

UDC 594

SCOPUS CODE 1911

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-93-115>

## ნაპრალოვან -კავერნული ტიპის ნავთობის საბადოების გაწყლოვანების კანონზომიერებების შესახებ

<b>გიორგი დურგლიშვილი</b>	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი, საქართველო E-mail: gogitadurghlishvili@gmail.com
<b>მეველუდ შარიქაძე</b>	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი, საქართველო E-mail: mevshar@mail.ru
<b>ნიკოლოზ დურგლიშვილი</b>	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის I კურსის დოქტორანტი, საქართველო E-mail: nikoloz.durghlishvili@gmail.com

### რეცენზენტები:

**ნ. ჯიქია**, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: niazjikia@gtu.ge

**ნ. მაჭავარიანი**, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამთო-გეოლოგიური და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: n\_machavariani@gtu.ge

**ანოტაცია.** ნავთობმომპოვებელი ჭაბურღილების გაწყლოვანების მექანიზმი განპირობებულია ფენის წყლის და ნავთობის კონტაქტის ზედაპირის დეფორმაციით, რომელიც გადაადგილდება დაბალი წნევის მიმართულებით – ჭაბურღილისკენ. ვერტიკალურ ჭაბურღილებში ფენის წყლის კონუსი ვითარდება ვერტიკალური მიმართულებით, წყლისა და ნავთობის კონტაქტის თანდათანობითი აწევით ჭაბურღილის სანგრევისკენ. ჰორიზონტალურ

ჭაბურღილებში შემოჭრილი ფენის წყლის გეომეტრია ტრაპეციულია და ხასიათდება არათანაბარი კონფიგურაციით; იგი ყალიბდება ჰორიზონტალური ლულის გასწვრივ, ფენაში ნაპრალოვანი სისტემების გადაკვეთით და მათზე ჰიდრავლიკური დეპრესიის ზეგავლენით.

თბილისის მიმდებარე ნავთობგაზიანი რაიონის შუაეოცენურ ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში განვითარებული ნაპრალოვან-კავერნული კოლექტორების ათვისებისა და ჭაბურღილის ოპტიმალური

ექსპლუატაციის სტრატეგიის შერჩევის მიზნით შევისწავლეთ ნინოწმინდის ბუდობში (საგარეჯოს მუნიციპალიტეტი), ერთი წერტილიდან გაბურღილი ჭაბურღილის ორი – ვერტიკალური (№96) და ჰორიზონტალური (№96z) ლულეებით ექსპლუატაციის პროცესში გაწყლოვანების კანონზომიერებები. როგორც გაირკვა, ორივე ჭაბურღილში, პროდუქტიულ ფენაზე მიყენებული ჰ.დეპრესიის სიდიდე, მეტწილად, აღმატებოდა დასაშვებ ნორმას, რამაც, სხვა ფაქტორებთან ერთად, გამოიწვია ფენის წყლის ნაადრევი შემოჭრა ჭაბურღილების ლულეებში. შედეგად გაწყლოვანებული ადმოჩნდა მატრიცულ ფორებში არსებული, დრენაჟის შემცირებული უნარის მქონე ნავთობის მთელანები (უბნები).

ბურღვის, გეოლოგიური, პეტროფიზიკური, სა-რეწაო-გეოფიზიკური, ბიტუმინოლოგიური, ჰიდროდინამიკური და საექსპლუატაციო მონაცემების კომპლექსური ანალიზი საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ არა მარტო №96 და 96z ჭაბურღილების უბნის, არამედ მთელი ნინოწმინდის შუა-ეოცენური ბუდობის კოლექტორების ენერგეტიკული პოტენციალი და ნავთობის რესურსი სრულად ამოწურული არ არის - დარჩენილია ამოსაღები მთელანები შედარებით დაბალგამტარ ზონებში (ძირითადად, მატრიცაში), რომლებშიც ნავთობის ფილტრაცია შეზღუდულია ნაპრალობის არასრულფასოვანი კომუნიკაციით და ადგილობრივი კაპილარული ბარიერებით. შესაბამისად, ახალი ჰორიზონტალური და დახრილ-მიმართული ჭაბურღილების ბურღვა ასეთ უბნებში მიზანშეწონილია ნავთობის მოპოვების გაზრდის თვალსაზრისით.

**საკვანძო სიტყვები:** გაზი; ექსპლუატაცია; ვერტიკალური ჭაბურღილი; მატრიცა; ნავთობი; ნაპრალები; ტუფი; ფენის წყლის კონუსი; ჰიდროდინამიკური დეპრესია; ჰორიზონტალური ჭაბურღილი.

## შესავალი

ნაპრალოვან-კავერნული კოლექტორები ფართოდაა გავრცელებული მასიური ტიპის ნავთობ-გაზიან საბადოებში და წარმოადგენს კვლევის და ეფექტური ათვისების მნიშვნელოვან ობიექტს. მათთვის, მეტწილად, დამახასიათებელია ფილტრაციული პარამეტრების მკვეთრი არაერთგვაროვნება (ანიზოტროპულობა) სხვადასხვა მიმართულებით. ასეთი კოლექტორების საწყისი დებიტი მაღალია, თუმცა სწრაფად იცვლება (კლებულობს) ფენის წყლის და გაზის ცალკეული ფაზის ზრდის გამო, რაც ართულებს ჭაბურღილების გრძელვადიან, სტაბილურ ექსპლუატაციას.

ნაპრალობის სისტემებში, განზომილების მიხედვით, ზოგადად არჩევენ მაკრო- და მიკრონაპრალებს. მაკრონაპრალები განაპირობებს ჭაბურღილების მაღალ პროდუქტიულობას და ფენის წყლის ფრონტის სწრაფ გადაადგილებას ჭაბურღილის მიმართულებით, რაც ხშირად ამცირებს ნავთობის მოპოვების ეფექტურობას. მიკრონაპრალები კი, ფაქტობრივად, შუალედური სისტემაა მატრიცასა და მაკრონაპრალებს შორის. ისინი მატრიცაში უფრო ხშირია და ქმნიან ქსელს, რომელიც ზრდის სითხის თანდათანობით გადასვლის ეფექტურობას მაკრონაპრალებში, რაც ხელს უწყობს ჭაბურღილიდან

პროდუქციის სტაბილურ და ხანგრძლივ მოპოვებას (შედარებით დაბალი დებიტის პირობებში).

მაკრო- და მიკრონაპრალთა სისტემები არაერთგვაროვნად მოქმედებს ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ჭაბურღილებში. კერძოდ, მაკრონაპრალოვანი სისტემის არსებობა ჭაბურღილების გეოლოგიურ ჭრილებში, მაღალ დებიტებთან ერთად, ხშირად განაპირობებს პროდუქციის გაწყლოვანებას და მოპოვების დინამიკის მკვეთრ ცვლილებებს.

ნავთობმომპოვებელი ჭაბურღილების გაწყლოვანება საბადოს დამუშავების თანამდევ პროცესია. მას იწვევს როგორც ნავთობის და ფენის წყლის კონტაქტის იდეალურად ჰორიზონტალური გადაადგილება ჰიდრომეტრიულად ზემოთ, ისე წყლის კონუსის შემოჭრა ჭაბურღილის სანგრევში. ცალკეულ ჭაბურღილებში ფენის წყლის კონუსის ჩამოყალიბება ხდება მაშინ, როდესაც ჰიდროდინამიკური დეპრესია (ჰ.დეპრესია) იმდენად იზრდება, რომ მის მიერ გამოწვეული აღმავალი ძალა ჭარბობს საპირისპირო ვექტორის მქონე გრავიტაციის შემაკავებელ ქმედებას (1. Okon, A. N. Water coning in fractured reservoirs. 2012, September).

ფლუიდის მოძრაობის (მათ შორის საბურღი ხსნარის) დინამიკა **მატრიცულ ფოროვან გარემოში** ძირეულად განსხვავდება ნაპრალოვანი გარემოვან. გეომეტრიული წარმოსახვით, მატრიცა, ნაპრალოვან გარემოსთან შედარებით, გაცილებით დიდია, ხასიათდება მაღალი ფორიანობით და დაბალი შეღწევადობით. ამის გამო ფლუიდის ფილტრაცია დიდ წინააღმდეგობას აწეობს და სითხე შედარებით ნელა მოძრაობს ფოროვან გარემოში. ასეთ ვითარებაში ნავთობის მოპოვება ჭაბურღილიდან

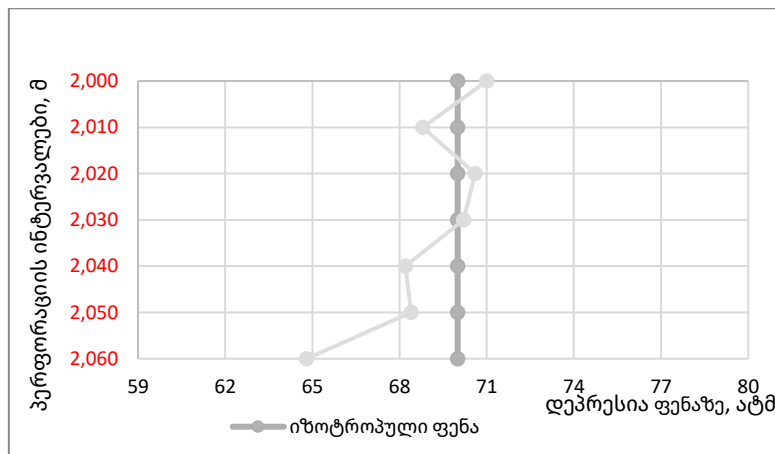
წარმოებს სტაბილურად დაბალი დებიტით, მაგრამ ხანგრძლივი დროით.

**ნაპრალოვანი გარემო** ხასიათდება მაღალი შეღწევადობით, შესაბამისად, ჭაბურღილების დებიტი თავდაპირველად დიდია, რაც გამოწვეულია ნაპრალეებში არსებული ფლუიდის სწრაფი გადაადგილებით. შემდგომში ნავთობის დებიტი კლებულობს, ვინაიდან მატრიციდან ნაპრალში სითხის გადადინების სიჩქარე მცირეა; ექსპლუატაცია წარმოებს მოკლე დროში, მაღალი დებიტით, რასაც მოჰყვება ჭაბურღილის პროდუქციის სწრაფი გაწყლოვანება. მატრიცასა და ნაპრალს შორის მოძრავი ფლუიდის მასის გადაცემის ინტენსივობა დამოკიდებულია  $\sigma$  - გეომეტრიული ფორმის ფაქტორზე, მისი განზომილებაა –  $1/m^2$  და განსაზღვრავს რამდენად სწრაფად ტოვებს სითხე მატრიცას და გადადის ნაპრალში (Rostami, P., Sharifi, M., & Dejam, M. (2019, January). ნაპრალეების ზომებისა და გავრცელების არეალის დასადგენად საჭიროა დამატებითი გეოფიზიკური და ჰიდროდინამიკური კვლევების ჩატარება.

წინამდებარე სტატიაში მოცემულია ნინოწმინდის გაზ-ნავთობიანი ბუდობის ერთი და იმავე ჭაბურღილის გაწყლოვანების პროცესის ანალიზი, თავდაპირველად ვერტიკალურ (№96), ხოლო შემდგომ ჰორიზონტალურ (№96z) ლულაში. მიღებული შედეგები შეიძლება გამოვიყენოთ ნაპრალოვან-კავერნული კოლექტორების ათვისების და საბადოს ოპტიმალური დამუშავების სტრატეგიის განსაზღვრისთვის. ამასთან დაკავშირებით მოკლედ განვიხილოთ ფენიდან ფლუიდის მოდინებისა და სატუმბ-საკომპრესორო მილების (სსმ-ის) ჭაბურღილში ჩაშვების სიღრმის დამოკიდებულების საკითხები.

