

**Б. Т. Ратов**, д-р техн. наук<sup>1,3</sup>; **Б. В. Федоров**, д-р техн. наук<sup>1</sup>; **В. Л. Хоменко**, канд. техн. наук<sup>2</sup>; **Д. Р. Коргасбеков**, PhD докторант<sup>1</sup>; **С. М. Козбакарова**, PhD докторант<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Сатбаев университет, ул. Сатбаева 22, 050013, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Национальный технический университет «Днепровская политехника», пр. Дмитрия Яворницкого 19, 49000, г. Днепр, Украина

<sup>3</sup>Каспийский университет, пр. Сейфулина 521, 050000, г. Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Есенов университет, 32 микрорайон, 130000, г. Актау, Казахстан

## РАЗРАБОТКА НОВОГО ПИКООБРАЗНОГО ДОЛОТА И ЕГО ИСПЫТАНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Целью работы является разработка нового лопастного долота типа пикобур, обладающего повышенной производительностью, стойкостью и пониженной энергоемкостью при бурении скважин в мягких и частично в средней твердости породах.*

*Для достижения поставленной цели определено распределение усилий на резах, расположенных на лопастях лопастного долота в радикальном направлении. Установлено, что упомянутое распределение усилий крайне неравномерно и является причиной "зависания" долота (периодических остановках углубления забоя скважины). Для устранения этого осложнения разработан и запатентован пикобур, конструкция которого позволяет ликвидировать экстремальное усилие на резах, установленных на лопастях вблизи оси вращения долота, и тем самым продлить время их эффективной работы.*

*Лабораторные испытания созданного пикобура при бурении цементных блоков показали увеличение производительности новым инструментом на 20%. Проведенные промышленные испытания новых пикобуров при бурении геотехнологических скважин показали аналогичное повышение производительности в мягких и частично в средней твердости породах с одновременным увеличением стойкости новых инструментов на 20%.*

*Для дальнейшего повышения эффективности созданного лопастного пикообразного долота следует оснастить его пилотную часть резами PDC, а также разработать на принципе созданного инструмента долото для бурения нефтегазовых скважин.*

*Проведенные исследования имеют большое практическое значение ввиду массового бурения геотехнологических скважин для добычи уранового сырья в Республике Казахстан.*

*Ценность исследований заключается в получении новой научной информации, объясняющей осложнения при бурении пикообразными лопастными долотами и являющейся основой для разработки новых, патентоспособных долот, разрушающих породу в режиме резания.*

**Ключевые слова:** «зависание» долота, мягкие породы, пикобур, удаление резов, ось вращения, разрушение керна, буровой раствор, кернолом.

Известно, что пикообразные долота (пикобуры) достаточно давно и эффективно применяются при бурении мягких и частично средней твердости пород. Хорошо известны пикобуры В.П. Новикова, А.Н. Воронова и др. [1]. В настоящее время выпускается несколько типов пикобуров: плоские, четырёхлопастные, эллиптические, цельноштампованные и др. В Казахстане широкое применение пикобуров связано с бурением геотехнологических скважин, сооружаемых для добычи уранового сырья при отработке месторождений, входящих в состав Шу-Сарысуской и Сырдаринской ураново-рудных провинций пластово-инфильтрационного типа [2]. Глубина сооружаемых скважин достигает 600–700 м, а породы относятся к II-V категорий по буримости. Широкое применение пикобуров в этих условиях объясняется низкой категорией пород по буримости, достаточно высокой производительностью бурения (10–13 м/час), простотой конструкции и малой стоимостью самих инструментов.

На упомянутых месторождениях наибольшее распространение получил четырехлопастной пикобур конструкции АО «Волковгеология» [2] (рис 1).

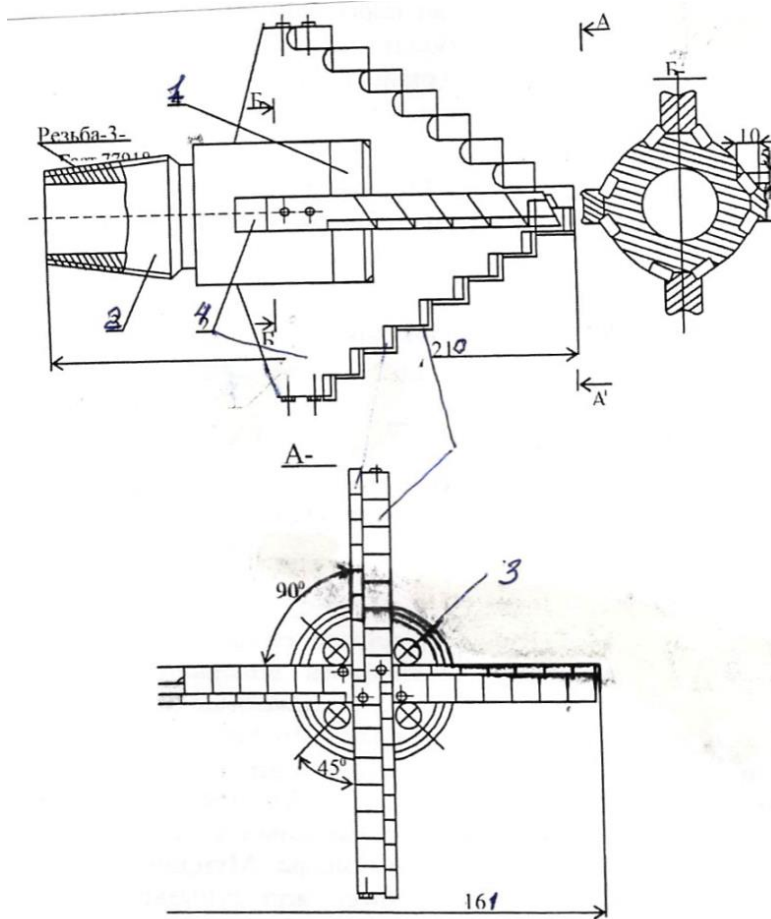


Рис.1. Четырехлопастной гидромониторный пикобур конструкции АО «Волковгеология»

