

(19) **KG** (11) **166** (13) **C2**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(51)⁶ **B03B 5/70**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 950174.1

(22) 21.04.1995

(31) 94015919

(32) 29.04.1994

(33) RU

(46) 01.01.1997, Бюл. №3, 1997

(76) Садковский Б.П., RU

(56) 1. А.с. СССР №1540085, кл. B03B 5/70, 1993

2. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. - М.: "Недра", 1980. - С. 285-288

(54) **Способ обогащения полезных ископаемых и устройство для его осуществления**

(57) Предлагаемый способ обогащения полезных ископаемых, преимущественно золотоносных пород, заключается в том, что в зону обработки подают поток обрабатываемой пульпы, содержащей зерна ценного компонента и частицы пустой породы, создают в зоне обработки улавливающее покрытие и наполняют улавливающее покрытие зернами ценного компонента. В процессе наполнения осуществляют восстановление улавливающей способности покрытия, для чего создают неравномерное по длине и ширине потока гидравлическое сопротивление перемещению потока в продольном направлении, образуют в нижней части потока стационарные вихри, ось вращения которых ориентирована под углом к направлению потока и которые воздействуют на частицы твердой фазы пульпы с орбитальной скоростью, большей гидравлической крупности частиц пустой породы и меньшей гидравлической крупности зерен ценного компонента, при этом в процессе перемещения потока по зоне обработки его отклоняют в поперечном направлении и образуют спиралевидное течение, ось которого совпадает с направлением отклоненного потока. Предлагаемое устройство для обогащения полезных ископаемых содержит последовательно состыкованные входную и, по меньшей мере, одну дополнительную секции 1, 2, при этом дополнительная секция 2 установлена по отношению к входной секции 1 с разворотом в любую сторону так, что угол α_1 между их продольными осями α и β_1 составляет от 0.5 до 45°, при этом рифли 10 трафаретов 8 дополнительной секции 2 развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции 2 относительно входной секции 1 и установлены под углом β_1 к боковым стенкам 4 дополнительной секции 2 так, что образуют острый угол γ_1 с рифлями

9 входной секции 1. 2 с.п. и 18 з.п. ф-лы, 5 ил, 5 пр.

Изобретение относится к технике и технологии обогащения полезных ископаемых, преимущественно, золотоносных пород гравитационными методами, в частности к способу обогащения полезных ископаемых и устройству для его осуществления. Оно может быть использовано для обогащения золотоносных пород, железосодержащей руды, каменного угля и любых других пород, требующих разделения по плотности компонентов, но настоящее изобретение наиболее эффективно может быть использовано для обогащения золотоносных пород всех видов промывности.

Известные в настоящее время способы и устройства для обогащения полезных ископаемых, в частности, золотоносных пород гравитационными методами основаны на создании улавливающего покрытия в зоне обработки пульпы, наполнении его зернами ценного компонента из обрабатываемой пульпы, восстановлении улавливающей способности покрытия в процессе его наполнения и споласкивании покрытия с накопленным ценным компонентом.

Известен способ обогащения полезных ископаемых [1], включающий создание в зоне обработки улавливающего покрытия из магнитных шлихов ценного компонента, подачу обрабатываемой пульпы в зону обработки, наполнение улавливающего покрытия в магнитном поле переменной напряженности зернами ценного компонента из обрабатываемой пульпы, восстановление улавливающей способности покрытия путем его разрыхления пульсирующим магнитным полем в процессе наполнения и споласкивание улавливающего покрытия с накопленным ценным компонентом.

Этот способ позволяет осуществлять восстановление улавливающей способности покрытия без механического воздействия на него. Однако он требует создания искусственного улавливающего покрытия из магнитных шлихов ценного компонента, выделенных из горных пород и распределенных после их классификации по участкам зоны обработки до подачи в нее обрабатываемой пульпы. Кроме того, осуществление указанного способа требует значительных энергозатрат на создание магнитного поля и сложной системы управления напряженностью этого поля, требующей применения высокоточных измерительных, контрольных и исполнительных приборов и механизмов, что значительно удорожает процесс и снижает его надежность.

Кроме того, по мере продвижения потока пульпы по зоне обработки происходит значительное затухание его турбулентности, что исключает селективность осаждения зерен ценного компонента и снижает степень его извлечения и обогащения. При этом по мере продвижения потока пульпы по зоне обработки происходит накопление сопутствующих ценному компоненту частиц пустой породы по периферии этой зоны и на поверхности улавливающего покрытия и в результате снижения турбулентности у потока пульпы происходит цементация накопленного слоя пустой породы, что также снижает степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Кроме того, данный способ является неприемлемым для обогащения труднопромывных глинистых пород, а также пород, склонных к образованию агломератов, и валунистых пород, так как агломераты и валуны способны разрушить искусственное улавливающее покрытие и исключить его наполнение зернами ценного компонента.

Известно устройство для обогащения полезных ископаемых [2], содержащее последовательно состыкованные входную и дополнительную секции, установленные параллельно одна другой и с уклоном к горизонтальной плоскости в направлении подачи пульпы. Каждая секция имеет прямолинейные боковые стенки и днище, на котором с возможностью съема установлены трафареты с рифлями, расположенными перпендикулярно боковым стенкам и с наклоном к днищу в направлении движения пульпы.

Использование указанного устройства позволяет создать в трафаретах на днище

секций естественное улавливающее покрытие для накопления ценного компонента.

Однако указанное конструктивное выполнение секций не позволяет создать знакопеременное силовое воздействие на улавливающее покрытие для восстановления его улавливающей способности, а также исключает возможность селективного воздействия на зерна ценного компонента для ускорения их осаждения. В результате чего происходит быстрое наполнение улавливающего покрытия веществами, сопутствующими ценному компоненту (частицами пустой породы), что при отсутствии знакопеременного силового воздействия на поток ведет к их быстрому накоплению у боковых стенок и на поверхности покрытия. В результате чего турбулизация потока обрабатываемой пульпы уменьшается, что снижает степень извлечения ценного компонента и может привести к нарушению работоспособности устройства.

В основу настоящего изобретения поставлена задача - создать способ обогащения полезных ископаемых с таким воздействием на поток пульпы и улавливающее покрытие и устройство для обогащения полезных ископаемых с таким расположением и конструктивным выполнением секций, которые позволили бы увеличить степень извлечения и степень обогащения ценного компонента полезных ископаемых.

Это задача решена разработкой способа обогащения полезных ископаемых, преимущественно, золотоносных пород, включающего подачу в зону обработки обрабатываемой пульпы, содержащей жидкую и твердую фазы с зёрнами ценного компонента и пустой породы, формирование и разгон потока обрабатываемой пульпы на исходном участке, перемещение потока в продольном направлении по зоне обработки, в которой создают улавливающее покрытие, создание в процессе перемещения потока на его исходном участке у его нижней границы стационарных вихрей, имеющих ось вращения, ориентированную перпендикулярно к направлению подачи потока, наполнение улавливающего покрытия зёрнами ценного компонента с одновременным восстановлением улавливающей способности покрытия и споласкивание улавливающего покрытия с накопленным ценным компонентом, при этом, согласно изобретению, в процессе перемещения потока по зоне обработки, поток отклоняют от направления его подачи в поперечном направлении на острый угол, создают динамическое воздействие на боковые границы потока и создают неравномерное по длине и ширине потока гидравлическое сопротивление его перемещению в продольном направлении, одновременно на отклоненном участке потока у его нижней границы образуют стационарные вихри, ось вращения которых ориентируют под острым углом к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке потока в направлении, противоположном направлению его отклонения, и образуют спиралевидное течение потока.

Осуществление предлагаемого способа позволяет на всем протяжении зоны обработки придавать повышенную, специально организованную турбулентность потоку обрабатываемой пульпы, что обеспечивает разрыхление улавливающего покрытия за счет кинетической энергии потока пульпы и исключает возможность цементации покрытия и накопления частиц пустой породы, сопутствующих ценному компоненту, по всей ширине и длине зоны обработки. В результате этого облегчается и повышается надежность осаждения зерен ценного компонента, что в итоге приводит к повышению степени извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Отклонение потока пульпы в поперечном направлении обеспечивает перемещение, по меньшей мере, поверхностного слоя улавливающего покрытия в направлении отклонения потока и создание зон избыточного давления и разрежения на различных участках зоны обработки, что способствует восстановлению улавливающей способности покрытия за счет удаления из него более легких частиц пустой породы и накопления в улавливающем покрытии более тяжелых зерен ценного компонента, в частности золота.