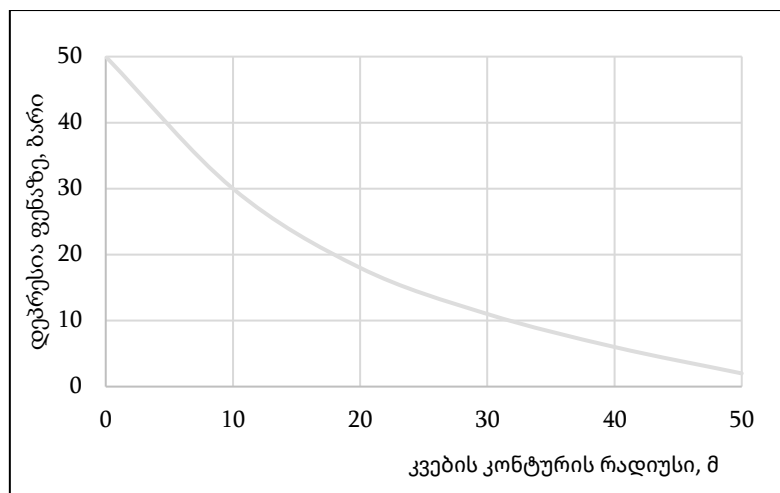
ვერტიკალური ჭაბურღილის ექსპლუატაციის შემთხვევაში, ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობა ფენაში, ლულის გასწვრივ, პრაქტიკულად უცვლელია (სურ. 1). შესაბამისად, თუ ფენა იზოტროპულია (ერთგვაროვანია), სითხე, გახსნილი ინტერვალის ყველა წერტილიდან თანაბრად შემოდის საექსპლუატაციო კოლონაში, ხოლო არაერთგვაროვანი ფენის შემთხვევა-

ში შემოსული ფლუიდის მოცულობა დამოკიდებულია გეოლოგიური ჭრილის ცალკეული ზონის ფილტრაციულ პარამეტრებზე, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ჰ.დეპრესიის განსხვავებული მნიშვნელობების ჩამოყალიბებას ვერტიკალური ჭაბურღილის სხვადასხვა ინტერვალში (სურ. 1).



სურ. 1. ჰ.დეპრესიის სიდიდის ცვლილება ფენაზე ვერტიკალური ჭაბურღილის ცალკეულ ინტერვალებში (იზოტროპული და ანიზოტროპული ფენები).

ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობა ვერტიკალური ჭაბურღილის ცენტრიდან კვების კონტურის მიმართულელებით (ლატერალურად) მცირდება (სურ. 2).



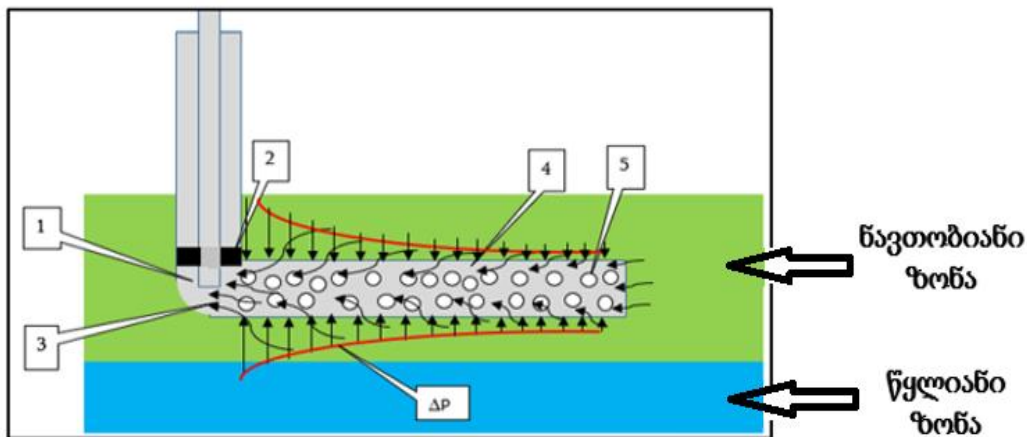
სურ. 2. ჰ.დეპრესიის დამოკიდებულება ფენაზე ვერტიკალურ ჭაბურღილში ლატერალური მიმართულებით.

ჰ.დეპრესიის სიდიდე, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ჭაბურღილების ლულის პროფილის სხვადასხვა მონაკვეთში, მნიშვნელოვნად მოქმედებს გაწყლოვანების პროცესზე, რასაც ქვემოთ შედარებით ვრცლად შევხებით.

**ჰორიზონტალური ჭაბურღილის** ექსპლუატაციის პროცესში, სითხის შემოსვლა ლულაში, არათანაბარია, რაც გამოწვეულია როგორც კოლექტორის არაერთგვაროვნებით, ისე ჰ.დეპრესიის გავლენით პროდუქტიულ ფენაზე. ჰ.დეპრესიის ზემოქმედება ფენაზე დამოკიდებულია სსმ-ის ბუნის ჩაშვების სიგრძეზე ჰორიზონტალურ ლულაში.

განვიხილოთ სამი შემთხვევა ერთგვაროვანი ფენისთვის, სადაც ნაჩვენებია სსმ-ის ჩაშვების განსხვავებული სიდიდე (სიგრძე) და ამ უკანასკნელის გავლენა ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობაზე (Aliyev, Z. S., & Kotlyarova, E. M. 2015).

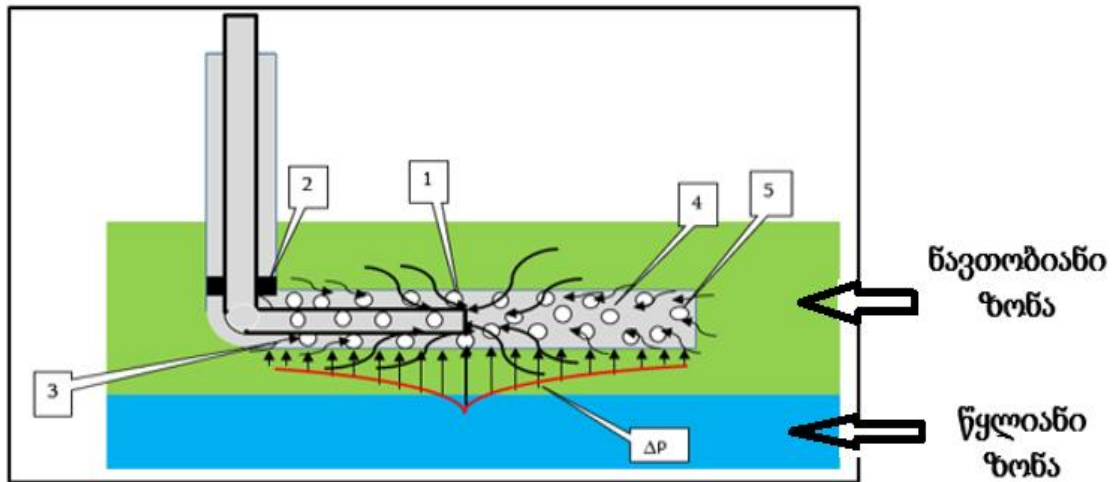
**I.** როდესაც სსმ განთავსებულია ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისში (სურ. 3), ჰ.დეპრესიის მაქსიმალური მნიშვნელობა ფენაზე იქნება სსმ-ის ბუნის ბუნის, (1) წერტილში. ერთგვაროვანი ფენის შემთხვევაში, რაც მეტად დავშორდებით სსმ-ის ბუნის, მით უფრო შემცირდება ჰ.დეპრესია ფენაზე და, შესაბამისად, სითხის ფილტრაციის სიჩქარე ფენიდან ჭაბურღილის მიმართულებით.



სურ. 3. სსმ-ის ბუნის მოთავსებულია ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისში აქ და ქვემოთ მოცემულ მე-4 და მე-5 სურათებზე:  
1-სსმ-ის ბუნის, 2-პაკერი, 3-სითხის ნაკადის მიმართულება, 4-ჰორიზონტალური ლულა, 5-პერფორაციის ხვრელები,  $\Delta P$  - ჰ.დეპრესიის განაწილების მრუდი.

**II.** სსმ-ის ბუნის განთავსებულია ჰორიზონტალური ლულის შუაში (სურ. 4). ფენაზე მიყენებული ჰ.დეპრესიის მაქსიმალური მნიშვნელობა იქნება (1) წერტილში. ერთგვაროვანი ფენის შემთხვევაში,

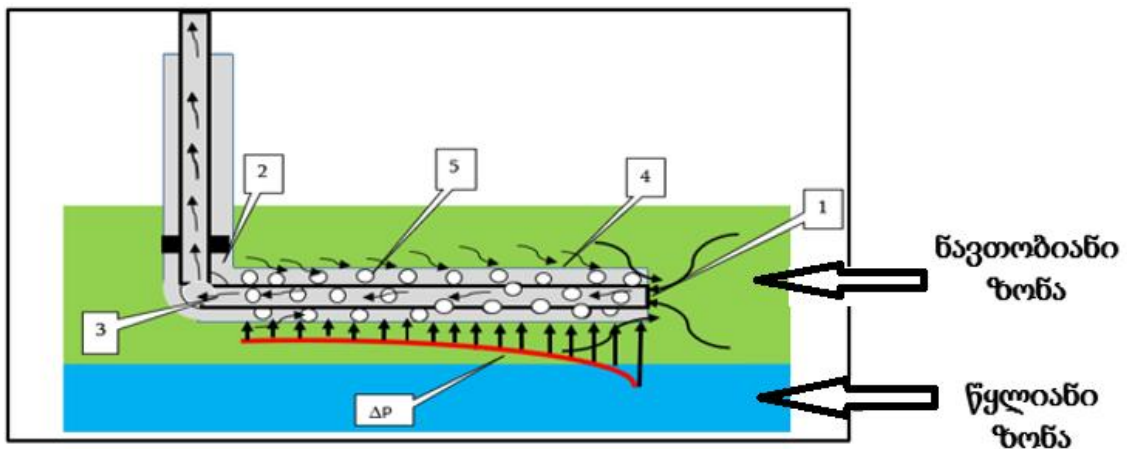
ლულაში შემომავალი სითხის ნაკადის სიდიდე თანაბარი იქნება როგორც ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისში, ისე მის ბოლოში.



სურ. 4. სსმ მოთავსებულია ჰორიზონტალური ლულის შუაში.

III. სსმ-ის ბუნიკი მდებარეობს ჰორიზონტალური ლულის ბოლოში (სურ. 5). ამ შემთხვევაში მაქსიმალური ჰ.დეპრესია ფენაზე იქნება სსმ-ის

ბუნიკთან, (1) წერტილში. სითხის ძირთადი ნაკადი შემოვა ჰორიზონტალური ლულის ბოლოდან.



