

2. Vdovychenko, A. I., & Kirichenko, S. P. (2008). Rezultaty primeneniia emulsola E2-YED [Results of application of emulsol E2-YED in diamond drilling]. *Porodorazrushaiushchii i metallobratyvaiushchii instrument – tekhnika, tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia. – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 11, 89–92 [in Ukrainian].
3. Vdovychenko, A. I., Yermakov, N. P. (2011). Perspektyvy vykorystania novykh emulsolov v burinni sverdlovyh [Prospects for the use of new emulsols in drilling wells]. *Burinnia – Drilling*, 7, 32 – 36 [in Ukrainian].
4. Vdovychenko, A. I., Yermakov, N. P., Yermakov, P. P. (2013). Vliianiie dobavok emulsola na sedimentatsiiu shlama v promyvochnoi zhidkosti [Influence of emulsol additives on sedimentation of mud in drilling fluid]. *Porodorazrushaiushchii i metallobratyvaiushchii instrument – tekhnika, tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia. – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 16, 189 – 192 [in Ukrainian].

УДК 622.24

DOI: 10.33839/2223-3938-2018-21-1-86-93

**А. І. Вдовиченко**, акад. АТН України<sup>1</sup>, **М. І. Мазко**<sup>2</sup>, **Є. І. Олійник**<sup>3</sup>

*Академія технологічних наук України, просп. акад. Глушкова, 42,  
03680, м. Київ, Україна, e-mail: vdovichenkoai@gmail.com*

<sup>2</sup>*Спілка буровиків України, вул. Анрі Барбюса, 9, 03680, м. Київ, Україна,  
e-mail: m.i.mazko@ukr.net*

<sup>3</sup>*ТОВ «Проектно-будівельна компанія», 88001, вул. Волошина, 1, а, Минай, м.  
Ужгород, Україна, e-mail: budkomplex2@ukr.net*

### **Застосування модернізованого вітчизняного устаткування в бурінні геотермальних свердловин**

Досліджено досвід відновлення і модернізації спрацьованої вітчизняної бурової установки ІБА-15В-М та застосування її в бурінні гідротермальних свердловин, в умовах Закарпаття. Наведено перелік змін у конструкції бурової установки внесених для покращення її технічних характеристик. Для збільшення вантажопідйомності з 200 до 300 кН висоту верхньої секції щогли вкоротили на 3 м. Також було реконструйовано крон-блок, кількість роликів на ньому було збільшено з 3 до 4. Несучі конструкції щогли були зміцнено через встановлення додаткових поясів. Транспортний автомобіль МАЗ-5337 замінено на КрАЗ-257.

Проаналізовано результати буріння гідротермальної свердловини цією установкою та імпорнтними буровими установками AGBO G750 Germany та T4WAtlasCopco в аналогічних умовах. Зафіксовано високу ефективність застосування модернізованої бурової установки порівняно з імпорнтними.

Досягнуто підвищення основних техніко-економічних показників: комерційної швидкості в 1,4–1,9 разів; технічної – в 1,2–1,3; рентабельності – в 3,5. Внаслідок істотного скорочення амортизаційних та паливних витрат собівартість 1 м свердловини зменшено на 27 %, а зарплати обслуговуючому персоналу збільшені на 73%.

Рекомендовано використовувати відновлені та модернізовані бурові установки ІБА-15В для буріння геотермальних свердловин в умовах Закарпаття глибиною до 1000 м.

Основним напрямом підвищення ефективності буріння гідротермальних а також подібних свердловин є вдосконалення вітчизняної техніки і розширення області її оптимального застосування.

**Ключові слова:** вітчизняні бурові установки, відновлення та модернізація бурового устаткування, буріння геотермальних свердловин.

Підвищення ефективності буріння глибоких свердловин з метою розвідки та розробки родовищ термальних вод є одним із важливих напрямів у використанні відновлювальної геотермальної енергії.

Для спорудження геотермальних свердловин глибиною з 800 до 1600 м Закарпатською геологорозвідувальною експедицією використовувався стаціонарний буровий агрегат ЗІФ-1200МР [1]. Буріння здійснювалось колонковим способом з повним відбиранням керну і розбурюванням шарошковими долотами під обсадні колони діаметром 168–324 мм. Терміни спорудження однієї свердловини залежно від глибини становили від 120 до 240 діб.