Создание неравномерного по длине и ширине потока гидравлического сопротивления его перемещению в продольном направлении приводит к относительному

смещению в потоке пульпы частиц твердой фазы под действием сил инерции. Это приводит, в том числе, к образованию локальных турбулентных завихрений у поверхности частиц твердой фазы, которые тем интенсивней, чем больше плотность частиц, а также к увеличению числа соударения частиц между собой, которое тем больше, чем больше масса частиц. В результате частицы ценного компонента, обладающие максимальной плотностью, а при относительной однородности фракционного состава твердой фазы пульпы и максимальной массой, испытывают максимальное гидравлическое сопротивление продольному перемещению, теряют кинетическую энергию, оседают в поле гравитационных сил, приближаясь к улавливающему покрытию, и задерживаются последним, что интенсифицирует процесс наполнения улавливающего покрытия ценным компонентом и увеличивает степень извлечения последнего.

Образование у нижней границы потока указанных стационарных вихрей позволяет разрыхлить улавливающее покрытие, т.е. перевести выпавшие в осадок частицы пустой породы во взвешенное состояние, а создание указанного спиралевидного течения облегчает движение частиц пустой породы по всему поперечному сечению потока в продольном направлении без осаждения. Это способствует выносу их из зоны обработки, что увеличивает степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Для создания оптимальной силы, действующей на твердую фазу обрабатываемой пульпы, достаточной для перемещения частиц пустой породы, но недостаточной для создания условий гидродинамического выноса зерен ценного компонента, целесообразно отклонять поток в поперечном направлении на угол от 0.5 до 45° .

При этом желательно, чтобы ось вращения каждого стационарного вихря отклоненного участка потока была ориентирована к оси вращения каждого стационарного вихря на исходном участке потока под углом, по существу, равным углу отклонения потока в поперечном направлении.

При этом улучшаются условия скольжения частиц пустой породы под воздействием придонного поперечного течения от периферии к центральной части потока, поддержание их во взвешенном состоянии с последующим удалением этих частиц основным течением из зоны обработки и исключается поперечное перемещение и вынос осевших зерен ценного компонента, в том числе мелких, что при соответствующем гранулометрическом составе зерен ценного компонента позволяет повысить степень его извлечения за счет удержания его мелких частиц, а также повысить степень обогащения обрабатываемого материала за счет более интенсивного выноса частиц пустой породы из зоны обработки.

По мере продвижения потока по зоне обработки спиралевидное течение может терять свою кинетическую энергию. Поэтому для периодического увеличения этой энергии желательно по мере продвижения потока по зоне обработки его дополнительно периодически отклонять в поперечном направлении с чередованием ориентации этого отклонения. Это интенсифицирует вынос частиц пустой породы без их осаждения на всей длине зоны обработки, что увеличивает степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

При увеличении длины зоны обработки поток пульпы, перемещаясь по ней, теряет свою скорость. Для увеличения последней целесообразно по мере продвижения потока по зоне обработки его дополнительно локально разгонять. Это интенсифицирует все вышеуказанные процессы, происходящие в потоке и улавливающем покрытии, и увеличивает степень извлечения и степень обогащения полезных ископаемых.

Для увеличения турбулизации потока пульпы по мере его продвижения по зоне обработки в продольном направлении и увеличения эффективности вышеуказанных процессов, происходящих в потоке пульпы и улавливающем покрытии, предпочтительно по мере продвижения потока по зоне обработки локально уменьшать или увеличивать гидравлическое сопротивление его перемещению в продольном направлении или по мере продвижения потока по зоне обработки отклонять поток в вертикальном направлении

путем искривления его нижней границы.

Таким образом, использование предлагаемого способа позволяет увеличить степень извлечения и степень обогащения ценного компонента полезных ископаемых.

Поставленная задача также решена разработкой устройства для обогащения полезных ископаемых, содержащего последовательно состыкованные входную и, по меньшей мере, одну дополнительную секции, установленные с уклоном к горизонтальной плоскости в направлении подачи потока пульпы, каждая из которых имеет боковые стенки и днище, на котором с возможностью съема установлены трафареты с рифлями, расположенными с наклоном к днищу в направлении подачи потока, при этом рифли входной секции установлены перпендикулярно ее боковым стенкам и параллельно между собой, причем, согласно изобретению, дополнительная секция установлена по отношению к входной секции с разворотом в поперечном направлении в любую сторону так, что острый угол между их продольными осями составляет от 0.5 до 45°, при этом рифли трафаретов дополнительной секции развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции относительно входной секции, и установлены под острым углом к боковым стенкам дополнительной секции так, что образуют острый угол с рифлями входной секции.

Предлагаемое конструктивное выполнение устройства позволяет реализовать предлагаемый описанный выше способ обогащения полезных ископаемых при своей максимальной простоте без использования энергопотребляющих или подвижных узлов. Использование предлагаемого устройства позволяет создать разгон потока, обеспечивает восстановление улавливающей способности покрытия путем создания неравномерного по длине и ширине потока гидравлического сопротивления перемещению потока в продольном направлении за счет вышеуказанной установки трафаретов с рифлями, обеспечивающими образование между рифлями стационарных придонных вихрей, ось вращения которых ориентирована вдоль соответствующих рифлей, а орбитальная скорость вращения больше гидравлической крупности удаляемых частиц пустой породы и меньше гидравлической крупности зерен ценного компонента. Кроме того, предлагаемое устройство позволяет в процессе перемещения потока по зоне обработки отклонить его в поперечном направлении, создать динамическое воздействие на поток в зоне соударения его с боковой стенкой, создать поперечное движение пульпы в придонной области, направленное вдоль рифлей, которое, суммируясь с отклоненным потоком, образует спиралевидное течение, направленное вдоль отклоненного потока. Указанное спиралевидное течение исключает осаждение удаляемых частиц пустой породы в пристеночных зонах и между рифлями и обеспечивает движение их по всему поперечному сечению потока без осаждения, что повышает степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет только за счет наличия неподвижных элементов с использованием кинетической энергии потока пульпы увеличить степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Целесообразно, чтобы острый угол между рифлями входной и дополнительной секциями был по существу равен острому углу между продольными осями последних. При этом улучшаются условия движения частиц пустой породы в межрифельном пространстве под воздействием придонного поперечного течения от боковых стенок к центру с последующим удалением частиц за пределы зоны обработки основным течением и исключается поперечное перемещение и вынос зерен ценного компонента, в том числе мелких, что при соответствующем гранулометрическом составе зерен ценного компонента позволяет повысить степень извлечения ценного компонента за счет удержания его мелких частиц, а также повысить степень обогащения обрабатываемого материала за счет более интенсивного выноса частиц пустой породы из зоны обработки.

Целесообразно, чтобы при установке, по меньшей мере, двух дополнительных секций последующая дополнительная секция была установлена по отношению к

предыдущей дополнительной секции с разворотом в поперечном направлении в любую сторону так, что угол между продольными осями последующей дополнительной секции и входной секции составлял от 0.5 до 45°, при этом рифли трафаретов последующей дополнительной секции должны быть развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции относительно предыдущей дополнительной секции и установлены под острым углом к боковым стенкам своей секции так, что образуют острый угол с рифлями входной секции.

Это позволяет увеличить степень извлечения и обогащения ценного компонента за счет повторной интенсификации постепенно затухающего в пределах первой дополнительной секции поперечного движения потока в придонной области и спиралевидного течения вдоль отклоненного потока, движущегося в пределах второй дополнительной секции таким образом, что в зоне соударения потока с боковыми стенками в пределах второй дополнительной секции исключается осаждение легких удаляемых частиц пустой породы и обеспечивается их движение между рифлями и по всему поперечному сечению потока без осаждения.

Желательно, чтобы острый угол между рифлями входной и последующей дополнительной секциями был, по существу, равен острому углу между продольными осями последних. При этом улучшаются условия движения частиц пустой породы в межрифельном пространстве под воздействием придонного поперечного течения от боковых стенок к центру с последующим удалением частиц за пределы зоны обработки основным течением и исключается поперечное перемещение и вынос зерен ценного компонента, в том числе мелких, что при соответствующем гранулометрическом составе зерен ценного компонента позволяет повысить степень извлечения ценного компонента за счет удержания его мелких частиц, а также повысить степень обогащения обрабатываемого материала за счет более интенсивного выноса частиц пустой породы из зоны обработки.

Благоприятно при установке, по меньшей мере, трех дополнительных секций, чтобы каждая последующая дополнительная секция была состыкована с предыдущей дополнительной секцией с разворотом в продольном направлении относительно входной секции в сторону, противоположную развороту предыдущей дополнительной секции относительно входной секции.

Это позволяет по мере продвижения потока пульпы вдоль устройства периодически отклонять поток в поперечном направлении с разной ориентацией, что увеличивает кинетическую энергию образующегося в каждой дополнительной секции спиралевидного течения и интенсифицирует вынос частиц пустой породы без их осаждения по всей ширине каждой секции вдоль всего устройства, что увеличивает степень извлечения и обогащения полезных ископаемых.