резания. Одной из таких проблем является так называемое «зависание» долота над центральной частью забоя скважины. Это явление заключается в том, что вращающийся инструмент на некоторое время перестает углублять забой, затем происходит медленное раздавливание породы по оси долота, затем бурение возобновляется до следующего «зависания» и т.д. Такое явление неоднократно наблюдалось и при бурении нефтегазовых скважин [3] при использовании лопастных долот, армированных режущими алмазно-твердосплавными пластинками PDC. В упомянутой работе отмечено резкое уменьшение интенсивности разрушения забоя по мере приближения к оси вращающегося долота.

Для борьбы с такими осложнениями фирма *SmithBits* – дочерняя компания *Schlumberger* – предложила долото, у которого в осевой торцевой области размещено коническое твердое тело с алмазным напылением [3]. В результате порода в центральной части забоя более интенсивно разрушается и дробится, что позволяет существенно увеличить скорость бурения. Отмечается, однако, что такая технология эффективна лишь при бурении твердых пород.

Целью работы является установление причин «зависания» инструмента режущего типа над забоем скважины, создание долота, применение которого исключило бы упомянутое осложнение, а также проведение и анализ лабораторных и производственных испытаний нового породоразрушающего инструмента.

Пикобур состоит из корпуса 1 с замковой резьбой 2. В дне корпуса выполнены четыре гидромониторные отверстия 3, а к его боковой поверхности приварены четыре ступенчатые, сужающиеся в направлении забоя скважины лопасти 4. Последние армированы твердосплавными резцами 5. Процесс разрушения забоя скважины заключается в комбинированном воздействии на него твердосплавных резцов и (в мягких породах) действию высокоскоростных струй бурового раствора, выбрасываемых из гидронасадок 3.

Вместе с тем существуют проблемы, осложняющие технологию и снижающие производительность лопастных долот, в том числе и пикобуров, т. е. разрушающих забой в режиме

Для выяснения причин «зависания» лопастных долот в процессе бурения проанализированы известные теории вращательного бурения резовыми инструментами [4–7]. Установлено, что удовлетворительно объяснить сущность упомянутого процесса может только теория бурения-резания, разработанная известным советским и российским ученым Владиславлевым В.С. [7].

Основной принцип упомянутой теории заключается в том, что глубина внедрения реза при вращении по окружности пропорциональна пути, пройденному этим резцом. Это означает, что резец при вращении и углублении забоя движется по спирали, тангенс угла наклона  $\alpha$  которой равен [7, 8]:

$$\operatorname{tg} \alpha = 2q/A\delta, \quad (1)$$

$q$  – интенсивность вертикальной нагрузки,  $q = Q/kb$  ( $Q$  – осевая нагрузка на инструмент,  $K$  – число резов, перекрывающих по радиусу ширину забоя,  $b$  – ширина забоя по радиусу);  $A$  –

жесткость пары «резец-порода»;  $A = \frac{E}{1-\mu^2}$  ( $E$  – модуль упругости разрушаемой породы;  $\mu$  – коэффициент Пуассона породы;  $\delta$  – ширина конца реза в направлении его движения).

Из зависимости (1) можно легко получить формулу для углубки забоя  $h$  за один оборот долота с учетом влияния стесненных условий работы инструмента в скважине (коэффициент  $\gamma = 1,38$ ), а также формулу для расчета реальной нагрузки  $Q_i$ , которая уменьшает назначаемую нагрузку  $Q$  за счет силы трения  $T$ , действующей по передней грани реза и направленной вверх. Соответствующие формулы для расчета вышеупомянутых величин приведены в работе [8]. В результате нами получена формула распределения нагрузки  $Q_i$  для

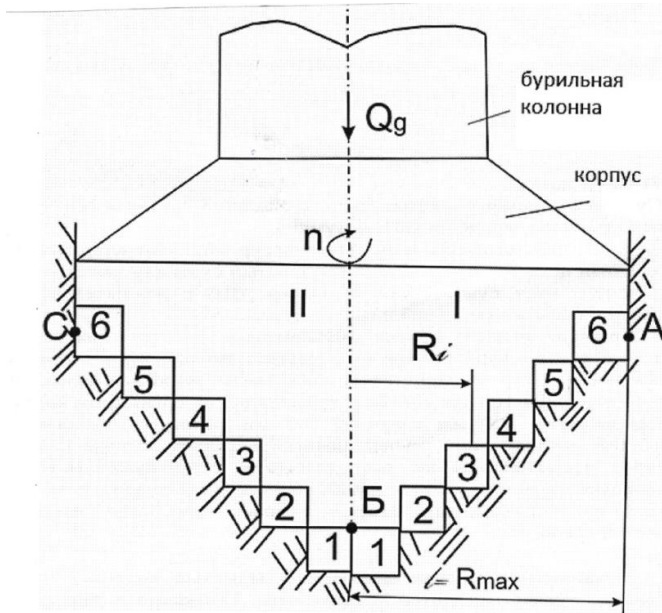


Рис.2. Схема бурения лопастным пикообразным долотом: 1–6 – резы;  $R_i$  – радиус вращения  $i$ -го реза;  $R_{max}$  – максимальный радиус вращения; I, II – лезвия (лопасти)

