

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ОПРОБОВАНИЯ РАЗВЕДОЧНОГО БУРЕНИЯ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Л. Тувхуу¹, Л. Лхагвасурэн²

¹ Монгольский Государственный Университет науки и технологии, Горно-геологический институт, Уланбатор,
tuvkhuu100@yahoo.com

² Дун-Эрдэнэ” КОО

РЕЗЮМЕ. При разведке россыпных месторождений полезных ископаемых применяется в основном ударное /ударно-канатное/ бурение. В зависимости от некоторых факторов, связанных с превышением (так называемое «растягивание» пласта по вертикали) и сужением мощности пласта и неправильным оконтуриванием площади, искажением определяемого содержания золота, несоблюдением технологии разведки и опробования данные разведки и опробования россыпных месторождений золота ударным бурением не сходятся с результатами последующей их эксплуатации. В связи с чем встает вопрос о научно обоснованном объяснении проблемы. В данной статье мы излагаем результаты лабораторного исследования явления «растягивания» золотоносного пласта при разведке ударным бурением.

Ключевые слова: полезное ископаемое, золото, запасы, методы, минералы, перемещение.

КЪМ ВЪПРОСА ЗА КАЧЕСТВОТО НА ОПРОБВАНЕ НА ПРОУЧВАТЕЛНОТО СОНДИРАНЕ НА РАЗСИПНИ НАХОДИЩА НА ЗЛАТО

Л. Тувхуу¹, Л. Лхагвасурэн²

¹ Монголски Държавен Университет за наука и технология, Минно-геоложки институт, Уланбатор,
tuvkhuu100@yahoo.com

² Дун-Эрдэнэ” КОО

РЕЗЮМЕ. При проучване на разсипни находища на полезни ископаеми основно се използва ударно сондиране. Данните от проучването с ударно сондиране и опробването на разсипни находища на злато се различават от резултатите, получени в процеса на експлоатацията им под влияние на следните фактори: увеличаване (така наречено вертикално „разтягане“ на пласта) и свиване на дебелината на пласта; неправилно оконтурване на площта му; неточност при определяне на съдържанието на злато; неспазване на технологията на проучване и опробване. В тази връзка се поставя въпроса за научно обосновано обяснение на този проблем. В настоящата работа се излагат резултати от лабораторното изследване на явления „разтягане“ на златоносния пласт в процеса на ударното сондиране.

Ключевы думи: полезно ископаемо, злато, запаси, методи, минерали, преместване.

Введение

Разведка россыпных месторождений полезных ископаемых проводится в основном, как уже известно, ударным бурением по определённой сетке. При этом запасы полезных ископаемых определяются по границе, объёму, промышленному содержанию площади и подтверждаются результаты разведки проходкой шурфов или медленновращательном бурением скважины большого диаметра.

Достоверность подсчетов запасов россыпных месторождений во многом зависит от качества разведки, в том числе от ударного бурения, опробования, технологии промывки и последовательности работ.

Ударно-канатное бурение (УКБ) обладает относительной простотой организации процесса и остается до сих пор одним из надежных способов разведки россыпных полезных ископаемых, содержащихся в рыхлых отложениях. К тому же надо отметить что, наблюдается тенденция дальнейшего применения этого метода (Цэрэн, Даваадорж, 1986; Цэрэнжав, 2012). Преимущество ударного способа состоит в том, что он по сравнению с другими способами дает возможность бурить рыхлые отложения, закрывая обсадной трубой и получить достаточного количества пробы при бурении обводненные, болотистые, глинистые набухающие и мерзлые грунты. Отличительная особенность ударного бурения заключается в его применении как основной способ поисково-разведочной работы.

Также для успешной разведки россыпных месторождений важны человеческий фактор, работа буровой бригады т.е. результаты работы во многом зависят от согласованности работ бурового мастера, помбура, промывщика, полоскателя, техника-геолога и их опыта, умений и навыков.