Благоприятно, чтобы, по меньшей мере, одна рифля, по меньшей мере, одной дополнительной секции была выполнена высотой больше или меньше высоты рифлей входной секции.

Это позволяет произвести локальную интенсивную турбулизацию потока, с помощью чего обеспечить активное разрушение в рабочей зоне агломератов твердой фазы, включающих ценный компонент, что позволяет увеличить степень извлечения последнего.

Целесообразно, чтобы днище, по меньшей мере, одной дополнительной секции было выполнено, по меньшей мере, частично выпуклым или вогнутым, наиболее предпочтительно, чтобы днище было выполнено синусоидальным.

Это позволяет отклонить поток в вертикальном направлении, искривить его траекторию, создать при этом дополнительные вертикальные центробежные силы, действующие на твердую фазу пульпы и способствующие выделению и осаждению зерен ценного компонента и выносу удаляемых частиц пустой породы, что дает возможность повысить степень извлечения и обогащения ценного компонента.

Возможна состыковка, по меньшей мере, одной последующей дополнительной секции с предыдущей дополнительной секцией так, что угол ее уклона к горизонтальной плоскости будет больше или меньше угла уклона предыдущей секции.

Это позволяет повысить интенсивность турбулизации потока и разрушение агломератов твердой фазы в зоне падения потока на последующую дополнительную секцию, выполненную с меньшим уклоном, и способствует разгону потока и повышению интенсивности стационарных вихрей в межрифельном пространстве при переходе потока на последующую дополнительную секцию с большим уклоном, что позволяет повысить степень обогащения и извлечения ценного компонента.

Целесообразно, чтобы, по меньшей мере, одна рифля, по меньшей мере, одной дополнительной секции была установлена так, что угол ее наклона к соответствующему днищу был больше или меньше угла наклона к соответствующему днищу каждой рифли входной секции.

Это позволяет внести дополнительное местное возмущение в поток, усилить степень неравномерности гидравлического сопротивления по длине потока, создать дополнительную турбулизацию потока и повысить, таким образом, степень обогащения и извлечения ценного компонента.

Желательно, чтобы, по меньшей мере, в одной дополнительной секции трафареты с рифлями были установлены на части днища.

Это позволяет произвести разгон потока с увеличением его кинетической энергии на тех участках дополнительных секций, где рифли не установлены, что дает возможность интенсифицировать поперечное течение, возникающее при соударении потока с боковой стенкой при его отклонении в поперечном направлении, воссоздать работоспособность стационарных вихрей в межрифельном пространстве с орбитальной скоростью вращения, достаточной для выноса удаляемых частиц пустой породы и отделения от них зерен ценного компонента.

Желательно, чтобы, по меньшей мере, одна дополнительная секция имела боковые стенки, выполненные криволинейными и параллельными между собой, а каждая рифля трафаретов этой дополнительной секции была выполнена по линии, касательная к которой в каждой точке проходит под острым углом к рифлям входной секции, причем этот угол должен быть по существу равен углу между продольной осью входной секции и проходящей через данную точку продольной осью этой дополнительной секции.

Это позволяет дополнительно интенсифицировать разрушение в рабочей зоне агломератов твердой фазы, включающих ценный компонент, за счет действия знакопеременных центробежных сил, возникающих при обтекании потоком криволинейных боковых стенок. Кроме того, это позволяет создать такой режим движения потока, который обеспечивает равномерное распределение твердой фазы пульпы по ширине зоны обработки, что повышает степень обогащения и извлечения ценного компонента.

Благоприятно, чтобы днище последней секции, по меньшей мере, на выходном участке было выполнено перфорированным с возможностью периодического перекрытия перфорации.

Это облегчает проведение споласкивания улавливающего покрытия с ценным компонентом за счет обеспечения возможности их отдельного вывода, что повышает надежность и качество работы устройства.

Таким образом, использование предлагаемого устройства для обогащения полезных ископаемых позволяет увеличить степень извлечения и обогащения ценного компонента. Кроме того, использование предлагаемого изобретения позволяет удешевить процесс обогащения полезных ископаемых и увеличить его надежность.

Предлагаемое изобретение можно использовать в условиях сложного рельефа местности, используя различные варианты его выполнения.

На фиг. 1 схематично изображено двухсекционное устройство, выполненное

согласно изобретению, вид сверху; на фиг. 2 - двухсекционное устройство, вид сбоку с вырывами; на фиг. 3 - пятисекционное устройство, вид сверху; на фиг. 4 - пятисекционное устройство, вид сбоку с вырывом; на фиг. 3 - фрагмент устройства, вид сверху.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом.

Обогащаемую породу, например, золотоносную, содержащую зерна ценного компонента и частицы пустой породы, смешивают с жидкостью, например, водой с получением пульпы, которую подают в зону обработки. На исходном участке зоны обработки формируют поток обрабатываемой пульпы и перемещают его в продольном направлении по зоне обработки, в которой формируют улавливающее покрытие, содержащее твердую фазу пульпы, оседающую в зоне обработки. При этом на исходном участке у нижней границы потока создают стационарные вихри, имеющие ось вращения, ориентированную перпендикулярно к направлению подачи потока. Поток обрабатываемой пульпы, проходя по зоне обработки, постепенно наполняет улавливающее покрытие зернами ценного компонента, выделяемыми из обрабатываемой пульпы в поле гравитационных сил. Одновременно с зернами ценного компонента в улавливающем покрытии оседают частицы пустой породы, которые ухудшают улавливающую способность покрытия. Для улучшения улавливающей способности покрытия поток обрабатываемой пульпы в первый момент его подачи в зону обработки (т.е. на исходном участке) разгоняют и увеличивают кинетическую энергию потока. Разгон потока может быть осуществлен, например, путем подбора режима работы подающего устройства либо воздействием на поток границами зоны обработки. Используя увеличенную таким образом кинетическую энергию потока пульпы, осуществляют восстановление улавливающей способности покрытия путем создания интенсивной турбулизации потока. Для чего по мере прохождения потока по зоне обработки создают неравномерное по длине и ширине потока гидравлическое сопротивление его перемещению в продольном направлении. Поток пульпы, проходя по зоне обработки, взаимодействует с местными гидравлическими сопротивлениями, в результате чего увеличивается его турбулизация, вследствие которой частицы пустой породы извлекаются из улавливающего покрытия (взвешиваются) и способность последнего к улавливанию зерен ценного компонента восстанавливается.

Созданием неравномерного по длине и ширине потока гидравлического сопротивления его перемещению в продольном направлении, например, изменением шероховатости на нижней и боковых границах зоны обработки, введением различных препятствий создают у нижней границы потока систему стационарных вихрей, ось вращения которых ориентирована под острым углом к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке потока. Создавая неравномерность гидравлического сопротивления с помощью вышеуказанного воздействия на поток, придают системе стационарных вихрей орбитальную скорость вращения, которая больше гидравлической крупности удаляемых частиц пустой породы и меньше гидравлической крупности предельно мелких зерен ценного компонента, улавливаемых при реализации предлагаемого способа.

Для того чтобы исключить накопление частиц пустой породы на улавливающем покрытии и вблизи боковых границ потока, т.е. там, где локальная скорость потока пульпы мала, а орбитальная скорость стационарных вихрей уменьшается, поток пульпы в процессе его перемещения отклоняют от направления подачи в поперечном направлении, создают динамическое воздействие на боковые границы потока и формируют поперечный градиент давления, под воздействием которого возникает поперечное движение пульпы, которое, суммируясь с поступательным движением, образует спиралевидное течение, ось которого совпадает с направлением отклоненного потока. Динамическое воздействие на боковые границы потока, вызванное отклонением потока, и поперечное течение компенсируют нежелательное снижение скорости потока вблизи его границ, и исключают накопление в этих зонах частиц пустой породы. Создаваемое при этом спиралевидное

течение обеспечивает перемещение частиц пустой породы по ширине и длине потока вплоть до их полного удаления за пределы зоны обработки, оставляя неподвижными задержанные зерна ценного компонента. При этом оптимальный угол отклонения потока в поперечном направлении составляет от 0,5 до 45°. Указанный угол отклонения потока создает оптимальную силу, действующую на твердую фазу обрабатываемой пульпы, достаточную для перемещения частиц пустой породы, но недостаточную для создания условий гидродинамического выноса зерен ценного компонента. Причем для улучшения условий скольжения частиц пустой породы и поддержания их во взвешенном состоянии с последующим удалением этих частиц из зоны обработки стационарные вихри создают таким образом, чтобы ось вращения каждого стационарного вихря отклоненного участка потока была ориентирована к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке потока под углом, по существу равным углу отклонения потока в поперечном направлении.

