

рых установлен на участке «Августовский». В группе постпереходных металлов есть только олово, присутствующее на всех участках месторождения (табл. 4).

Согласно ПДК, установленным для 34 из исследованных элементов, участки месторождения соответствуют принятым стандартам.

Выводы

Оценка среднемноголетнего химического состава пресных подземных вод участков Августовского месторождения показывает наличие широкого спектра макро- и микроэлементов. Согласно коэффициенту вариации наиболее стабильный химический состав наблюдается на участке «Сопка», наибольший набор микроэлементов и наименее стабильная их концентрация — на участке «Аремовский». Количество макроэлементов на всех участках примерно одинаковое.

В подземных водах месторождения установлено наличие пяти групп элементов, концентрация которых превышает кларк. Самой представительной являются лантаноиды, а наименьшей — группа постпереходных металлов. Показано, что количество таких элементов на участках месторождения колеблется от 15 до 23, а химический состав месторождения во многом соответствует элементному составу месторождений на территории ЕАО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношкин, А.В. Устойчивость пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области к антропогенному преобразованию / А.В. Аношкин // Региональные проблемы. — 2014. — Т. 17. — № 1. — С. 63–67.

2. Буряк, В.А. Комплексное изучение и освоение золотоносных россыпей — первоочередная задача сегодняшнего времени / В.А. Буряк // Тихоокеанская геология. — 1992. — № 3. — С. 41–50.
3. Геологический словарь. Т. 1 / Отв. ред. К.Н. Паффенгольц. — М.: Недра, 1978. — 486 с.
4. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. — М., 2003.
5. Горюхин, М.В. Влияние разработки месторождений полезных ископаемых на речные системы (на примере Еврейской автономной области) / М.В. Горюхин // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — 2014. — Вып. 6. — С. 176–180.
6. Горюхин, М.В. Особенности химического состава подземных вод на территории Еврейской автономной области / М.В. Горюхин // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 11. — С. 38–42.
7. Коган, Р.М. Особенности формирования химического состава вод реки Бира / Р.М. Коган, Л.О. Рыжкова // Региональные проблемы. — 2011. — Т. 14. — № 2. — С. 87–93.
8. Кулаков, В.В. Месторождения пресных подземных вод Приамурья / В.В. Кулаков. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. — 151 с.
9. Пугач, С.Л. Прогнозные ресурсы, запасы, добыча и качество подземных вод / С.Л. Пугач, С.В. Спектор // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2014. — № 6. — С. 10–18.
10. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бургов и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
11. Hashim, M.A. Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater / M.A. Hashim, Soumyadeep Mukhopadhyay, Jaya Narayan Sahu, Bhaskar Sengupta // Journal of Environmental Management. — 2011. — № 92. — P. 2355–2388.
12. Nicoleta, Delia Vieru. Levels of magnesium, calcium and other inorganic compounds in water of the wells in rural areas of Botoșani county / Nicoleta Delia Vieru, Narcis Paul Vieru // Present environment and sustainable development. — 2010. — № 4. — P. 399–405.

© Горюхин М.В., 2016

Горюхин Михаил Владимирович // goruhin@mail.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.243.952

Мендебаев Т.Н., Смахов Н.Ж. (ТОО «Научно-Внедренческий центр Алмас»), Ужкенов Б.С. (АО «Волковгеология»), Исмаилов О.Ж. (ТОО «Геобайт-Инфо»)

ГЛУБИННАЯ ГИДРОМАШИНА, ОСНАЩЕННАЯ БУРОВЫМ ДОЛОТОМ С РЕАКТИВНЫМ МОМЕНТОМ СИЛ

Разработана конструкция глубинной гидромашины, оснащенной долотом с реактивным моментом сил для бурения скважин, предусматривающая полное использование потенциальной энергии рабочей жидкости для создания силовых параметров. По техническим и энергетическим характеристикам, а также технологическим возможностям глубинная гидромашина малогабаритная по длине и малорасходная по потреблению рабочей жидкости наиболее соответствует условиям бурения многозабойных скважин. В перспективе глубинная гидромашина различных размеров в повариантном исполнении может стать эффективным средством бурения скважин на нефть и газ, подземные воды, строительные материалы, проходки стволов шахт и шурфов. Внедрение глубинных гидромашин в сферу недропользования создает предпосылки для перехода на скважинный способ добычи полезных ископа-

емых, взамен шахтных, карьерных и т.д. **Ключевые слова:** бурение, скважина, гидромашина, долото, момент, давление, жидкость.

