWJ4A, մակերևութային ջուր	Կեչուտի ջրամբար,
AWJ6, Մակերևութային ջուր	Կեչուտ - Սպանդարյան թունելից Կեչուտի ջրամբար բեռնաթափման կետից
AW042, մակերևութային ջուր	Գնդևազի ջրամբար
DWJ6, Խմելու ջուր	Ջերմուկի թերմալ աղբյուրից (30°C)
RCAW408, ստորերկրյա ջրեր	Ամուլսար լեռ
GGDW002, ստորերկրյա ջրեր	Ցածր գառիթափեր

Նմուշներում որոշվել են ջրածնի (դեյտերիում և տրիտիում), թթվածնի(<sup>18</sup>O) և ածխածնի (<sup>13</sup>C) իզոտոպների արժեքները: Դրանց վերլուծության հիման վրա արվել են հետևյալ եզրակացությունները՝ 1. Ջերմուկի ջրերը տարբերվում են Ամուլսարի մերձակայքի ստորերկրյա ջրերից, 2. Ջերմուկի թերմալ ջրերի տարիքը առնվազն 50 տարի է, 3. Սպանդարյան-Կեչուտի թունելի արտահոսքի ջրերը իրենց քիմիական կազմությամբ տարբերվում են Սպանդարյանի ջրամբարի ջրերից և ունեն ստորերկրյա ջրերին բնորոշ ավելի բարդ քիմիական կազմություն:

ՇՄԱԳ-ում և դրա հավելվածներում ներկայացված իզոտոպային հետազոտությունների արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ նման եզրակացություն անելու համար նշված ուսումնասիրությունները բավարար չեն կարող լինել, քանի որ բազմաթիվ գործոններով պայմանավորված իզոտոպային կազմերը կարող են փոփոխվել և իրական պատկերը ցույց չտալ: Նույն ցուցանիշներով կարելի է անել մեկ այլ եզրակացություն:

Պետք է նշել, որ Ամուլսարի տարածքի ջրերի իզոտոպային հետազոտությունների համար վերցվել են ընդամենը 8 նմուշներ, մեկ անգամ՝ 2013թ հուլիս ամսին: Հաշվետվությունում նկարագրված չեն նմուշները վերցնելու եղանակները և կատարված անալիզների մեթոդաբանությունն ու սարքավորումները:

Բոլոր 8 նմուշներում  $\delta D$ -ի արժեքները Ջերմուկի թերմալ աղբյուրինը ներառյալ, տատանվում են  $\approx -70.2 \div -85\%$ , իսկ  $\delta^{18}O$ -ինը՝  $\approx -11.7 \div -12.6 \%$  սահմաններում (տես ՇՄԱԳ, էջ 171, նկար 2.6.24):

Հայտնի է, որ կոնտինենտալ պայմաններում մետեորային ջրերում (անձրևաջուր, սառույց, ձյուն և այլն)  $\delta^{18}O$  -ի արժեքները ընկած են  $0 \div -55\%$  իսկ  $\delta D$ -ինը՝  $0 \div -420$  միջակայքերում (Зыкин, 2008): Ջրածնի և թթվածնի իզոտոպային կազմի լայն տատանման միջակայքերը կապված են աշխարհագրական լայնությից, ծովի մակարդակից ունեցած բացարձակ բարձրությունից, ջերմաստիճանից և այլ գործոններից (Craig, 1961, Hoefs, 1980, Փոք, 1989, ):