Все вышесказанное увеличивает степень извлечения и степень обогащения ценного компонента.

Указанный выше эффект от воздействия спиралевидного течения может быть усилен тем, что по мере продвижения потока в продольном направлении его дополнительно периодически отклоняют в поперечном направлении с чередованием ориентации этого отклонения, чем усиливают действие на частицы твердой пульпы центробежных сил.

Отклоняя поток пульпы от направления подачи в вертикальном направлении, т.е. искривляя его траекторию, например, по синусоиде, путем воздействия на нижнюю границу потока любым известным способом, например, механическим воздействием, создают дополнительные центробежные силы, действующие на твердую фазу пульпы и способствующие выделению и осаждению зерен ценного компонента и выносу удаляемых частиц пустой породы.

Дополнительный эффект выделения ценного компонента и выноса удаляемых частиц пустой породы достигается локальной турбулизацией потока по мере его перемещения в зоне обработки, которую осуществляют путем локального уменьшения или увеличения гидравлического сопротивления перемещению потока в продольном направлении, например, путем воздействия на поток с помощью препятствий, установленных локально на участке зоны обработки, либо локальным уменьшением угла подачи потока пульпы.

В связи с большими потерями кинетической энергии потока на преодоление местных сопротивлений, поддержание стационарных вихрей, локальную турбулизацию потока по мере его продвижения по зоне обработки кинетическая энергия потока уменьшается, особенно при малом уклоне потока к горизонтальной плоскости. В этом случае дополнительно локально разгоняют поток, исключая все гидравлические сопротивления на специально создаваемых участках разгона в пределах зоны обработки, либо увеличивая местный уклон потока на отдельных участках зоны обработки.

Указанное выше воздействие на поток пульпы обеспечивает разделение зерен ценного компонента от удаляемых частиц пустой породы и накопление зерен ценного компонента в улавливающем покрытии, что позволяет повысить степень обогащения и извлечения ценного компонента.

После завершения наполнения улавливающего покрытия ценным компонентом осуществляют его споласкивание путем подачи жидкости (например, воды) в зону обработки с расходом, достаточным для смыва и удаления слоя частиц пустой породы, задержанных в процессе осуществления рабочего режима, после чего извлекают ценный компонент и технологический цикл повторяют.

Более подробно предлагаемый способ будет описан ниже при описании работы предлагаемого устройства для осуществления этого способа.

Устройство для обогащения полезных ископаемых, преимущественно,

золотоносных пород, выполненное согласно изобретению, представляет собой последовательно состыкованные входную секцию 1 (фиг. 1) и дополнительную секцию 2. Секции 1, 2 (фиг. 2) установлены с уклоном φ (фиг. 2) к горизонтальной плоскости в направлении подачи пульпы. Каждая секция 1, 2 (фиг. 1) имеет боковые стенки 3, 4 и днище 5, 6 (фиг. 2), на котором с возможностью съема установлены трафареты 7, 8 с рифлями 9, 10, 10', расположенными с наклоном ($\omega_1; \omega_2; \omega_3$) к соответствующему днищу 5, 6 в направлении подачи пульпы. Дополнительная секция 2 (фиг. 1) развернута в поперечном направлении относительно входной секции 1. Угол разворота дополнительной секции 2 относительно входной секции 1 (т.е. острый угол α_1 между их продольными осями α и β_1 соответственно) составляет от 0.5 до 45°.

Такое конструктивное выполнение позволяет потоку пульпы при входе в дополнительную секцию 2 взаимодействовать с боковой стенкой 4 этой секции 2, в результате чего этот поток приобретает поперечную составляющую своего перемещения, соответствующую тангенсу угла α_1 разворота дополнительной секции 2 относительно входной секции 1.

Этот угол α_1 выбран из условия возможности создания силы, действующей на частицы твердой фазы обрабатываемой пульпы, достаточной для перемещения частиц пустой породы, но недостаточной для создания условий гидродинамического выноса зерен обогащаемого ценного компонента пульпы.

Если угол α_1 разворота секций 1, 2 будет меньше 0.5°, то поперечная составляющая скорости потока будет такой, что создаваемая потоком сила, действующая на осевшие в улавливающем покрытии частицы пульпы, будет меньше силы трения между указанными частицами и не будет обеспечивать их относительного перемещения, что исключает разрыхление и восстановление улавливающей способности покрытия и снижает степень извлечения ценного компонента.

Если угол α_1 разворота секций 1, 2 будет больше 45°, то поперечная составляющая скорости перемещения потока будет больше продольной составляющей, что приведет к разрушению улавливающего покрытия и его выносу с потоком из зоны обработки вместе с зернами ценного компонента.

Рифли 9 трафаретов 7 входной секции 1 установлены перпендикулярно боковым стенкам 3 этой секции 1 и параллельно между собой, что позволяет создать у нижней границы потока на исходном участке стационарные вихри, ось вращения каждого из которых ориентирована перпендикулярно к направлению подачи потока.

Рифли 10 трафаретов 8 дополнительной секции 2 развернуты в сторону, противоположную развороту дополнительной секции 2, в которой они установлены, относительно входной секции 1, что позволяет создать у нижней границы потока по мере его продвижения по зоне обработки стационарные вихри, ось вращения которых ориентирована под острым углом к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке потока.

Рифли 10 дополнительной секции 2 размещены под острым углом β_1 к ее боковым стенкам 4 и образуют острый угол γ_1 с рифлями 9 входной секции 1, при этом острый γ_1 между рифлями 9 входной секции 1 и рифлями 10 дополнительной секции 2, по существу, равен острому углу α_1 между их продольными осями α и β_1 . Это обеспечивает создание неравномерного гидравлического сопротивления продольному перемещению потока, при этом разворот рифлей 10 в сторону, противоположную развороту дополнительной секции 2 относительно входной секции 1, позволяет равномерно распределить твердую фазу пульпы по ширине зоны обработки и создать локальные турбулентные завихрения, разделяющие частицы пустой породы и зерна ценного компонента, обладающие большей плотностью, для интенсификации их осаждения на улавливающем покрытии.

Возможно выполнение, по меньшей мере, одной рифли 10 (фиг. 2) дополнительной секции 2 с высотой h_1 большей высоты H рифлей 9 входной секции 1 или рифли 10' с высотой h_2 меньшей высоты H рифлей 9 входной секции 1. Кроме того, возможно

размещение, по меньшей мере, одной рифли 10 дополнительной секции 2 с углом ω_2 наклона к соответствующему днищу 6 больше угла ω_1 наклона к днищу 5 каждой рифли 9 входной секции 1, или с углом ω_3 наклона рифли 10' меньше угла ω_1 наклона рифли 9 входной секции 1.

В зависимости от заданной скорости движения пульпы в продольном направлении для создания поля инерционных сил, достаточных для осаждения зерен ценного компонента, но поддерживающих витание частиц пустой породы в потоке пульпы, путем вышеуказанной регулировки высоты h_1 , h_2 рифлей 10, 10' дополнительной секции 2 и/или угла ω_2 , ω_3 наклона этих рифлей 10, 10' к соответствующему днищу 6 можно увеличивать или уменьшать неравномерность гидравлического сопротивления перемещению потока в продольном направлении.

Предлагаемое устройство может иметь, по меньшей мере, одну состыкованную с предыдущей дополнительной секцией 2 (фиг. 3) последующую дополнительную секцию 11, установленную по отношению к предыдущей дополнительной секции 2 с разворотом в поперечном направлении в любую сторону так, что угол α_2 между продольными осями α , β_2 входной секции 1 последующей дополнительной секции 11 составляет от 0.5 до 45°. При этом рифли 12 трафаретов 13 последующей дополнительной секции 11 развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции 11 относительно предыдущей дополнительной секции 2 и установлены под острым углом β_2 к боковым стенкам 14 своей секции 11 так, что образуют острый угол γ_2 с рифлями 9 входной секции 1. Острый угол γ_2 между рифлями 9 входной секции 1 и рифлями 12 последующей дополнительной секции 11, по существу равен, острому углу α_2 между продольными осями α , β_2 последних.

На фиг. 3 изображено предлагаемое устройство, в котором последовательно состыкованы входная секция 1 и четыре дополнительных секции 2, 11, 15, 16. При этом каждая последующая дополнительная секция 11, 15, 16 состыкована с предыдущей дополнительной секцией 2, 11, 15, соответственно, с разворотом в поперечном направлении относительно входной секции 1 в сторону, противоположную развороту предыдущей дополнительной секции 2, 11, 15 относительно входной секции 1. Т.е. каждая дополнительная секция 2, 11, 15, 16 развернута по отношению к входной секции 1 в разные стороны. При каждом изменении направления движения потока пульпы частицы твердой фазы обрабатываемой пульпы испытывают динамические нагрузки, величина которых тем больше, чем больше абсолютная величина изменения направления вектора скорости потока пульпы. В результате происходит разрушение глинистых агломератов с высвобождением из них частиц ценного компонента, что увеличивает степень его извлечения.