Mendebaev T.N., Smashov N.Zh. (Scientific and Implementation center Almas), Uzhkenov B.S. (Volkovgeologiya), Ismailov O.Zh. (Geobayt-Info)

THE DEEP HYDROCAR EQUIPPED WITH THE BORING CHISEL WITH REAKTIVNYM THE MOMENT OF FORCES

A deep hydraulic machine design equipped with a chisel with reluctance torque forces for drilling provides for full use of the potential energy of the working fluid for the establishment of security settings. For technical and energy performance, as well as technological possibilities depth hydraulic machine, small-sized in length and economical consumption of the working fluid, the most appropriate to the circumstances of drilling multilateral wells. In the future, deep hydraulic machine of different sizes in each variant design can be an effective means of drilling for oil and gas wells, underground water, building materials, sinking shafts and pits. The introduction of hydraulic deep in the mineral resources creates the prerequisites for the transition to a downhole method of mining, instead of mine, quarry, etc. **Keywords:** drilling, well, hydraulic machine, chisel, point, pressure, liquid.

Основу процесса бурения составляет разрушение горной породы на забое за счет энергии бурового станка, передаваемой посредством колонны бурильных труб на породоразрушающий инструмент. Процесс весьма энергозатратный с ростом глубины бурения скважин и частотой вращения колонны бурильных труб.

Эксперименты, подтвержденные практикой, показали, что потери мощности на вращение могут достигать 65–85 % всей мощности, расходуемой на бурение [1]. И это при том, что колонна бурильных труб является всего лишь промежуточным звеном, а непосредственное углубление скважин осуществляется породоразрушающим инструментом. В свою очередь, мощность, необходимая для вращения породоразрушающего инструмента при невращающейся колонне бурильных труб, прямо пропорциональна площади забоя при сплошном бурении или площади торцевой поверхности коронок при кольцевой форме забоя.

Наиболее эффективными средствами реализации идеи вращения породоразрушающего инструмента без вращения колонны бурильных труб являются забойные гидромашин (винтовые, турбобуры, роторного типа), которые практически не используются при бурении скважин на твердые полезные ископаемые и воду.

Помимо снижения энергозатрат весомыми факторами, стимулирующими работы по созданию и совершенствованию конструкции забойных машин, являются решения проблем бурения многозабойных скважин проводкой многоярусных боковых стволов по простиранию рудного горизонта. Для этого потребуются забойные гидромашин малогабаритные по длине, малорасходные по потреблению рабочего агента (технической воды) и с высокими энергетическими характеристиками (крутящий момент, мощность) [2].

Современные технологии бурения многозабойных направленных скважин требуют использования гидравлических забойных машин длиной 10–15 м. Этому требованию соответствуют гидротурбинные забойные двигатели, выпускаемые американскими компаниями Neyfor (Shlumberger) и Turbo Power (Halliburton) — их турбобуры состоят из одной-двух турбинных секций.

В Российской Федерации в 2010 г. был разработан и внедрен в производство двухсекционный турбобур 2ТСА-195, содержащий одну шпиндельную и две турбинные секции общей длиной около 19 м [3].

Анализ существующих конструктивных схем забойных гидромашин в мире, изучение их технических характеристик и значений силовых параметров в зависимости от величины расхода рабочего агента показали, что наиболее подходящими условиям бурения многозабойных скважин представляются машины роторного типа с лопастями. Известен успешно проведенный в США опыт бурения с продувкой воздухом скважины большого диаметра с использованием в качестве забойного двигателя двух спаренных серийных ротационных пневмомоторов. Крутящий момент ротационной забойной машины определяется средним радиусом и суммарной рабочей площадью выдвижных лопастей. Неизбежно малый радиус может компенсироваться увеличением рабочей площади лопастей за счет соответствующей высоты и объединением нескольких статоров при од-

ном едином роторе. Очень перспективной представляется схема ротационного двигателя с расположением подпружиненных лопастей в теле неподвижного статора и использованием осевого канала в теле ротора для повышения объемной подачи рабочей жидкости.