სურ. 5. სსმ მოთავსებულია ჰორიზონტალური ლულის ბოლოში

მე-6 სურათზე მოცემულია კონკრეტულ ჰორიზონტალურ ჭაბურღილში ჩატარებული ჰიდროდინამიკური კვლევის მონაცემებზე დაყრდნობით გაანგარიშებული ჰ.დეპრესიის სიდიდის მნიშვნელობა ჰორიზონტალური ლულის სიგრძეზე, როდესაც სსმ ჩაშვებული იყო ამავე ლულის

დასაწყისში. ანგარიშის დროს გამოვიყენეთ ექსპონენციალური ტიპის ემპირიული დამოკიდებულება ჰორიზონტალურ ჭაბურღილებში წნევის განაწილების ილუსტრაციისათვის, როცა სსმ ქმნის ლოკალურ დეპრესიას:  $P_x = P_0 * e^{-\frac{(x-x_{სსმ})}{\lambda}}$ , სადაც:

$P_x$  არის დეპრესიის სიდიდე სსმ-ის მდებარეობის ადგილას;

$P_0$  – ფენის წნევა ჰორიზონტალურ ლულაში;

$x$  – ჭაბურღილის ლულის სიგრძე;

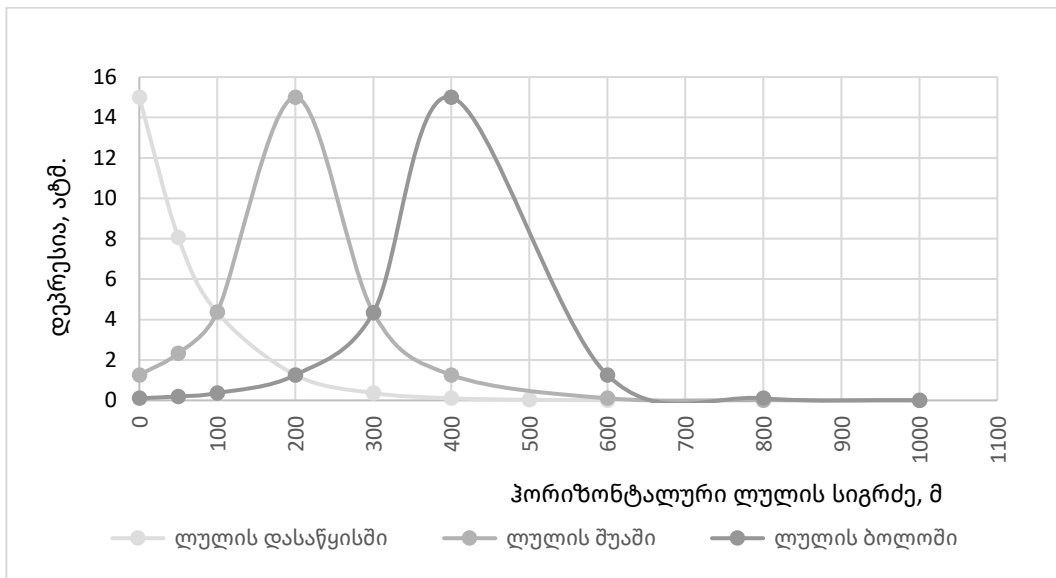
$x_{სსმ}$  – სსმ-ის ჩაშვების წერტილი;

$\lambda$  – დეპრესიის გავრცელების სიგრძე.

აღნიშნული ფორმულის საშუალებით ჰიპოთეტურად განისაზღვრა ჰ.დეპრესიის განაწილების სურათი სსმ-ის ჰორიზონტალური ლულის დასაწყ-

ისში, შუაში და ბოლოში განთავსების შემთხვევაში. მოცემულ ანგარიშში ხახუნზე დანაკარგები უგულვებელყოფილია (Joshi, S. D. (1991). Horizontal well technology (p. 535)).

მოცემულ მაგალითში ჰორიზონტალური ლულის სიგრძეა 400მ. ჩვენ გავიანგარიშეთ ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობა ფენაში ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისიდან 50მ, 100მ, 200მ, 300მ, 400მ და 600მ, 800მ, 1000 მ-ის დაშორებით (იხ. სურ. 6).



სურ. 6. ჰ.დეპრესიის განაწილება ჰორიზონტალური ლულის სიგრძეზე.

### ძირითადი ნაწილი

**№96 ვერტიკალური ჭაბურღილის ბურღვა.** ნინო-წმინდის გაზ-ნავთობიანი ბუდობი თბილისიდან დაშორებულია 40 კმ-ზე აღმოსავლეთით. იგი ექსპლუატაციაში შევიდა 1979 წ. და აქტიურად მუშაუდებოდა 1992 წლამდე. 1996წ. ინვესტორის შემოსვლის შემდეგ, ბუდობაში განახლდა როგორც მოპოვება, ისე ბურღვითი სამუშაოები.

ნინოწმინდის შუაეოცენური ანტიკლინური სტრუქტურის ცენტრალურ ნაწილში, 1997წ. გაიბურღა №96 ვერტიკალური ჭაბურღილი, 2731მ (-1754მ) სიღრმემდე (სურ. 7). მოცემული სიღრმე შეირჩა იმ მომპოვებელი ჭაბურღილების ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების მიხედვით, რომელთა პროდუქციის გაწყლოვანება (-1816მ) ნიმულზე 18-25%-ს შეადგენდა. რაც შეეხება ფენის

წყლის და ნავთობის კონტაქტის გეომეტრიას, იგი ბუდობის ჭრილში ხასიათდება კონუსური ამოწევის ფორმით ჭაბურღილების ლულის მიმართ.

ჭაბურღილის მიერ გახსნილი პროდუქტიული წყება, 2412-2731მ ინტერვალი (შუა ეოცენი), შლამის ანალიზის მიხედვით, წარმოდგენილია ტუფებით, ტუფოქვიშაქვებით, ტუფოარგილიტებით, ქვიშაქვებით, კირქვებით, თიხებით და მერგელებით. ჭრილის ზედა ნაწილში ტუფებთან მორიგეობს, ძირითადად, არგილიტები და ტუფოარგილიტები, იშვიათად თიხები, ქვიშაქვები, კირქვები და მერგელები, ხოლო ქვედაში, მეტწილად, ტუფები არის გავრცელებული, რომლებშიც ტუფოქვიშაქვების იშვიათი შუაშრები გვხვდება.

2516-2531მ, 2543-2558მ, 2609-2660მ და 2717-2731მ ინტერვალები, როგორც ჩანს, მთლიანად ტუფებით არის წარმოდგენილი. ტუფები ნაცრისფერი, მუქი ნაცრისფერი, ნაცრისფერ-მომწვანო და

მწვანე შეფერილობისაა. ჭრილის ზედა ნაწილში (2412-2600მ) ძირითადად დაციტური, იშვიათად ანდეზიტური შედგენილობის, პსამიტური კრისტალოკლასტური ტუფები არის გავრცელებული, ხოლო ქვედაში (2600-2731მ) ანდეზიტური, პელიტური, ვიტროკლასტური ტუფები ჭარბობს. ეს ქანები მასივური, შრეობრივი და ზოლებრივი ტექსტურით ხასიათდება და შეცვლილია მეორეული პროცესებით (ცეოლითიზაცია, ქლორიტიზაცია), ამასთანავე ძლიერ დანაპრალეზებულია (Sharikadze, M., Tavdumadze, I., & Suramelashvili, Z. (2020)).

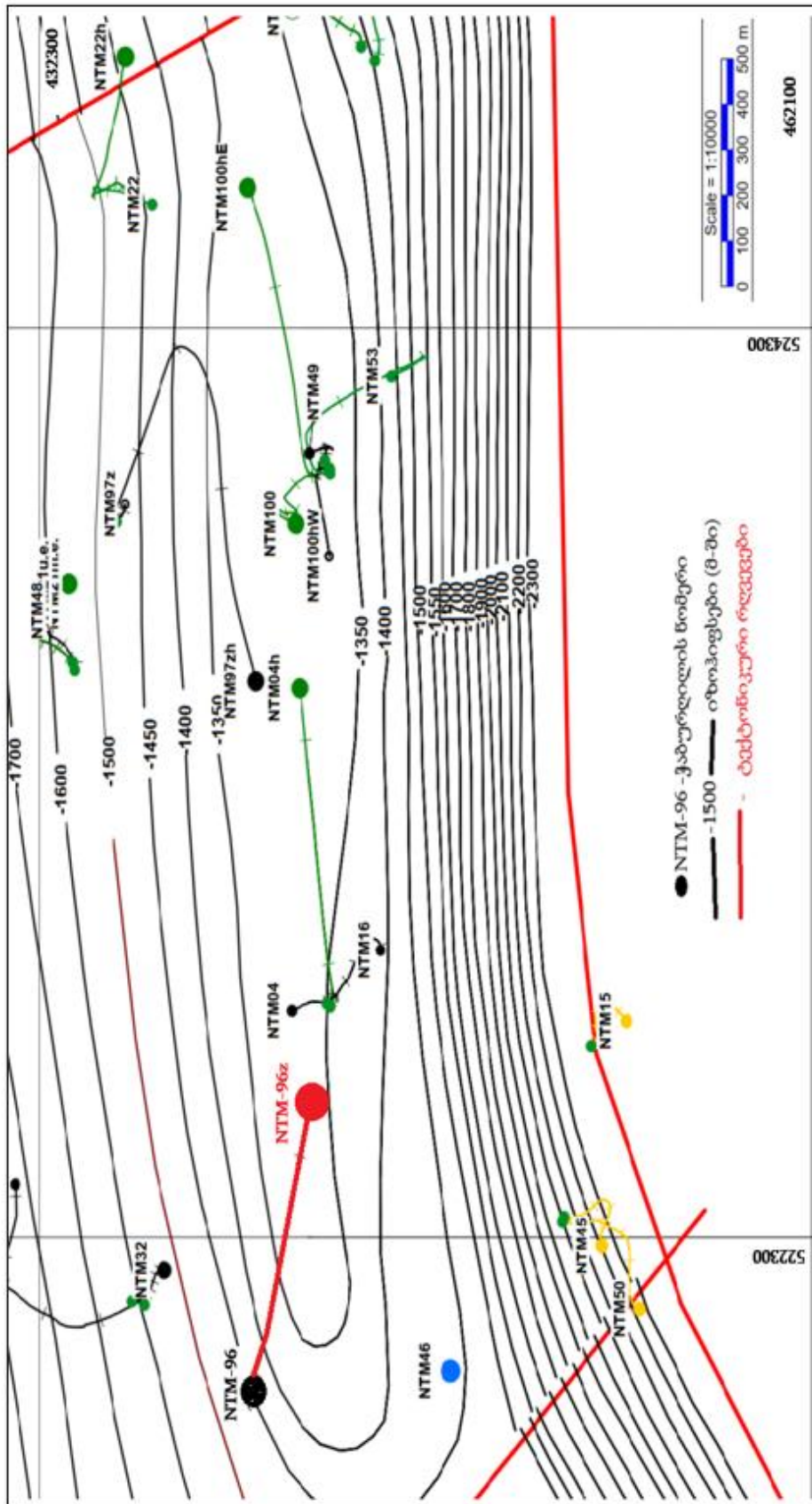
ბურღვის პროცესში საბურღი ხსნარის (სიმკვრივე-1,08გ/სმ<sup>3</sup>) შთანთქმები პროდუქტიულ წყებაში დაფიქსირდა 2611-2612მ ინტერვალიდან (შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი წყების ზედა ნაწილი) სანგრევამდე (2731მ). ქვემოთ ცხრილში მოცემულია საბურღი ხსნარის შთანთქმის ინტერვალები.

ცხრილი

ბურღვის ინტერვალი, მ	საბურღი ხსნარის სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>	შთანთქმის ხანგრძლივობა, სთ	შთანთქმული ხსნარის მოცულობა, მ <sup>3</sup>
2611-2612	1,1	0,17	2,0
2639	1,08	1,0	7,3
2639-2641	1,07-1,06	0,5	3,0
2654-2656	1,08	1,0	1,5
2680-2682	1,08	1,0	6,0
2687-2696	1,08	6,0	2,0
2717-2731	1,08	5,5	6,0

ბურღვის, შლამის ანალიზის და ცხრილის მონაცემების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, სავარაუდოდ,

№96 ვერტიკალურმა ჭაბურღილმა აღნიშნულ ინტერვალებში გადაკვეთა ნაპრალთა სიტემები.



სურ. 7. ნაწილობრივად გაზ-ნავთობიანი საბადოს სტრუქტურული სკემის ამონარაიდი შუა ეოცენის სახურავზე (ი. თავდუმბის მიხედვით).

როგორც ცნობილია, საბურღი ხსნარის შთანთქმის ინტერვალები და ინტენსივობა მჭიდრო კავშირშია ჭაბურღილში ჰიდროდინამიკური გავლენის რადიუსის სიდიდესთან, რომელიც, თავის მხრივ, დაკავშირებულია შეღწევადი სივრცის მოცულობასთან.

