

**გეოთერმული ენერჯის რაციონალური გამოყენება საცხოვრებელი
შენობების თბომომარაგებისათვის**

ელენე ფანცხავა, ქეთევან ვეზირიშვილი, ქეთევან მჭედლიძე, მაია ჯიხვაძე
(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: წარმოდგენილია ცდის შედეგები, რომლებიც ეხება გეოთერმული წყლების ყველაზე უფრო რაციონალურ გამოყენებას მათი თანმიმდევრული ექსპლუატაციისას როგორც გათბობის სისტემებში, ისე ცხელი წყლით მომარაგებისათვის. დასაბუთებულია გეოთერმული წყლების კომპლექსური გამოყენების მიზანშეწონილობა, რაც სათბობის მნიშვნელოვან ეკონომიას იძლევა და აუმჯობესებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

საკვანძო სიტყვები: გეოთერმული; ექსპლუატაცია; თბომომარაგება; მინერალიზებული; ჭაბურღილი.

შესავალი

გეოთერმულ ენერჯიაზე, როგორც ერთ-ერთ განახლებულ ენერჯიაზე, მოთხოვნილების გაზრდა განპირობებულია ორგანული სათბობის მარაგის შემცირებით და იმის გამო, რომ მრავალი განვითარებული ქვეყანა ასეთი სათბობის (კირი, ნავთობი) იმპორტს ეწევა. გარდა ამისა, თბური და ატომური ენერჯეტიკა საკმაოდ არასასურველ გავლენას ახდენს ადამიანსა და გარემოზე. გეოთერმული ენერჯის გამოყენებისას აუცილებელია მისი დადებითი და უარყოფითი მხარეების გათვალისწინება.

გეოთერმული ენერჯის ძირითადი ღირსება ის არის, რომ შეიძლება მისი სათბობად გამოყენება როგორც ცხელი წყლის, ისე წყლისა და ორთქლის ნარევის სახით (გაანჩია როგორი ტემპერატურა ექნება მას).

ძირითადი ნაწილი

პლანეტის ვულკანურ რაიონებში, სადაც გეოთერმული წყლების ტემპერატურა $140 \pm 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ და უფრო მეტია, ეკონომიურად მომგებიანია გეოთერმული ენერჯით ელექტროენერჯის გამომუშავება. $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე ნაკლები ტემპერატურის მქონე მიწისქვეშა გეოთერმული წყლები, როგორც წესი, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შენობების თბომომარაგებისათვის, ცხელი წყლით უზრუნველყოფისათვის და სხვა მიზნებისთვისაც (ცხრილი 1) [1].

გეოთერმული ენერჯის გამოყენების სფერო

გეოთერმული წყლების ტემპერატურა, °C	ნამუშევარი წყლების გამოყენების არე
140 °C-ზე მეტი	ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად
100 °C-ზე ნაკლები	შენობა-ნაგებობების გასათბობად
60 °C-ის ფარგლებში	ცხელი წყლით მომარაგებისათვის
60 °C-ზე ნაკლები	სათბურების გასათბობად, გეოთერმულ საცივებელ მოწყობილობებში

გეოთერმული ენერჯის ძირითადი ნაკლი ის არის, რომ ნამუშევარი წყალი უნდა გადაიტუმბოს მიწისქვეშა ჰორიზონტში გსაცხელებლად, მეორე ნაკლი კი თერმული წყლების მაღალი მინერალიზაციაა. მსოფლიო ასოციაციის ექსპერტთა ჯგუფმა, რომელიც გეოთერმული ენერჯის საკითხებს შეისწავლის, გააკეთა შეფასება დაბალი და მაღალი ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯის შესახებ. მე-2 ცხრილში მოცემულია ჩვენი პლანეტის თითოეულ კონტინენტზე არსებული სხვადასხვა ტიპის გეოთერმული წყლის პოტენციალის მონაცემები [2].

