

влечением средних температур и дебитов термальных вод на месторождениях восточного побережья оз. Байкал по аналогии с гидротермами Усть-Селенгинского артезианского бассейна [1]. Хотя приведенные прогнозные запасы соответствуют кат. P<sub>3</sub>, они тем не менее учитывают гидрогеологический и энергетический ресурсный потенциал исследованной территории.

### Заключение

Термальные воды по южной периферии Байкальской впадины формируются на глубинах 2.4–5.2 км [3]. Выше в разрезе четвертичных отложений холодные пресные грунтовые воды приурочены к локальным линзам пористых пород в горизонтах с высоким  $\rho$ , но имеющих малую поляризацию  $\eta$ . Запасы водных геотермальных ресурсов контролируются структурами пересечения крупных региональных сейсмо- и термоактивных разломов с сопутствующими поперечными сбросами. Электромагнитные исследования, проведенные методом ЗСБ — МПП на месторождении термальных вод «Сухая» [1], установили совмещение положения местного геотермального резервуара с локальной зоной минимальных УЭС. В структурно-литологической ситуации Муринско-Выдринской депрессии при комплексном объединении геолого-структурного, геохимического и электромагнитного методов ЗСБ — МПП, ЭМЗ ВП и ТКС выявлен блок с прогнозируемыми запасами подземного геотермального месторождения. Исследования актуальны и экономически оправданы вследствие востребованности геотермальных ресурсов при развитии энергетической инфраструктуры южного Прибайкалья Иркутской области и привлечения их для целей бальнеологии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бадминов, П.С. Перспективы поисков термальных вод в Усть-Селенгинском артезианском бассейне / П.С. Бадминов, А.В. Миромапов, А.И. Оргильянов и др. / Подземная гидросфера. — Иркутск, Изд-во «ООО Географ», 2012. — С. 285–288.

2. Вилор, Н.В. Геохимия сейсмоактивных региональных разломов (Байкальская рифтовая зона, Восточная Сибирь) / Н.В. Вилор, Л.Д. Андрулайтис, О.В. Зарубина и др. // Геохимия. — 2015. — № 1. — С. 64–82.
3. Голубев, В.А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне / В.А. Голубев. — Новосибирск: Изд-во «Гео», 2007. — 224 с.
4. Горный, В.И. Тепловая аэрокосмическая съемка / В.И. Горный, Б.В. Шилин, Г.И. Ясинский. — М.: Недра. 1993. — 128 с.
5. Давыденко, Ю.А. Перспективы использования индукционной составляющей переходного процесса в традиционных методах постоянного тока / Ю.А. Давыденко // XIV Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сб. научных материалов. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2013. — С. 74–83.
6. Дахнов, В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород / В.Н. Дахнов. — М.: Недра, 1975. — 343 с.
7. Кустов, Ю.И. Термальные воды юга Восточной Сибири / Ю.И. Кустов, С.В. Лысак // Геология и геофизика. — 2000. — Т. 41. — № 6. — С. 880 — 895.
8. Ломоносов, И.С. Минеральные воды Прибайкалья / И.С. Ломоносов, Ю.А. Кустов, Е.В. Пиннекер. — Иркутск, Вост.-Сиб. книжн. изд-во, 1977. — 223 с.
9. Лысак, С.В. Тепловой поток в зонах активных разломов на юге Восточной Сибири / С.В. Лысак // Геология и геофизика. — 2002. — Т. 43 -. № 8. — С. 791–803.
10. Лунина, О.В. Новая электронная карта активных разломов юга Восточной Сибири / О.В. Лунина, А.С. Гладков, П.П. Шерстянкин // ДАН. — 2010. — Т. 411. — № 5. — С. 662–667.
11. Толстой, М.Ю. Экономические параметры геотермальной установки теплоснабжения на рекреационном объекте в охраняемой природной зоне / М.Ю. Толстой, Н.В. Вилор, А.В. Соболев, М.В. Мороз // Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири. — Вып. 12. — Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2012. — С. 103–110.
12. Хромовских, В.С. Сейсмогеология южного Прибайкалья / В.С. Хромовских. — М.: Наука, 1965. — 122 с.