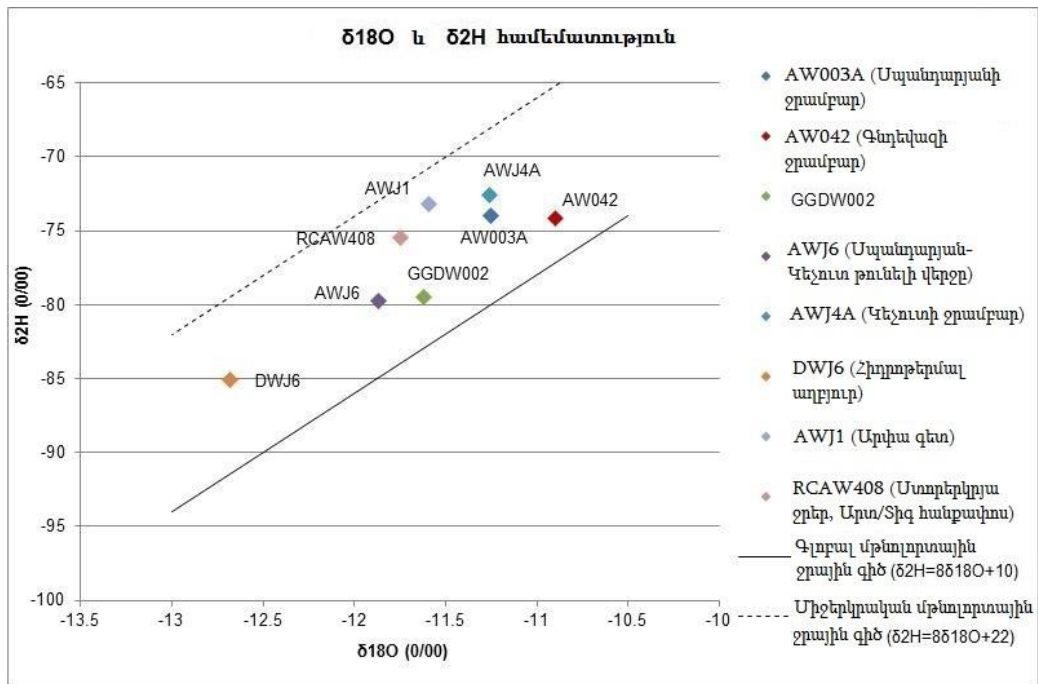
Աշխարհի տարբեր ջերմային աղբյուրների և ջրային գոլորշիների  $\delta D$  -ի և  $\delta^{18}O$  -ի արժեքների տատանումները ցույց են տալիս, որ սրանք մեծամասամբ ունեն մթնոլորտային ծագում (Craig, 1963): Ամուլսարի ծրագրի շրջանի բոլոր ութ նմուշներում  $\delta D$ -ի և  $\delta^{18}O$  -ի արժեքները նույնպես ընկած են մետեորային ջրերի սահմաններում:

Բազմաթիվ ուսումնասիրություններով հաստատված է, որ համաշխարհային մթնոլորտային ջրերում  $\delta D$ -ի և  $\delta^{18}O$  -ի արժեքները միմյանց հետ ունեն գծային կախվածություն, որն արտահայտվում է Կրեյգի հանրահայտ արտահայտությամբ՝  $\delta D \approx 8 \delta^{18}O + 10$  (Craig, 1961): Այս կապը պայմանավորված է մթնոլորտային ջրի հավասարակշռված կոնդենսացիայով, որտեղ  $\delta D$ -ի ֆրակցիոնացումը հավասարաչափ է  $\delta^{18}O$ -ին (Тейлор, 1982): Այս կախվածությունն աշխարհագրական լայնությից կախված կարող է ունենալ թեքության տարբեր անկյուններ (Каюкова, 2013): Միջերկրածովյան գոտու սահմաններում, որի սահմաններում է գտնվում ՀՀ տարածքը, Կրեյգի վերոհիշյալ կորը արտահայտվում է հետևյալ կերպ՝  $\delta D \approx 8 \delta^{18}O + 22$  (Craig, 1961): Այս կապի արտահայտությունը կոչվում է «միջերկրական մթնոլորտային ջրի գիծ, MMWL»: Ամուլսարի ծրագրի շրջանի ջրերում  $\delta D$ -ի և  $\delta^{18}O$  -ի արժեքների գծային կախվածությունը պահպանվում է սակայն Կրեյգի հավասարումը այլ տեսք ունի, որը կարելի է կոչել տեղային մթնոլորտային ջրի գիծ (LMWL):