სხვადასხვა ტიპის გეოთერმული წყლის პოტენციალის მონაცემები

დასახელება	გეოთერმული წყაროს ტიპი		
კონტინენტი	ელექტროენერჯის წარმოებისათვის მაღალი ტემპერატურის მქონე გეოთერმული ენერჯია, ტჯ/წ		დაბალი ტემპერატურის გეოთერმული ენერჯია სითბოს სახით, ტჯ/წ (ქვედა ზღვარი)
	ტრადიციული ტექნოლოგია	ტრადიციული და ბინარული ტექნოლოგია	
ევროპა	1830	3700	>370
აზია	2970	5900	>320
აფრიკა	1220	2400	>240
ჩრდ. ამერიკა	1330	2700	>120
ლათ. ამერიკა	2800	5600	>240
ოკეანეთი	1050	2100	>110
მსოფლიო პოტენციალი	11200	22400	>1400

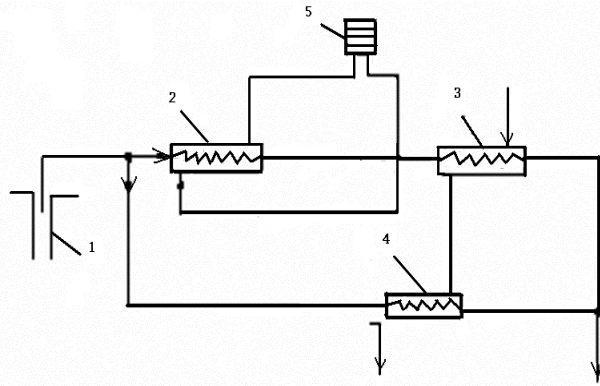
როგორც ცხრილიდან ჩანს, გეოთერმული წყაროების პოტენციალი კოლოსალურია, მაგრამ მისი გამოყენება ძალზე უმნიშვნელოდ ხდება.

საცხოვრებელი და საწარმოო შენობების გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგებისათვის საჭირო გამათბობელი წყლის ტემპერატურა არ უნდა იყოს 50–60 °C-ზე ნაკლები.

მაღალტემპერატურიანი ძლიერმინერალიზებული და დაბალტემპერატურიანი ნაკლებად მინერალიზებული გეოთერმული წყლების გამოყენება საცხოვრებელი და საწარმოო შენობების თბომომარაგებისათვის შეიძლება მიღწეულ იქნეს მისი თანმიმდევრული ექსპლუატაციისას. თავიდან მისი გამოყენება შესაძლებელია გათბობის სისტემებში, შემდეგ კი ცხელი წყლით მომარაგებისათვის. თუმცა ეს გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული, რადგან ცხელი წყლით მომარაგება მთელი წლის განმავლობაში თითქმის ერთნაირია, მაშინ როდესაც, გათბობა სეზონურია და ის დამოკიდებულია რაიონის კლიმატურ პირობებზე, გარემოს ტემპერატურაზე, წლისა და დღე-ღამის დროებზე [3].

დღეისათვის შემუშავებულია სხვადასხვა სქემა, რომელთა მიხედვითაც ხდება თერმული წყლების გამოყენება საცხოვრებელი და საწარმოო შენობების გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგების უზრუნველსაყოფად.

მაღალტემპერატურიანი ძლიერმინერალიზებული თერმული წყლებით თბომომარაგების შემათხვევაში, როდესაც წყლის ტემპერატურა 80°C -ზე მეტია, საჭირო ხდება მოწყობილობაში შუალედური თბომცვლელის გამოყენება. ასეთი სქემის პრინციპული გადაწყვეტა მოცემულია 1-ლ ნახ-ზე.



ნახ. 1. შუალედური თბომცვლელის სქემა: 1 – ჭაბურღილი; 2 – გათბობის სისტემის თბომცვლელი; 3 – ცხელი წყლით მომარაგების თბომცვლელი, I – საფეხური; 4 – ცხელი წყლით მომარაგების თბომცვლელი, II – საფეხური; 5 – გათბობის სისტემა

სქემის მიხედვით, ჭაბურღილიდან ამოსული თერმული წყლები ორ პარალელურ ხაზად იყოფა. ერთი ნაწილი მიემართება გათბობის თბომცვლელში და შემდეგ I საფეხურის წყლის გამაცხელებელში, რათა შემდეგ განხორციელდეს ცხელი წყლით შენობის მომარაგება; მეორე ხაზი კი მიემართება II საფეხურის თბომცვლელში. იმისათვის, რომ თავიდან იქნეს აცილებული მიღგაყვანილობის გაბინდვა, თერმული წყლები გამოყენებული უნდა იქნეს შუალედური თბომცვლელის საშუალებით. მაღალმინერალიზებული წყალი ჭაბურღილიდან მიემართება მომხმარებელთან, ხოლო თერმული წყლებიდან გამოყოფილი მარილები ილექება რეზერვუარსა და კლანილა მილებში. ასეთი სქემის ნაკლი ის არის, რომ ხდება თერმული წყლის პოტენციალის შემცირება.

