

УДК: 612.223

ТОО СУУЛАРЫНАН АЛТЫН КОНЦЕНТРАТТАРЫН БӨЛҮП АЛУУЧУ ЖАБДЫКТЫ
ИШТЕП ЧЫГУУ ЖАНА ЭСЕПТӨӨ
РАСЧЕТ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ
РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ГОРНЫХ РЕК
CALCULATION AND DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR THE SEPARATION AND
EXTRACTION OF ORE CONCENTRATES FROM MOUNTAIN RIVERS.

*Кыдыралиев Сабыржан д.т.н профессор,
Таирбеков Садыр Абдижапарович аспирант*

Аннотация: бул макалада тоо сууларынан алтын концентраттарын бөлүп алуучу жабдыкты иштеп чыгуу жана аны эсептөө жарыяланган. Бөлүп алуунун негизги закон ченемдүүлүктөрү эсептеп чыгарылган.

Аннотация: в данной статье произведен расчет и разработка устройства для разделения золотых концентратов из горных рек. Установлены основные закономерности разделения концентратов от пустой породы.

Annotation: this article calculated and developed a device for the separation of gold concentrates from Mountain Rivers. The basic laws of separation of concentrates from waste rock established.

Ачкыч сөздөр: тоо суулары, кыялык агым, алтын концентраты.

Ключевые слова: горные воды, угол наклона, золотые концентраты.

Key words: mountain water, tilt angle, gold concentrate.

Известен традиционный способ получения золота включающий следующие технологические операции: взрыв горных массивов; транспортировка продуктов взрыва в горно-обогажительные комбинаты; измельчение горных пород; промывка; химическая обработка с помощью ядовитых веществ и т.д. Данный способ уничтожает пастбищ и леса, загрязняет окружающую среду, вызывает протест местного населения, требует больших капитальных вложений, соизмеримых стоимостью самих месторождений [1]

А также известен так называемый гравитационный способ получения золотых концентратов [2], который предусматривает вытаскивания золотосодержащей руды из под земли и соответственно воды тоже и в воде золотосодержащая руда промывается в так называемых гравитационных машинах [2,3]. Известны следующие виды гравитационных машин: винтовые сепараторы; отсадочные столы; моечные жалобы; шлюзы; центробежные сепараторы и т.д. Здесь гравитационные машины требуют электроэнергию и дополнительно требуется энергия для транспортировки золотосодержащей руды и воды и еще требуется рабочая сила. Всё это повышает себестоимость золотых концентратов.

Поэтому в Жалал-Абадском госуниверситете разработан способ разделения золотых концентратов лишённый от вышеуказанных недостатков: не требуется дополнительная энергия; не загрязняет окружающую среду [5,6,7]

Известны разработанные автором этой статьи стационарные и передвижные [7] устройства для разделения рудных концентратов из горных рек. Стационарные устройства строятся непосредственно на горной реке и требуются относительно большие капитальные вложения для их строительства.

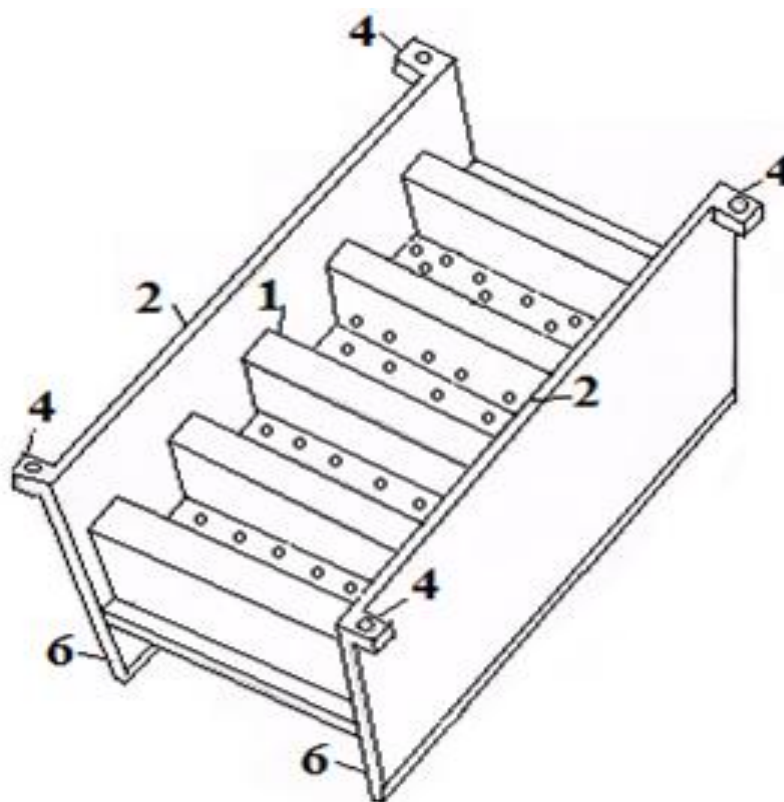
Для старателей представляет интерес передвижные или переносные устройства для разделения и извлечения рудных концентратов из горных рек. Так как они легко переносимые на те места где имеются руды более высоким содержанием золота. Устройство типа [7] имеет возможность дополнительной очистки золотых концентратов от второстепенных горных пород.