У ударного способа разведки и опробования имеется немало недостатков, например, к их числу можно отнести завышение, т.е «растягивание» и сужение мощности пласта и неправильное оконтуривание площади, искажение определяемого содержания золота, несоблюдение технологии разведки и опробования. Особенно завышение, т.е «растягивание» и сужение мощности пласта и неправильное оконтуривание площади, искажение определяемого содержания золота приводят к серьезным ошибкам оценки данных запасов и экономических и технологических подсчетов (Кучерявый, Кожушко, 1972).

В связи с чем в процессе разведки россыпных месторождений ударным бурением возникает необходимость тщательного контроля бурильщиком изменений последовательности бурения (*долбление-желонирование, желонирование-долбление также последовательность установки обсадной трубы*), технологии (*углубление скважины, количество воды для скважины, число желонирования и т.д.*) и тщательного контроля геологом изменений опробования и горных пород и отложений (*граница песка и грунта*) в различных условиях

Перемещение частиц золота на забое при ударном бурении

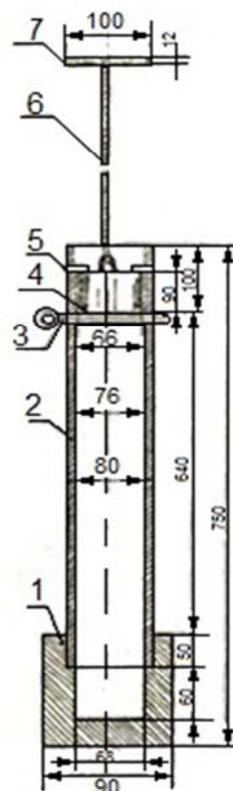
Для исследования в лабораторных условиях перемещения частиц золота при разведке россыпных месторождений ударным бурением эксперимент проводили с помощью прибора ПОК (прибор определения динамической крепости горных пород) для иммитации ударного бурения.

Методика эксперимента

- Подготовка золотоносных горных пород к эксперименту
 - 50% галечники, 50% песчаные отложения
 - 30% галечники, 70% песчаные отложения
 - 2 варианта пробы золотоносных горных пород объемом 151,4 см³
 - Поместить частицы золота на глубине 19,0-24,81 мм в золотоносных горных породах.
 - Взвесить частицы золота до помешения в золотоносных горных породах на весах точностью 0,01 мм, данные записать в журнал эксперимента.
- Марка весов - электронные весы марки J3000.
 Время эксперимента - 1 min, 3 min, 5 min.

Результаты лабораторного исследования

ПОК (прибор для определения крепости горных пород) предназначен для определения динамической крепости горных пород по методу толчения. Показатели крепости определяются сопротивлением горных пород удару и срезу (фиг.1).



Фиг. 1. Схема прибора ПОК для определения динамической крепости горных пород:
 1. стакан; 2. направляющая труба; 3. Упор; 4. груз (гыря); 5. ограничитель; 6. Шнур; 7. рукоятка

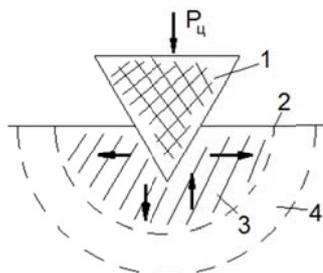
Этот метод основан на том, что работа, выполняемая во время толчения пропорциональна поверхности, образованной частицами горных пород размером менее 0,5 мм. Если работа, выполняемая во время толчения постоянна, то образованная (по новому) поверхность обратно пропорциональна показателю крепости горных пород (Цэвээнжав, 2012).

Цель нашего исследования заключалась в определении перемещения частиц золота в забое скважины при ударном бурении на россыпных месторождениях в лабораторных условиях с помощью прибора ПОК. Перемещение частиц золота определялось динамическим действием сбрасывания груза весом 2,5 kg. По теоретическому обоснованию перемещение должно происходить по закону инерции Ньютона.