Все, что было описано выше для разворота предыдущей дополнительной секции 11 и установки в ней соответствующих рифлей 12 в равной мере относится и к последующим дополнительным секциям 15, 16 и их рифлям 17, 18.

Днище 19 (фиг. 4), по меньшей мере, одной дополнительной секции 15 может быть выполнено, по меньшей мере, частично выпуклым или вогнутым. В частном случае, изображенном на фиг. 4, днище 19 одной дополнительной секции 15 выполнено синусоидальным, т.е. частично выпуклым и частично вогнутым.

Каждая дополнительная секция 2, 11, 15, 16 может быть состыкована с предыдущей секцией 1, 2, 11, 15 так, что угол φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 ее уклона будет больше или меньше угла μ_1 , μ_2 , μ_3 , μ_4 уклона предыдущей секции 1, 2, 11, 15.

Изменяя форму днища 19 и/или наклона φ_2 , φ_3 , φ_4 , φ_5 дополнительных секций 2, 11, 15, 16, задают скорость движения потока пульпы в продольном направлении, которая при заданном гидравлическом сопротивлении обеспечивает создание указанного выше поля инерционных сил, воздействующих на зерна ценного компонента и частицы пустой породы. В зависимости от размера и формы зерен ценного компонента, присутствующего в данной породе и степени ее промывности, скорость движения потока в продольном направлении можно увеличивать или уменьшать с высокой или низкой частотой

периодичности (изменяя форму днища 19 или изменяя угол уклона $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ дополнительных секций 2, 11, 15, 16 соответственно).

При высоком содержании в породе зерен ценного компонента с большой удельной поверхностью и/или при небольших габаритах устройства в целом для увеличения турбулизации потока и эффективности разрыхления улавливающего покрытия возникает необходимость на небольшом участке зоны обработки создавать периодическое изменение направления поперечной составляющей перемещения потока. При этом боковые стенки 20 (фиг. 5), по меньшей мере, одной дополнительной секции 21 можно выполнить криволинейными, т.е. изогнутыми или с изломом, и параллельными между собой. При этом каждая рифля 22 трафаретов 23 этой дополнительной секции 21 должна быть выполнена по линии, касательная (В) к которой в каждой точке М проходит под острым углом γ_3 к рифлям 9 входной секции 1. Причем этот угол γ_3 по существу, равен углу α_3 между продольной осью а входной секции 1 и проходящей через данную точку М продольной осью β_3 этой дополнительной секции 21.

Для увеличения разгона обрабатываемой пульпы на пути ее движения в продольном направлении трафареты 13 (фиг. 3) с рифлями 12, по меньшей мере, в одной дополнительной секции 11 могут быть расположены только на части днища 24.

Днище 6 (фиг. 1), 25 (фиг. 3) последней секции 2 (фиг. 1), 16 (фиг. 3), по меньшей мере, на выходном участке может быть выполнено перфорированным с отверстиями 26 (фиг. 4) и с возможностью периодического перекрытия отверстий 26 перфорации, например, укладкой ковриков 27 на днище 25 перфорированного участка последней дополнительной секции 16.

Количество дополнительных секций 2, 11, 15, 16 и углы α, β, γ выбираются в указанных выше для них интервалах в зависимости от технологических соображений для создания оптимального гидравлического режима потока пульпы, содержащей определенный фракционный состав, в зависимости от промывности обрабатываемой породы, и/или с учетом рельефа местности, на которой монтируется описанное выше устройство, обеспечивая при этом наиболее высокую степень извлечения и обогащения ценного компонента.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Для получения пульпы обрабатываемую породу смешивают с водой и подают на днище 5 во входную секцию 1. В ней при взаимодействии с рифлями 9 трафаретов 7, расположенными перпендикулярно стенкам 3 входной секции 1, происходит дезинтеграция и окончательное формирование структурного состава потока пульпы, который характеризуется гранулометрической кривой частиц пустой породы и гранулометрической кривой зерен ценного компонента, содержащихся в данной пульпе. При этом на исходном участке у нижней границы потока образуются стационарные вихри, ось вращения каждого из которых ориентирована перпендикулярно направлению подачи потока. Далее поток поступает в дополнительную секцию 2. В первый момент прохождения потока пульпы по секциям 1, 2 устройства, гидравлическое сопротивление, создаваемое рифлями 9, 10 и изгибами зон состыковки секций 1, 2 приводит к созданию на днище 5, 6 каждой секции 1, 2 улавливающего покрытия, содержащего твердую фазу пульпы, оседающую в межрифельном пространстве. Полученное таким образом естественное улавливающее покрытие на днищах 5, 6 секций 1, 2 имеет рыхлую структуру за счет различной формы частиц твердой фазы пульпы и обладает высокой улавливающей способностью в первый момент времени. Дальнейшая подача потока пульпы в секции 1, 2 устройства вследствие гравитационного разделения по плотности частиц твердой фазы приводит к наполнению улавливающего покрытия наиболее плотными частицами ценного компонента.

Как указывалось выше во входной секции 1 происходит дезинтеграция агломератов породы на поперечных рифлях 9 и формирование структурного состава твердой фазы потока пульпы. При попадании потока далее в дополнительную секцию 2 за счет

разворота последней на угол α_1 по отношению к входной секции 1 при взаимодействии потока с боковыми стенками 4 дополнительной секции 2 создается поперечная составляющая вектора скорости в направлении отклонения продольной оси V_1 дополнительной секции 2 от продольной оси α входной секции 1.

Неравномерное гидравлическое сопротивление продольному перемещению потока пульпы, создаваемое в устройстве рифлями 10, установленными в дополнительной секции 2 устройства, позволяет при столкновении потока с рифлями 10 создать стационарные придонные вихри в межрифельном пространстве, ось вращения которых ориентирована вдоль рифлей 10 под острым углом к оси подачи потока.

Характеристики потока над рифлями 9, 10 (глубина и скорость течения) устанавливаются такими, чтобы орбитальная скорость вращения вихрей была больше гидравлической крупности удаляемых частиц пустой породы и меньше гидравлической крупности задерживаемых зерен ценного компонента. При этом стационарные вихри будут производить разрыхление улавливающего покрытия, гидравлическую классификацию твердой фазы пульпы, поднимая частицы пустой породы и создавая возможность осаждения зерен ценного компонента в межрифельном пространстве.

В процессе перемещения потока в продольном направлении на дополнительную секцию 2 за счет ее разворота в поперечном направлении относительно оси подачи поток отклоняют в поперечном направлении и создают динамическое воздействие на него боковых стенок 4 дополнительной секции 2. Вследствие соударения потока с боковой стенкой 4 дополнительной секции 2 вблизи этой стенки 4 исключается осаждение частиц пустой породы в пристенной зоне и глубина потока здесь увеличивается. При этом глубина потока у противоположной боковой стенки 4 дополнительной секции 2 сохраняется прежней. Разность глубин в поперечном сечении потока создает поперечный градиент давления, под воздействием которого в придонной области этой секции формируется поперечное течение, выносящее поднятые стационарным вихрем частицы пустой породы из межрифельного пространства и перемещающие частицы пустой породы из пристенных зон с пониженными скоростями течения. Суммируясь с отклоненным потоком, движущимся вдоль дополнительной секции 2, поперечное течение создает спиралевидный поток, выносящий частицы пустой породы за пределы рабочей зоны устройства.

При обогащении среднепромывистых, труднопромывистых и валунистых пород целесообразно усиление процесса разрыхления улавливающего покрытия и увеличение динамических нагрузок на твердую фазу потока пульпы. В этом случае целесообразно увеличение общей длины устройства, т.е. использование состыкованных с предыдущей дополнительной секцией 2 последующих дополнительных секций 11, 15, 16.

При поступлении потока пульпы в последующие дополнительные секции 11, 15, 16 в потоке происходит интенсификация описанных выше процессов, затухающих по мере продвижения потока пульпы по зоне обработки устройства.

При взаимодействии потока пульпы с рифлями 10 и 10' дополнительной секции 2, имеющими большую и/или меньшую высоту h_1 и h_2 по сравнению высотой H рифлей 9 входной секции 1, происходит интенсификация турбулентности потока пульпы, которая также может быть интенсифицирована и при переходе потока пульпы из дополнительной секции 2, имеющей большой уклон φ_2 к горизонтальной плоскости, в дополнительную секцию 11, имеющую меньший уклон φ_3 к горизонтальной плоскости.