ჯ. უორენის, პ. რუტის და ჰ. კაზემის „ნაპრალოვანი სისტემების“ კლასიკური აღწერის მიხედვით:

- თუ შთანთქმის ინტენსივობა დროის მცირე მონაკვეთში მაღალია, ამასთანავე, გახსნილია მაკრონაპრალები, მაშინ ჰიდროდინამიკური ზემოქმედების რადიუსი დიდია;
- თუ შთანთქმის ინტენსივობა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში დაბალია, დომინირებს მიკრონაპრალები ან მატრიცული ფორები და ჰიდროდინამიკური ზემოქმედების რადიუსიც შეზღუდულია.

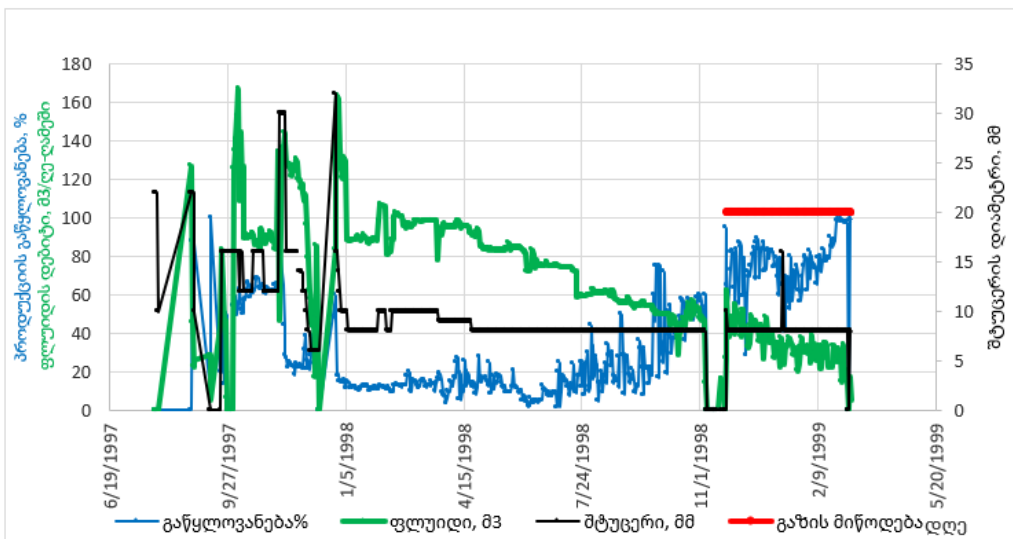
**№96 ვერტიკალური ჭაბურღილის ექსპლუატაციის პროცესი.** ჭაბურღილის ბურღვის დამთავრების შემდეგ (27/08/1997წ.), ღია ლულით აითვისეს 2731-2647 მ (-1746-1661მ) ინტერვალი, საიდანაც 8 მმ შტუცერით მიღებულია 80-85 მ<sup>3</sup>/დღელამური პროდუქცია, 12-15% გაწყლოვანებით.

ჭაბურღილის ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრები მოცემულია მე-8 სურათზე.

ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე ჭაბურღილის დებიტი  $d=15-30$  მმ შტუცერით იყო 125-160 მ<sup>3</sup>/დღ.-დ., ჰ.დებრესია ფენაზე შეადგენდა,  $DP=60-70$  ატმ, პროდუქტიულობის კოეფიციენტი,  $P.I.=2,08-1,8$  მ<sup>3</sup>/დღ-ატმ, რასაც თან ახლდა გაზის მაღალი დებიტი და ფენის წყლის გაზრდილი პროცენტული შემცველობა. 12/09/1997 წლიდან შტუცერის დიამეტრის შემცირებამ 30მმ დან 6-8მმ-მდე გამოიწვია ჰ.დებრესიის დაცემა,  $\Delta P=22,2-12,5$  ატმ-მდე და პროდუქტიულობის კოეფიციენტის ნავთობის მიმართ გაზრდა,  $P.I.=2,8-3,8$  მ<sup>3</sup>/დღ-ატმ-მდე.

ჭაბურღილის ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრების ანალიზმა აჩვენა, რომ მაღალი ჰ.დებრესიის პირობებში:

1. ერთი მხრივ, გაიზარდა კვების კონტურის რადიუსი, რის შედეგადაც ფლუიდის მოპოვების პროცესში ჩაერთო ფენის წყლის ზონასთან დაკავშირებული მიკრო- და მაკრონაპრალები სისტემები;



სურ. 8. №96 ვერტიკალური ჭაბურღილის ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრები.

2. მეორე მხრივ, სანგრევისპირა ზონაში წნევის ინტენსიურმა ვარდნამ გამოიწვია ნავთობიდან მნიშვნელოვანი ოდენობის გაზის გამოყოფა.

ასეთ დროს (სამფაზიანი ფილტრაციის პირობებში), ფაზური შედგენადობების ზეგავლენამ სანგრევის მიმართულებით განაპირობა წყლისა და გაზის უფრო სწრაფი გადაადგილება ნავთობის ფაზასთან შედარებით.

მოგვიანებით, შტუცერის დიამეტრის შეცვლამ 30მმ დან 6-8მმ-მდე გამოიწვია დრენაჟის რადიუსის დამოკლება. ამ პროცესების შედეგად შემცირდა ფენის წყლის პროცენტული რაოდენობა პროდუქციაში.

15/07/1998 წლიდან, ჭაბურღილის ასეთივე რეჟიმით ექსპლუატაციის პროცესში, ფენის წყლის შემცველობა პროდუქციაში იზრდება, რაც მეტყველებს, რომ ვერტიკალურ ლულაში, ნაპრალოთა ქსელის გავლით, წამოიწია წყლის კონუსმა. მოგვიანებით, პროდუქციის 60%-ით გაწყლოვანების შემდეგ, ჭაბურღილმა შეწყვიტა შადრევნირება. ამის შემდეგ, 24/11/1998 წლიდან, ექსპლუატაცია გაგრძელდა გაზის მიწოდებით მიღგარე სივრციდან (სურ. 8; წითელი მონაკვეთი ასახავს ჭაბურღილის ექსპლუატაციის დინამიკას გაზის მიწოდებით). აღნიშნული მეთოდით ჭაბურღილმა იმუშავა 104 დღე-ღამე, მიღებულია 906 მ<sup>3</sup> ნავთობი; პროდუქციის გაწყლოვანება გაიზარდა 100% -ით და მოპოვებაც შეწყდა.

№96 ვერტიკალური ჭაბურღილის დრენაჟის ზონაში ნავთობის საწყისი მარაგი (სარეწაო-ოპერატიული მონაცემებით), მიწის ზედაპირზე, შეადგენს – 126550მ<sup>3</sup>-ს (საანგარიშო პარამეტრებია: ჭაბურღილის დრენაჟის რადიუსი–178მ, ნავთობიანი ფენის სიმძლავრე–468მ, ქანის ფორიანობა–0,51%, ნავთობგაჯერება–0,8, ნავთობის მოცულობითი კო-

ეფიციენტი–1,351, კოლექტორის სისქის შეფარდება ფენის საერთო სიმძლავრესთან - N/G – 0,9).

№96 ჭაბურღილის I ობიექტიდან (2731-2647მ ინტერვალი–84მ ღია ლულა) მილიანად მიღებულია: 30400 მ<sup>3</sup> ნავთობი, 2,6 მლნ მ<sup>3</sup> გაზი და 11541მ<sup>3</sup> ფენის წყალი. მოპოვებული პროდუქციის გაწყლოვანების საშუალო პროცენტი 27,7-ია, რაც მიუთითებს ნავთობიანი ფენის წყლით გარემოცვის შედარებით მცირე მაჩვენებელზე და, შესაბამისად, მიმდინარე ნავთობგაცემის კოეფიციენტის დაბალ სიდიდეზე: R.F.=30400:81122=0,37.

II ობიექტიდან (2646-2417მ პერფორირებული ინტერვალიდან) მიღებულია: 3590მ<sup>3</sup> ნავთობი, 8,4 მლნ მ<sup>3</sup> გაზი და 1950მ<sup>3</sup> ფენის წყალი. ამ ინტერვალში მოპოვებული პროდუქციის გაწყლოვანება 35,6 %-ია, ხოლო ნავთობგაცემის კოეფიციენტი: R.F.=3520:45428=0,077.

ნავთობგაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელობიდან გამომდინარე, როგორც პირველ, ისე მეორე ობიექტში შეინიშნება პროდუქტიულ ფენაში ნარჩენი ნავთობის ოდენობა.

გაწყლოვანებული ზონის 1მ<sup>3</sup> ქანის მოცულობიდან მიღებულია, n=30400:29846328=1.018ლ ნავთობი. ეს მნიშვნელობა მცირეა თუ გავითვალისწინებთ, რომ არაერთ უნიკალურ საბადოში 1მ<sup>3</sup> ქანიდან ნავთობის გამოსავლიანობა 20-50ლ/მ<sup>3</sup>-ია (მაგ., გავარი – საუდის არაბეთში, სამოტლორი – რუსეთში, შაჰ-დენიზი – აზერბაიჯანში, მარაკაიბოს აუზი – ვენესუელაში და სხვ.).

ექსპლუატაციის საბოლოო შედეგები ცხადყოფს, რომ №96 ვერტიკალური ჭაბურღილიდან მოპოვებული ნავთობის ძირითადი მასა მაკრონაპრალებს უკავშირდება, ამასთან ერთად, გაწყლოვანებულ კონუსურ ზონასა და მიმდებარე უბნებში, მიკრო-

ნაპრალებსა და მატრიცაში, შენარჩუნებული უნდა იყოს სამრეწველო მნიშვნელობის ამოსადები (ნარჩენი) ნავთობი.

აღნიშნული გარემოება განპირობებულია როგორც ექსპლუატაციის არაოპტიმალური რეჟიმით, ისე მოპოვების მექანიზმული მეთოდის არასათანადო შერჩევით გაწყლოვანების შემდგომ ეტაპზე (კერძოდ, გაზლიფტური მეთოდით ექსპლუატაციის პროცესში, ჭაბურღილში, გაზის მიწოდება არ იყო სტაბილური პაკერის უქონლობის გამო).

#### №96z ჰორიზონტალური ლულის ბურღვა.

ვერტიკალური ლულით ექსპლუატაციის შემდეგ, №96 ჭაბურღილიდან, 13/11/2003წ., გაიბურღა ჰორიზონტალური ლულა, რომლის მახასიათებლებია: ჭეშმარიტი ვერტიკალური სიღრმე—2515-2508მ, (-1531-1524მ), მანძილი ვერტიკალური ლულიდან ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისამდე – 104მ, ჰორიზონტალური ლულის ინტერვალი— 2564-3116მ, ჰორიზონტალური ლულის სიგრძე – 522მ.

2612-3116მ ინტერვალის ბურღვის დროს სულ შთანთქმა 2700მ<sup>3</sup> საბურღი ხსნარი ( $\gamma=1,01\text{გ/სმ}^3$ ); აქედან, ბურღვის პროცესში—1600მ<sup>3</sup>, ხოლო 1100მ<sup>3</sup> – ათვისების დაწყებამდე.

ყველაზე ინტენსიურად (20 მ<sup>3</sup>/სთ) საბურღი ხსნარის შთანთქმა დაფიქსირდა 2612-2632მ და 2925-2940მ, შედარებით ნაკლებად—2858-2869მ და 2958-2968მ ინტერვალში. სითხის შთანთქმის ინტენსივობიდან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მოცემული ინტერვალები ხასითდება ღია ნაპრალოთა სისტემების გავრცელების ფართო არეალით.