При ударе долото раздробляет горные породы и проникает в них, по размеру режущего конца долота образуется углубление (Беккер и др., 1979). После каждого удара долото поворачивается определенным углом, а при этом раздвигаются не только горные породы, но и происходит раздробление в сторону углубления.

Одновременно с раздроблением горных пород, при ударе также перемещаются в определенной мере частицы золота, содержащиеся в песчано-галечных отложениях. Размер перемещения зависит от веса частиц золота, содержащихся в вмещающих отложениях.

Экспериментом установлено, что частицы золота перемещаются не только вниз, но и вверх. Разное направление перемещения частиц золота, как мы видим, зависит от типа золотоносных отложений, расстояния между режущим концом долота и частицами золота, веса и формы частиц золота. Направление перемещения частиц вниз преобладает в зоне *площади уплотнения* а в близкие к режущему концу долота частицы золота, находящиеся в зоне *площади подвижных пород* перемещаются вверх (фиг.2).

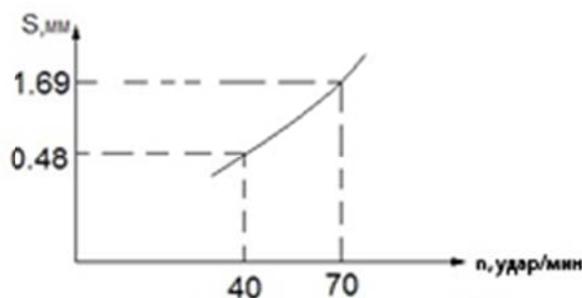


Фиг. 2. Направления перемещения горных пород при ударе 1-режущий конец долота; 2-поверхность забоя; 3-площадь подвижных горных пород; 4-площадь уплотнения горных пород.

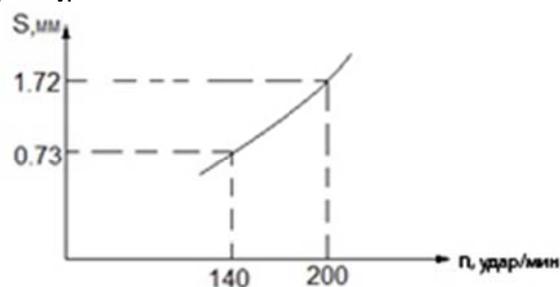
В эксперименте 4 мг, 5 мг, 9 мг частиц золота поместили на глубине 21-27 мм в горных породах, состоящих на 50% галечных и на 50% песчаных отложений и для дробления горных пород использовали груз весом 2364, 5 г. Высота сбрасывания груза 600 мм. За 1 мин проведено 30-45 ударов. Наблюдено, что часть частиц золота перемещена вверх, а часть вниз. В результате 15 разовых измерений средний показатель перемещений частиц золота составляет 3,01 мм. А в условиях эксперимента, когда вмещающая порода состоит из 30% галечных, 70% песчаных отложений, положили в них частицы золота на глубине 19 мм. При этом за 1 мин проведено 60-75 ударов и проведено 12 измерений. Средний показатель перемещений составляет 8,54 мм. Здесь наблюдается зависимость перемещения частиц и числа ударов: по мере увеличения числа ударов увеличивается и перемещение частиц золота

Время данного опыта проделали на 3 и 5 минут. За 3-х минутный эксперимент средний показатель перемещений в результате измерений 24 раза составлял 3,74 мм. А за 5-и минутный эксперимент средний показатель перемещений в результате измерений 24 раза составлял 4,71 мм. Здесь видно, что при продлении времени ударов увеличивается расстояние перемещений.