Так как кинетическая энергия потока пульпы теряется при соударении с рифлей 10 большей высоты, при последующем ударе потока о боковую стенку 3 дополнительной секции 2 при его отклонении, расходуется на поддержание вращения системы стационарных вихрей, генерацию турбулентности и преодоление сил трения, то способность потока разделять твердую фазу пульпы на зерна ценного компонента и частицы пустой породы утрачивается по мере продвижения потока в продольном направлении. Особенно быстро это происходит при малом уклоне потока к

горизонтальной плоскости. Восстановление потерянной кинетической энергии потока (за счет преобразования потенциальной энергии положения) происходит при его попадании на участок днища 24 дополнительной секции 11, на котором отсутствуют трафареты 13 с рифлями 12 с целью снижения здесь гидравлического сопротивления и потерь кинетической энергии.

Восстановление потерянной кинетической энергии потока может быть осуществлено также путем установки последующей дополнительной секции 16 под углом φ_5 падения к горизонту больше, чем на предыдущей дополнительной секции 15, либо путем снижения гидравлического сопротивления и увеличением угла падения одновременно. Это позволяет интенсифицировать поперечное течение, воссоздать работоспособность стационарных вихрей в межрифельном пространстве с орбитальной скоростью вращения, достаточной для подъема удаляемых частиц пустой породы и отделения от них зерен ценного компонента для его осаждения в улавливающем покрытии.

Вынос частиц пустой породы из межрифельного пространства придонным поперечным течением может быть стимулирован такой ориентацией рифли 10' дополнительной секции 2, при которой обеспечивается положительный угол ω_3 падения рифли 10' по отношению к горизонтальной плоскости при выбранном поперечном отклонении дополнительной секции 2 от направления подачи потока пульпы и заданном угле φ падения направления подачи потока. Положительный угол ω_3 ; падения рифли 10' устанавливается не более угла естественного откоса массива зерен ценного компонента в водонасыщенном состоянии, что исключает их скольжение вдоль рифли 10', и может приближаться к углу естественного откоса массива частиц пустой породы в водонасыщенном состоянии, что способствует скольжению этих частиц вдоль рифли 10' и выносу их из межрифельного пространства.

Интенсификация работы устройства по разделению твердой фазы пульпы на зерна ценного компонента и частиц пустой породы может быть достигнута на дополнительной секции 15 с продольным синусоидальным профилем днища 19. Искривление траектории потока в вертикальной плоскости при его попадании на дополнительную секцию 15, имеющую криволинейное днище 19, позволяет создать дополнительные вертикальные центробежные силы, действующие на твердую фазу пульпы и способствующие выделению и осаждению зерен ценного компонента и выносу удаляемых частиц пустой породы, что дает возможность повысить степень обогащения и извлечения ценного компонента.

Выполнение дополнительных секций с криволинейными стенками, выпуклым, вогнутым или синусоидальным днищем, изменение уклона дополнительных секций по отношению к горизонтальной плоскости, изменение наклона и высоты рифлей, установка трафаретов на части днища или любые другие вышеуказанные конструктивные приемы позволяют увеличить динамические нагрузки на твердую фазу потока пульпы, обеспечивая разрушение глинистых агломератов и выделение частиц ценного компонента пульпы. Этот процесс будет происходить тем эффективнее, чем большее количество вышеописанных изменений обеспечивает конструкция устройства.

После завершения наполнения улавливающего покрытия зернами ценного компонента осуществляют его споласкивание совместно с ценным компонентом. Для этого трафареты 7, 8, 13, 23 с рифлями 9, 10, 12, 17, 18, 22 снимают с днищ 5, 6, 24 всех секций 1, 2, 11, 15, 16, 21 (при наличии отверстий 26 перфорации выходного участка последней секции 16 их открывают, например, удалением ковриков 27), а затем подают промывочную воду, удаляя обогащенную породу. Далее коврик 27 и трафареты с рифлями возвращают на прежнее место и цикл работы устройства повторяют.

Пример 1

Пульпу готовят из легкопромывистой породы в виде среднезернистого песка с содержанием 17 % фракций крупностью менее 0.27 мм и галечниковых включений

крупностью до 100 мм, включающего 1 г/м³ золота в виде зерен крупностью более 0.1 мм при содержании 2 % фракций зерен менее 0.1 мм.

При приготовлении пульпы в качестве жидкой фазы используют воду в соотношении жидкой фазы к твердой 6:1. Пульпу подают в зону обработки с удельным расходом 0.05 м²/с на метр ширины потока. При подаче в зону обработки поток пульпы сжимают по высоте, разгоняют до скорости 2.0 м/с и направляют на исходном участке ортогонально к рифлям входной секции. Соударением потока пульпы, содержащего, в том числе грунтовые агломераты с рифлями исходного участка, осуществляют дезинтеграцию основной массы агломератов, после чего отклоняют поток в поперечном направлении динамическим воздействием на него боковых границ секций, которые ориентированы под углом 6.5° к первоначальному направлению движения потока. В связи с потерей части кинетической энергии потоком пульпы на дезинтеграцию агломератов и соударение с рифлями входной секции для восстановления этой энергии поток пульпы одновременно с поперечным смещением отклоняют в вертикальной плоскости путем изменения уклона его нижней границы на угол 9°. При динамическом взаимодействии боковой границы, на которую натекает поток пульпы при его отклонении в поперечном направлении, создают повышение поверхности потока на 0.2 м по отношению к уровню поверхности у противоположной боковой границы. Образованной таким образом разностью уровней у боковых границ потока создают поперечный градиент давления, с помощью которого возбуждают поперечное течение, преимущественно, вблизи нижней границы потока со скоростью до 0.2 м/с, которое перемещает частицы пустой породы от боковых границ потока к его центру, где они подхватываются и уносятся из зоны обработки основным отклоненным потоком. Для достижения наилучшего скольжения частиц пустой породы поперек потока от его боковых границ под воздействием поперечного течения его направляют под углом не более 10° к линии горизонта, который выбирают пропорциональным углу естественного откоса обрабатываемого грунта в состоянии предельного водонасыщения. Сложением поперечного и основного поступательного движения потока пульпы образуют спиралевидное течение, ось которого совпадает с направлением отклоненного потока, с помощью которого осуществляют перенос частиц пустой породы от боковых границ потока к центру и удаление их за пределы рабочей зоны. Скорость нижней границы потока, равная 0.2 м/с, достаточна для перемещения в поперечном направлении частиц пустой породы крупностью менее 0.27 мм и мала для перемещения зерен золота крупностью 0.1 мм и более, поэтому эти зерна, а также частицы песка крупностью более 0.27 мм будут спускаться к нижней границе потока, образуя улавливающее покрытие (постель). Вследствие шероховатой поверхности постели она затормаживает придонные слои потока, из которых при этом осаждаются зерна ценного компонента крупностью 0.1 мм в условиях созданного расчетного гидравлического режима. Осаждающиеся зерна ценного компонента заполняют поры и уменьшают шероховатость улавливающего покрытия, вследствие чего его тормозящая и улавливающая способности снижаются.

Создавая неравномерное гидравлическое сопротивление по длине и ширине потока его перемещению в продольном направлении путем воздействия на поток с помощью местных сопротивлений, образуют систему стационарных вихрей у каждого местного сопротивления вблизи нижней границы потока пульпы. При этом местные сопротивления организуют таким образом, чтобы ось каждого стационарного вихря была параллельна направлению поперечного течения. Орбитальную скорость вращения каждого вихря создают такой, чтобы она была меньше гидравлической крупности зерен золота размером 0.1 мм, которая составляет 6.6 см/сек, больше гидравлической крупности удаляемых частиц пустой породы, которая в данном примере составляет 2.5 см/с и соответствует скорости осаждения частиц песка, равных по весу зернам золота расчетной крупности 0.1 мм. Указанную орбитальную скорость вращения стационарных вихрей создают за счет средней скорости течения, которая при заданном уклоне 9° зависит от глубины потока

пульпы и достигается при глубине потока близкой к 0.2 м.

Выбором вышеуказанных гидравлических и геометрических параметров потока пульпы обеспечивают транспортирование крупной гальки (до 100 мм) без осаждения в зоне обработки, чем обеспечивают безостановочный режим осуществления способа.

При указанных параметрах предлагаемого способа его осуществление для условий данного примера позволяет достичь степени извлечения золота близкой к 98 % при коэффициенте обогащения, равном 89.

Пример 2.

Пульпу готовят из легкопромывистой породы в виде крупнозернистого песка с частицами крупностью до 2 мм с содержанием крупных фракций песка менее 1 % и мелких фракций диаметром менее 0.1 мм до 10 %, имеющего галечниковые включения крупностью 100 мм и содержащего 1 г/м³ золота в виде зерен крупностью 0.08 мм при содержании 1 % фракций менее 0.08 мм.