**ჰორიზონტალური ლულის გეოლოგიური ჭრილის დახასიათება.** ჰორიზონტალური ლულის გეოლოგიური ჭრილის ლითოსტრატოგრაფია, ქანების გეოლოგიური პეტროფიზიკური და

ლუმინესცენციურ-ბიტუმინოლოგიური კვლევების შედეგები ძირითადად ეყრდნობა სერიული შლამების (134 ნიმუში) მიკროსკოპული და ლუმინესცენციური ოპერატიული ანალიზის მონაცემებს (Sharikadze, M., Tavdumadze, I., & Paatashvili, R. (2004)).

გეოლოგიური ჭრილის 2515-2695მ ინტერვალი აგებულია ანდეზიტურ-დაციტური, მეტწილად ვიტროკრისტალოკლასტური, გაცეოლითებული ტუფებით, აგრეთვე ტუფოარგილიტებით, იშვიათად ტუფოკირქვებით; 2695-2830 მ ინტერვალში გავრცელებულია ვიტროკრისტალოკლასტური, კრისტალო- და ლითოკრისტალოკლასტური, ძლიერ გაცეოლითებული ტუფები, ტუფოარგილიტების იშვიათი შუაშრეებით; 2830-2970მ ინტერვალი წარმოდგენილია ანდეზიტურ-დაციტური და ანდეზიტურ-ბაზალტური, ვიტროფირული, ვიტროკრისტალოკლასტური, კრისტალოკლასტური, გაქლორიტებული და გაცეოლითებული ტუფებით. ქანების დაახლოებით 50% ოლითური სტრუქტურისაა; 2970-3115მ ინტერვალი აგებულია ანდეზიტურ-დაციტური და ანდეზიტურ-ბაზალტური შედგენილობის, ვიტროფირული, ვიტროკრისტალოკლასტური და კრისტალოკლასტური, ინტენსიურად გაქლორიტებული, სუსტად გაცეოლითებული, ნაწილობრივ ოლითური სტრუქტურის ტუფებით, ტუფოარგილიტების, იშვიათად ტუფოკირქვების შუაშრეებით.

აღნიშნული ლითოტიპები, გეოლოგიური ჭრილის ცალკეულ უბანზე, სხვადასხვა ინტენსივობით არის გარდაქმნილი – დანაპრალებული, გაცეოლითებული, გაქლორიტებული, გათიხებული. შესაბამისად, ნივთიერი შედგენილობის, სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებებისა და პეტროფი-

ზიკური მახასიათებლების მიხედვით, შესწავლილი გეოლოგიური ჭრილი ანიზოტროპული ბუნებისაა.

2550-2700მ ინტერვალში გავრცელებული უნდა იყოს ნაპრალოვან-კავერნული და ფოროვანი ტიპის კოლექტორები, პირველის პრიმატით. ამ და, განსაკუთრებით, 2570-2630მ ინტერვალში არსებული ალევრო-პელიტურ და წვრილპსამიტურ ტუფებში განვითარებულია ცეოლითებით ნაწილობრივ ამოვსებული მეორეული სიცარიელები – ბიტუმის შემცველი კავერნები და ძარღვები. 2830მ-დან ქანების კოლექტორული თვისებები მკვეთრად უარესდება – 2830-3115მ ინტერვალში გავრცელებული ტუფები, ფაქტობრივად, გაუმტარი უნდა იყოს; გამონაკლისია 2910-2930მ ინტერვალი, სადაც კოლექტორული თვისებები რამდენადმე უმჯობესდება ცეოლითიზაციის ინტენსივობის გაზრდისა და ქლორიტიზაციის ხარისხის შემცირების ხარჯზე.

ლუმინესცენციურ-ბიტუმინოლოგიური ანალიზის მონაცემებით, გეოლოგიური ჭრილის 2612-2800მ ინტერვალი ხასიათდება ბიტუმების შემცველობით. რაც შეეხება 2800-3115მ მონაკვეთს, იგი ბიტუმებით უკიდურესად ღარიბია. ამასთან ერთად აღსანიშნავია, რომ 2615-2930მ ინტერვალის უდიდეს ნაწილში გავრცელებულია მსუბუქი ბიტუმები, 2630-2710მ – ზეთიანი, ხოლო 2620-2625მ ინტერვალში – ფისიანი ბიტუმები. ამრიგად, ბიტუმებით ყველაზე მდიდარია 2610-2635მ ინტერვალი.

საბოლოო ანგარიშით, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ჭაბურღილის გეოლოგიურ ჭრილში ნავთობ-გაზშემცველი კოლექტორების დიდი ნაწილი თავმოყრილი უნდა იყოს 2500-2830მ და, ნაწილობრივ, 2910-2930მ ინტერვალში. ამასთანავე, 2550-2700მ ინტერვალში გავრცელებული უნდა იყოს, ძირითადად, ნაპრალოვან-კავერნული და ფოროვანი ტიპის

კოლექტორები, პირველის პრიმატით, ხოლო 2700-2800მ და 2910-2930მ ინტერვალში, მეტწილად, ნაპრალოვან-კავერნული სახის კოლექტორები.

ნავთობ-გაზშემცველობის თვალსაზრისით ყველაზე მნიშვნელოვანი უნდა იყოს 2610-2635მ ინტერვალი: ბურღვის პროცესში აქ მოხდა საბურღი ხსნარის მნიშვნელოვანი შთანთქმა, აქვე გავრცელებულია ბიტუმშემცველი ღია კოლექტორები. ზემოთ მოტანილი ოპერატიული მონაცემები უნისონშია ჭაბურღილის ლულაში მოგვიანებით ჩატარებული სარეწაო-გეოფიზიკური გამოკვლევების და ექსპლუატაციის შედეგებთან (Sharikadze, M., Tavdumadze, I., & Paatashvili, R. (2004)).

ზემოაღნიშნულის საფუძველზე შესაძლებელია შემდეგი დაშვება. ის გარემოება, რომ ჰორიზონტალური ლულის რამდენიმე ინტერვალში აღინიშნებოდა სხვადასხვა მოცულობის საბურღი ხსნარის შთანთქმა, მიუთითებს, ბურღვის პროცესში ჭაბურღილის ლულამ ამ ადგილებში გადაკვეთა სხვადასხვა სახის ნაპრალოვანი სისტემები (მიკრო- და მაკრო-). თუ მივიჩნევთ, რომ 2612-2632მ ინტერვალში განვითარებულია მაკრონაპრალოვანი სისტემა, რომლის გავრცელების დიაპაზონი გეოლოგიურ ჭრილში გაწყლოვანებული ზონიდან გაზის ქუდამდე რამდენიმე ათეულ მეტრს მოიცავს, მაშინ შესაძლებელია აიხსნას №96z ჭაბურღილში როგორც ფენის წყლის, ისე გაზის დიდი ოდენობით შემოჭრა. ჭაბურღილის ექსპლუატაციიდან ერთი თვის შემდეგ, როდესაც პროდუქციის გაწყლოვანებამ 25-30%-ს გადააჭარბა, გაზის ფაქტორის მნიშვნელობა (მოპოვების არსებული მონაცემების მიხედვით) 100 მ<sup>3</sup>/მ<sup>3</sup>-იდან 132 მ<sup>3</sup>/მ<sup>3</sup>-მდე გაიზარდა.

ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებით შეიძლება ითქვას შემდეგი.

2612-2632მ ინტერვალის ბურღვის პროცესში, რომელიც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ხასიათდება მაღალი ფილტრაციული პარამეტრებით და რომელმაც ყველაზე მეტად განიცადა ჰ.რეპრესიის და დეპრესიის ზემოქმედება, შთაინთქა 850 მ<sup>3</sup>-ზე მეტი საბურღი ხსნარი. ფენაში შესულმა საბურღმა ხსნარმა, როგორც ჩანს, გრავიტაციულად განდევნა ნავთობი, ძირითადად, მაკრონაპრალთა სისტემიდან და იგი ჰიდროდინამიკურად დაუკავშირდა წყლოვან ზონას.

ჭაბურღილის ათვისების შემდეგ, სხვადასხვა ზონიდან (ინტერვალიდან), უკან იქნა მიღებული როგორც ნავთობი, ისე წყალი და გაზი, მაგრამ, ერთი მხრივ, გამომდინარე ჰორიზონტალურ ლულაში ჰ.დეპრესიის გავლენით წნევის განაწილების პრინციპიდან, ხოლო მეორე მხრივ, თუ გავითვალისწინებთ სსმ-ის ბუნების მდებარეობას, ყველაზე მეტი პროდუქცია უნდა შემოსულიყო ვერტიკალურ ლულასთან მიმდებარე ჰორიზონტალური ლულის ინტერვალებიდან. რაც შეეხება ჭაბურღილის სანგრევს (3116მ), აქ შექმნილი შედარებით დაბალი ჰ.დეპრესია ვერ განაპირობებდა ფლუიდის ინტენსიურ მოდინებას.

**№96z ჰორიზონტალური ჭაბურღილის ექსპლუატაცია.** ჭაბურღილის ექსპლუატაციის პროცესის ანალიზი მიზნად ისახავს შადრევნირების შეწყვეტის მიზეზის დადგენას. აღსანიშნავია, რომ ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ ჭაბურღილებში ფენიდან ფლუიდის მოდინების მექანიზმი არსებითად განსხვავებულია ერთმანეთისგან. ორივე შემთხვევაში ფენიდან სითხის ფილტრაცია ძირითადად დამოკიდებულია ლულის მიერ გადაკვეთილი ნაპრალების რაოდენობაზე, ზომებზე, მათ სივრცულ ორიენტაციასა და გახსნაზე. ასევე მნიშვნელო-

ვანია სსმ-ის განთავსება (პოზიცია) ჰორიზონტალური ლულის მიმართ, რაც განსაზღვრავს ჰ.დეპრესიის სიდიდის გავლენას ლულის მთელ სიგრძეზე და, შესაბამისად, ფენიდან ფლუიდის ნაკადის გეომეტრიას (სურ. 3).

№96z ჰორიზონტალური ჭაბურღილის გაწყლვანების პროცესის მოდელირებისთვის საჭიროა კომპლექსურად განვიხილოთ ბურღვის დროს შთანთქმული სითხის ინტერვალები და ათვისების ქვედი.

ჭაბურღილი ექსპლუატაციაში შევიდა 12/03/2003 წ., 73 მმ-იანი სსმ ჩაეშვა 2488 მ-ზე, პაკერი განთავსდა 2240მ-ზე, ვერტიკალურ ლულაში. ასეთ შემთხვევაში, სსმ-ის მდებარეობიდან გამომდინარე, ფენაზე მაღალი ჰ.დეპრესია წარმოიქმნება ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისში (იხ. სურ. 3). ბურღვის მონაცემების მიხედვით, 2612-2632მ და 2925-2940მ ინტერვალებში დაფიქსირდა საბურღი ხსნარის ძლიერი შთანთქმები, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს მაკრონაპრალის ხშირი ქსელის არსებობასთან. როგორც ჩანს, მოცემული ინტერვალები წარმოადგენს ფენაზე ჰ.რეპრესიის და დეპრესიის აქტიურ ზონებს. აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ 522მ სიგრძის ჰორიზონტალურ ლულაში ფენიდან სითხის შემოსვლის მაქსიმუმი უნდა შეესაბამებოდეს 2612-2632მ და 2925-2940მ ინტერვალებს და თანდათანობით მცირდებოდეს სანგრევის მიმართულებით (სურ. 3).