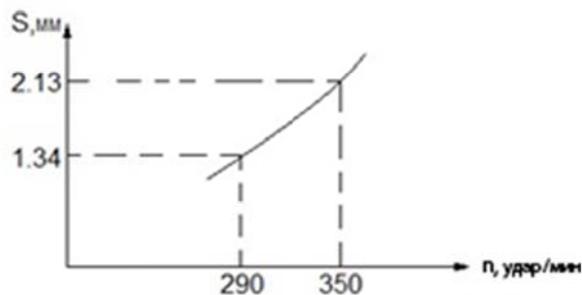
С другой стороны, эксперимент показывает, что в том случае, когда в составе золотоносных отложений преобладают песчаные породы увеличивается и перемещение частиц золота. Расчет по данным эксперимента, относящимся на перемещение 1 мг частиц золота подтверждает вышеуказанные выводы (фиг.3-5).



Фиг. 3. Перемещение частиц золота весом 1 мг за 1 минут при ударном бурении



Фиг. 4. Перемещение частиц золота весом 1 мг за 3 минут при ударном бурении



Фиг. 5. Перемещение частиц золота весом 1 мг за 5 минут при ударном бурении

За 1 минут эксперимента интенсивность перемещения частиц золота 0,04 мм/удар (фиг.3). За 3 минут эксперимента интенсивность перемещения частиц золота 0,02 мм/удар (фиг.4). За 5 минут эксперимента интенсивность перемещения частиц золота 0,01 мм/удар. Здесь наблюдается интересная зависимость перемещения и ударов. Видно что, при ударном бурении при увеличении числа ударов уменьшается перемещение частиц золота, отведенное на единицу ударов.

Теоретическая основа определения перемещения частиц золота в забое под ударным действием бурения

Основные понятия физики объясняют причины ускорения движения тел, а размер и направление ускорения рассматриваются в динамике как части механики. Краеугольным камнем динамики можно считать законы движения Ньютона. Законами Ньютона определяется связь между движением тел и причинами

его изменений (Цэрэн, Даваадорж.,1986). Понятно, что все в природе находится в вечном движении.

Хотя возможны различные действия близлежащих горных пород с разными свойствами, частицы золота в пластах, неподверженные бурению с точки зрения механики можно считать телами, находящимися в состоянии покоя.

При падении долота в скважину частицы золота и близлежащие к ним горные породы подвергаются вибрации, вследствие чего в зависимости от массы горные породы могут перемещаться с различной скоростью по направлению вверх. В том условии, когда не происходил удар, взаимодействие частиц золота и горных пород находится в равновесии, поэтому можно сказать, что частицы золота находятся в том случае в состоянии покоя. Другими словами их скорость постоянна, равна нулю.

На каждое тело, находящееся в состоянии покоя действуют два и более сил. В этом случае действия этих сил взаимно равны.

Перемещение тел от удара в зависимости от трения может дальше продолжаться, хотя уже прекратился удар. Но оно продолжится недолго. Это явление объясняется первым законом Ньютоном. С прекращением действия внешней силы тело стремится оставаться в движении. Это свойство известно как инерция. В природе широко распространено движение, постоянно изменяющееся скоростью, направлением. Под действием удара бурового снаряда перемещение элементарных частиц происходит с определенным ускорением.

При бурении ускорение проходки долота в породу за время Δt равно $a_1 = \frac{v_1}{\Delta t}$. А ускорение элементарных

частиц, взаимодействующих с ним будет $a_2 = \frac{v_2}{\Delta t}$ тогда

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1}{v_2}. \text{ Постоянное соотношение ускорений}$$

взаимодействующих двух тел совершенно не зависит от того, как взаимодействуют эти тела. $\frac{a_1}{a_2} = const.$ При взаимодействии двух тел они приобретают противоположно направленное ускорение

Из-за удара, другими словами из-за очень кратковременного взаимодействия долота и горных пород, некоторая часть горных пород почти лишается возможностей перемещаться и иметь ускорение (Цэрэн, Даваадорж,1986).