При приготовлении пульпы в качестве жидкой фазы используют воду с соотношением твердой фазы к жидкой 1:10. Пульпу подают в зону обработки с расходом, равным 0.15 м³/с (что соответствует 1080 м³ твердой фазы в сут). Зону обработки выполняют в виде четырех секций, состыкованных с разворотом в поперечном направлении под углом 0.5°, выполненных в виде лотков прямоугольного поперечного сечения, установленных с уклоном 8° и имеющих улавливающее покрытие, созданное в этих секциях посредством трафаретов с наклонными рифлями.

При галечниковых включениях размером 100 мм глубину потока над рифлями принимают равной 100 мм, а скорость потока устанавливают равной 2.5 м/с для обеспечения беспрепятственного выноса потоком галечниковых включений за пределы рабочей зоны.

При размере граничного зерна золота диаметром 0.08 мм улавливающее покрытие создают посредством установки трафаретов с рифлями высотой $2.5 \cdot 10^{-2}$ м с шагом 0.1 м. При этих параметрах потока и улавливающего покрытия скорость пульпы составляет 3.1 м/с, что превышает нижний предел (2.5 м/с) по условию выноса галечниковых включений. При указанных выше расходе, уклоне, глубине и скорости потока ширина каждого лотка составляет 0.7 м. Наклон рифлей к линии горизонта принимают равным 0.5, т.е. равным углу поперечного отклонения потока, что обеспечивает эффективное задержание наиболее мелких зерен ценного компонента и повышает степень его извлечения. Угол отклонения дополнительных секций в поперечном направлении, равный 0.5, позволяет получить придонную скорость в межрифельном пространстве до 0.2 м/с, что достаточно для удаления мелких фракций песка и периодического перемещения крупных фракций, что позволяет переместить их из боковых зон потока в зону выноса основным течением.

При указанных параметрах предлагаемого устройства осуществляют предлагаемый способ аналогично описанному в примере 1, что позволяет получить степень извлечения золота близкую к 99 % при коэффициенте обогащения 78.

Пример 3.

Пульпу готовят из легкопромывистой породы в виде среднезернистого песка с частицами крупностью менее 1.0 мм при содержании крупной фракции менее 1 % по объему, содержащего 1 г/м³ золота в виде зерен крупностью более 0.1 мм при содержании 2 % фракций менее 0.1 мм.

При приготовлении пульпы в качестве жидкой фазы используют воду, соотношение твердой фазы и жидкой составляет 1:8. Пульпу подают в зону обработки с расходом равным 0.05 м³/с (что соответствует 450 м³ твердой фазы в сут). Зону обработки выполняют в виде двух состыкованных под углом секций, выполненных в виде лотков прямоугольного поперечного сечения, установленных с уклоном 6°, и имеющих улавливающее покрытие, созданное в этих секциях посредством трафаретов с наклонными рифлями.

При размере граничного зерна золота, равного 0.1 мм, улавливающее покрытие

создают посредством установки трафаретов с рифлями с отношением шага рифлей к высоте рифлей равным 2. В этом случае глубина потока над рифлями составляет $2.5 \cdot 10^{-2}$ м и высота рифлей принимается равной $3 \cdot 10^{-2}$ м, при этом расстояние между ними составит $6 \cdot 10^{-2}$ м. При этих параметрах потока и улавливающего покрытия скорость пульпы равна 1.1 м/с. При указанных выше расходе, уклоне, глубине и скорости потока ширина каждого лотка составляет 0.93 м. Наклон рифлей к линии горизонта принимают не более 10° . Угол разворота дополнительной секции в поперечном направлении (т.е. угол отклонения потока) принимают равным 8° , что позволяет получить придонную скорость в межрифельном пространстве 0.25 м/с. Этого достаточно для перемещения зерен пустой породы мельче 1 мм.

При указанных параметрах предлагаемого устройства осуществляют предлагаемый способ аналогично описанному в примере 1, что позволяет достичь степени извлечения золота близкой к 98 % при коэффициенте обогащения равном 99.

Пример 4.

Пульпу готовят из среднепромывистой породы в виде супеси, включающей 85 % песка, 15 % глинистых и пылевидных фракций с содержанием крупных зерен песка (более 2.0 мм) до 1.2 % и содержанием золота 1 г/м^3 , в основном, в виде зерен крупностью более 0.15 мм (зерна крупностью менее 0.15 составляют не более 1.5 % по весу от общего количества зерен).

При приготовлении пульпы используют воду, соотношение твердой фазы к жидкой фазе выбирают равным 1:15. Пульпу подают с расходом $0.05 \text{ м}^3/\text{с}$ (т.е. 360 м^3 твердой фазы в сут) в зону обработки, выполненную в виде входной секции прямоугольного поперечного сечения и двух дополнительных секций, состыкованных между собой и со входной секцией с разворотом в поперечном направлении под углом 6.5° с периодическим чередованием направления разворота секций одна относительно другой. Секции устанавливают с уклоном 9° , 9° , 5° . Улавливающее покрытие в секциях создают посредством трафаретов с рифлями, угол наклона которых к днищу принимают равным 85° .

При размере граничного зерна золота, равном 0.15 мм, улавливающее покрытие создают посредством рифлей с отношением шага рифлей к высоте рифлей, равными 2.5. В этом случае глубина потока над рифлями составляет $3.5 \cdot 10^{-2}$ м и высоту рифлей принимают равной $4 \cdot 10^{-2}$ м, а расстояние между рифлями 0.1 м. При этих параметрах потока и улавливающего покрытия скорость пульпы в первой и второй секциях достигает 1.65 м/с. Уменьшение уклона третьей секции позволяет уменьшить скорость потока до 1.2 м/с, что дает возможность интенсифицировать процесс обработки в пределах первой и второй секций и обеспечить лучшее улавливание мелких зерен в третьей секции. При указанных выше расходе, глубине потока и скоростях течения, ширина первой и второй секции равна 0.85 м, а третьей секции 1.2 м.

Наклон рифлей к линии горизонта принимают для супеси не более 8° , поскольку присутствие глинистых и пылевидных фракций в пульпе способствует скольжению частиц пустой породы вдоль рифлей.

Угол отклонения потока в поперечном направлении равен 6.5° , что позволяет получить придонную скорость в межрифельном пространстве около 0.5 м/с. Этого достаточно для перемещения зерен пустой породы крупностью менее 2.0 мм.

При указанных параметрах предлагаемого устройства осуществляют предлагаемый способ аналогично описанному в примере 1, что позволяет достичь степени извлечения золота близкой к 98.5 % при коэффициенте обогащения 82.

Пример 5.

Пульпу готовят из труднопромывистой породы в виде тяжелого суглинка, в форме грунтовых агломератов, включающих 55 % глинистых частиц, 40 % песка и 5 % мелкой гальки крупностью до 20 мм. Содержание наиболее крупных частиц песка более 2 мм составляет 1 % по объему, содержание золота 6 г/м^3 в основном в виде зерен крупностью

более 0.25 мм (зерна крупностью менее 0.25 мм составляют не более 2.5 % по весу от общего количества зерен золота).

При приготовлении пульпы используют воду с соотношением твердой фазы к жидкой фазе 1:25. Пульпу подают с расходом 0.3 м³/с (что соответствует 1040 м³ грунта в сут).

Зону обработки выполняют в виде плавно сужающейся входной секции, в которой ускоряют поток пульпы до 3.5 м/с. При данной скорости соударение потока с рифлями входной секции позволяет осуществить частичное дробление глинистых агломератов. Для достижения дополнительного эффекта разрушения агломератов четыре дополнительные секции рабочей зоны состыкованы с поперечным углом разворота 45° с последовательным чередованием ориентации разворота и последовательным чередованием уклона дополнительных секций 13°, 8°, 13°, 6°, что позволяет осуществить дополнительное дробление агломератов в местах вертикального перелома зоны обработки. Уклон рифлей по отношению к линии горизонта принимают равным 45°, что позволяет создать придонную скорость до 0.7 м/с, достаточную для поперечного смещения гальки и наиболее крупных частиц песка без заметного смещения зерен золота крупностью 0.25 мм. Рифли наклоняют к днищу под углом 67°, что позволяет облегчить перемещение наиболее крупных частиц гальки основным потоком. Высоту рифлей принимают равной $7.0 \cdot 10^{-2}$ м, глубину потока над рифлями $3.2 \cdot 10^{-2}$ м, шаг между рифлями 0.3 м. При этих параметрах потока и улавливающего покрытия скорость пульпы сохраняется равной 3.5 м/с на первой и третьей дополнительной секциях и снижается до 2.75 м/с на второй и 2.5 м/с на четвертой секциях. Для восстановления кинетической энергии потока на начальном участке второй дополнительной секции протяженностью 1.0 м трафареты с рифлями не устанавливают. На концевом участке четвертой дополнительной секции устанавливают чередующиеся рифли высотой $7 \cdot 10^{-2}$ м и $5 \cdot 10^{-2}$ м с шагом 0.1 м, что обеспечивает эффективное задержание наиболее мелких зерен золота.