любого реза, расположенного на режущей кромке долота или пикобура:

$$Q_i = h \left( \frac{E\delta\gamma}{4\pi(i-0.5)(1-\mu^2)} + \frac{D\tau_{сдв}f}{2K} \right), \quad (2)$$

где  $h$  – глубина снимаемого слоя за один оборот долота;

( $h = \frac{v_M}{n\pi m}$ ;  $v_M$  – скорость бурения,  $n$  – частота вращения долота  $\frac{1}{сек}$ ,  $m$  –

количество лопастей долота);  $i$  – нумерация резов в направлении от оси вращения пикобура к периферии скважин, например:  $i = 1; 2; 3; 4; 5; 6$  (рис 2);  $D$  – диаметр долота (диаметр скважины);  $\tau_{сдв}$  – прочность буримой породы на сдвиг, Па;  $f$  – коэффициент трения на контакте «резец – порода»).

В качестве примера проведен расчет распределения нагрузки, действующей на резы лопасти долота, в зависимости от радиуса их вращения, т.е. от величины  $i$  при следующих исходных данных:

$D = 220$  мм;  $(0,22\text{М})$ ;  $\tau_{\text{сдв}} = 40$  МПа ( $4 \times 10^7$  Па);  $f = 0,4$ ;  $K = 6$ ;  $E = 60000$  МПа ( $6 \times 10^{10}$  Па);  $\delta = 0,2$  мм ( $5 \times 10^{-4}\text{М}$ );  $\mu = 0,3$ ;  $\vartheta_M = 18 \frac{\text{М}}{\text{с}} \left(0,005 \frac{\text{М}}{\text{с}}\right)$ ;  $\gamma = 1,38$ ;  $n = 100 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \left(167 \frac{1}{\text{сек}}\right)$ ;  $m = 9$ . Результаты расчета приведены в таблице и в виде графической зависимости  $Q_i^* = f(R)$  (рис. 3).

**Распределение осевой нагрузки на одну ( $Q_i$ ) и четыре лопасти ( $Q_i^*$ ) по радиусу лопасти пикообразного долота**

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i$ , мм	9,15	27,45	45,75	64,05	82,35	100,65
$Q_i$ , кН на одну лопасть	6,3	3,27	1,5	1,12	0,92	0,80
Нагрузка на четыре лопасти ( $Q_i^*$ ), кН	25,2	13,08	6,0	4,48	3,65	3,20

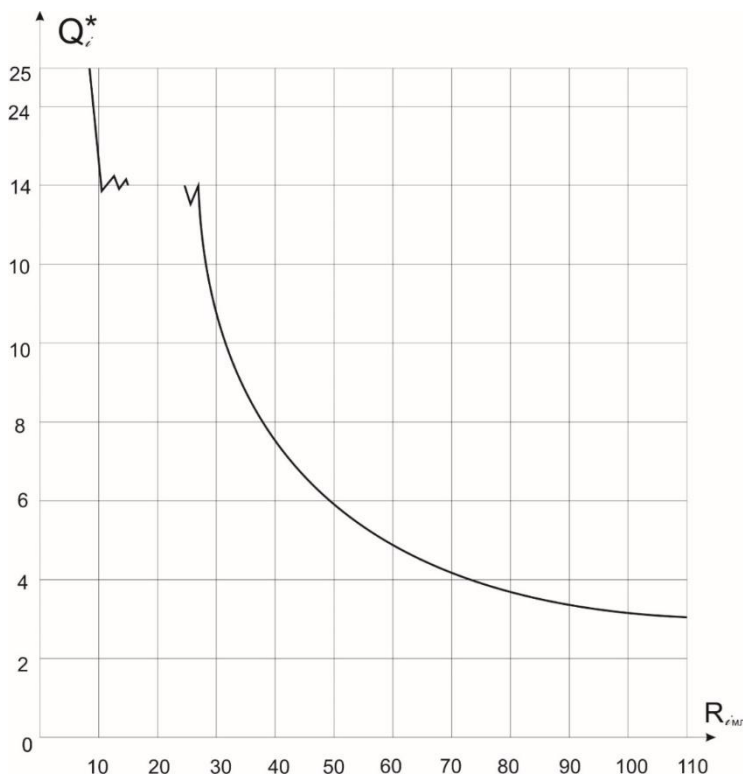


Рис.3. Распределение осевой нагрузки, действующей на четыре лопасти пикообразного долота, в зависимости от радиуса вращения  $R_i$  резцов

Анализ показывает, что минимальная нагрузка при разрушении забоя скважины с заданной скоростью находится на периферии пикобура при  $R_{\text{max}} = 110$  мм, где  $Q_i^*$  составляет всего 3 кН. Осевая нагрузка вблизи оси долота, напротив, достигает огромной величины, возрастая до 25 кН, т.е. в 8 с лишним раз. Построение формулы (2) свидетельствует, что подобная картина распределения усилий вдоль лопастей долота будет сохраняться при других исходных данных.

Такое неравномерное распределение усилий по радиусу долота можно объяснить лишь с позиций теории профессора Владиславлева В.С. При бурении к пикобуру приложена осевая статическая сила  $Q$  и крутящий момент,

трансформирующийся в частоту вращения инструмента. Разные участки лезвия перемещаются по окружностям, длина которых пропорциональна радиусам их вращения. Максимальный путь будут совершать резцы, расположенные у наружного края долота. Резцы, расположенные вблизи оси инструмента, будут пробегать путь, в разы меньший, а на оси вращения долота он будет равен нулю.