Если масса бурового снаряда - m_1 , масса элементарных частиц в забое - m_2 , может быть следующее соотношение.

$$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{a_2}{a_1} \quad (1)$$

Направление ускорения обратное, поэтому значение должно быть отрицательное, т.е. со знаком минус (-). Из вышеуказанной формулы следует:

$$m_1 \cdot a_1 = -m_2 \cdot a_2$$

Если умножить массу на ускорение получим силу. Тогда

$$F = m \cdot a \quad \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Нам известно что, зависимость силы, массы и ускорения является вторым законом Ньютона. Так что, эта сила выражает взаимодействие горных пород и долота. Ученые экспериментально установили возможность определения пройденной под действием силы F пути по следующей формулой.

$$l = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad [2]$$

Силы, действующие на два тела равны по размеру и противоположны по направлению. Это положение впервые сформулировано Ньютоном.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Это, то что мы называем теперь третьим законом Ньютона: каждому действию всегда соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

В перемещении элементарных частиц горных пород при ударе важную роль играет сила трения. Сила трения считается как выражение электромагнитной силы. Эта сила возникает в результате соприкосновения двух тел поверхностями и их относительных перемещений и к тому же она противодействует их взаимному перемещению. Направление этой силы противоположно скорости тела. По мере увеличения скорости тела увеличивается и сила трения. Трение происходит по третьему закону Ньютона. Взаимодействие между поверхностями двух контактирующих твердых тел на самом деле есть внешнее трение. Вообще во внешнем трении различают три вида: трения покоя, трения качения, трение скольжения (Цэрэн, Даваадорж, 1986).

Так как во время ударов происходит относительно параллельное перемещение контактирующих поверхностей частиц горных пород, скорее всего это можно считать трение скольжения. По закону Кулона сила трения покоя прямо пропорциональна силе нормального давления.

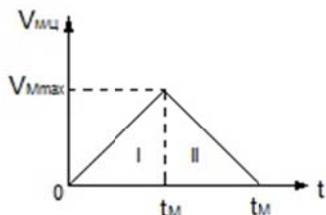
$$F = \mu \cdot P_H \quad [3]$$

Где: F - сила трения;
 P_H - сила нормального давления;
 μ - коэффициент трения.

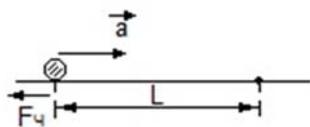
Движению тел оказывает особое влияние сила трения. В зависимости от силы трения ускоряется движение частиц золота /фиг.6/.

У элементарных частиц горных пород при ударе теряется состояние покоя начинается резкое движение со скоростью V_{max} и под действием силы трения, пройдя определенный путь в течение определенного времени движение прекращается. Рассчитаем время прекращения

движения под действием силы трения и путь элементарных частиц, пройденный ими за это время. На фигуре 7 показаны направление силы трения, действующей на элементарные частицы горных пород с момента замедления скорости движения и направление ускорения. Понятно, что противоположны их направления. В этом случае движение



Фиг. 6. Графика движения элементарных частиц горных пород I-ускоряющее движение, II-замедляющее движение



Фиг. 7. Сила, действующая на элементарные частицы горных пород и её ускорение перемещения

элементарных частиц горных пород происходит только под действием силы трения, поэтому равенство движения можно выражать по второму закону Ньютона:

$$\vec{F}_Y = m\vec{a}$$

где:

m - масса элементарных частиц горных пород, кг
a - ускорение элементарных частиц горных пород,

m/s²

Из этой формулы следует:

$$a = -\frac{F_Y}{m}$$

Так как здесь направления силы трения и ускорения противоположны, значение должно быть отрицательное, т.е. со знаком минус (-). С другой стороны

$$a = \frac{V_t - V_0}{t} \text{ поэтому}$$

конечная скорость $V_t=0$, поскольку нам интересно время с момента замедления скорости, перемещения элементарных частиц до его прекращения.

$$\text{Если } a = -\frac{V_0}{t}$$

$$\text{тогда } \frac{F_Y}{m} = \frac{V_0}{t} \text{ отсюда } t = \frac{m \cdot V_0}{F_Y} \quad [4]$$