Целью настоящей работы является расчет и разработка разделителя золотых концентратов с дополнительной очисткой от второстепенных горных пород

Обычная горная река имеет двухслойное течение: верхнее и нижнее. По верхнему слою течет пустая порода, по нижнему—руда. В горных реках в весенний, летний период из-за увеличения атмосферных осадков и снеготаяния резко увеличивается объем воды за счет селевых потоков, как с левых, так и с правых берегов рек. При этом в реку попадает каменно-грязевой поток и мутность воды повышается и за счет грязевых глинистых потоков-происходит заиление, т.е. в нижней донной части рек образуется не только рудный концентрат но и песчано-глинистая смесь. Поэтому мы разработали устройство [7]. Которые не только разделяет рудный концентрат, но и очищает концентрат от песчано-глинистой второстепенной смеси.

Разработанное устройство представлено на рис 1.

а)



б)

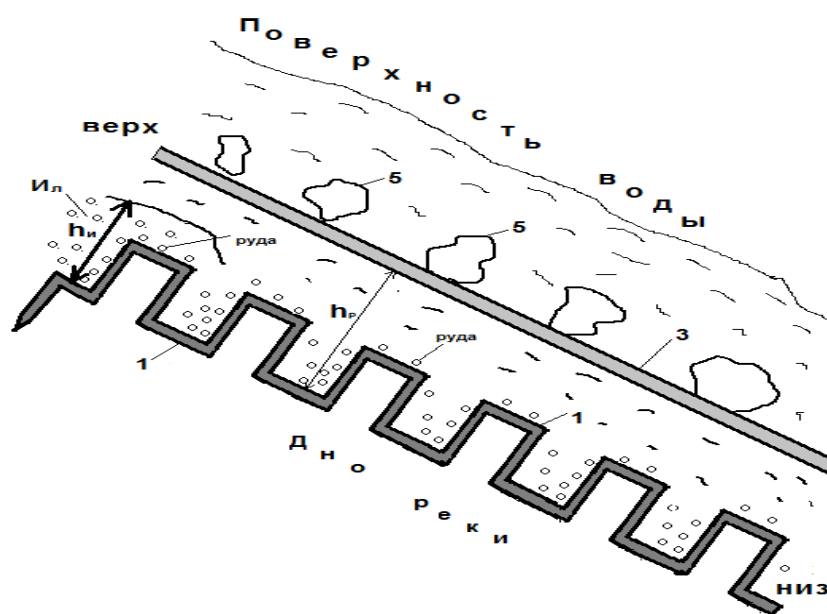


Рис.1. Устройство для разделения и извлечения рудных концентратов из горных рек:
а- общий вид, крышка снята; б-в разрезе, в рабочем положении; 1- измельчитель - промыватель; 2- стенка; 3-крышка; 4-ушко; 5-большие камни; 6-устанавливающая часть.