Впровадження сучасних імпорتنих бурових установок для спорудження термальних свердловин у Закарпатті (2012 – 2015 рр.) не дало особливих результатів, що спонукало до пошуку альтернативи. Аналіз видатних досягнень вітчизняних технологій показав, що їх резерв ще не вичерпаний, і в сучасних умовах, за відповідного доопрацювання, їх оптимальне використання може бути високоефективним [2].

Мета роботи – оцінити доцільність застосування відновлених і модернізованих вітчизняних бурових установок для буріння геотермальних свердловин в умовах Закарпаття.

Термін «вітчизняне» у цій роботі використовується для бурового устаткування виробництва країн СНД, яке широко розповсюджене в Україні та має достатні потужності для повного і економічно вигідного забезпечення комплектуючими для їх відновлення і модернізації українськими підприємствами.

ТОВ «Проектно-будівельна компанія» за підтримки Спілки буровиків України та з науковим супроводом Академії технологічних наук України у 2017 році здійснила відновлення та модернізацію відпрацьованої бурової установки 1БА-15В (1990 року випуску) виробництва Кунгурського машинобудівного заводу (Росія).

В конструкцію бурової установки внесено такі зміни:

1. Верхню розкладну секцію бурової щогли була укорочено на 3 м, перероблено на суцільну, нерухомо скріплено із нижньою секцією.
2. Крон-блок було реконструйовано для збільшення кількості роликів з 3 до 4.
3. Несучі конструкції щогли зміцнено додатковими елементами.
4. Для надійного закріплення нерозбірної щогли при транспортуванні додатково встановлено підпори на платформі автомобіля.
5. Транспортний автомобіль МАЗ-5337 замінено на КрАЗ-257, що дало змогу збільшити потужність приводного двигуна з 180 до 240 к. с., крутний момент з 6800 до 9000 Нм при швидкості обертання 1500 об/хв. Більша довжина автомобіля КрАЗ (на 3 м) забезпечує надійне транспортування бурової без розкладання щогли.

Внаслідок проведеної модернізації вантажопідйомність бурової установки збільшилась з 200 до 300 кН, істотно підвищилась потужність на привід бурового насосу і ротору, що дало змогу збільшити максимальну глибину буріння термальних свердловин до 1000 м.

Модернізованою буровою установкою 1БА-15В-М успішно пробурено термальну свердловину глибиною 868 м поблизу м. Ужгород Закарпатської області. Раніше в аналогічних умовах були пробурено дві свердловини імпортними установками *AGBOG750 Germany* і *T4W Atlas Copco*, результати яких взято для порівняння при визначенні ефективності проведеної модернізації.

У поданих нижче таблицях наведено основні показники по свердловинам (табл. 1), усереднені геологічні умови (табл. 2), конструкцію свердловин (табл. 3), баланс робочого часу (табл. 4), результати відпрацювання доліт (табл. 5), основні технічні характеристики бурових установок (табл. 6) та основні економічні показники (табл. 7), досягнуті в результаті здійснених новацій.

Таблиця 1. Основні показники по свердловинах

№ з. п.	Показник	Одиниця виміру	По свердловинам		
			1-Ч	1-3Г	1-ПБК
1	Місце розташування		ур.Чигосуг на околиці м. Берегове	с. Барвінок на околиці м. Ужгород	с. Минай на околиці м. Ужгород
2	Замовник		ТОВ «Глобал Проект Інвест Ломперстаз»	ТОВ «Золота Гірка»	ТОВ «Проектно-будівельна компанія»
3	Виконавці		Компанія «Акваплус»	ДП «Українська геологічна компанія»	ТОВ «Проектно-будівельна компанія»
	Тип бурової установки, виробник		AGBO G750 Germany	T4W Atlas Copco	1БА15В-М КунгМЗ Росія
5	Глибина	м	1112	814	868
6	Терміни буріння	початок	18.10.2012	01.08.2013	01.09.2017
		кінець	03.04.2013	15.01.2014	03.12.2017
7	Загальний час спорудження свердловини	кален. дн.	168	168	94
		факт. змін	504	252	246
		факт. год.	4032	2016	1968
8	Комерційна швидкість	м/міс	200	145	276
		м/добу	6,6	4,9	9,2
		м/зміну	2,2	3,2	3,5
		м/год.	0,28	0,40	0,44
9	Технічна швидкість буріння	м/міс	360	324	418
		м/зміну	4,0	3,6	4,6
		м/год	0,6	0,5	0,9
10	Режим роботи бригади		Цілодобово	12 год. на добу	Цілодобово