На этой формуле можно видеть, что время замедления скорости зависит от силы трения, а также от умножения $m \cdot V_0$. Теперь найдем путь l элементарных частиц, пройденный ими с момента замедления скорости до прекращения движения. Для вычисления используем следующую формулу (Остроушко, 1952).

$$V^2 - V_0^2 = 2a \cdot l$$

По нашему условию $V_t=0$, тогда

$$l = -\frac{V_0^2}{2a}$$

по второму закону Ньютона $a = -\frac{F_Y}{m}$

$$\text{тогда } l = -\frac{m \cdot V_0^2}{2 \cdot F_Y} \quad [5]$$

Стало известно, что путь, пройденный элементарными частицами до прекращения движения зависит от силы трения, также от величины $\frac{m \cdot V_0^2}{2}$. Этот путь имеет прямую зависимость от квадрата скорости.

Так как свободное падение бурового снаряда в скважину представляет собой один из случаев равномерного ускорения, путь его перемещения, скорость, время и ускорение можно определить формулой закона равномерно переменного движения.

Скорость падения бурового снаряда в скважину равномерно ускоренного движения можно определить следующим образом:

$$\vec{V} = \vec{a} \cdot t \quad [6]$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2 \text{ учир } t = \sqrt{\frac{2h}{a}} \quad [7]$$

если заменим формулу 7 формулой 6, получится:

$$\vec{V} = \sqrt{2 \cdot h \cdot a} \quad [8]$$

где: h - высота сбрасывания снаряда удара, м;

a - ускорение падения снаряда в скважину, m/s².

По расчету исследователей $a=5,5-6,5 \text{ m/s}^2$ (Остроушко, 1952).

Некоторые теоретические расчеты дробления горных пород при ударном бурении

В конце прошлого столетия, чехословацкий исследователь Долежалек выдвинул впервые теоретическую схему процесса дробления горных пород при ударно-вращательном бурении. А русский профессор Н.С. Успенский разработал математический анализ этой схемы. Долежалек и Успенским разработана теоретическая основа закономерности дробления горных пород при ударе (Кренделев, 1976). Под действием силы P_y режущий конец бурового инструмента проходит в горные породы на глубину h (фиг.8).

По мере проходки инструмента увеличиваются и сила сопротивления F_{cm} раздавливанию и сила трения $F_{тр}$ между горными породами и инструментом. При наступлении нижеуказанного равенства сил прекращается проходка.

$$P_{уд} = F_{cm} + F_{тр} \quad [9]$$

Сила сопротивления горных пород раздавливанию равно умножению площади разрушения S_{CM} на временное сопротивление горных пород раздавливанию.

$$F_{CM} = S_{CM} \cdot \delta_{CM} \quad [10]$$

На фигуре 8 видно что $S_{CM} = a \cdot d$

$$tg \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{a}{2}}{h} = \frac{a}{2h} \quad \text{тогда} \quad a = 2h \cdot tg \frac{\alpha}{2} \quad [11]$$

где: а- ширина площади дробляемой горной породы, см

d- длина режущего конца инструмента (длина площади дробления), см

α - угол заострения режущего конца долота, °

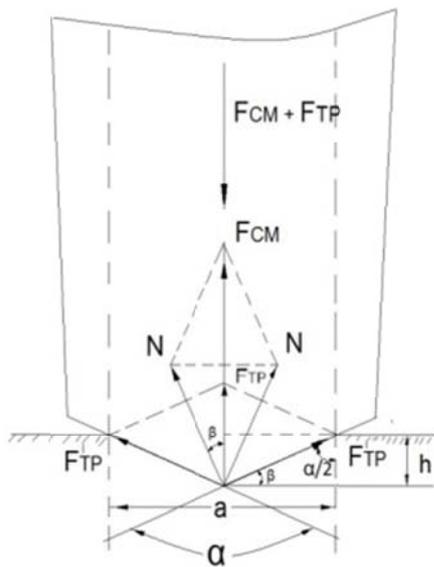
если S_{CM} , а из формулы 11 подставим в формулу 10, то получится: $F_{CM} = 2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot tg \frac{\alpha}{2}$ [12]