Устройство содержит многоступенчатый измельчитель-промыватель 1, имеющий многоступенчатые емкости прямоугольной формы в виде перпендикулярно расположенных лотков по отношению к течению реки, стенки 2 и крышку 3. Для подъема и опускания устройства имеются ушки 4. Каждое углубление измельчителя-промывателя 1 за счет ограничения стенкой с обеих сторон образует посуду (емкости) в виде прямоугольного длинного лотка, расположенного перпендикулярно течению реки, причём каждый лоток располагается по ступеньке сверху вниз по одной линии. Измельчитель-промыватель 1 изготавливают из тонколистового стального листа путем гибки и штамповки. Стенки 2 изготавливают из стального листа, они в нижней части имеют заострённую форму для внедрения в грунт в донной части горной реки. Измельчитель-промыватель I прижимают к стенке 2 сваривают дуговой сваркой. Крышку 3 устанавливают сверху и прижимают к стенкам и закрепляют с помощью болтовых соединений. Крышка 3 выполняет роль разделителя, т. е. разделяет полезную смесь от пустой породы и защищает от удара больших камней 5 во время паводков.

Устройство устанавливают на донной поверхности горной реки, перпендикулярно течению реки путем внедрения в грунт с помощью ножек стенки и загиба в носовой части промывателя 1 для того, чтобы течение не унесло данное устройство.

Устройство работает следующим образом.

Песчано-глинистая смесь, содержащая полезный концентрат, поступает в измельчитель-промыватель 1. На верхней части этой смеси между крышкой 3 и поверхностью смеси имеется зазор, через который просачивается вода и смывает верхний слой смеси сверху вниз. Промытая смесь с большой скоростью поступает в углубление измельчителя - промывателя и оказывает импульсное давление на выступающую часть и смесь расщепляется на песок, глину и руду, т. е. густая смесь разжижается. Руда, по сравнению с глиной и песком, имеет более высокую плотность. Поэтому руда вытесняет более лёгкие частицы и осаждается в нижнем слое углубления (лотка). Например, золотоносная руда, по сравнению глиной и песком, имеет примерно в десять раз большую плотность, т. е. в десять раз тяжелее. Поэтому частицы глины и песка поднимаются или вытесняются вверх и переходят на следующее углубление, где также проходят дальнейшее измельчение и промывку. Это продолжается шаг за шагом до тех пор, пока руда не отделяется полностью от песка и глины. Промывка сопровождается пульсацией потока, которая порождается за счет ступенчатого падения воды и смеси. Происходит своеобразная вибрация потока, что в конечном итоге, приводит к разделению смеси на отдельные составляющие.

После того как все углубления (лотка) ступеньки заполняют рудным концентратом, осуществляют подъем промывателя с помощью тросов через ушко 4. Нижнюю часть промывателя с помощью тросов поднимают до горизонтального положения, затем весь промыватель поднимают вверх в горизонтальном положении. Затем из лотков (ячеек) промывателя извлекают полезную руду.

Данное устройство позволяет повысить качество рудного концентрата путем его дополнительного измельчения и промывки. Дополнительное измельчение и промывку осуществляют непосредственно в горной реке на донной поверхности реки с помощью разработанного устройства. Содержащий ил рудный концентрат поступает в устройство и разжижается. Ил разлагается на руду, песок и глину. Руда, имеющая более высокую плотность, осаждается на дне прямоугольных лотков измельчителя-промывателя, а песок и глина смываются и выходят как ненужные отходы и стекают в реку. При этом наблюдается колебательное волновое движение воды. После того, как все ячейки лотка заполняются

полезным концентратом, устройство поднимают вверх со дна реки и извлекают полезную руду.

Анализ работы устройства для разделения золотых концентратов будем производить аналитическим путем (рис 2). Горная река всегда течет сверху вниз, т.е. по наклону по отношению к горизонту под углом α . Рассмотрим изменение энергии в сечениях А-А и Б-Б. сечение А-А находится на высоте H_1 , сечение Б-Б находится на высоте H_2 по отношению к горизонту.