Таблиця 2. Усереднений геологічний розріз району робіт

Інтервал, м	Опис порід	Водоносні горизонти
0–60	Перешарування суглинків, глини, піску, гравію, валунних відкладів четвертинного віку (Q)	Водоносні горизонти приурочені до пористих пісковиків, гравелітів, туфів, тріщинуватих андезитів. Алевроліти, аргіліти та глини є водотривами. Мінералізація вод від 5 до 30 Г/дм <sup>3</sup> . Температурний градієнт 5–6°С на 100 м.
60–270	Глини з прошарками пісковиків, туфів, туфітів середнього складу, пластів бурого вугілля і потоків андезитових лав Ільницької світи верхнього пліоцену (N <sub>2</sub> il).	
270–800	Перешарування глин, пісковиків, туфітів, туфів, покривів туфів середнього складу, пісковиків доробратовської світи нижнього міоцену (N <sub>1dr</sub> )	
850–1200	Перешарування аргілітів, алевролітів, андезитів та їхніх туфів, ліпаритових туфів, інгімбритів, у верхній частині куполів і покривів ліпаритів, перлітів, ліпаритових лавобрекчій доробратовської світи нижнього міоцену (N <sub>1dr</sub> ).	

Таблиця 3. Конструкція свердловин

№ з.п.	Показники	Один. вимір.	По свердловинах		
			1-Ч	1-3Г	1-ПБК
1	Кондуктор:				
	- глибина	м	55	17	60
	- діаметр буріння	мм	394	394	394
	- інтервал обсадки	м	0 – 55	0 – 17	0 - 60
	- діаметр труб	м	324	324	324
	- інтервал цементациї	м	-	0 – 17	0 - 60
2	Колона 1:				
	- глибина	м	401	200	292
	- діаметр буріння	мм	295	295	295
	- інтервал обсадки	м	0 – 400	0 – 200	0 - 292
	- діаметр труб	мм	219	219	219
	- інтервал цементациї	м	0 – 401	-	0 - 292
3	Колона 2:				
	- глибина	м	705	-	-
	- діаметр буріння	мм	191	-	-
	- інтервал обсадки	м	353 – 705	-	-
	- діаметр труб	мм	168	-	-
	- інтервал цементациї	м	353 – 705	-	-
4	Фільтрова колона:				
	- глибина	м	1112	814	868
	- діаметр буріння	мм	151	190	165
	- інтервал обсадки	м	690– 1112	184 - 813	268 - 868
	- діаметр труб	мм	108	127	89 НТК

Таблица 4. Баланс рабочего часу

№ з. п.	Показник	Свердловина					
		1-Ч		1-3Г		1-ПМК	
		годин	%	годин	%	годин	%
1	Буріння, СПО	1875	46,5	1578	78,1	962	48,9
2	МДП	72	1,8	84	4,2	159	8,0
3	Обсадка, ОЗЦ, розбурка	177	4,4	78	3,9	285	14,5
6	Дослідження	84	2,0	72	3,6	78	4,0
8	Аварії, ускладнення	1272	31,6	84	4,2	76	3,9
9	Простої, ремонти	552	13,6	120	6,0	408	20,7
Разом:		4032	100	2016	100	1968	100

Таблица 5. Результаты відпрацювання бурових доліт по свердловинах

Тип долота	Кількість доліт, шт	Обсяг буріння, м	Проходка на долото, м	Знос доліт, %
ПБК-1				
III 395	2	60	30	100
III 295	3	240	80	100
III 165	5	568	114	100
Всього по ПБК-1	10	868	87	-
1-3Г				
III 395	1	17	-	10
III 295	2	183	92	100
III 190	11	614	56	100
Всього по 1-3Г	14	814	58	-
1-Ч				
III 395	1	55	-	50
III 295	3	346	115	100
III 190	5	304	61	100
III 151	6	407	68	100
Всього по 1-Ч	15	1112	74	-