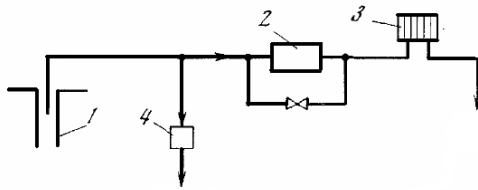
ზემოთ წარმოდგენილი სქემის მიხედვით კურორტ „ნაღჩიკში“ (ყაბარდო-ბალყარეთი) ხორციელდებოდა თერმული წყლების მხოლოდ ბალნეოლოგიური მიზნებისათვის გამოყენება. ღრმა ჭაბურღილებში აღმოჩენილი მაღალტემპერატურიანი წყლით შესაძლებელი გახდა საცხოვრებელი სახლების, საწარმოო შენობებისა და სასათბურე მეურნეობის გათბობა. 78°C ტემპერატურის მქონე წყალი ჭაბურღილიდან მიემართება „მილი მილში“ ტიპის თბომცვლელში. აქ იგი თავისი სითბოს ნაწილს გადასცემს ხისტ წყალს, რომელიც შემდეგ მიღებით მიეწოდება როგორც საცხოვრებელ და საწარმო შენობებს ცხელი წყლით მომარაგებისათვის, ისე სასათბურე მეურნეობებსაც, სადაც ხდება წელიწადში ორი მოსავლის მიღება. $37-38^{\circ}\text{C}$ -მდე გაგრილებული თერმული წყლების ძირითადი მომხმარებელია ბალნეოლოგიური სამკურნალო დაწესებულებები.

მაღალტემპერატურიანი ნაკლებად მინერალიზებული თერმული წყლებით თბომომარაგების შემთხვევაში, როდესაც წყლის ტემპერატურა 80°C -ზე ნაკლებია, საჭირო ხდება თერმული წყლის პოტენციალის ამაღლება, რაც შესაძლებელია სხვადასხვა მეთოდით, რომელთაგან უმთავრესია:

- თერმული წყლების მიწოდება პარალელურად გათბობისა და ცხელი წყლით მომარაგებისათვის და გამათბობელი წყლის პიკური შეცხელება;
- გეოთერმული თბომომარაგების სისტემის შექმნა.

პირველი სქემის თანახმად ჭაბურღილიდან თერმული წყალი შედის ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში და პარალელურად – პიკურ საჭეაბეში, სადაც ცხელდება იმ ტემპერატურამდე, რომელიც შეესაბამება მეტეოროლოგიურ პირობებს და შემდეგ გადადის გათბობის სისტემაში. მე-2 ნახ-ზე წარმოდგენილი სქემის გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია მაშინ, როცა გეოთერმული თბომომარაგება ხორციელდება გათბობასა და ცხელი წყლით მომარაგებაზე იქ, სადაც ჭაბურღილების გაბურღვა გაცილებით ძნელია და ძვირი ჯდება; პიკური საჭეაბე კი ჭაბურღილების რაოდენობის შემცირების საშუალებას იძლევა.

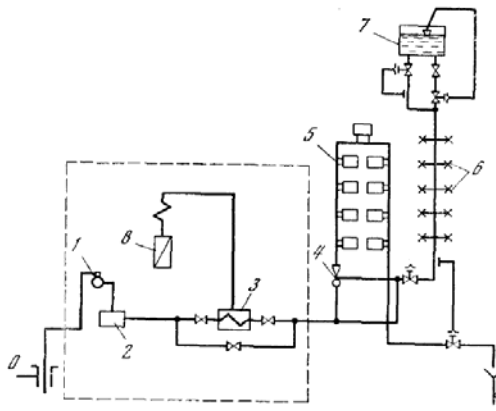
მეორე სქემა წარმოადგენს უფრო რთულ ვარიანტს, ვიდრე წინა. აქ ჭაბურღილიდან წამოსული თერმული წყალი ცხელდება 160–200 °C-მდე, რაც თბურ ქსელსა და ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში წყლის ტემპერატურის გათანაბრების საშუალებას იძლევა.