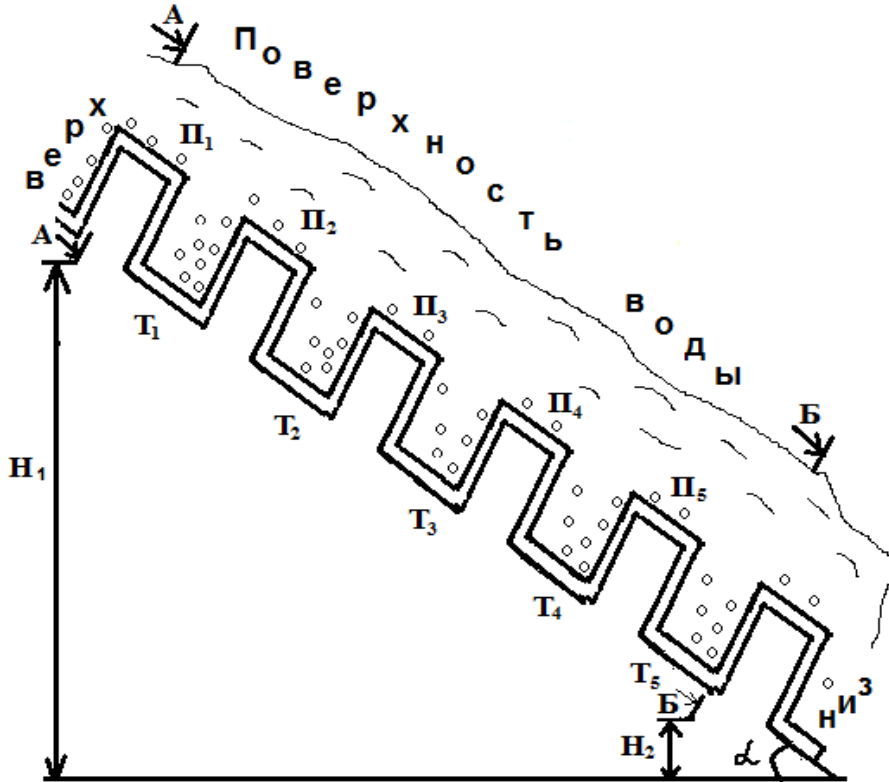


Рис 2. Изменение энергии подающей смеси по поверхности промывается.

Взвесь падает сверху вниз под углом α . Соблюдается закон Бернулли. Пусть в сечении А-А средняя скорость потока будет v_1 , в сечении Б-Б будет v_2 . Произойдет превращение потенциальной энергии потока в кинетическую:

$$mgH_1 - mgH_2 = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$$

Если $H_1 - H_2 = \Delta H$; $v_1 - v_2 = \Delta v$, то видно, что поток сверху вниз течет определенным ускорением, так как $v_2 > v_1$.

Если рассмотреть поведение отдельной минеральной частицы, которая скользит по поверхности промывателя, то можно увидеть изменение сил статического давления и силы Архимеда которые действует на эту частицу. Если частица располагается на поверхности выступа, то расстояние от частицы до поверхности воды имеет минимальное значение, по сравнению с тем, что частица находится в углублении промывателя. Когда частица контактируется с поверхностью промывателя, тогда зазор между контактирующими поверхностями не будет. Соответственно там и не будет воды. Тогда сила Архимеда будет равняется нулю. Когда частица свободно будет падать в углублении промывателя, тогда сила Архимеда будет иметь максимальное значение. Сила тяжести $P = mg$ тоже будет меняться. Сводится к минимуму когда частица находится на выступе промывателя, так как здесь противодействует сила подъема. Будет увеличивать своё значение, когда частица свободно падает в углубление промывателя. Изменение выше указанных сил безусловно порождает колебательное движение. Частота колебательного движения ν определяется следующей формулой:

$$v = \frac{v_{\text{ср}}}{\lambda}$$

Где $v_{\text{ср}}$ - средняя скорость потока

λ - шаг расположения выступов и углублений промывателя.

Очевидно амплитуда колебания зависит от высоты выступов и от массы взвеси.