Таблица 6. Основные техничні характеристики бурових установок

Показники	Один. вимір.	По типам бурових установок		
		AGBOG750	T4W	1БА-15В-М
1	2	3	4	5
Щогла:				
- висота	м	14,0	13,5	15,4
-вантажопідйомність	кН	500	635	300

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5
Обертач: - тип - крутний момент - частота обертання	Н м об/хв	Рухомий 30 000 0–320	Рухомий 10 850 0–110	Ротор 9 000 65, 130, 245
Бурові насоси: - макс. подача - макс. тиск	л/хв. бар	2x750 = 1500 21	568 21	390/865* 6.3/13*
Лебідки: 1. Головна - вантажопідйомність 2. Допоміжна - вантажопідйомність	кН кН	100 20	36 13	69
Двигун: - тип - потужність, к.с.	к. с.	408	Cat. C27 700	ЯМЗ - 238 240

Примітка: \* З глибини 500 м додатково використовувався насосно-силовий блок з буровим насосом НБ 125.

Таблиця 7. Економічні показники

Показники	по свердловинах			
	1-3Г		1-ПБК	
	тис. грн	%	тис. грн	%
Кошторисна вартість	5260		5540	
Фактична вартість, зокрема:	4530	100	3860	100
- зарплата з нарахуваннями	460	10	840	22
- амортизація	1250	28	110	3
- паливо	1180	26	660	17
- долота	310	7	280	7
- інші матеріальні витрати	450	10	870	23
- послуги	370	8	640	16
- накладні витрати	510	11	460	12
Рентабельність, %	8.6		30.3	
Собівартість 1м свердловини зокрема:	5.6		4.4	
- паливо	1.45		0.76	
- амортизація	1.41		0.12	
- оплата праці з нарахуваннями	0,56		0,97	

Аналіз наведених в таблицях даних дає змогу визначити таке:

1. Низькі показники буріння свердловини 1-Ч пояснюються недостатнім організаційним і технологічним рівнем бурової бригади, укомплектованої закордонним угорським персоналом, який не зміг адаптуватись до українських умов. Доля аварій, простоїв та інших непродуктивних витрат становить 45,2% в загальному балансі робочого часу.

Багато часу було витрачено на простої у зв'язку з очікуванням запасних частин для бурової установки, які постачались з Німеччини. Високі технічні характеристики імпоротної бурової установки в таких умовах не були реалізовані.

2. Загальні показники буріння свердловини 1-3Г дещо вищі, незважаючи на те, що українська бригада не володіла досвідом буріння глибоких свердловин імпоротною установкою T4W. Технічна швидкість буріння (без урахування аварій і простоїв) виявилась на 16% нижчою у зв'язку із труднощами з СПО та обмеженою (108 об/хв.) за характеристикою установки максимальною швидкістю обертання бурильного валу (для порівняння *AGBO* – 320 об/хв.).

3. Найвищих показників було досягнуто при бурінні свердловини ПБК-1 буровою установкою 1БА-15В-М, укомплектованою українським персоналом. Досягнуто зростання основних техніко-економічних показників: комерційної швидкості в 1,4–1,9 разів; технічної – в 1,2–1,3; рентабельності – в 3,5; В наслідок суттєвого скорочення амортизаційних і паливних витрат собівартість 1 м свердловини зменшено на 27 %, а зарплати обслуговуючому персоналу збільшено на 73%.

4. На сучасному етапі економічного розвитку використання модернізованої бурової установки вітчизняного виробництва 1БА15В-М є доцільним для буріння термальних свердловин глибиною до 1000 м в умовах Закарпаття.

5. Головним напрямом подальших досліджень є наукове обґрунтування області оптимального використання і подальшого удосконалення вітчизняних техніки, технології і організації спорудження свердловин різного призначення.