© Коллектив авторов, 2017

Вилор Николай Васильевич // vilor@igc.irk.ru  
Бадминов Прокопий Сократович // prokop\_sb@igc.irk.ru  
Будяк Александр Евгеньевич // budyak@igc.irk.ru  
Паршин Александр Вадимович // geophys@geoph.istu.ru  
Давыденко Юрий Александрович // geophys@geo.istu.edu  
Шкиря Михаил Сергеевич // geophys@geo.istu.edu  
Вилор Михаил Александрович // mvilor@yandex.ru

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК (696.6+628.9 622.143)(075.8)

Башкуров А.Ю., Башкурова Т.А. (МГРИ-РГГРУ)

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАВНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

В работе рассмотрена возможность использования частотно-регулируемого электропривода переменного тока буровых механизмов для более экономичного потребления энергетических ресурсов, что является актуальной научной задачей. **Ключевые слова:** частотно-регулируемый привод, мощность бурового станка.

Bashkurov A.Yu., Bashkurova T.A. (MGRI-RGGRU)  
IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRILLING THROUGH THE USE OF SMOOTHLY-VARIABLE SPEED DRIVE

The paper discusses the possibility of using frequency-regulated electric drive AC drilling mechanisms for the more economical consumption of energy resources that is an actual scientific problem. **Keywords:** variable frequency drive, power drill.

Буровые работы проводились на Октябрьском медноколчеданном месторождении, которое расположено в 2,5 км северо-западнее с. Макан Хайбуллинского района Республики Башкортостан и стоит на балансе Бурибаевского горно-обогатительного комбината

(ЗАО «Бурибаевский ГОК»). Обработка ведется с 1970 г. подземным способом. В настоящее время проводится доработка месторождения на горизонтах 240–300 м. В дальнейшем проектируется освоение месторождения до глубины 400–560 м (участки Южно- и Ново-Маканский). В связи с этим для дальнейшего освоения месторождения на юге Ново-Маканского участка намечается строительство скипо-клетьевого ствола Южный. В соответствии с программой инженерно-геологических изысканий будет проведено бурение структурной инженерно-геологической скважины глубиной 500 м с конечным диаметром не менее 59 мм, отбором и инженерно-геологическим изучением керна и геофизическими исследованиями.

Октябрьское рудное поле включает Маканское и Октябрьское медноколчеданные месторождения и расположено в западном крыле Магнитогорского мегасинклиория. В геологическом строении принимают участие вулканогенные и осадочно-вулканогенные образования баймак-бурибайской свиты ( $D_1-D_2b-br$ ) ниже-среднедевонского возраста, перекрытые триасовой корой выветривания (Т), среднеюрские углестые глины с включением щебня ( $J_2$ ), делювиальные отложения четвертичной системы (аQ).

Наиболее широко на месторождении развиты образования пятой толщи баймак-бурибайской свиты. Толща прослеживается до глубины 380–400 м и состоит из двух частей. Нижняя часть сложена туфами смешанного состава, лавобрекчиями дацитов и андезидацитов. Верхняя часть представлена дацитами и риодацитами с прослоями туфов и туфогенно-осадочных пород. Редко присутствуют туфы андезит-базальтового состава. Пачка дацитовый толщ является рудовмещающей. Дациты интенсивно хлоритизированы, серицитизированы, гематитизированы, окварцованы. Породы выветрелые и трещиноватые в верхнем интервале. Мощность региональной трещиноватости от 30 до 60 м.

В структурном отношении Октябрьское рудное поле занимает центральную часть Маканской брахиантиклинали. В настоящее время на Октябрьском рудном поле известно 64 рудных тела, из них 59 — с балансовыми запасами и 5 — с забалансовыми. Структурная неоднородность определяет наличие различных морфологических типов рудных тел, среди которых выделяют: пласто-, линзообразные и крутые линзообразные тела в зонах дробления и расщепления.

Рудные залежи месторождений сложены преимущественно массивными колчеданными рудами, типичными для колчеданных руд Южного Урала. Главным рудообразующим минералом является пирит, в массе которого неравно-

мерно распределены халькопирит, редко борнит, сфалерит.

Триасовая кора (Т) выветривания представлена глинистой, песчано-глинистой и песчано-щебнистой массой с включениями обломков материнских пород, распространена повсеместно и имеет мощность от 5 до 20 м. Отложения среднеюрского ( $J_2$ ) возраста развиты на юго-западе Октябрьского рудного поля в виде глин с включением гравийно-щебнистого материала в нижнем интервале. Общая мощность юрских отложений 10–40 м. Четвертичные отложения (аQ) представлены суглинисто-глинисто-щебнистыми элювиально-делювиальными образованиями мощностью от 0 до 16 м при средней мощности 5 м.

Расчет затрат мощности на бурение производим на примере бурения станком типа ЗИФ-1200 [1], технические характеристики которого приведены в табл. 1 (по методике ВИЭМС).