ნახ. 2. წყლის პიკური გამაცხელებელი დანადგარის (საჭეაბის) პრინციპული სქემა:

- 1 – ჭაბურღილი; 2 – პიკური გამაცხელებელი; 3 – გათბობის სისტემა; 4 – ავზ-აკუმულატორი

მე-3 ნახ-ზე მოცემულია გეოთერმული თბომომარაგების სისტემის სქემა. ჭაბურღილიდან (0) თერმული წყალი ჯერ საჭეაბეში (8) ხვდება, შემდეგ დეგაზატორისა (1) და წყლის ქიმიური გამწმენდის (2) გავლით გათბობის სისტემაში, ანუ გადადის გამაცხელებელში (5). აქედან გაცხელებული წყალი მიემართება საცხოვრებელ სახლებში. ცალკეული სახლების სააბონენტო მიმღებს აქვს შემრევი (9), სადაც ხდება ქსელური წყლისა და გათბობის სისტემიდან გამოსული ნამუშევარი წყლის ერთმანეთთან შერევა. საჭირო ტემპერატურის მქონე ნარევი თანმიმდევრობით გაივლის გათბობის სისტემას (5) და შემდეგ მთლიანად იხარჯება ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში (6).



ნახ. 3. გეოთერმული თბომომარაგების სისტემის სქემა: 0 – ჭაბურღილი;

- 1 – დეგაზატორი; 2 – წყლის ქიმიური გამწმენდი; 3 – წყალგამაცხელებელი;
4 – შემრევი; 5 – გათბობის სისტემა; 6 – ცხელი წყლით მომარაგების სისტემა;
7 – ავზ-აკუმულატორი; 8 – საჭეაბე

ამ სქემაში გათვალისწინებულია ნამუშევარი წყლის სისტემიდან საკანალიზაციო ქსელში გადაღვრა. ამასთან, დაყენებულია ავზ-აკუმულატორი (7) ერთი ან რამდენიმე შენობისათვის.

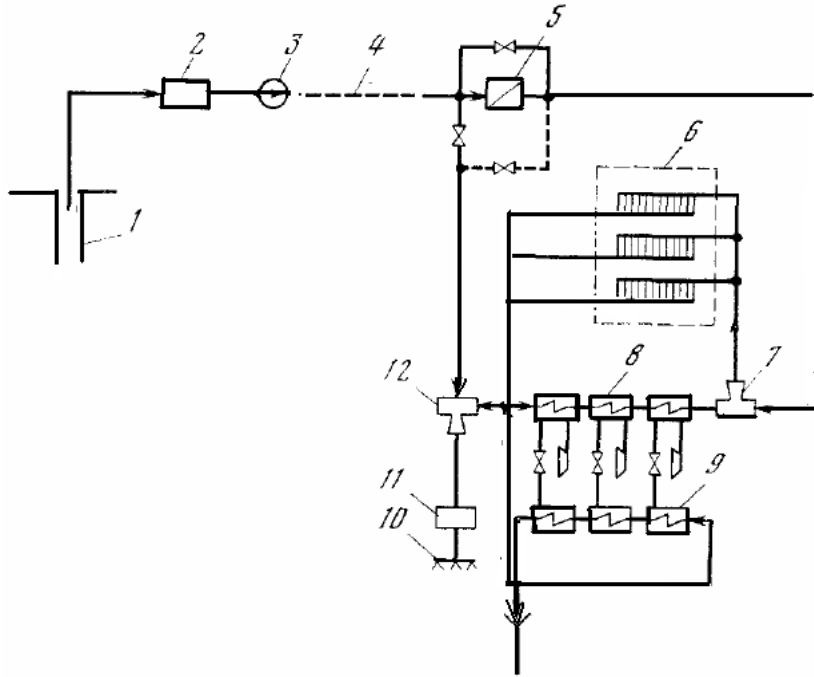
გარემოს ტემპერატურის მომატებისას წყლის ხარჯი შემცირდება რჩება მუდმივი. სპეციალური გადამრთველით წყლის ნაწილი მიემართება ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში ისე, რომ არ გაივლის გათბობის სისტემას. რეგულატორის მეშვეობით წყლის ტემპერატურა მუდმივია გათბობის მთელი სეზონის განმავლობაში. ზაფხულის პერიოდში თერმული წყლები მიეწოდება ცხელი წყლით მომარაგების სისტემას გამაცხელებლის გვერდის ავლით.