*Исследован опыт восстановления и модернизации изношенной отечественной буровой установки 1БА-15В-М и применение ее в бурении гидротермальных скважин в условиях Закарпатья. Приведенный перечень изменений в конструкцию буровой установки, внесенных для улучшения ее технических характеристик. Для увеличения грузоподъемности с 200 до 300 кН высота верхней секции мачты была укорочена на 3 м, а также реконструировано крон-блок, количество роликов на нем было увеличено с 3 до 4. Несущие конструкции мачты укреплены за счет установки дополнительных поясов. Транспортный автомобиль МАЗ-5337 заменен на КрАЗ-257.*

*Проанализированы результаты бурения гидротермальной скважины этой установкой и импортными буровыми установками AGBO G750 Germany и T4W Atlas Copco в аналогичных условиях. Установлена высокая эффективность применения модернизированной буровой установки по сравнению с импортными.*

*Достигнут рост основных технико-экономических показателей: коммерческой скорости в 1,4–1,9 раз; технической – в 1,2–1,3; рентабельности – в 3,5. За счет существенного сокращения амортизационных и топливных затрат себестоимость 1 м скважины уменьшено на 27% при увеличении зарплаты обслуживающему персоналу на 73%. Рекомендовано использовать восстановленные и модернизированные буровые установки 1БА-15В для бурения геотермальных скважин в условиях Закарпатья глубиной до 1000 м.*

*Основным направлением повышения эффективности бурения гидротермальных, а также подобных скважин есть совершенствование отечественной техники и расширение области ее оптимального использования.*

**Ключевые слова:** отечественные буровые установки, восстановление и модернизация бурового оборудования, бурение геотермальных скважин

**A. I. Vdovychenko, M. I. Mazko, E. I. Oliynyk**

#### **Application of modernized native equipment in drilling of geothermal wells**

*The experience of restoration and modernization of the domestic drilling rig 1BA-15V-M and its application in the drilling of hydrothermal wells in the Transcarpathian region has been researched. The list of changes in the design of the drilling rig made for improving its technical characteristics is given. To increase the carrying capacity from 200 to 300 kN, the height of the upper section of the mast was shortened*

by 3 m, and also the crown block was reconstructed, the number of rollers on it was increased from 3 to 4. The bearing structures of the mast were strengthened by the installation of additional belts. The transport vehicle MAZ-5337 is locked to KRAZ-257.

The results of the hydrothermal drilling of this plant and the imported AGBO G750 Germany drilling rigs and Atlas Copco T4W drilling under similar conditions are analyzed. The high efficiency of the application of the modernized drilling rig as compared to the imported ones is established. The growth of the main technical and economic indicators has been achieved: the commercial speed is 1,4–1,9 times; technical – in 1,2–1,3; profitability – in 3,5. Due to a significant reduction in depreciation and fuel costs, the cost of a 1 meter well is reduced by 27%, with a 73% increase in salaries for service personnel.

It is recommended to use restored and modernized IBA-15V drilling rigs for drilling geothermal wells in Transcarpathian regions up to 1000 m deep.

The main direction of increasing the efficiency of hydrothermal drilling as well as other similar wells is the improvement of domestic technology and expansion of the area of its optimal application.

**Key words:** domestic drilling rigs, reconstruction and modernization of drilling equipment, drilling of geothermal wells

### Література

1. Вдовиченко А. І., Гавриш М. К., Мазко М. І. Використання сучасних бурових установок при бурінні гідротермальних свердловин у Закарпатті // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – К: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины. – 2015. – Вып.18. – С. 52 - 57.
2. Вдовиченко А. И. Выдающиеся отечественные достижения и их роль в современном развитии // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2017», 4–7 жовтня 2017 р., м. Дніпро. – Дніпро: Національний гірничий університет. – 2017. – С. 275–280.

Надійшла 30.06.18

### References

1. Vdovychenko, A. I, Gavrish, M. K., & Mazko, M. I. (2015). Vykorystannya suchasnykh burovykh ustanovok pry burinni hidrotermalnykh sverdlovyn u Zakarpatti [Use of modern drilling rigs in the drilling of hydrothermal wells in Zaccarpathia]. *Porodorazrushaiushchii i metallobratyvaiushchii instrument – tekhnika, tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia*. – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications, 18, 52–57. Kiev: ISM [in Ukrainian].
2. Vdovychenko, A. I. (2017). Vydaiushchiesia otechestvennye dostizheniya i ikh rol v sovremennom razvitii [Outstanding domestic achievements and their role in modern development]. *Materialy mizhnarodnoyi konferentsiyi «Forum hirnykiv – 2017» (4–7 zhovtnya 2017) – Materials of the international conference "The Miners' Forum - 2017"*. (pp. 275–280). Dnipro: National Mining University [in Ukrainian].