Сила F_{CM} является равнодействующей силой двух N сил действующих в нормальном направлении на щеки клинообразного инструмента

На фигуре 8 видно, что

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{F_{CM}}{2}}{N} = \frac{F_{CM}}{2N} \quad \text{отсюда} \quad F_{CM} = 2 \cdot N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad [13]$$

$$\text{тогда} \quad N = \frac{F_{CM}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot tg \frac{\alpha}{2}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{h \cdot d \cdot \sigma_{CM}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad [14]$$



Фиг. 8. Нагрузки, действующие на дробление горных пород на забое при ударном бурении

Под действием сил N возникают силы трения между горными породами и инструментом. Каждую из этих сил трения надо определить, умножая нормальную силу N на коэффициент f трения между режущим концом инструмента и горными породами.

$$F'_{mp} = N \cdot f$$

$$\text{Равно действующая сила сил трения: } F_{mp} = 2 \cdot F'_{mp} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot N \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad [15]$$

С учетом формулы 14 формула 15 выражается следующим образом:

$$F_{mp} = 2 \cdot f \cdot \frac{h \cdot d \cdot \sigma_{CM}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot f \quad [16]$$

С учетом формул 12 и 16 формула 9 выражается следующим образом:

$$P_{y\delta} = F_{CM} + F_{mp} = 2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot tg \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot f = 2 \cdot h \cdot d \cdot \sigma_{CM} \left(tg \frac{\alpha}{2} + f \right)$$

Здесь без учета затупления режущего конца инструмента, можно определить глубину проходки режущего конца инструмента в горные породы следующей формулой.

$$h = \frac{P_{y\delta}}{2 \cdot d \cdot \sigma_{CM} (tg \frac{\alpha}{2} + f)}; \text{ mm} \quad [17]$$

С учетом затупления инструмента с режущим концом различной формы:

$$h = \frac{P_{y\delta}}{2 \cdot d \cdot \sigma_{CM} \cdot \varepsilon \cdot (tg \frac{\alpha}{2} + f) \cdot \eta}; \text{ mm}$$

Где: ε - коэффициент, с учетом формы режущего конца инструмента
 $\eta=1.2-1.3$ - коэффициент с учетом влияния затупления режущего конца

Можно считать что, при ударе происходит перемещение частиц золота, пропорционально зависимое от величины h .

На наш взгляд был бы не лишним делать вышеуказанный теоретический расчет дробления горных пород при ударном бурении для осадочных пород, с учетом их особенностей.

Работа инструмента за единицу удара на забое скважины должна определяться в зависимости от свободно падающего тела. Тело перемещается под действием определенной силы. Работа определяется умножением силу на перемещение.

$$A = F \cdot S \quad [18]$$

С учетом основных понятий силы и перемещения в физике:

$$F = m \cdot a \quad S = v \cdot t \quad a = \frac{v}{t} \Rightarrow V = a \cdot t \quad \frac{S}{t} = V$$

$$\text{тогда} \quad S = a \cdot t^2$$

$$\text{в неравномерном движении:} \quad S = \frac{a \cdot t^2}{2} \quad m = \frac{p}{g} \\ t = \frac{v}{a} \quad \text{поэтому}$$

$$A = m \cdot a \cdot \frac{V^2}{a} = m \cdot v^2$$

$$V^2 = 2 \cdot a \cdot S$$

$$\text{В неравномерном движении } A = \frac{m \cdot v^2}{2}.$$

Если подставить данные формулы работы, массы, веса, скорости, ускорения и перемещения в формулу 18, то работа свободно падающего инструмента, выполняемая при ударе выражается следующей формулой:

$$A_1 = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{G}{2 \cdot g} \cdot (\sqrt{2 \cdot j \cdot H})^2 = \frac{j}{g} \cdot G \cdot H, \text{kgm} \quad [19]$$