Проектом предусмотрено бурение геологоразведочной скважины глубиной 821 м с конечным диаметром 112 мм:

$$N_6 = N_{CT} + N_{P3} + N_{XB} + N_{ДОП}, \quad (1)$$

где затраты мощности (кВт):  $N_6$  — на бурение;  $N_{CT}$  — на преодоление сопротивлений в буровом станке;  $N_{P3}$  — на разрушение породы на забое;  $N_{XB}$  — на холостое вращение колонны бурильных труб;  $N_{ДОП}$  — дополнительные при создании осевой нагрузки.

Определяем потери мощности в станке:

$$N_{CT} = N \cdot (4.35 \cdot 10^{-2} + 1.7 \cdot 10^{-4} \cdot n) + 0.4, \quad (2)$$

где  $N$  — номинальная мощность двигателя, кВт;  $n$  — частота вращения бурового инструмента, об/мин,  $p$  — давление в гидросистеме станка, мПа (в станках с гидравлическим зажимным патроном  $p = 4$  мПа).

Определяем мощность на разрушение породы забоя, кВт:

$$N_{P3} = \frac{b \cdot \mu \cdot C_{oc} \cdot n \cdot (R+r)}{1950000}, \quad (3)$$

где  $b$  — коэффициент, учитывающий процесс разрушения;  $\mu$  — коэффициент трения коронки о породу;  $C_{oc}$  — осевая нагрузка на коронку, Н;  $n$  — частота вра-

**Таблица 1**  
Режимы бурения скважины по интервалам

№ п/п	Интервал, м от – до		Мощность, м	$C_{oc}$ , Н	$n$ , об/мин	$Q$ , л/мин	Диаметр коронки, м
1	0	12	12	9600–14400	152	226.5	0.151
2	12	372	360	9600–12000	173	158.4	0.132
3	372	420	48	9000–10800	204	134.4	0.112
4	420	432	12	5000–6000	204	90	0.112
5	432	467	35	9000–10800	204	112	0.112
6	467	477	10	5000–6000	204	90	0.112
7	477	611	134	9000–10800	204	112	0.112
8	611	701	90	5000–6000	204	67	0.112
9	701	731	30	9000–10800	204	90	0.112
10	731	821	90	5000–6000	204	67	0.112

**Таблица 2**  
Затраты мощности на бурение при плавном регулировании

Номер интервала	$N_{ст}$ , кВт	$N_{рз}$ , кВт	$N_{хв}$ , кВт	$N_{доп}$ , кВт	$N_б$ , кВт
1	5,99	9,56	0,07	18,05	33,67
2	6,29	9,43	2,45	17,12	35,29
3	6,76	6,98	3,27	18,16	35,17
4	7,86	3,88	3,36	10,09	24,09
5	7,86	6,98	3,63	18,16	35,53
6	7,86	3,88	3,71	10,09	24,44
7	7,86	6,98	4,75	18,16	36,65
8	7,86	3,88	5,45	10,09	26,18
9	7,86	6,98	5,69	18,16	37,59
10	7,86	3,88	6,39	10,09	27,12

щения бурового инструмента, об/мин;  $R$  и  $r$  — наружный и внутренний радиусы коронки, см.

Определяем мощность на холостое вращение буровой колонны, кВт:

$$N_{хв} = 1,8 \cdot k \cdot c_2 \cdot q \cdot d^2 \cdot n \cdot L, \quad (4)$$

где  $q$  — масса 1 м буровых труб, равная 8.76 кг/м;  $d$  — диаметр буровых труб, равный 6.35 см;  $L$  — глубина скважины, м;  $n$  — частота вращения, об/мин;  $k$  — опытный коэффициент, равный 1;  $c_2$  — опытный коэффициент, равный  $6-10^{-8}$ .

Определяем дополнительную мощность, кВт:

$$N_{доп} = 3.4 \cdot 10^{-7} \cdot \delta \cdot n \cdot C_{ос}, \quad (5)$$

где  $\delta = 24.25$  см — радиальный зазор между буровыми трубами;  $n$  — частота вращения породоразрушающего инструмента, об/мин;  $C_{ос}$  — осевая нагрузка на коронку, Н.

Затраты мощности на бурение при плавном регулировании с помощью преобразователя частоты приведены в табл. 2, то же при ступенчатом регулировании с помощью КПП — в табл. 3.

После того как определили мощность, потребляемую электродвигателем бурового станка из сети на разных интервалах бурения, рассчитываем энергию, затрачиваемую на бурение тех же интервалов.