ასეთი სქემით შესაძლებელია თერმული წყლის ტემპერატურის გამოყენება, ჭაბურღილების რაოდენობის მინიმუმამდე შემცირება, გარდა ამისა, როგორც თბური ქსელების დიამეტრისა და მათი განფენილობის, ისე გათბობის სისტემის ლითონშემცველობის შემცირება. მაგრამ ასეთ სისტემაში პიკური გამაცხელებელი (საქვაბე) გარდაიქმნება ბაზისურ გენერატორად გათბობის მთელი სეზონის განმავლობაში. აქედან გამომდინარე, იზრდება საქვაბის დადგმული სიმძლავრე და სათბობის ხარჯი. არსებობს მოსაზრება, რომ გაცხელებისას წყლის ტემპერატურა არ უნდა აღემატებოდეს 100°C -ს, რათა არ მოხდეს კოროზიისა და მინადულის წარმოქმნა. ამ შემთხვევაში უკეთესია მოეწიოს ორმილიანი გამანაწილებელი ქსელი. ეს კი დამატებითი ფაქტორია, რომელიც ამცირებს სისტემის ეფექტიანობას. ამიტომაც საჭიროა მოცემული სქემით მუშაობისადმი კრიტიკული მიდგომა და მისი შერჩევა ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში დასაბუთებული უნდა იქნეს ეკონომიკური გაანგარიშებით.

მე-4 ნახ-ზე მოცემულია თბურ ტუმბოებიანი და პიკური გამაცხელებლით აღჭურვილი კომპლექსური გეოთერმული თბომომარაგების სისტემა, რომელიც გამოირჩევა ჩამოსაშვები წყლის სითბოს ტრანსფორმაციითა და კარგი რეგულირებით. წყალი წყაროდან (1) გაივლის გამწმენდს (2), ტუმბოების (3) საშუალებით Q_a რაოდენობით გადაიტყორცნება ერთმილიან თბურ მილში (4) და მიემართება მომხმარებელთან t_a ტემპერატურით. წყლის ერთი ნაკადი (Q_1) ცხელდება პიკურ საქვაბეში (5) t_n ტემპერატურამდე და იქიდან ხვდება შემრევეში (7), სადაც მას შეერევა ნამუშევარი წყალი, რომელიც წინასწარ არის შეცხელებული თბური ტუმბოს კონდენსატორში (8) t_g ტემპერატურამდე. ნამუშევარი წყალი t_0 ტემპერატურით გათბობის სისტემის შემდეგ იყოფა სამ ნაკადად. ერთი ნაწილი (Q_3) მიემართება ტუმბოს კონდენსატორისა (8) და შემრევისაკენ (7), მეორე ნაკადი – თბური ტუმბოს ამართქლებლისაკენ (9), სადაც ცივდება t_x ტემპერატურამდე და გადაიდვრება. მესამე ნაწილი შედის შემრევეში (12), საიდანაც t_r ტემპერატურის მქონე Q_r რაოდენობის წყალი გადადის ავზ-აკუმულატორსა (11) და ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში (10).

წყაროდან წყლის მეორე ნაკადი (Q_2), B_1 ვენტილის გავლით მიეწოდება შემრევეს (12) და ცხელი წყლით მომარაგების ქსელს. თუ გეოთერმული წყლის ტემპერატურა t_r ტემპერატურაზე ნაკლები იქნება, მაშინ წყალი გაცხელება საქვაბეში (5) t_r ტემპერატურამდე და B_2 ვენტილის გავლით მოხვდება ცხელი წყლით მომარაგების სისტემაში Q_r რაოდენობით.

გამათბობელი კოეფიციენტის ამაღლებისა და ტემპერატურის უფრო ოპერატიულად რეგულირების მიზნით წყლის ტემპერატურის თბური ტუმბოების აგრეგატები სისტემაში ჩაერთვება მიმდევრობით ისე, რომ კონდენსატორში (8) წყლის შეცხელება და ამართქლებელში (9) გაცივება განხორციელდეს რამდენიმე საფეხურად.