Где: m- масса бурового инструмента, kg
v- скорость падения бурового инструмента, m/s
G- вес бурового инструмента, kg
j=0,6g- ускорение падения инструмента в скважину со шламом, m/s²
H- высота падения инструмента, m

g - ускорение свободного падения, m/s²

Работа инструмента, выполняемая за 1 минут:

$$A = A_1 \cdot n = \frac{j}{g} \cdot G \cdot H \cdot n; \text{kgm}$$

Где: n - число ударов за 1 минут.

Объем пробуренных в скважине горных пород за это время:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V'; \text{cm}^3/\text{min}$$

Где: d - диаметр скважины, см
V' - скорость чистого бурения, см/min

Работа, затрачиваемая на единицу объема пробуренной скважины оказывается приблизительно постоянная величина. A_o (Кучерявый, Кожушко, 1972 и др.)

Основной недостаток ударно-канатного бурения заключается в том, что при свободном падении бурового снаряда ограничено количество энергии, приходящей на забой за единицу времени. В связи с чем нет возможностей дальнейшей интенсификации бурения. Это положение подтверждается и вышеуказанным теоретическим расчетом.

$$\text{Тогда: } A_o = \frac{A}{V} = \frac{4 \cdot j \cdot G \cdot H \cdot n}{\pi \cdot d^2 \cdot v' \cdot g}, \text{kgm/cm}^3$$

Отсюда определим скорость возможного чистого бурения:

$$V' = \frac{4 \cdot j \cdot G \cdot H \cdot n}{\pi \cdot d^2 \cdot g \cdot A_o} \quad [20]$$

Если заменим численными показателями $\pi=3,14$, $g=9,8 \text{ m/s}^2$, то будет

$$V' = 0.13 \cdot \frac{j \cdot G \cdot H \cdot n}{d^2 \cdot A_o}; \text{cm/min}$$

Выводы

1. При ударном бурении перемещения частиц золота, находящихся в забое скважины не одинаковы, они различны по направлению и скорости.
2. В результате эксперимента установлено, что частицы золота, лежащие близко к поверхности забоя перемещаются по направлению вверх или к стене скважины а частицы золота, находящиеся в уплотненной зоне забоя направляются вниз.
3. В зависимости от числа и времени ударов и гранулометрического состава золотоносных отложений различна интенсивность перемещений частиц золота, находящихся в пределах забоя.
4. Также установлено экспериментом, что частицы золота, направленные к стене скважины при ударном бурении не ловятся поршевой желонкой.
5. Перемещение частиц золота, которое происходит при ударном бурении пропорционально зависит от h проходки режущего конца долота.
6. Пройденный до прекращения движения путь перемещения частиц зависит от силы трения и величины $\frac{m \cdot v_0^2}{2}$.

Литература

- Беккер, А.Г., В.И. Гарань и др. *Ударно-канатное бурение на разведке россыпных месторождений*, - Магадан, 1979.
- Цэрэн, Д., Ц. Даваадорж. *Физикийн лавлах бичиг. -БНМАУ. АБЯ-ны сурах бичиг, сэтгүүлийн нэгдсэн редакцийн газар*. УБ, 1986.
- Остроушко, И.А. *Разрушение горных пород при бурении*. - М. *Госгеоиздат*. 1952.
- Цэвээнжав, Ж. *Өрөмдлэгийн онол*. -УБ, 2012
- Кучерявый, Ф.И., Ю.М. Кожушко. *Разрушение горных пород*. - М, *Недра*.1972.
- Кренделев, В.П. *Бурение скважин при поисках и разведке россыпных месторождений*. -М, *Недра*, 1976. - 248с.

Эта статья была рецензирована доц. д-р Св. Бакырджиева и доц. д-р В. Златанова и рекомендуется для публикации Департамента «Геология и разведка полезных ископаемых».