Так как речь идет о едином целом лезвии, то углубка для всех его участков должна быть одинаковой. Равная углубка для резцов, пробегающих разный путь, обеспечивается за счет перераспределения действующей на пикобур осевой нагрузки, и поэтому она растет на режущей кромке лезвия в направлении оси вращения, как бы компенсируя уменьшение пути, пройденного резцами. В результате происходит остановка, «зависание» пикобура, которому потребуется некоторое время для раздавливания породы в центральной части забоя скважины, что осложняет процесс бурения и снижает его производительность.

Анализируя данные таблицы и зависимость  $Q^* = f(R)$  (рис. 3), можно сделать вывод о необходимости устранить чрезмерную нагрузку в области, примыкающей к оси вращения пикобура. Для этого следует ликвидировать несколько околоосевых ступеней лопастей с резцами. Образующийся керн мягких пород следует размывать струей бурового раствора или (в более твердых породах) разрушать механическим керноломом. Это позволит снизить общую нагрузку на забой скважины, уменьшить энергоемкость бурения и повысить стойкость пикобура.

Вышеупомянутые принципы реализованы в конструкции запатентованного нами пикообразного долота [9]. Пикобур (рис 4) содержит корпус 1 с резьбой 2 для соединения с

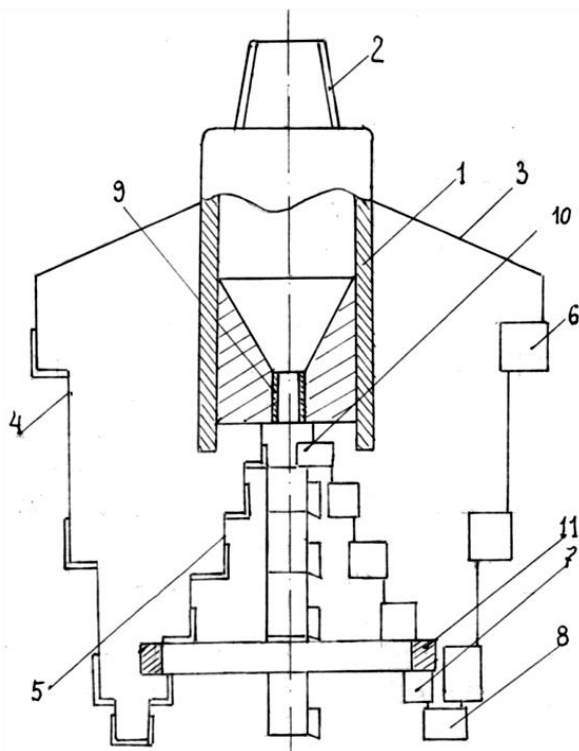


Рис. 4. Буровое долото типа пикобур (патент РК №33077 (104033)): 1 – корпус; 2 – резьба; 3 – лопасть; 4 – уступ наружный; 5 – уступ внутренний; 6 – резец наружного уступа; 7 – резец внутреннего уступа; 8 – резец врубовой; 9 – гидронасадка; 10 – кернолом; 11 – кольцо жесткости

бурильной колонной. К корпусу приварены четыре лопасти 3, имеющие наружные и внутренние уступы 4, 5, сужающиеся к низу (к забю скважины) и вооруженные твердосплавными резцами 6, 7. Самая нижняя часть лопастей снабжена врубовыми резцами 8. Внутри корпуса размещена насадка 9 с соплом для увеличения скорости истечения струи бурового раствора. Для гашения вибраций при бурении и сохранения прочности крепления твердосплавных резцов к лопастям предусмотрено приваренное к последним кольцо жесткости 10. Внутренние уступы лопастей 5 к верхней части оканчиваются керноломом для окончательного разрушения выбуриваемого керна.

Работа пикобура происходит следующим образом. После спуска бурильной колонны на забой к

пикобуру прикладывают осевую нагрузку и вращение, на забой подается буровой раствор. Вращающийся пикобур с помощью врубовых резцов формирует первоначально кольцевой забой, наружный диаметр которого по мере углубления скважины с помощью уступов 4 лопастей расширяется до требуемого диаметра скважины. Формирующийся керн уменьшается по диаметру резцами внутренних уступов 5 лопастей. Самый верхний ярус содержит кернолом, в котором один из резцов противоположных лопастей установлен ближе к оси

вращения, чем второй. В результате керн будет испытывать изгибающие напряжения, которые непременно приведут к его слою.

Для получения объективной информации об эксплуатационных характеристиках пикобура изготовлено два образца упомянутого долота и проведены его лабораторные сравнительные испытания совместно с серийным применяемым пикобуром конструкции АО «Волковгеология». Бурение обоими инструментами осуществлялось в цементных блоках размерами 700×800×1000 мм. Состав блоков: смесь цемента М400, (30%) песка (30%), вода (40%). Схватывание и твердение блоков осуществляется в течение 2-х недель. С учетом количества блоков (5 штук) намечено всего 15 точек для забуривания скважин глубиной 700 мм для каждого испытываемого пикобура.

Для бурения была использована самоходная буровая установка УРБ-2 А-2, укомплектованная подвижным вращателем и буровым насосом НБ-32.

Состав бурового снаряжения следующий: пикобур, переходник, УБТ диаметром 89 мм длиной 2 м, переходник, бурильные трубы диаметром 60,3 мм длиной 2,5 м. Общая длина снаряжения составляла 5,6 м, масса – 125 кг.