Для этого выбираем из документа [2] нормы времени на углубку забоя скважины и чистое бурение, так как буровой насос работает обычно только при бурении.

Норма времени на бурение первого интервала (12 м) составляет:

- 0,386 ч/м, чистого бурения — 4,632 ч;
- второго (360 м) соответственно 0.827 ч/м и 297.72 ч;
- третьего (48 м) 0.975 ч/м и 46.8 ч;
- четвертого (48 м) 1.609 ч/м и 19.308 ч;
- пятого (35 м) 0.975 ч/м и 34.125 ч;
- шестого (10 м) 1.609 ч/м и 16.09 ч;

**Таблица 3**  
Затраты мощности при ступенчатом регулировании

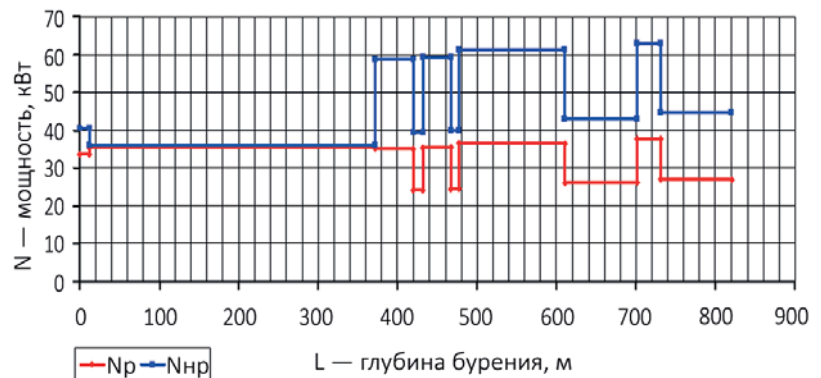
Номер интервала	$N_{ст}$ , кВт	$N_{рз}$ , кВт	$N_{хв}$ , кВт	$N_{доп}$ , кВт	$N_б$ , кВт
1	6,49	11,7	0,085	22,08	40,35
2	6,49	8,45	2,64	18,4	35,98
3	9	10,22	5,72	26,78	51,72
4	9	6,79	5,88	17,6	39,27
5	9	10,22	6,39	26,78	52,36
6	9	6,79	6,49	17,6	39,88
7	9	10,22	8,32	26,78	54,32
8	9	6,79	9,55	17,6	42,94
9	9	10,22	9,95	26,78	55,95
10	9	6,79	11,18	17,6	44,57

седьмого (135 м) 0.975 ч/м и 131.625 ч; восьмого (90 м) 1.609 ч/м и 144.81 ч; девятого (30 м) 1.255 ч/м и 37.65 ч; десятого (90 м) 1.609 ч/м и 144.81 ч.

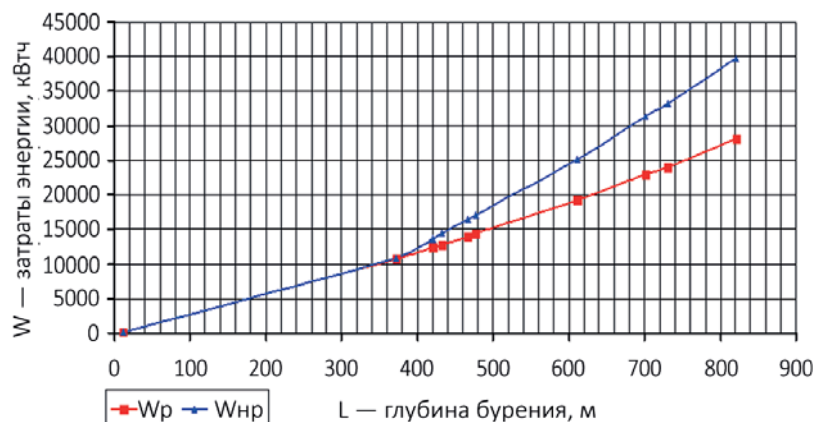
Рассчитаем затраты энергии на промывку проектируемой скважины при бурении, кВт·ч:

$$W = T_y \cdot L \cdot P,$$

где  $T_y$  — норма времени на бурение скважины, ч/м;  $P$  — мощность, потребляемая двигателем бурового на-



**Рис. 1.** Графики мощности потребления двигателя вращателя на бурение одной скважины в зависимости от глубины бурения при ступенчатом ( $N_{р}$ ) и плавном ( $N_{п}$ ) регулировании