$\delta D$ -ի որոշման սխալի չափը մոտ 10 անգամ ավելի մեծ է քան  $\delta^{18}O$ -ինը: Համաձայն (Тейлор, 1982)  $\delta D$ -ի որոշման սխալի չափը կազմում է  $\pm 1\%$  է, իսկ  $\delta^{18}O$  -ինը՝ 0,1%: D/H հարաբերության վարիացիաները բնական օբյեկտներում ավելի լայն միջակայքում են գտնվում քան  $^{18}O/^{16}O$  հարաբերության վարիացիաները, ուստի  $\delta D$  -ի  $\pm 10 \%$ -ով վարիացիաները համարվում են աննշան (Тейлор, 1982): Ամուլսարի շրջանի և Ջերմուկի թերմալ ջրերում  $\delta D$  -ի արժեքների վարիացիաները կազմում են ընդամենը 5-13% (Տես ՇՄԱԳ, նկ.2.6.24):

Աշխարհի շատ ջերմաջրերում թթվածնի և ջրածնի իզոտոպային կազմի վարիացիաների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ դրանք հիմնականում ունեն մետեորային ծագում (Craig, 1963): Ապացուցված է, որ ջերմաջրերում և ջրային գոլորշիներում  $\delta^{18}O$ -ի արժեքները ավելի բարձր են քան մետեորային ջրերում, ինչը պայմանավորված է ջրի ու ջրային գոլորշիների և սիլիկատային ու նստվածքային ապարների միջև տեղի ունեցող

փոխազդեցություններով: Նշված ապարներում  $\delta^{18}\text{O}$ -ի արժեքները առնվազն  $+5,5\text{‰}$  են (Тейлор, 1982): Ջրերի և կողային ապարների փոխազդեցության արդյունքում տեղի է ունենում թթվածնի ֆրակցիոնացում, ինչի արդյունքում ջրերը հարստանում են թթվածնի ծանր իզոտոպներով: Այդ տարբերությունը կարող է լինել 1-2 ‰ և ավելի (Тейлор, 1982):



**Նկար 2.6.24: Ջրի նմուշներում  $\delta\text{D}$ -ի և  $\delta^{18}\text{O}$ -ի կախվածությունը**

Ի տարբերություն  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  հարաբերության, ջերմաջրերում D/H հարաբերությունը իզոտոպային փոխազդեցություններով պայմանավորված չէ, քանի որ սիլիկատային ապարներում առաջնային ջրածնի պարունակությունը չափազանց ցածր է, քան այն ջրերինը, որոնք փոխազդում են ապարների հետ: Ուստի  $\delta\text{D}$ -ի արժեքները ջրերում գրեթե չեն փոխվում: Այս դեպքում ջրածնի և թթվածնի իզոտոպային կազմի կախվածության գրաֆիկի թեքության անկյան տանգենսը փոխվում է, ինչպես արձանագրվել են Ամուլսարի ծրագրի շրջանի և Ջերմուկի հանքային ջրերում:

Ամուլսարի ջրերի (նմուշներ RCAW408  $\delta^{18}\text{O} \approx -11,7\text{‰}$ ,  $\delta\text{D} \approx -75\text{‰}$  և GGDW002՝  $\delta^{18}\text{O} \approx -11,6$ ,  $\delta\text{D} \approx -80\text{‰}$ ) և Ջերմուկի երկրաջերմային ջրերի (DWJ6՝  $\delta^{18}\text{O} \approx -12,6\text{‰}$ ,  $\delta\text{D} \approx -85\text{‰}$ ) իզոտոպային կազմի համեմատումը ցույց է տալիս, որ Ջերմուկի ջրերը գրեթե չփոփոխված առաջնային մետեորային ջրեր են (շատ նման են Ամուլսարի ջրերին, տես նկ. 2.6.24) թթվածնի և ջրածնի իզոտոպային կազմի փոփոխություններ տեղի չեն ունեցել կամ այդ փոփոխությունները չափազանց թույլ են:

Ըստ ՇՄԱԳ-ի և դրա հավելվածների, բոլոր ութ նմուշներում տրիտիումը բացակայում է (տես ՇՄԱԳ, էջ 172, աղյուսակ 2.6.13): Չնայած դրան, արվում է հետևյալ եզրակացությունը՝ «...այս արդյունքները բնորոշ են կամ ժամանակակից աղբյուրներին (թարմանձրևներ/ձնհալք) կամ առաջացել են 1950թ -ից առաջ: Վերը ցուցադրված հիմնական իոնների քիմիական հատկանիշների հաշվի առնման պայմաններում, Ամուլսարի RCAW408 հորատանցքի ստորերկրյա ջրերի նմուշները ժամանակակից են՝ թարմ սնուցման, իսկ Ջերմուկի աղբյուրների ջրերն ունեն ավելի քան 50 տարվա հնություն»: Նման եզրակացությունը հիմնավորված չէ: Հնարավոր է, որ Ջերմուկի հանքային ջրերն ավելի հին են, քան Ամուլսարի

ստորերկրյա ջրերը: Մթնոլորտային ջրերը հանքային ջրի վերափոխվել են երկրակեղևի լեռնային ապարների միջով երկարատև շրջապտույտի շնորհիվ, որի արդյունքում փոխվել են առաջնային ջրերի ֆիզիկա-քիմիական պարամետրերը իսկ Ամուլսարի ջրերը շատ ավելի երիտասարդ են: Ջերմուկի ջրերը որքա՞ն հին են, հնարավոր չէ այսպիսի հետազոտություններով ասել: Սակայն իզոտոպային տվյալներից մի բան հստակ երևում է, որ Ջերմուկի թերմալ ջրերին մերձակերեսային պայմաններում թարմ մթնոլորտային ջրեր են խառնվում:

Ինչպես հայտնի է ածխածնի և նրա իզոտոպների պարունակությունները ջրերում պայմանավորված է ածխածին պարունակող նյութերի՝ մասնավորապես կարբոնատների և օրգանիզմների առկայությամբ (Hoefs, 1980, Փօր, 1989):

**Աղյուսակ 2.6.13: Տրիտիում և  $\delta^{13}\text{C}$  հետազոտությունների արդյունքներ;**

**նմուշառում հուլիս 2013թ.**

Նմուշի ID	տեղադրություն	Տրիտիում Bq/l	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
AW003A,	Սպանդարյանի ջրամբար	<10	-10,75
AW042,	Գնդևազի ջրամբար	<10	-9,34
GGDW002,	Ստորերկրյա ջրեր	<10	-11,61
AWJ6,	Սպանդարյան – Կեչուտ թունելի ակունք	<10	-6,86
AWJ4A,	Կեչուտի ջրամբար,	<10	-8,12
DWJ6,	Հիդրոջերմային աղբյուր	<10	5,54
AWJ1,	Արփա գետ	<10	-7,30
RCAW408,	Ստորերկրյա ջրեր, հանքափոսի տարածք	<10	-16,66

Ինչպես երևում է 2.6.13 աղյուսակում ամփոփված արժեքներից, բոլոր յոթ ջրերը հյուծված են ածխածնի 13 իզոտոպից, բացառությամբ Ջերմուկի հանքային ջրերի, որոնք չափազանց հարստացված են ածխածնի ծանր իզոտոպով:  $\delta^{13}\text{C}$ -ի ամենացածր արժեքները Ամուլսարի ստորերկրյա ջրերում է ստացվել: Սա բնականոն երևույթ է: Ջերմուկի թերմալ ջրերը հարուստ են կարբոնատներով իսկ մնացած ջրերը՝ հատկապես Ամուլսարի ստորերկրյա ջրերը, կարբոնատներ կա՞մ չեն պարունակում, կա՞մ չափազանց քիչ են պարունակում: Չնայած նշված հանգամանքի եթե ուշադիր նայենք աղյուսակին ապա կտեսնենք, որ Ամուլսարի ստորերկրյա ջրերը (նմուշ GGDW002,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ -11.61‰) իրենց կազմով մոտ են Սպանդարյանի (նմուշ AW003A,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ -10.75‰) ու Գնդևազի ջրամբարների ջրերին (AW042,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ - 9.34‰): Մյուս դեպքում՝ Սպանդարյան – Կեչուտի թունելի ջրերը (նմուշ AWJ6,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ - 6,86‰) նման են Կեչուտի ջրամբարի (նմուշ AWJ4A,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ -8,12‰) և Արփա գետի ջրերին (նմուշ AWJ1,  $\delta^{13}\text{C}$ ՝ -7,30 ‰), չնայած, որ նշված ջրերը բնական շրջապտույտ են ունեցել:

Պետք է նշել մի կարևոր հանգամանք ևս, այստեղ խոսքը չի գնում միայն Ամուլսարի հանքավայրի շահագործման ընթացքում հատկապես Ջերմուկի թերմալ աղբյուրների վրա ազդեցության մասին: Հայտնի է (Геология Армянской ССР, 1969), որ տարածաշրջանում բացի Ջերմուկից հայտնի են նաև բազմաթիվ այլ հանքային ջրերի աղբյուրներ, որոնց վերաբերյալ ՇՄԱԳ-ում բացարձակապես խոսք անգամ չկա:

### Հիմնական եզրակացություններ

1. Վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ Ամուլսարի ծրագրի շրջանի և Ջերմուկի թերմալ ջրերի բոլոր 8 նմուշներում  $\delta^{18}\text{O}$  –ի, և  $\delta\text{D}$  –ի արժեքները գրեթե միանման են: Նշված իզոտոպների արժեքները միանշանակ հաստատում են, որ Ջերմուկի թերմալ ջրերը խառնված են մթնոլորտային թարմ ջրերի հետ:
2. Այն մեթոդները, որոնք կիրառվել են ջրերը ուսումնասիրելու համար, չեն կարող որոշել Ջերմուկի թերմալ աղբյուրների ձևավորման տարիքը:

Այսպիսով՝ «Լիդիան Արմենիա» ՓԲ Ընկերության կողմից արված իզոտոպային հետազոտությունների արդյունքները բավարար չեն Ամուլսարի հանքավայրի ծրագրի շրջանի ջրերի և շրջանի թերմալ աղբյուրների միջև ծագումնաբանական կապը բացատրելու և Ջերմուկի թերմալ աղբյուրների ձևավորման տարիքի վերաբերյալ եզրակացություն անելու համար:

### Գրականություն

1. Алоян Г. П. «Ресурсный потенциал радиоактивного сырья Армении и перспективы его освоения», Горный Журнал, 2007, № 6,
2. Алоян Г. П. «Ураноносность геологических формаций Армении», 2010, Ереван, изд.геоид, 184с.
3. «Геология Армянской ССР». Том IX, Минеральные воды. Ереван, Изд АН АрмССР, 1969, 521 с.
4. Зыкин Н.Н. «Природа рудообразующих растворов по данным изотопного состава кислорода и водорода воды флюидных включений минералов рудных месторождений». <http://www.minsoc.ru/2009-1-75-0>
5. Каюкова «Использование стабильных изотопов для оценки элементов водного баланса». Вестник СПбГУ, сер.7, 2013, вып.4
6. Тейлор Х. П. «Изотопы кислорода и водорода в гидротермальных рудных месторождениях», в кн. «Геохимия гидротермальных рудных месторождений». Москва, Изд. «Мир», 1982, сс 200-237.
7. Фор Г. «Основы изотопной геологии». М.: Изд. Мир, 1989, 589 с.
8. Craig H. “Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen -18 in natural waters”. – Science, 1961, v.133, pp 1702-1703.
9. Craig H. “The isotopic geochemistry of water and carbon in geothermal areas”. In “Nuclear Geology on Geothermal Areas”. E. Tongiorgi, ed., Spoleto. Pisa, Consiglio Nazionale della Ricerche, Laboratorio de Geologia Nucleare, 1963, pp. 17-53.
10. Hoefs J. “Stable isotope Geochemistry”. Secnd edition. Springer – Varlag, New York, Heidelberg and Berlin, 1980, 208 p.