Контроль за параметрами режима бурения устанавливался следующей регистрирующей аппаратурой:

- измеритель осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент МКН-2;
- манометр МИД-1 для измерения давления масла в гидросистеме;
- манометр для регистрации давления в нагнетательной линии бурового насоса;
- расходомер промывочной жидкости ЭМР-1;
- буровой секундомер-спидометр конструкции КазИМС.

Опытное бурение проводилось в следующей последовательности: первоначально бурились все 15 скважин с помощью стандартного пикобура конструкции АО «Волковгеология». Затем такое же количество скважин бурили запатентованным пикобуром ПК-1 (пикобур керновый, первая модель) конструкции КазНИТУ.

Параметры технологического режима поддерживались одинаковыми при использовании обоих пикобуров и имели следующие величины: частота вращения долота, об/мин – 325; осевая нагрузка, кН – 20; расход промывочной жидкости (воды), л/с – 5.

В процессе опытного бурения фиксировалось время бурения каждой скважины глубиной 0,7 м.

Обработка результатов сравнительных испытаний осуществлялась методами математической статистики [10, 11, 13–15] с определением следующих показателей: средние скорости бурения: пикобуры ПК-1- $x_{cp}$  = 70 м/ч, пикобур АО Волковгеология  $Y_{cp}$  = 57 м/ч; дисперсности величин  $x$  и  $y$ :  $D_x$  = 2,28;  $D_d$  = 7,02. Определялся действительный критерий Стьюдента  $t\alpha_g$  = 9,78 и сравнивался с его табличным значением, которое при вероятности  $P$  = 0,9 и числе степеней свободы  $f_1$  = 28 равно  $t\alpha_g$  = 1,701 [11].

Так как  $t\alpha_d > t\alpha_t$  (9.78 > 1.701), то различие в двух выборках весьма существенно. Это значит, что разработанное пикообразное долото ПК-1 достоверно показало производительность на  $(70,6-57)/57 \times 100\% = 24\%$  больше, чем стандартный применяемый пикобур АО Волковгеология. Что касается очень высоких скоростей, полученных в эксперименте, то они объясняются, во-первых, низкой твердостью и абразивностью буримого цементного камня, и, во-вторых, малой глубиной бурения.

Тем не менее, опытное бурение показало вполне очевидное преимущество нового пикобура перед стандартным применяемым. Очевидно, это преимущество будет сохраняться при бурении более твердых и абразивных пород [12].

На втором этапе разработанный запатентованный пикобур ПК-1 прошел производственные испытания при бурении геотехнологических скважин на месторождении Буденовское. Геолого-технический наряд на сооружение закачной скважины глубиной 640

метров показан на рисунке 5. Для создания конструкции скважины бурение осуществлялось пикобуром диаметром 161 мм с последующим расширением до номинального диаметра 190 мм. Буровой снаряд содержал бурильные трубы диаметром 50 муфто-замкового соединения, утяжеленную трубу (УБТ) диаметром 146 мм длиной 8 м., переходники и пикообразное долото.

Для привода снаряда использовалась передвижная буровая установка ПБУ-1200МР конструкции АО «Волковгеология» [2]. Основными узлами установки являлись буровой станок ЗИФ-1200МР, шпиндельный вращатель которого заменен на вращатель роторного типа, и буровой насос НБ-80.

Геологический разрез представлен плотными глинами и песками. Было испытано два экземпляра пикобура ПК-1. При бурении поддерживались следующие параметры технологического режима:

- осевая нагрузка на забой изменялась в интервале от 2кН до 6кН;
- частота вращения бурового снаряда – 268об/мин;
- расход глинистого раствора (подача насосов) – 210 л/мин;

при следующих его основных параметрах: плотность – 1220 кг/м<sup>3</sup>; условная вязкость – 30 с; водоотдача – 5-10 см<sup>3</sup> за 30 мин.

Пикобуром ПК-1 было пробурено всего 368 м (в том числе 28 м – при добурировании одной скважины, и 340 м – при бурении другой). Средняя скорость углубки составила 13,2 м/ч.

Однако при использовании экспериментального пикобура ПК-1 нагрузка на забой была на 40% меньше, что свидетельствует о снижении энергоемкости разрушения забоя скважины при примерно одинаковой скорости бурения пикобуром АО Волковгеология. При бурении интервала от 0 до 340 м в другой технологической скважине в конце упомянутого интервала пикобур вышел из строя при бурении песчаников за счет отрыва твердосплавных резцов от лопастей долота. Осмотр поднятого на поверхность инструмента показал, что целиком отделились от наружных ярусов пикобура 10 из 12 твердосплавных резцов ВК-8 размером 14×10×4 мм. Два оставшихся резца были обломаны. Что касается внутренних «керновых» ярусов, то их резцовое вооружение сохранилось в хорошем состоянии.

Вторым образцом пикобура ПК-1 был пройден интервал от 0 до 320 м, затем инструмент вышел из строя по той же причине некачественного закрепления твердосплавных резцов на ярусах наружных ступенчатых лопастей.

Тем не менее, проходка, показанная при испытаниях экспериментального пикобура (368 и 320 м), оказалась выше соответственно на 31 и 14%, чем в среднем показывают серийные пикобуры АО «Волковгеология». Это свидетельствует о более высокой стойкости вооружения экспериментального пикобура.

"УТВЕРЖДАЮ"  
 Главный геолог ТОО "Каратау"

"УТВЕРЖДАЮ"  
 Главный инженер "Русбурмаш"

\_\_\_\_\_ 20 г.