ჭაბურღილის შადრევნირების შეწყვეტის მიზეზი შესაძლებელია აიხსნას შემდეგნაირად:

მოპოვების პროცესში, ფენიდან სითხის მოდინება ჰორიზონტალური ლულის მთელ სიგრძეზე, როგორც ჩანს, თანაბრად არ მიმდინარეობდა. ნაკადის გეომეტრია, ერთი მხრივ, დამოკიდებული იყო ცალ-

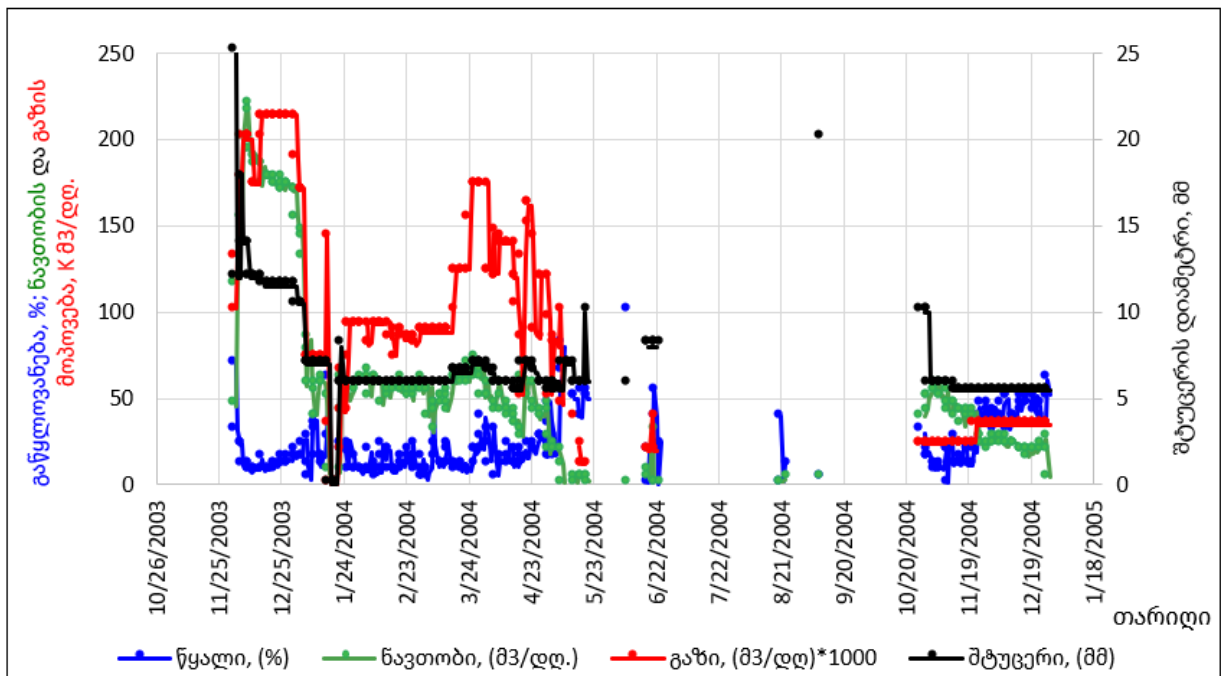
კული ინტერვალის დანაპრალების ინტენსივობაზე, ხოლო მეორე მხრივ, სსმ-ით გამოწვეულ ჰ.დ.ე.რესიაზე; ამ უკანასკნელის სიდიდე მაქსიმალური ლულის დასაწყისში. ამრიგად, შთანთქმული საბურღი ხსნარისა და მოპოვებული პროდუქციის დიდი ნაწილი, როგორც ჩანს, მოდის 2612-2632მ და 2925-2940მ ინტერვალზე. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, ექსპლუატაციის საწყის ეტაპზე პროდუქციის გაწყლოვანება ძირითადად უნდა გამოეწვიოს ამ ინტერვალებიდან შთანთქმული სითხის უკან მიღებას.

პირველი 8 დღის განმავლობაში,  $d=18-25$ მ შტუცერით ექსპლუატაციის პროცესში, მაღალი დებიტის მიუხედავად (150-245 მ<sup>3</sup>/დღ.-დ.), პროდუქციის გაწყლოვანება 70%-დან შემცირდა 7%-მდე. თავდაპირველად გაწყლოვანების ინტენსივობა დაკავშირებული უნდა ყოფილიყო ბურღვის დროს ფენაში შთანთქმული წყლის უკან მიღებასთან. სამწუხაროდ, მოპოვებული წყლის ქიმიური

ანალიზი არ ჩატარებულა, რაც მნიშვნელოვნად გაამყარებდა აღნიშნულ მოსაზრებას. მე-9 სურათზე მოცემულია ჰორიზონტალური ლულის ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრები.

მომდევნო ერთი თვის განმავლობაში, დებიტის ხელოვნურად შემცირების მიუხედავად, გაწყლოვანების მაჩვენებელი გაიზარდა 62,4%-მდე, რის შემდეგაც ჭაბურღილიდან შეწყდა ფლუიდის ბუნებრივი მოდინება.

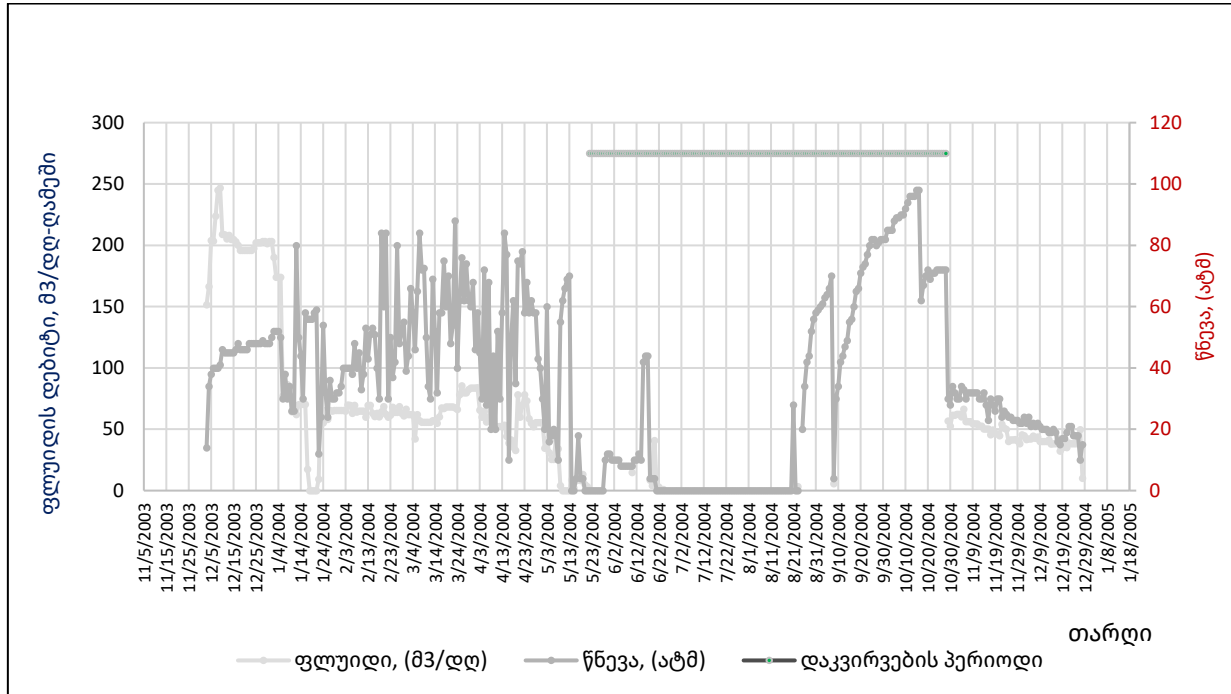
საწყის ეტაპზე (18-21/01/2004წ.) ჭაბურღილის შადრევნიერების სწრაფი შეწყვეტა, როგორც ჩანს, გამოწვეულია ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისში სითხის დაგროვებით, რამაც, თავდაპირველად, ეტაპობრივად შეამცირა ჭაბურღილის დებიტი, ხოლო მოგვიანებით მყისიერად გააჩერა იგი (სურ. 9). მომდევნო 4 დღე საკმარისი აღმოჩნდა ენერჯის დაგროვებასა და ჭაბურღილის ბუნებრივ მოდინებაზე მუშაობისთვის.



სურ. 9. №96z ჰორიზონტალური ჭაბურღილის ექსპლუატაციის ტექნოლოგიური პარამეტრები.

შემდგომში, პროდუქციაში ფენის წყლის შემცველობის ზრდასთან ერთად, თანდათანობით შემცირდა ნავთობის მოპოვების წილი და ექსპლუა-

ტაციის 109-ე დღეს, 80%-იანი გაწყლოვანების შედეგად, ჭაბურღილი გაჩერდა.



სურ. 10. №96Z ჰორიზონტალური ჭაბურღილის დებიტის ეტაპობრივი შემცირების გრაფიკი.

მოგვიანებით, 160 დღე-ღამის განმავლობაში, ჭაბურღილი იმყოფებოდა დაკვირვების რეჟიმში. ამ პერიოდში წნევა ჭაბურღილის პირზე 0 ატმ-დან გაიზარდა 98 ატმ-მდე. გახსნეს ჭაბურღილი და 6 მმ შტუცერით განაახლეს მოპოვება: ნავთობი – 45-50 მ<sup>3</sup>/დღ.-ლ., გაზი – 2400 მ<sup>3</sup>/დღ.-ლ., პროდუქციის გაწყლოვანება – 12-18%. ასეთი პარამეტრებით მოპოვება გაგრძელდა 60 დღ.-დ. და ჰორიზონტალურ ლულაში წყლის დაგროვებამ კვლავ მყისიერად გააჩერა შადრეწირების პროცესი (სურ. 9,10).

№96Z ჭაბურღილის ჰორიზონტალური ლულიდან, 230 დღე-ღამეში მთლიანად მოპოვებულია: ნავთობი–14014მ<sup>3</sup>, გაზი–2104500მ<sup>3</sup>, ფენის წყა-

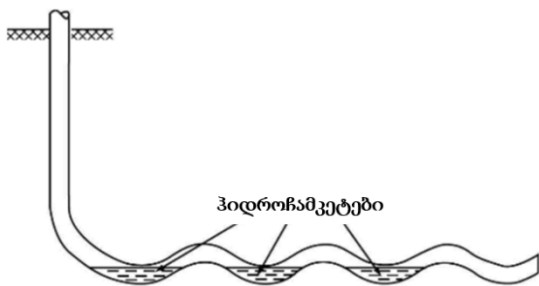
ლი–3126მ<sup>3</sup>. მიღებული პროდუქციის გაწყლოვანების საშუალო მაჩვენებელი შეადგენს 18.24%-ს. ბურღვა – ათვისების დროს, 17 დღე-ღამის განმავლობაში, შთაინთქა 2701მ<sup>3</sup> საბურღი ხსნარი, რაც ნიშნავს, რომ ექსპლუატაციის პროცესში მოპოვებული წყლის მოცულობაში დიდი წილი ბურღვის პროცესში შთანთქმულ სითხეს უნდა ეკავოს. ეს გარემოება უფლებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ ჰორიზონტალური ლულის მიმდებარე ზონის დიდი ნაწილი ბოლომდე არ არის დამუშავებული და შეიცავს ნარჩენი ნავთობის გარკვეულ მოცულობას.

შემდგომში, მრავალჯერადი მცდელობის მიუხედავად, მიღგარე სივრციდან გაზის მიწოდებამ (მარტივი გაზლიფტის მეთოდმა), ჭაბურღილის

ხანგრძლივმა გაჩერებამ, რაც გამოიწვევდა წყლის კონუსის გრავიტაციულად უკან დახევას, დადებითი შედეგი არ გამოიღო.

მიზეზი, რის გამოც ჭბურდილმა ვერ შეძლო შადრევნული მეთოდით ექსპლუატაციის გაგრძელება, როგორც ჩანს, არის ჰორიზონტალური ლულის 2612-2632მ და 2925-2940მ ინტერვალში წყლის დაგროვება, რაც ეწინააღმდეგება ფლუიდის მოძრაობას ჰორიზონტალური ლულის საწყისი მონაკვეთისკენ.