**Рис. 2.** Графики затрат энергии из сети на бурение одной скважины двигателем вращателя при ступенчатом ( $W_{р}$ ) и плавном ( $W_{п}$ ) регулировании

**Таблица 4**

**Затраты электроэнергии на бурение скважины при регулировании частоты вращения двигателя с помощью преобразователя частоты**

Номер интервала	W, кВт·ч	Номер интервала	W, кВт·ч
1	155,9	6	393,24
2	10506,53	7	4824,06
3	1645,95	8	3791,12
4	465,13	9	1099,5
5	1212,46	10	3927,25

**Таблица 5**

**Затраты электроэнергии на бурение скважины при регулировании частоты вращения двигателя с помощью коробки передач**

Номер интервала	W, кВт·ч	Номер интервала	W, кВт·ч
1	186,9	6	641,66
2	10711,96	7	8071,24
3	2748,1	8	6218,14
4	758,22	9	1841,28
5	2025,66	10	6454,18

сосо при бурении на данном интервале, кВт;  $L$  — интервал бурения, м.

Определяем затраты электроэнергии на бурение скважины при регулировании частоты вращения двигателя с помощью преобразователя частоты для каж-

дого интервала (табл. 4) и с помощью коробки передач (табл. 5).

По полученным значениям строим графики затрат мощности на бурение (рис. 1) и потребления энергии двигателем бурового станка из сети (рис. 2) при плавном (частотном) и ступенчатом (с помощью коробки передач) регулировании частоты вращения в зависимости от глубины бурения. Из полученных графиков видно, что с увеличением глубины бурения затраты мощности на бурение при плавном регулировании частоты гораздо ниже, чем при ступенчатом регулировании с использованием КПП (31 %). Также на рис. 2 показано, что потребляемая энергия двигателем бурового станка из сети при плавном регулировании частоты гораздо ниже, чем при ступенчатом регулировании с использованием коробки передач (29,4 %).

Полученный вывод свидетельствует о том, что с применением плавно-регулируемого привода снижается экономическая составляющая. Тем самым повышается эффективность ведения (буровых) геологоразведочных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Воздвиженский, Б.И.* Разведочное бурение / Б.И. Воздвиженский, О.Н. Голубинцев, А.А. Новожилов. — М.: Недра, 1979. — 510 с.
2. *Единые нормы времени на бурение скважин на нефть, газ и другие полезные ископаемые.* — М., 1986.

© Башкуров А.Ю., Башкурова Т.А., 2017

*Башкуров Артем Юрьевич // Bashkurov\_A@inbox.ru*  
*Башкурова Татьяна Александровна // Bashkurova\_T@inbox.ru*

## ХРОНИКА

### ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ВETERАНСКОГО ДВИЖЕНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

История становления и развития ветеранского движения в геологической отрасли совсем незначительная по времени, но несмотря на это, мы хотим сохранить в памяти геологической общественности кто и когда создавал Общероссийскую организацию «Ветеран-геологоразведчик», чем она занималась, проблемы и достижения организации этого времени.

Общероссийская общественная организация геологоразведчиков (пенсионеров) «Ветеран-геологоразведчик» (полное ее название) была создана 25 лет тому назад в январе 1992 г. после развала СССР как самостоятельная структура, ставящая своей целью консолидацию усилий ветеранов-геологоразведчиков России, направленных на отстаивание законных прав на результаты своего труда по развитию и укреплению минерально-сырьевой базы страны, а также оказание конкретной помощи ветеранам в улучшении социально-бытовых условий.

Первым председателем президиума и ее организатором стал выдающийся геолог России, министр геоло-

гии РСФСР (1980—1987) Лев Иванович Ровнин. В период с 1992 по 2000 г. Л.И. Ровнин при активном участии известных геологов: З.И. Ивановской, Б.Д. Бошкова, В.Д. Токарева, С.И. Голикова, Э.В. Шпак и других, провели огромную организаторскую работу по созданию региональных отделений и межрегиональных организаций. Бессменным, работающим по настоящее время бухгалтером президиума является А.Н. Почивалова. В результате проведенной работы в те годы объединились около 40 тыс. пенсионеров, создав около 70 ветеранских организаций.

С 2005 по 2010 г. президиумом руководил видный деятель геологоразведочных работ В.Б. Мазур, который продолжил проведение совместно с другими общественными организациями крупных научно-практических конференций с широким участием ветеранов, ученых и специалистов не только в Москве, но и в региональных отделениях, что оказывало влияние на принятие решений хозяйствующими и государственными органами.