Исходя из изложенных факторов, для изучения была выбрана конструктивная схема глубинной гидромашин, где главной задачей является достижение высоких значений силовых параметров при меньших габаритных размерах по длине путем максимального использования потенциальной энергии рабочей жидкости.

На рис. 1 показан общий вид глубинной гидромашин. Предлагаемая глубинная гидромашин содержит корпус с подводящими каналами, установленный в полости корпуса с возможностью вращения на подшипниках вал, имеющий внешние полуцилиндрические лопасти, скользящие контактирующие с корпусом. Центральный канал посредством верхних и нижних боковых радиальных отверстий выполнен сообщающимся с по-

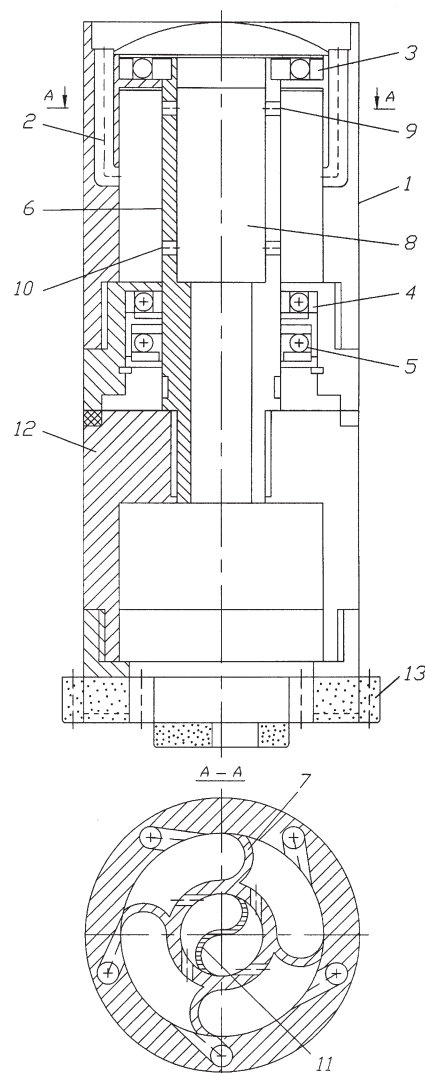


Рис. 1. Общий вид двухкамерной забойной гидромашин с самовращающимся долотом: 1 — корпус гидромашин; 2 — подводящие каналы; 3–5 — подшипники; 6 — вал; 7 — лопасти; 8 — центральный канал; 9 — верхние боковые радиальные отверстия; 10 — нижние боковые радиальные отверстия; 11 — синусоидальная перегородка; 12 — переходник; 13 — ступенчатое долото

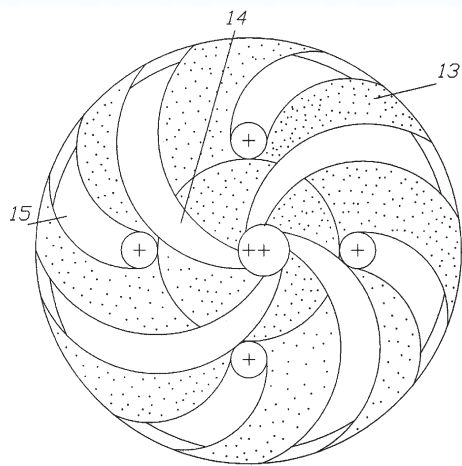


Рис. 2. Торцевая поверхность долота с реактивным моментом сил: 13 — ступенчатое долото; 14–15 — канавки цилиндрической формы

лостью корпуса. Верхние и нижние боковые радиальные отверстия проведены входом перед внешней стенкой полуцилиндрических лопастей. В центральном канале вала закреплена синусоидальная перегородка, образующая сектора и боковые радиальные отверстия, выполненные выходящими в центральный канал числом не менее двух в поперечном сечении каждого сектора, где передние по вращению вала боковые радиальные отверстия обращены в вогнутые поверхности синусоидальной перегородки, задние боковые радиальные отверстия ориентированы к выходу передних [2]. В нижней части вал присоединен к переходнику. В свою очередь, переходник соединен со ступенчатым долотом с канавками на торцевой поверхности, выходящими с реактивным истечением жидкости в затрубное пространство (рис. 2).

Глубинная гидромашина, оснащенная долотом с реактивным моментом сил для бурения скважин, работает следующим образом.