ჰორიზონტალური ლულის ბურღვის პრაქტიკიდან გამომდინარე, აბსოლუტურად ჰორიზონტალური სამთო გამონამუშევარი ვერ მიიღება. შესაბამისად, №96ჯ ჭბურდილის ლულის პროფილში ფიქსირდება რამდენიმე ათეული მ სიგრძის ტალღური ზონები/სიფონები (ჰიდროჩამკეტები). №96ჯ ჭბურდილის ჰორიზონტალური ლულის ტალღური პროფილის ზონების ამპლიტუდა იცვლება 5-6 მ დიაპაზონში, რის გამოც მათში დარჩენილ ფლუიდს უჭირს მოძრაობა თუ სათანადო ჰ.დ.ე.პ.რესია არ შეიქმნა (სურ. 11) (Aliyev, Z. S., & Kotlyarova, E. M. (2015). Technology of using horizontal gas wells, pp. 12–30).

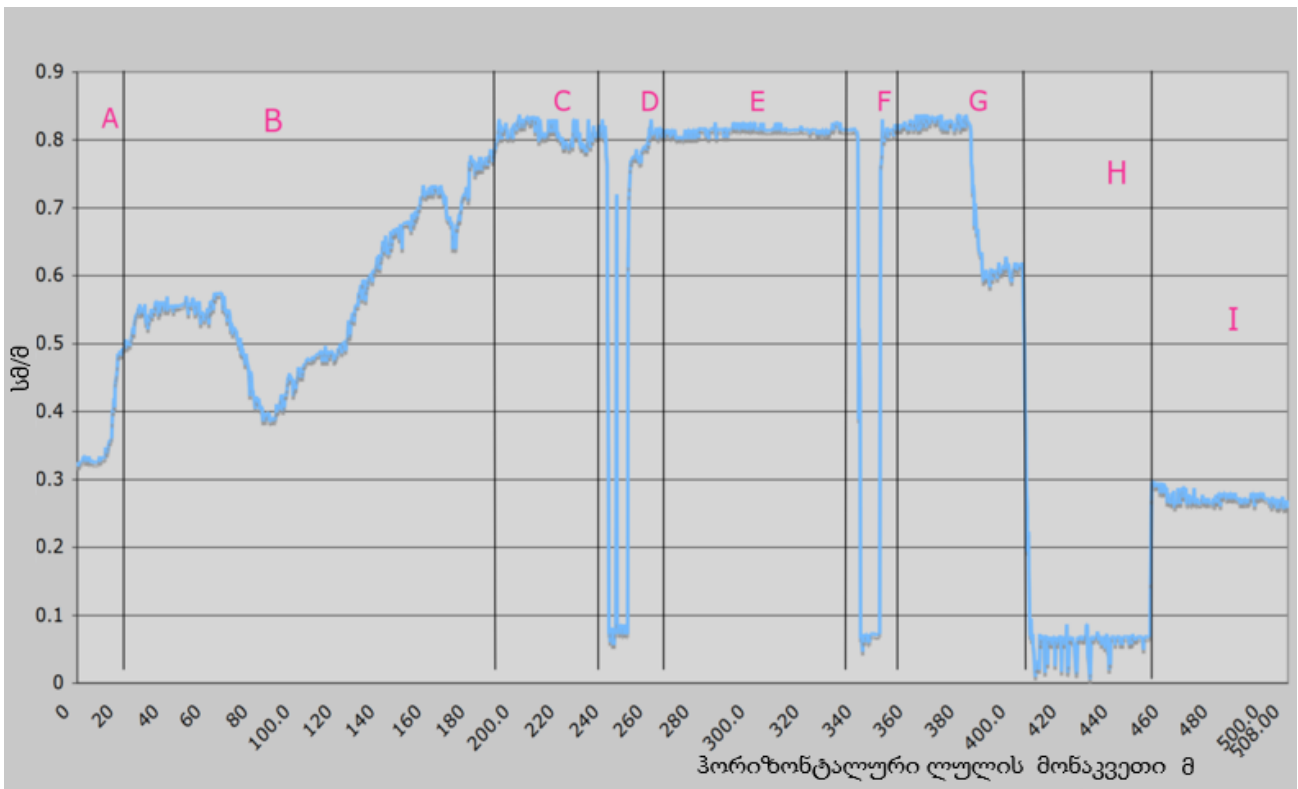


სურ. 11. ჭბურდილის ჰორიზონტალური ლულის ტალღური პროფილი.

ვერტიკალური და დახრილი ლულის პირობებში ეს პროცესი უფრო გამარტივებულია, ვინაიდან ფენიდან გამოყოფილი გაზი გრავიტაციულად წარიტაცება ზემოთ, აგაზიანებს ლულაში გაწყლოვანებულ პროდუქციას, ამცირებს მის სიმკვრივეს (შესაბამისად, ჰიდროსტატიკური წნევის მნიშვნელობას) და ხელს უწყობს ჭბურდილის შადრევნიერებას. ეს კიდევ ერთი განმასხვავებელი ფაქტორია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ლულების მქონე ჭბურდილებში გაწყლოვანებული ნავთობის შადრევნული მეთოდით მოპოვებასთან დაკავშირებით.

№96ჯ ჭბურდილის გეოლოგიურ ჭრილში ნარჩენი ნავთობის არსებობა საბოლოოდ დამტკიცდა 2005 წ. ჩატარებული თერმოდებიტომეტრიული კვლევებით, რის შედეგად გამოვლინდა ჭბურდილის ჰორიზონტალურ ლულაში ნავთობიანი და წყლოვანი ზონების არსებობა. მე-12 სურათზე ნაჩვენებია კვლევით მიღებული ელექტროწინაღობის მრუდი, რომელზეც მკაფიოდ აისახება ნავთობის შემოდინების ინტერვალები.

**A ზონა – 0-40მ** (2608-2648მ ბურღვით) ანუ „ფილტრის“ დასაწყისი ჰორიზონტალურ ლულაში. ამ ზონაში, დაახლოებით „ფილტრის“ პირველ 20მ სიგრძეზე, ექსპლუატაციის პროცესში აღინიშნებოდა ნავთობის შემოდინება, ფენისა და ტექნიკურ წყალთან ერთად. ბურღვის მონაცემების მიხედვით, როგორც აღვნიშნეთ, საბურღი ხსნარის ყველაზე ინტენსიური შთანთქმა დაფიქსირდა 2612-2632მ ინტერვალში (20 მ<sup>3</sup>/სთ).



სურ. 12 ელექტროწინალობის მრუდი.

**B ზონა – 40-200 მ** (2648-2808მ ბურღვით), ფიქსირდება ფენის და ტექნიკური წყლის ნარევი. ნიშანდობლივია, რომ ექსპლუატაციის პროცესში, 2678-2718მ ინტერვალში, ფენიდან სითხის შემოსვლა არ აღინიშნებოდა.

**C ზონა – 200-240 მ** (2808-2848მ ბურღვით), ცალსახად ფიქსირდება ფენის წყლის შემოსვლა.

**D ზონა – 240-280მ** (2848-2888მ ბურღვით), ჰორიზონტალური ლულის მოცემული ინტერვალდან, სავარაუდოდ, შემოედინებოდა ნავთობი.

**E ზონა – 280-340 მ** (2888-2948მ ბურღვით), ხასიათდება ფენის წყლის ინტენსიური შემოსვლით. ბურღვის მონაცემების მიხედვით, 2925-2940მ ინტერვალში აღინიშნებოდა საბურღი ხსნარის (1,1 გ/სმ<sup>3</sup>) ინტენსიური შთანთქმები (20 მ<sup>3</sup>/სთ).

**F ზონა – 340-360 მ** (2948-2968მ ბურღვით), ჰორიზონტალური ლულის მოცემული ინტერვალდან, როგორც ჩანს, შემოედინებოდა ნავთობი.

**G ზონა – 360-410მ** (2948-3018მ ბურღვით), ხასიათდება ფენის წყლის შემოსვლით.

**H ზონა – 410-460მ** (3018-3068მ ბურღვით), ამ ზონიდან, სავარაუდოდ, შემოედინებოდა ნავთობი.

**I ზონა – 460-508მ** (3068-3116მ ბურღვით), ხასიათდება როგორც ჰიდროდინამიკურად სტატიკური - უძრაობის ზონა, რომელშიც არის ნავთობისა და ფენის წყლის ნარევი, ნავთობის აშკარა პრიმატით.

მოგვიანებით ჭაბურღილში ჩაუშვეს ელექტროცენტრიდანული ტუმბო (ეცტ); ფენაზე 34 ატმ ჰ. დეკურესიის დროს ჭაბურღილიდან მიღებულია 115-120 მ<sup>3</sup>/დღ.-ღ. ფლუიდი, რომელშიც ნავთობი შეადგენდა 37-43 მ<sup>3</sup>/დღ.-ღ., ხოლო გაზი – 5700-6000 მ<sup>3</sup>/დღ.-ღ.

№96z ჭაბურღილიდან, ფორსირებულ მეთოდზე გადასვლის შემდეგ, დამატებით მიღებულია 7100მ<sup>3</sup> ნავთობი, 2,8 მლნ მ<sup>3</sup> გაზი და 107885მ<sup>3</sup> ფენის წყალი.

### დასკვნა

ნავთობისა და გაზის საბადოების დამუშავების თანამდევნი პროცესი ჭაბურღილების გაწვლავანებაა. მისი მექანიზმი განპირობებულია ფენის წყლისა და ნავთობის კონტაქტის ზედაპირის (ფრონტის) დეფორმაციით, რომელიც გადაადგილდება დაბალი წნევის მიმართულებით – ჭაბურღილისკენ. შედეგად ყალიბდება ფენის წყლის კონუსისებრი გეომეტრიული ფორმა, რომლის ზომა და სტაბილურობა დამოკიდებულია ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობასა და კოლექტორის ფილტრაციულ პარამეტრებზე.

წყლის კონუსის ფორმირება იწყება მაშინ, როდესაც ჰ.დეპრესიის მნიშვნელობა ჭაბურღილში იმდენად იზრდება, რომ მის მიერ გამოწვეული აღმავალი (ცენტრიდანული) ძალა ჭარბობს გრავიტაციის შემაკავებელ (ცენტრისკენულ) ქმედებას. შედეგად მცირდება ნავთობმოპოვების ეფექტურობა და ფენაში რჩება გამოუმუშავებელი ნავთობიანი ზონები.

წინამდებარე სტატიაში მოტანილია ნინოწმინდის №96 და 96z ჭაბურღილების გაწვლავანების პროცესის ანალიზის მონაცემები, თავდაპირველად ვერტიკალურ, ხოლო შემდგომ ჰორიზონტალურ ლულაში. ფენის წყლის კონუსის ჩამოყალიბების მექანიზმი განსხვავებულია ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ ჭაბურღილებში, თუმცა მისი განვითარების ძირითადი წინაპირობა საერთო ბუნებისაა.

ფენის წყლის ჭაბურღილში შემოჭრის ერთ-ერთ მთავარ კრიტერიუმს წარმოადგენს კოლექტორის არაერთგვაროვნება, რაც გამოიხატება ვერტიკალური და

ჰორიზონტალური შეღწევადობების თანაფარდობით, აგრეთვე ფენაზე შექმნილ ჰ.დეპრესიაში; მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, ასევე, ლულის მდებარეობა ფენის წყლის ან ნავთობის კონტაქტის მიმართ.