Соответственно на выступах промывателя ($\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \dots$ см. рис 2) и в углублениях ($T_1, T_2, T_3 \dots$) произойдет резкие изменения потенциальной и кинетической энергии. (рис 3). На выступах потенциальная энергия возрастает. В углублениях возрастает кинетическая энергия (T). Сумма потенциальной (Π) и кинетической энергии (T) не изменяется и остается постоянной:

$$E = \Pi + T = \text{const}$$

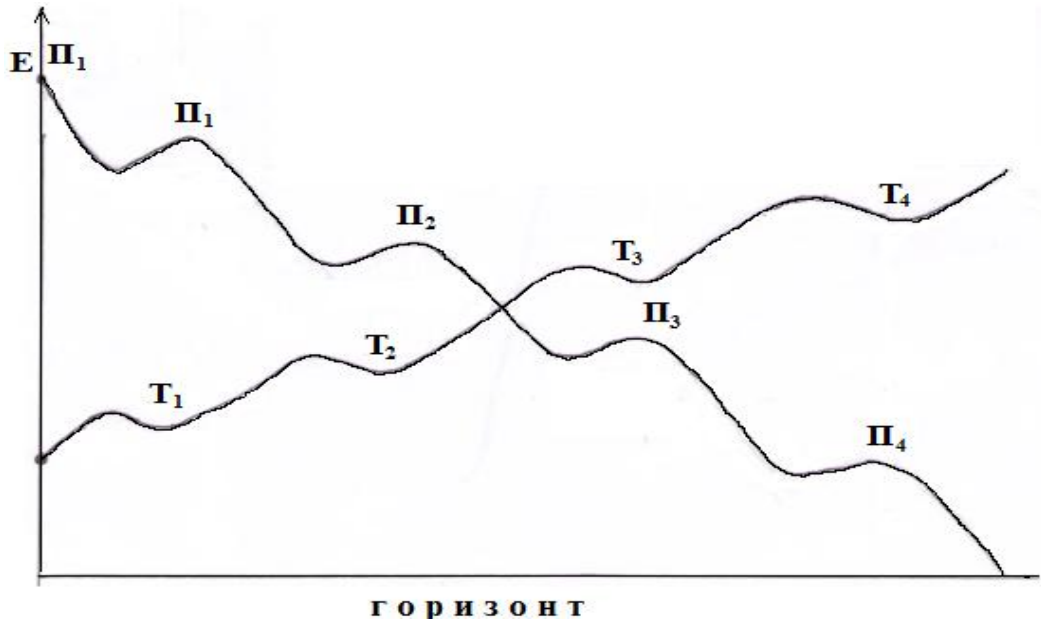


Рис. 3 изменение потенциальной энергии Π и кинетической энергии T в промывателе.

Разделение руды происходит в трех зонах (точках) промывателя: 1) на выступе; 2) в начальной части углубления, т.е. во время свободного падения частицы руды в углубление; 3) непосредственно в углублении. Рассмотрим последовательно.

1) На поверхности выступа происходит скольжение или качение минеральной частицы и частица ускоряется по направлению течения воды [8]. Величина ускорения частицы а выведена автором этой статьи и определяется по следующей формуле

$$a = \frac{g \rho_{\text{м}} - \rho_{\text{в}} (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{\rho_{\text{м}}} = \frac{g \Delta \rho (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{\rho_{\text{м}}}$$

Где $\rho_{\text{м}}$ - плотность минеральной частицы

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воды

α - угол наклона промывателя по отношению горизонту

f - коэффициент трения между минеральной частицей и поверхностью выступа

$\Delta \rho$ - разница плотностей

На выступе происходит разделение частиц по ускорению. С увеличением плотности частицы $\rho_{\text{м}}$ увеличивается ускорение a . поэтому частицы золота ускоряются быстрее. Пустая порода которая обладает меньшей плотностью отстает. Поэтому произойдет разделение. Пустая порода всплывает вверх.