Поток рабочей жидкости по подводящим каналам закругленным поворотом направляется на середину высоты внутренней стенки полуцилиндрических лопастей. Под действием скоростного напора и нарастающим давлением в полости корпуса (I камера) вал на подшипниках приводится во вращательное движение. Далее рабочая жидкость поступает в боковые радиальные отверстия, и выходом в центральный канал (II камера) сила ударного давления рабочей жидкости, вытекающей из передних по вращению вала боковых радиальных отверстий, будет приложена на вогнутые поверхности синусоидальной перегородки, а рабочая жидкость, вытекающая из задних боковых радиальных отверстий, отражаясь по касательной от криволинейной стенки центрального канала, однонаправленно сливается с рабочей жидкостью из передних боковых радиальных отверстий, суммарно усиливая силу ударного давления и значение крутящего момента на валу. Поступая в полость переходника, далее под торцевую поверхность ступенчатого долота рабочая жидкость охлаждением последнего и выносом шлама через криволинейные канавки цилиндрической формы выходит в затрубное пространство, одновременно образуя реак-

тивный крутящий момент на долоте с наибольшим плечом момента сил.

Тем самым, в конструкции глубинной гидромашины, оснащенной долотом с реактивным моментом сил, обеспечивается решение главной задачи — максимальное использование потенциальной энергии рабочей жидкости для достижения высоких значений ее силовых параметров (крутящий момент, мощность).

Для установления технических характеристик и определений значений силовых параметров глубинной гидромашины, оснащенной буровым долотом с реактивным моментом сил, были выполнены теоретические расчеты по методике, принятой в области проектирования гидропривода и гидромашин.

В конструкции крутящий момент вала образуется слагаемой силой скоростного напора рабочей жидкости на лопасти в полости корпуса на синусоидальную перегородку и реактивной силой истечения через цилиндрические канавки.

Сила давления струи на каждую из сменяющих друг друга лопастей полуцилиндрической формы определяется по формуле

$$P = \rho \cdot Q \cdot V \left(1 + \frac{u}{2}\right)^2 (1 + \cos \beta), \quad (1)$$

где ρ — плотность жидкости, Q — расход жидкости, V — скорость движения жидкости на выходе из продольных каналов, u — скорость движения вала, β — угол отражения струи от лопасти, принимается $\beta = 20^\circ$.

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi d^2 \cdot K}, \quad (2)$$

где d — диаметр подводящих каналов, K — число каналов.

При этом скорость движения вала

$$U = \frac{\pi D_p \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (3)$$

где D_p — диаметр вала, n — число оборотов вала, по данным экспериментов на лабораторном стенде $n = 800$ об/мин.

Тогда крутящий момент вала в полости корпуса определяется по формуле

$$M_{кр} = \eta \cdot P, \quad (4)$$

где $\eta = 2 \left(1 - \frac{u}{V}\right) \cdot \frac{u}{V} (1 + \cos \beta)$ — теоретический КПД процесса.

Перепад давлений рабочей жидкости в полости корпуса

$$\Delta P = \frac{v^2}{\mu^2} \cdot \frac{\gamma}{2g}, \quad (5)$$

где μ — коэффициент расхода жидкости через подводящие каналы. В свою очередь, $\mu = \varphi \cdot \varepsilon$, где φ — коэффициент скорости струи, ε — коэффициент сжатия струи на выходе из подводящих каналов.

Крутящий момент вала при таком перепаде давлений рабочей жидкости имеет вид

$$M_{кр} = \Delta P \cdot \frac{D_p - D_{кольца}}{2} \cdot H \cdot \tau, \quad (6)$$

где H — высота ротора, τ — радиус размещения подводящих каналов.

Сравнительные технические характеристики значений силовых параметров ГГ-110 в сравнении с данными серийных забойных гидромашин

Типы машин	Длина, мм	Масса, кг	Диапазон расхода рабочей жидкости, л/сек	Перепад давлений, МПа	Момент силы, Нм	Мощность, кВт
ГГ-110	500–560	30–35	4–6	3,5–6,0	600–1100	20–60
ДОТЗ-106БРС	4400–6400	257–371	6–12	3,0–7,2	830–1060	5–58
ДРУЗ-106РС	4933–6933	246–423	6–12	3,0–7,2	830–1060	5–58

Мощность, развиваемая валом в полости корпуса, вычисляется по формуле

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{716,2}. \quad (7)$$

В таком же порядке вычисляют энергетические характеристики гидромашин в центральном канале с их обозначением: M_1 , N_1 и ΔP_1 .