ჰორიზონტალური ჭაბურღილებით ექსპლუატაციის შემთხვევაში ჰ.დეპრესიის სიდიდის განაწილება ლულის პროფილის გასწვრივ მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სატუმბ-საკომპრესორო მილების (სსმ) ჩაშვების სიღრმესა და მდებარეობაზე, მაშინ, როცა ვერტიკალურ ჭაბურღილებში გადაწყვეტ როლს ასრულებს საექსპლუატაციო კოლონის დაცემენტების ხარისხი – ცემენტის რგოლის არასაკმარისი გამაგრება ხშირად იწვევს წყლის ან გაზის ნაადრევ შემოჭრას ლულაში.

ვერტიკალურ ჭაბურღილში ფენის წყლის კონუსი ვითარდება ვერტიკალური მიმართულებით – წყლის და ნავთობის კონტაქტის თანდათანობით აწევით ჭაბურღილის სანგრევისკენ. შედეგად, კონუსი, გარკვეული დროის შემდეგ, აღწევს პერფორაციის ინტერვალამდე, რაც იწვევს პროდუქციის წყლით გამდიდრებას და ეფექტური ნავთობმოპოვების შემცირებას.

ჰორიზონტალურ ჭაბურღილში ფენის წყლის შემოჭრის გეომეტრია ტრაპეციულია და ხასიათდება არათანაბარი კონფიგურაციით; იგი ვითარდება ჰორიზონტალური ლულის გასწვრივ, ფენაში არსებული ნაპრალების გადაკვეთით და ჰ.დეპრესიის გავლენით. ჰორიზონტალური ჭაბურღილი, ზოგ შემთხვევაში, საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ კონუსის ნაადრევი ჩამოყალიბება, თუმცა არაერთგვაროვან კოლექტორში, განსაკუთრებით მაღალი ვერტიკალური შეღწევადობის ზონებში, გაწვლავანება მაინც ლოკალურად ვითარდება, რაც ართულებს დებიტის სტაბილურ შენარჩუნებას.

შუაოცენური ასაკის ვულკანოგენურ-დანალექ ქანებში განვითარებული ნაპრალოვანი კოლექტორების ათვისების და გაზ-ნავთობიანი ბუდობის ოპტიმალური ექსპლუატაციის სტრატეგიის შერჩევის მიზნით შევისწავლეთ ნინოწმინდის ბუდობის (საგარეჯოს რ-ნი) ვულკანოგენურ წყებაში ერთი წერტილიდან გაბურღული ჭაბურღილის ორი, ვერტიკალური (№96) და ჰორიზონტალური (96z) ლულეებით ექსპლუატაციის დროს პროდუქციის გაწელოვანების პროცესის კანონზომიერებები.

№96 ჭაბურღილის ვერტიკალური ლულის გაბურღვის შემდეგ ათვისის პროდუქტიული წყების 2731-2647მ ინტერვალი (84მ ღია ლულა), საიდანაც 1997-1999წწ. მიღებულია 30400მ<sup>3</sup> ნავთობი, 2,6 მლნ მ<sup>3</sup> გაზი და 11541მ<sup>3</sup> ფენის წყალი. ჭაბურღილის პროდუქციის 100%-იანი გაწელოვანების შემდეგ, ექსპლუატაცია შეწყდა. მთლიანი პროდუქციის გაწელოვანების საშუალო პროცენტული მაჩვენებელი 27,7-ია, რაც მიუთითებს ნავთობიანი ფენის წყლით გარემოცვის შედარებით მცირე მაჩვენებელზე, ამასვე ადასტურებს ნავთობგაცემის კოეფიციენტის მნიშვნელობა, რომელიც პირველი ობიექტისთვის (2731-2647მ) შეადგენს 0,37-ს, ხოლო მეორე ობიექტისთვის (2646-2417მ) – 0,077-ს.

№96 ვერტიკალური ჭაბურღილის ექსპლუატაციის შემდეგ, მისივე ლულიდან გაბურღულმა ჰორიზონტალურმა ლულამ იმუშავა 2003წ.-დან 2005წ.-მდე. პროდუქციის გაწელოვანების შემდეგ ჭაბურღილმა ვეღარ შეძლო შადრევნული მეთოდით ექსპლუატაციის გაგრძელება, რისი მიზეზი უნდა იყოს ჰორიზონტალური ლულის დასაწყისსა (2612-2632მ) და შუაში (2925-2940მ) ფენის წყლის დაგროვება. ჰორიზონტალური ლულით ექსპლუატაციის პროცესში (230 დღე-ღამეში) მიღებულია: ნავთობი - 14014მ<sup>3</sup>,

გაზი - 2,1 მლნ მ<sup>3</sup>, ფენის წყალი - 3126მ<sup>3</sup>. მთლიანი პროდუქციის გაწელოვანების საშუალო მაჩვენებელი შეადგენს 18,24%-ს, რაც კიდევ უფრო მცირეა ვერტიკალურ ლულასთან შედარებით.

საბოლოო ანგარიშით შეიძლება ითქვას, რომ ორივე ჭაბურღილის ექსპლუატაციის პროცესში პროდუქტიულ ფენაზე მიყენებული ჰ.დეპრესიის სიდიდე მეტწილად აღემატებოდა დასაშვებ ნორმას, რამაც ძირითადად გამოიწვია ფენის წყლის კონუსების ნაადრევი შემოჭრა ჭაბურღილის ლულებში. შედეგად ფენის წყლით გაჯერებული აღმოჩნდა მატრიცულ ფორებში (მიკრონაპრალებში) არსებული, დრენაჟის შედარებით შემცირებული უნარის მქონე ნავთობიანი მთელანები (უბნები).

ასეთი უბნები კუნძულების მსგავსად, თითქოს ჩადირულია გაწელოვანებულ ზონებში, საიდანაც ნარჩენი ნავთობის გამოდევნას დროის ფაქტორი განსაზღვრავს, მართებულად შერჩეულ საექსპლუატაციო მეთოდებთან ერთად. ბურღვის, გეოლოგიური, პეტროფიზიკური, სარეწაო-გეოფიზიკური, ბიოტუმინოლოგიური, ჰიდროდინამიკური და საექსპლუატაციო მონაცემების კომპლექსური ანალიზი საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ, რომ არა მარტო №96 და №96z ჭაბურღილების უბანი, არამედ მთელი ნინოწმინდის შუაოცენური ბუდობის კოლექტორების ენერგეტიკური პოტენციალი და ნავთობის რესურსი ამოწურული არ არის - დარჩენილია ამოსაღები მთელანები დაბალგამტარ ზონებში (ძირითადად, მატრიცაში), სადაც ნავთობის გადაადგილება იზღუდება ნაპრალოთა არასრული კომუნიკაციით და ადგილობრივი კაპილარული ბარიერებით. შესაბამისად, ახალი ჰორიზონტალური ან დახრილ-მართული ჭაბურღილების ბურღვა ასეთ უბნებში

წარმოადგენს პერსპექტიულ მიმართულებას ნავთობის მოპოვების გაზრდის თვალსაზრისით.

ამრიგად, ორივე შემთხვევაში, ჭაბურღილის ლულაში ფენის წყლის ნაადრევი შემოჭრის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია პროდუქტიული ფენის ბურღვის პროცესის დეტალურად შესწავლა და მიღებული მონაცემების კორელაცია კერნის ან შლამის ანალიზის შედეგებთან. ბურღვის დასრულების შემდეგ საჭიროა თერმოდებიტომეტრიული გამოკვლევა (PLT), განსაკუთრებით ჰორიზონტალურ ლულაში, რათა მოხდეს ბურღვისა და

ფლუიდის დინამიკის მონაცემთა შეჯერება, მაღალშეღწევადი ზონების გამოვლენა და ფენიდან ლულაში შემომავალი ნაკადების დაბალანსება. ამ მიზნის მისაღწევად ეფექტურ საშუალებად ითვლება ჰორიზონტალურ ლულაში ICD (Inflow Control Device) და AICD (Autonomous Inflow Control Device) სარქვლების გამოყენება, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფლუიდის შემოდინების გათანაბრებას და ხელს უწყობენ ნავთობის მოპოვების პროცესის ოპტიმიზაციას.

#### ლიტერატურა

1. Okon, A. N. (2012, September). *Water coning in fractured reservoirs* (pp. 7–8). NTNU – Norwegian University of Science and Technology.
2. Rostami, P., Sharifi, M., & Dejam, M. (2019, January). *Shape factor for regular and irregular matrix blocks in fractured porous media* (pp. 1–2).
3. Aliyev, Z. S., & Kotlyarova, E. M. (2015). *Technology of using horizontal gas wells* (pp. 12–30). Publishing Center of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas.
4. Joshi, S. D. (1991). *Horizontal well technology* (p. 535). PennWell Books.
5. Sharikadze, M., Tavdumadze, I., & Suramelashvili, Z. (2020). Lithostratigraphy of Ninotsminda oil and gas field according to deep drilling results. *GTU Works*, 2(516), 50–76. (in Georgian)
6. Sharikadze, M., Tavdumadze, I., & Paatashvili, R. (2004). *Ninotsminda well №96z geological report* (pp. 11–15). GBOC. (in Georgian)

UDC 594

SCOPUS CODE 1911

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2026-2-93-115>

## On the Regularities of Increasing Water-cut of Fractured-Cavernous Oil Fields

- Giorgi Durglishvili** Georgian Technical University, Faculty of Mining-Geology and Sustainable Development, professor, Georgia  
E-mail: gogitadurglishvili@gmail.com
- Mevlud Sharikadze** Georgian Technical University, Faculty of Mining-Geology and Sustainable Development, professor, Georgia  
E-mail: mevshar@mail.ru
- Nikoloz Durglishvili** Georgian Technical University, Faculty of Mining-Geology and Sustainable Development, 1-st year doctoral student, Georgia  
E-mail: nikoloz.durglishvili@gmail.com

### Reviewers:

**N. Jikia**, Georgian Technical University Faculty of Mining-Geology and Sustainable Development, Professor  
E-mail: niazjikia@gtu.ge

**N. Machavariani**, Georgian Technical University Faculty of Mining-Geology and Sustainable Mountain Development, Professor  
E-mail: n\_machavariani@gtu.ge

**Abstract.** The water-cutting mechanism of the oil producer wells is conditioned by the deformation of the water-and-oil contact surface of the layer, which moves in the direction of low pressure – towards the well. In vertical wells the formation water cone develops vertically, by gradually elevating the water-oil contact towards the well bottom. The geometry of water flowing into the horizontal wells is trapezoidal and is characterized by uneven configuration; it forms along the horizontal section, crossing fracture systems in the formation and creating hydraulic drawdown against them.

The regularities of increasing water-cut during the operation of two wells – vertical (N96) and horizontal (N96z) drilled from the same location of Ninotsminda oil deposit (Sagarejo Municipality) was studied with the purpose of developing the fractured-cavernous reservoirs of the Middle Eocene volcanogenic-sedimentary rocks of near-Tbilisi oil-and-gas bearing region and selecting the optimal well operation regime, as it was determined, the drawdown volume against the productive formation of both wells exceeded the permissible levels in most cases, causing, along with other problems, premature intrusion of formation water into the holes. As a result, oil blocks (sections) in the matrix pores characterized by reduced drainage became water-cut.

Complex analysis of the drilling, geological, petrophysical, production-geophysical, bituminological, hydrodynamic and operational data shall enable us to assume that the energy potential and oil resources of not only N96 and N96z well sites, but of the entire Middle Eocene reservoir deposits of Ninotsminda have not been completely

exhausted – recoverable oil-bearing sections are remaining in the relatively low-permeability zones (mostly, matrix), where oil filtration is limited by insufficient communication between fractures and local capillary barriers. Therefore, drilling of new horizontal and deviated wells in such areas is deemed appropriate in terms of increasing oil production rates

**Keywords:** Formation water cone, Fractures, Gas, Horizontal well, Hydrodynamic drawdown, Matrix, Oil, Operation, Tuff, Vertical well.

---

*განხილვის თარიღი 29.01.2026*

*შემოსვლის თარიღი 02.03.2026*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.06.2026*