\_\_\_\_\_ 20 г.

ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НАРЯД  
 на сооружение откачной скважины, блок № \_\_\_\_\_

1. Буровая установка \_\_\_\_\_ 4. Проектная глубина \_\_\_\_\_ 6. Скважина начата "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20 г.  
 2. Вышка, мачта \_\_\_\_\_ 5. Углы заложения: азимутальный \_\_\_\_\_ 7. Скважина окончена "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20 г.  
 3. Бурильные трубы \_\_\_\_\_ зенитный \_\_\_\_\_

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ					ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ							
Глубина, м.	Геологическая колонка	Краткая характеристика пород	Мощность слоя, м.	Проектное положение фильтра		Интервал гидроизоляции, гравийной обсыпкой	Конструкция скважины	Компановка бурового снаряда	Скорость вращения шпинд. об/мин.	Осевое давление МПа кг.	Вид, параметры промыв. жидкости л/мин давл. кг/см <sup>2</sup>	Примечание
				от	до							
30		Пески мелкозернистые карбонатизированные с прослоями карбонатизированных глин.	30			ПВХ 165x14	← Ø 295				Глинистый раствор ρ=1,22-1,25 г/см <sup>3</sup> T=22-24 сек В=15-20 см <sup>3</sup> за 30 мин P=200-300	1. Отклонение скважины не больше 1 метра на 100 м. 2. Интервал установки фильтров и цементного моста задает геологи по данным каротажа. Допустимое отклонение фактического интервала посадки фильтра от заданного 1 м
100		Глины карбонатизированные с прослоями песка										
300												
350		Пески мелкозернистые	50		Возможен самоизлив							
400												
450		Глины плотные горизонтально слоистые					← Ø 190					
480												
490												
500		Пески мелкозернистые	20		Возможен самоизлив							
510												
520		Пески среднезернистые с прослоями разнозернистых, прослоями и обрывками песчаников.										
530												
540		Глина										
550		Пески среднезернистые с прослоями разнозернистых песков и мало-мощными прослоями глин.										
560		Глина										
570												
580												
590												
600		Пески среднезернистые с прослоями мелкозернистых с гравием песков. Отмечаются прослойки глин до 1,5 м.										
610												
620		Пески разнозернистые с гравием, гравий песчаный.										
		Песок среднезернистый										
670		Пески разнозернистые с прослоями среднезернистых песков.										

От "Каратау"

Технолог по бурению и ремонту скважин \_\_\_\_\_

Геолог \_\_\_\_\_

От СП "Русбурмаш"

Начальник бурового участка \_\_\_\_\_

Буровой мастер \_\_\_\_\_

Рис. 5. Геолого-технический наряд на сооружение закачной геотехнологической скважины (месторождение Буденовское)



Руководством фирмы «Русбурмаш» было рекомендовано разработчикам изготовить 10 комплектов нового пикобура для широкого его внедрения в практику бурения геотехнологических скважин с расчетом реального эффекта и обратить внимание на качественное закрепление резцов на наружных ступенях пикобура.

### **Выводы**

1. Объяснено явление «зависания» лопастного долота над центральной частью забоя. Упомянутое явление объясняется крайне неравномерным распределением осевой нагрузки на резцы, расположенные на радиальных лопастях долота, причем большая ее часть действует на околоосевую область резцов при нулевом углублении в забой.

2. Анализ распределения внешней нагрузки на резцы, расположенные на радиальных лопастях долота, привел к идее, заключающейся в ликвидации резцов, расположенных вблизи оси вращения долота, и разрушении образующегося ядра струей бурового раствора или механическим керноломом. Упомянутая идея реализована в конструкции лопастного пикобура, на которую получен патент Республики Казахстан.

3. Запатентованный пикобур изготовлен, прошел лабораторные и промышленные испытания. Результаты испытаний положительные: производительность увеличилась не менее, чем на 10–20%, при повышении стойкости инструмента на 20%. Вместе с тем необходимо обратить особое внимание на качественное закрепление твердосплавных резцов на лопастях пикобура.

4. Проведенные исследования имеют большое практическое значение ввиду массового бурения геотехнологических скважин для добычи уранового сырья в Казахстане. Ценность исследований заключается в получении новой научной информации, объясняющей причину осложнений при бурении пикообразными лопастными долотами и являющейся основой для разработки нового, патентоспособного и эффективного долота типа пикобур.

5. Полученные результаты исследований могут быть использованы для создания лопастных пикообразных долот, оснащенных алмазно–твердосплавными резцами PDC, которые с успехом будут использованы для бурения как технологических, так и нефтегазовых скважин.

**Б. Т. Ратов<sup>1,3</sup>, Б. В. Федоров<sup>1</sup>, В. Л. Хоменко<sup>2</sup>, Д. Р. Коргасбеков<sup>1</sup>, С. М. Козбакарова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Сатбаев университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

<sup>3</sup>Касійський університет, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Есенов университет, Актау, Казахстан

### **РОЗРОБКА НОВОГО ПІКОПОДІБНОГО ДОЛОТА ТА ЙОГО ВИПРОБУВАННЯ В ЛАБОРАТОРНИХ ТА ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**

*Метою роботи є розробка нового лопатевого долота типу пікобур, що відзначається підвищеною продуктивністю, стійкістю і зниженою енергоємністю при бурінні свердловин в м'яких і частково в середньої твердості породах.*

*Для досягнення поставленої мети визначено розподіл зусиль на різцях, розташованих на лопатях лопатевого долота в радикальному напрямку. Встановлено, що зазначений розподіл зусиль вкрай нерівномірний і є причиною «зависання» долота (періодичних зупинок поглиблення забою свердловини). Для усунення цього ускладнення розроблений і запатентований пікобур, конструкція якого дозволяє ліквідувати екстремальне зусилля на різцях, встановлених на лопатях поблизу осі обертання долота, і тим самим продовжити час їх ефективної роботи.*

*Лабораторні випробування створеного пікобура при бурінні цементних блоків показали збільшення продуктивності новим інструментом на 20%. Проведені промислові випробування нових*

пікобуров при бурінні геотехнологічних свердловин показали аналогічне підвищення продуктивності в м'яких і частково в середній твердості породах з одночасним збільшенням стійкості нових інструментів на 20%.