ნახ. 4. თბურტუმბოებიანი და პიკური გამაცხელებლის მქონე კომპლექსური გეოთერმული თბომომარაგების სქემა: 1 - ჭაბურღილი; 2 - წყლის გამწმენდი; 3 - ტუმბოების სადგური; 4 - ტრანზიტული მილსადენი; 5 - პიკური გამაცხელებელი; 6 - გათბობის სისტემა; 7 და 12 - შემრევი; 8 - კონდენსატორი; 9 - ამორთქლებელი; 10 - ცხელი წყლით მომარაგების სისტემა; 11 - ავზ-აკუმულატორი

გარემოს ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად წყლის ტემპერატურის რეგულირება ხდება პიკური საქვებით, მაშინ როდესაც თბური ტუმბოების თბომწარმოებლურობა და ჭაბურღილიდან წყლის ამოღებაზე მოთხოვნა რჩება უცვლელი. პიკური საქვების გამორთვის შემდეგ რეგულირება ხდება თბური ტუმბოების საშუალებით. ეს უზრუნველყოფს წლიურ გრაფიკში ჭაბურღილიდან თანაბარი რაოდენობით წყლის ამოღების მოთხოვნას.

ასეთ სისტემაში გეოთერმული წყლის სითბოს გამოყენების წილი მით უფრო მეტია, რაც უფრო ნაკლებია ტემპერატურა გათბობის სისტემაში. ამიტომ აქ მიზანშეწონილია კონვექტორული ან პანელური გათბობის სისტემის გამოყენება, სადაც საანგარიშო ტემპერატურა იქნება 40–45 °C.

დასკვნა

ამ სისტემის უდრენაჟო სისტემასთან შედარებამ ცხადყო, რომ გეოთერმული წყლების კუთრი ხარჯი თერმოტრანსფორმატულ სქემასთან შედარებით თითქმის 2-ჯერ მეტია, ვიდრე დრენაჟის არმქონე სისტემაში; ამასთან, ეფექტიანობის კოეფიციენტიც უფრო დიდია. თბური დანადგარების ჯამური წილი წლიურ თბურ ბალანსში მინიმალურია. ეს გარემოება იმის პირობას ქმნის, რომ მოცემული სქემის გამოყენება უმჯობესია იმ რაიონებში, სადაც სათბობის გადაზიდვის ხარჯები მეტია ჭაბურღილების გაბურღვის ხარჯებზე.

ჩვენი ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის ახლანდელი დაძაბული მდგომარეობის პირობებში გეოთერმული წყლების სითბოს გამოყენება საყოფაცხოვრებო-კომუნა-

ლური მიზნებისათვის, სოფლის მეურნეობაში სათბურების მოსაწყობად, სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესის სითბოთი და სიცივით მომარაგებისათვის, დიდად შეუწეობს ხელს საქართველოს ცალკეული რეგიონების ენერგომომარაგების გაუმჯობესებას.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ე. ფანცხავა, ქ. მჭედლიძე. გეოთერმული ენერჯის მსოფლიო პოტენციალი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, 23–25 ოქტომბერი, 2015.
2. გეოთერმული წყლები ენერგოდამზოგი პოლიტიკის გატარების ჭრილში//საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (სსს), №3 (vol.75). 2015, GEN ISSN 1512-0287.
3. Конеченков А. Е. Новые энергетические директивы ЕС//Элеетропанорама, №6, 2003.

RATIONAL USE OF GEOTHERMAL ENERGY FOR HEAT SUPPLY OF RESIDENTIAL HOUSES

E. Pantskhava, K. Vezirishvili, K. Mchedlidze, M. Jikhvadze

(Georgian Technical University)

Resume: There are presented the results of tests related to the smartest use of geothermal waters during their consecutive exploitation both in heating systems and for hot water supply are presented. The expediency of combined use of geothermal waters, that provides the considerable economy of fuel and improves ecological status of the environment is substantiated, as well.

Key words: bore-hole; exploitation; geothermal; heat supply; mineralized.

ЭНЕРГЕТИКА

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Панцхава Э. В., Везиришвили К. О., Мchedlidze К. Г., Джихвадзе М. Дж.

(Грузинский технический университет)

Резюме. Представлены результаты опытов касательно самого рационального применения геотермальных вод при их последовательной эксплуатации как в отопительных системах, так и для снабжения горячей водой. Обоснована целесообразность комплексного применения геотермальных вод, что дает значительную экономию топлива и улучшает экологическое состояние среды.

Ключевые слова: геотермальный; минерализованный; теплоснабжение; скважина; эксплуатация.