Далее расчет ведется для определения силовых параметров реактивного истечения рабочей жидкости из канавок на торцевой поверхности долота.

$$V_p = \frac{4Q}{\pi d_{вых} m}, \quad (8)$$

где $d_{вых}$ — диаметр канавок, m — число канавок.

Перепад давлений

$$\Delta P_p = \frac{V_p^2}{\mu^2} \cdot \frac{1000}{2 \cdot 9,81}. \quad (9)$$

Тогда

$$M_p = \Delta P_p \cdot F_p \cdot e_p, \quad (10)$$

где F_p — площадь канавок, e_p — расстояние между противоположными канавками на выходе.

Тогда суммарный крутящий момент вала будет

$$\sum M = M_{кр} + M_1 + M_p. \quad (11)$$

Общая мощность гидромашин

$$N_T = \frac{\sum M \cdot 800}{716,2}. \quad (12)$$

Перепад давлений

$$\sum \Delta P = \Delta P + \Delta P_1 + \Delta P_p. \quad (13)$$

В последующем результаты расчетов были положены в основу разработки конструкторско-технологической документации глубинной гидромашин (ГГ-110) диаметром корпуса 110 мм с буровым долотом диаметром 132 мм.

В таблице приведены результаты теоретических расчетов ГГ-110 в зависимости от расхода рабочей жидкости и в сравнении с данными серийных забойных гидромашин. Из данных таблицы следует, что при несравнимо меньшей длине и массе (на порядок) глубинная гидромашин ГГ-110 имеет более высокие расчетные энергетические характеристики и в наибольшей степени удовлетворяет требованиям бурения многозабойных скважин.

По расчетным техническим и энергетическим характеристикам, а также руководствуясь технологическими ресурсными возможностями глубинная гидромашин, оснащенная долотом с реактивным моментом сил в повариантном исполнении различных размеров, может стать эффективным средством проводки глубоких скважин на нефть и газ, стволов шахт и шурфов, подземных вод и строительных материалов, осуществлением перехода на скважинные способы добычи твердых полезных ископаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирсанов, А.И. Буровые машины и механизмы / А.И. Кирсанов, В.Л. Зиненко, В.Г. Кардыш. — М.: Недра, 1981. — 448 с.
2. Пат. № 2581856 Российская Федерация. Объемный забойный двигатель / Т.Н. Мендебаев, Н.Ж. Смашов; опубл. 20.04.2016, Бюл. № 11.
3. Симонянц, С.Л. Актуальное направление модернизации турбинного способа бурения / С.Л. Симонянц, И.В. Мнацаканов // Нефтесервис. — 2013 — № 2. — С. 48–50.

© Коллектив авторов, 2016

Мендебаев Токтамыс Нусипхулович // nvc_almas@mail.ru
Смашов Нурлан Жаксыбекович // nur_cm@mail.ru
Уженов Булат Султанович // geology55@mail.ru
Исмаилов Олжабай Жумагалиевич // main@geobyte.kz

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 556.3

Анненков А.А., Егоров Н.Н. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА

Рассмотрены геоэкологические проблемы в случае организации работ по добычи сланцевого газа методом гидроразрыва пласта (ГРП). Отмечено важное значение геолого-гидрогеологического фактора, влияющего на возможность загрязнения водоносных горизонтов зоны активного водообмена. Проблема возможности загрязнения подземных вод при добычи сланцевого газа аналогична проблеме создания

и эксплуатации полигонов подземного захоронения (ППЗ) жидких опасных промышленных отходов. В связи с этим необходимо к участкам недр предъявлять те же требования, как и к ППЗ жидких отходов. **Ключевые слова:** сланцевый газ, метод гидроразрыва пласта, полигон подземного захоронения жидких опасных промышленных отходов.

Annenkov A.A., Egorov N.N. (Hydrospeztsgeologia)

GEOECOLOGICAL PROBLEMS IN THE CASE OF THE ORGANIZATION OF WORK ON THE SHALE GAS EXTRACTION

The article considers geoecological problems in the case of the organization of work on the shale gas extraction by the method of hydraulic fracturing. Noted the importance of geological and