Для подальшого підвищення ефективності створеного лопатевого пікоподібного долота слід оснастити його пілотну частину різцями PDC, а також розробити на принципі створеного інструменту долото для буріння нафтогазових свердловин.

Проведені дослідження мають велике практичне значення з огляду на масове буріння геотехнологічних свердловин для видобутку уранової сировини в Республіці Казахстан.

Цінність досліджень полягає в отриманні нової наукової інформації, що пояснює ускладнення при бурінні пікоподібними лопатевими долотами і є основою для розробки нових, патентоспроможних доліт, що руйнують породу в режимі різання.

**Ключові слова:** «зависання» долота, м'які породи, пікобур, видалення різців, вісь обертання, руйнування керна, буровий розчин, кернолом.

**B. Ratov<sup>1,3</sup>; B. Fedorov<sup>1</sup>, V. Khomenko<sup>2</sup>, D. Korgasbekov<sup>1</sup>,  
S. Kozbakarova<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>National Technical University "Dneprovskaya Polytechnic", Dnipro, Ukraine

<sup>3</sup>Caspian University, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Yessenov University, Aktau, Kazakhstan

## **DEVELOPMENT OF A NEW PICTURE CHISEL AND ITS TEST IN LABORATORY AND PRODUCTION CONDITIONS**

*The aim of the work is to develop a new paddle bit of the picobur type, which has increased productivity, stability and reduced energy intensity while drilling wells in soft and partially in medium hard formations.*

*To achieve this goal, the distribution of forces on the cutters located on the blades of the blade bit in the radical direction is determined. It is established that the mentioned distribution of efforts is extremely uneven and is the cause of the "freezing" of the bit (periodic stopping of the deepening of the bottom of the well). To eliminate this complication, picobur was developed and patented, the design of which allows to eliminate extreme force on the cutters mounted on the blades near the axis of rotation of the bit, and thereby extend the time of their effective operation.*

*Laboratory tests of the created picobur while drilling cement blocks showed an increase in productivity with a new tool by 20%. Industrial tests of new pico-drills during drilling of geotechnological wells showed a similar increase in productivity in soft and partially medium hard formations with a simultaneous increase in the resistance of new tools by 20%.*

*To further increase the efficiency of the created blade-shaped peak-shaped bit, it is necessary to equip its pilot part with PDC cutters, and also develop a bit for drilling oil and gas wells on the principle of the created tool.*

*The studies are of great practical importance due to the massive drilling of geotechnological wells for the extraction of uranium raw materials in the Republic of Kazakhstan.*

*The value of research is to obtain new scientific information explaining the complications when drilling with lobed, peak-shaped lobed bits and is the basis for the development of new, patentable bits that destroy the rock in the cutting mode.*

**Key words:** "freezing" of the bit, soft rock, picobur, removal of incisors, axis of rotation, core destruction, drilling mud, core.

### **Литература**

1. Володин Ю. И. Основы бурения. – М.: Недра, 1984. – 272 с.
2. Ракишев Б. Р., Федоров Б. В. Техника и технология сооружения геотехнологических скважин. – Алматы: изд.центрКазНТУ, 2013. – 355с.
3. Гисмин Д. Технологическое сопровождение совершенствования буровых долот // Offshore (Russia). – 2013. – №1. – С. 42–45.

4. Остроушко И. А. Зобойные процессы и инструменты при бурении горных пород. М.: Горное дело, 1962. – 271 с.
5. Сулакшин С. С. Технология бурения геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1973. – 316 с.
6. Технология бурения нефтяных и газовых скважин / Под общей ред. А. И. Спивака. – Москва. Недра-Бизнесцентр, 2003. – 509 с.
7. Владиславлев В. С. Разрушение горных пород при бурении скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1958, – 242 с.
8. Билецкий М. Т., Ратов Б. Т., Байбоз А. Р. Использование компьютерных пользовательских программ для анализа теоретических моделей разрушения горных пород при бурении скважин // Новости науки Казахстана. – 2018. – № 3. С. 80–93.
9. Патент на изобретение РК № 33077 (104033). Буровое долото типа пикобур / М.Т. Билецкий, Б.Т. Ратов, А.Р. Байбоз. – Оpubл. 10.09.2018, Бюл. № 34.
10. Танатаров Т. Т., Билецкий М. Т. Основы научных исследований и оптимизации в бурении. – Алматы: РИК, 1998. – 205 с.
11. Башкатов Д. Н. Планирование эксперимента в разведочном бурении. М.: Недра, 1985. – 179 с.
12. Ратов Б. Т., Федоров Б. В., Байбоз А. Р., Коргасбеков Д. Р. Новое лопастное долото и его испытания в лабораторных условиях // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент — техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов. – Вып. 22. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2019. С. – 62–69.
13. Ratov B. T., Fedorov B. V., Omirzakova E. J., Korgasbekov D. R. Development and improvement of design factors for PDC cutter bits // MIAB.Mining Inf. Anal. Bull. – 2019. – N11. – С. 73–80. [DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-73-80.
14. Билецкий М. Т., Ратов Б. Т., Муратова С. К., Байбоз А. Р. Использование компьютерных пользовательских программ для анализа теоретических моделей разрушения горных пород при бурении. // Новости науки Казахстана. – 2018. – № 3. – С. 80–93.
15. Билецкий М. Т., Ратов Б. Т., Байбоз А. Р. Пути совершенствования конструктивных параметров породоразрушающего инструмента. // Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов: материалы Международной научно-практической конференции (27–29 сентября 2018, г. Алматы) – Алматы, 2018. – С. – 405–409.