2) Во время свободного падения на частицу которая падает вниз воде действует сила тяжести, сила Архимеда и сила вязкостного трения Стокса. Так как скорость частицы постоянно, то можно составить следующее уравнение

$$mg - F_{\text{А}} = 6\pi\eta r v, (1)$$

В первом приближении частицу можно считать шаром, поэтому его объем $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, а следовательно, масса $m = \rho_{\text{м}} V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{\text{м}}$. По закону Архимеда $F_A = \rho_{\text{в}} V g = \frac{4}{3}\pi r^3 g \rho_{\text{в}}$. Тогда уравнение (1) можно представить следующим образом: $\frac{4}{3}\pi r^3 g \Delta\rho = 6\pi\eta r v$ (2)

Где η – вязкость воды

$\Delta\rho$ – разность плотности воды и минерала $\Delta\rho = \rho_{\text{м}} - \rho_{\text{в}}$

g – ускорение свободного падения

v – скорость падения минеральной частицы

Из уравнения (2) найдем скорость минеральной частицы

$$v = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 g \Delta\rho}{6\pi\eta} = \frac{\frac{2}{9}\pi r^3 g (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{в}})}{\pi\eta} \quad (3)$$

Формула (3) раскрывает процесс разделения золотых концентратов от пустой породы. С увеличением плотности минерала $\rho_{\text{м}}$ скорость падения v возрастает, частицы которые обладают меньшей плотностью падают вниз меньшей скоростью. Поэтому произойдет разрыв между частицами и произойдет разделение.

Если $\rho_{\text{м}} = \rho_{\text{в}}$, то $\Delta\rho = 0$, в этом случае скорость падения $v=0$, т.е. частица не падает, а просто плавает, т.е. частица плавает до следующего выступа свободно. Произойдет разделение.

Если, $\rho_{\text{м}} < \rho_{\text{в}}$, то $\Delta\rho$ приобретет отрицательное значение и v будет иметь отрицательное значение. В этом случае произойдет всплытие минеральной частицы вверх и золотой концентрат очищается от пустой породы.

3) В донной части углубления совершается столкновение тяжелых частиц минерала между собой и всплытие относительно легких частиц вверх. Здесь произойдет строгое распределение (расположение) частиц по плотности, т.к. $\rho = \frac{m}{V}$, $P = mg$.

Т.е. чем больше массы в единице объема, тем больше тянется вниз силой $P = mg = \rho V g$. Наиболее тяжелая частица окажется в нижней части промывателя.

Выводы:

1. Разработанный разделитель является работоспособным. Работоспособность разделителя доказана аналитическим путём.
2. В промывателе разделительного устройства происходит уменьшение потенциальной энергии и повышение кинетической энергии взвеси в целом. Из-за изменения сил, действующих на минеральные частицы в устройстве появляется колебательное движение и интенсивность перемешивания руды с водой реки увеличивается и происходит промывка и измельчение полезной смеси.
3. На выступах промывателя разделение золотых концентратов от пустой породы происходит за счет ускорения смеси. В углублении промывателя разделение происходит из-за разницы плотностей веществ, которые являются составляющими руды.
4. Производительность устройства зависит от скорости течения реки, от шага расположения выступов и угла между промывателем и горизонтом.

Использованная литература:

1. Благородные металлы. Справоч. изд./под ред. Савицкого Е.М. М. Металлургия, 1984 592 с.
2. Гравитационное обогащение (статья)//Горная энциклопедия, издательство большой советской энциклопедии. 1984-1990
3. Малая горная энциклопедия. В 3т. Мала гирнична энциклопедия/(на укр. языке) под ред. В.С.Белецкого.- Донбасс. 2004. ISBN966-7804-14-3
4. Карлина А.И. Совершенствование математических моделей гравитационного обогащения полезных ископаемых из результатов опыта отечественных и зарубежных исследований. Вестник ИрГГУ №1(96) 2015. ISSN1814-3520.

5. Кыдыралиев С. Устройство для разделения рудных концентратов из горных рек. Патент №151,2013.бюл №1.
6. Кыдыралиев С. Устройство для разделения рудных концентратов из горных рек. Патент №1880 от 1.01.2016.бюл №7.
7. Кыдыралиев С. Устройство для разделения и извлечения рудных концентратов из горных рек. Патент №258 от 30.04.2019.бюл №4.
8. Кыдыралиев С. Расчет и проектирование разделителя золотых концентратов из горных рек. Вестник ЖАГУ, 2016.№2. стр. 78-83.