Поступила 16.06.20

## References

1. Volodin, Yu.I. (1984). *Osnovy bureniia [Basics of drilling]*. Moskwa: Nedra [in Russian].
2. B.R. Rakishev, & B.V. Fedorov. (2013). *Tekhnika I tekhnolohiia sooruzheniia tekhnolohicheskikh skvazhin [Technique and technology of the construction of geotechnological wells]*. Almaty: publishingcenterofKazNTU [in Russian].
3. Gismin, D. (2013). Technological support for the improvement of drill bits. *Offshore (Russia)*, 1, 42–45.
4. Ostroushko, I.A. (1962). *Zaboinye protsessy I instrumenty pri burenii hornykh porod [Downhole processes and tools for drilling rocks]*. Moskwa: Hornoe delol [in Russian].
5. Sulakshin, S.S. (1973). *Tekhnolohiia bureniia heolohorazvedochnykh skvazin [Technology of drilling exploration wells]*. Moskwa.: Nedra [in Russian].
6. Spivak, A.I. (Ed.). (2003). *Tekhnologiia bureniia nefதியanykh i gazovykh skvazhin [The technology of drilling oil and gas wells]*. Moskwa: Nedra [in Russian].

7. Vladislavlev, V. S. (1958). *Razrushenie gornykh porod pri burenii skvazhin*. [The destruction of rocks during drilling]. Moskva: Gostoptekhizdat [in Russian].
8. Biletskiy, M. T., Ratov, B. T. & Baiboz, A. R. (2018) Ispolzovanie kompyuternykh polzovatelskikh programm dlia analiza teoreticheskikh modelei razrusheniia gornykh porod pri burenii skvazhin [The use of computer user programs for the analysis of theoretical models of rock destruction during drilling]. *Novosti nauki Kazakhstana – Science news of Kazakhstan* 3, 80–93 [in Russian].
9. Biletskiy, M. T., Ratov, B. T., & A. R. Baiboz (2018). Patent of the Republic of Kazakhstan 33077 (104033) [in Russian].
10. Tanatarov, T. T., Biletskiy, M. T. (1998). *Osnovy nauchnykh issledovaniy i optimizatsii v burenii* [Basics of scientific research and optimization in drilling]. Almaty, RIK, [in Russian].
11. Bashkatov, D. N. (1985). *Planirovanie eksperimenta v razvedochnom burenii* [Planning an experiment in exploration drilling]. Moskva: Nedra [in Russian]
12. Ratov, B. T., Fedorov, B. V., Baiboz, A. R., & Korgasbekov, D. R. (2019). Novoe lopastnoe doloto i eho ispytaniia v laboratornykh usloviakh [New blade chisel and its tests in laboratory conditions] *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Manufacture and applications*, Vol. 22, 62–69 [in Russian].
13. Ratov, B. T., Fedorov, B. V., Omirzakova, E. J., & Korgasbekov, D. R. (2019). Development and improvement of design factors for PDC cutter bits. *MIAB.Mining inf. Anal. Bull.*, 11, 73–80.
14. Biletskiy, M. T., Ratov, B. T., Muratova, S. K., & Bayboz, A. R. (2018). Ispolzovanie kompiuternykh polzovatelskikh programm dlia analiza teoreticheskikh modelei razrusheniia gornykh porod pri burenii [The use of computer user programs for the analysis of theoretical models of rock destruction during drilling]. *Novosti nauki Kazakhstana Nauchno-tekhnicheskii zhurnal – Science news of Kazakhstan Scientific and technical journal*, 3, 80–93.
15. Biletskiy, M. T., Ratov, B. T., & Baiboz, A. R. (2018). Puti sovershenstvovaniia konstruktivnykh parametrov porodorazrushaiushchego instrumenta [Ways to improve the design parameters of rock cutting tools]. Proceedings from Effective technologies for the production of non-ferrous, rare and noble metals '18: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia (27–29 sentiabria 2018 hoda) – International scientific-practical conference* (pp. 405–409). Almaty [in Russian].

УДК 622.244:622.036

DOI: 10.33839/2708-731X-23-1-36-49

**О. М. Давиденко**, д-р техн. наук, **А. О. Ігнатов**, канд. техн. наук

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», пр. Дмитра Яворницького,  
19, 49027, м. Дніпро, Україна, e-mail: [davidenko.a.n@ntu.one](mailto:davidenko.a.n@ntu.one)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЛЬТРАТУ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН НА ПРОЦЕСИ НАБРЯКАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Метою статті є встановлення закономірностей фізико-хімічних процесів, що протікають в стовбурі свердловини, споруджуваної в товщі осадових гірських порід, при циркуляції промивальних рідин і формування на їхній основі адекватних технологічних заходів гідравлічної програми промивання свердловини.