При указанных параметрах предлагаемого устройства осуществляют предлагаемый способ аналогично описанному в примере 1, что позволяет достичь степени извлечения золота 97.5 % при коэффициенте обогащения 73.

Таким образом, предлагаемые способ и устройство позволяют при простоте выполнения без внешнего энерговода увеличить степень извлечения и обогащения ценного компонента из пульпы обрабатываемой породы.

Формула изобретения

1. Способ обогащения полезных ископаемых, преимущественно золотоносных пород, включающий подачу в зону обработки обрабатываемой пульпы, содержащей жидкую и твердую фазы с зернами ценного компонента и пустой породы, формирование и разгон потока обрабатываемой пульпы на исходном участке, перемещение потока в продольном направлении по зоне обработки, в которой создают улавливающее покрытие, создание в процессе перемещения потока на его исходном участке у его нижней границы стационарных вихрей, имеющих ось вращения, ориентированную перпендикулярно к направлению подачи потока, наполнение улавливающего покрытия зернами ценного компонента с одновременным восстановлением улавливающей способности покрытия и споласкивание улавливающего покрытия с накопленным ценным компонентом, отличающийся тем, что в процессе перемещения потока по зоне обработки поток отклоняют от направления его подачи в поперечном направлении на острый угол, создают динамическое воздействие на боковые границы потока и создают неравномерное по длине и ширине потока гидравлическое сопротивление его перемещению в продольном направлении, одновременно на отклоненном участке потока у его нижней границы образуют стационарные вихри, ось вращения которых ориентируют под острым углом к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке потока в направлении,

противоположном направлению отклонения потока, и образуют спиралевидное течение потока.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что поток отклоняют в поперечном направлении на угол от 0.5 до 45 градусов.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что ось вращения каждого стационарного вихря отклоненного участка потока ориентируют к оси вращения стационарных вихрей на исходном участке под углом, равным углу отклонения потока в поперечном направлении.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что по мере продвижения потока по зоне обработки его дополнительно периодически отклоняют в поперечном направлении с чередованием ориентации этого отклонения.

5. Способ по п. 2, отличающийся тем, что по мере продвижения потока по зоне обработки его дополнительно локально разгоняют.

6. Способ по п. 2 или 3, отличающийся тем, что по мере продвижения потока по зоне обработки локально уменьшают или увеличивают гидравлическое сопротивление его перемещению в продольном направлении.

7. Способ по п. 2 или 3, отличающийся тем, что по мере продвижения потока по зоне обработки его отклоняют от направления подачи в вертикальном направлении путем искривления нижней границы потока.

8. Устройство для обогащения полезных ископаемых, преимущественно золотоносных пород, содержащее последовательно состыкованные входную и, по меньшей мере, одну дополнительную секции, установленные с уклоном к горизонтальной плоскости в направлении подачи потока пульпы, каждая из которых имеет боковые стенки и днище, на котором с возможностью съема установлены трафареты с рифлями, расположенными с наклоном к соответствующему днищу в направлении подачи потока, при этом рифли входной секции установлены перпендикулярно ее боковым стенкам и параллельно между собой, отличающееся тем, что дополнительная секция установлена по отношению к входной секции с разворотом в поперечном направлении в любую сторону так, что острый угол между их продольными осями составляет 0.5 - 45 градусов, при этом рифли трафаретов дополнительной секции развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции относительно входной секции и установлены под острым углом к боковым стенкам дополнительной секции так, что образуют острый угол с рифлями входной секции.

9. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что острый угол между рифлями входной и дополнительной секции по существу равен острому углу между продольными осями последних.

10. Устройство по п. 9, отличающееся тем, что при установке, по меньшей мере, двух дополнительных секций, последующая дополнительная секция установлена по отношению к предыдущей дополнительной секции с разворотом в поперечном направлении в любую сторону так, что угол между продольными осями входной секции и последующей дополнительной секции составляет от 0.5 до 45 градусов, при этом рифли трафаретов последующей дополнительной секции развернуты в сторону, противоположную развороту этой секции относительно предыдущей дополнительной секции и установлены под острым углом к боковым стенкам своей секции так, что образуют острый угол с рифлями входной секции.

11. Устройство по п. 10, отличающееся тем, что острый угол между рифлями входной и последующей дополнительной секций, по существу, равен острому углу между продольными осями последних.

12. Устройство по п. 9, отличающееся тем, что при установке, по меньшей мере, трех дополнительных секций каждая последующая дополнительная секция состыкована с предыдущей дополнительной секцией с разворотом в поперечном направлении относительно входной секции в сторону, противоположную развороту

предыдущей дополнительной секции относительно входной секции.

13. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна рифля, по меньшей мере, одной дополнительной секции имеет высоту больше или меньше высоты рифлей входной секции.

14. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что днище, по меньшей мере, одной дополнительной секции выполнено, по меньшей мере, частично выпуклым или вогнутым.

15. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что днище, по меньшей мере, одной дополнительной секции выполнено синусоидальным.

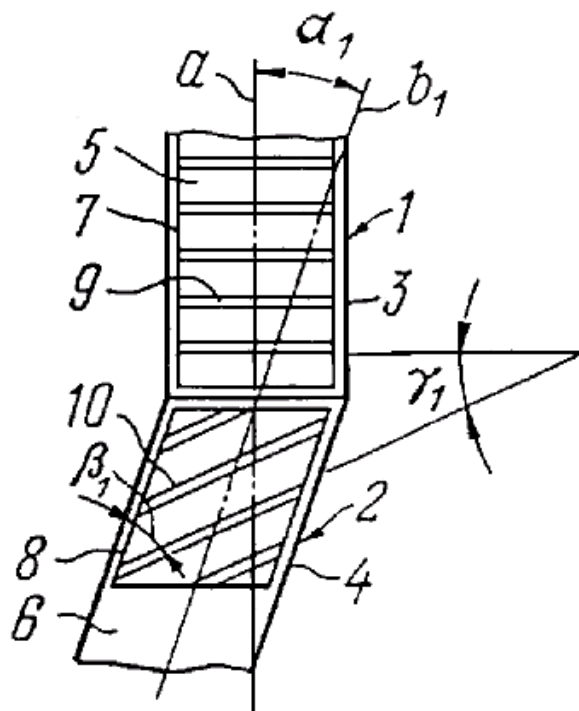
16. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна последующая дополнительная секция состыкована с предыдущей секцией так, что угол ее уклона к горизонтальной плоскости больше или меньше угла уклона предыдущей секции.

17. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна рифля, по меньшей мере, одной дополнительной секции установлена под углом наклона к днищу этой секции больше или меньше угла наклона каждой рифли входной секции к ее днищу.

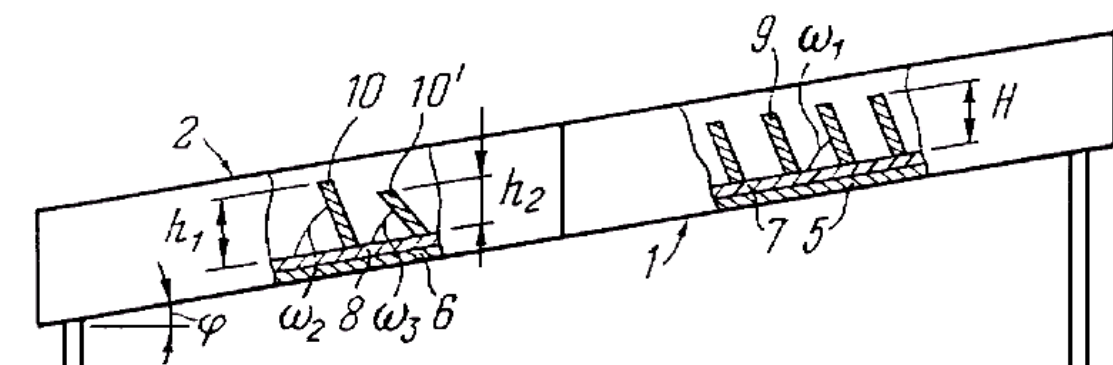
18. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что, по меньшей мере, в одной дополнительной секции трафареты с рифлями установлены на части днища.

19. Устройство по п. 8, отличающееся тем, что, по меньшей мере, одна дополнительная секция имеет боковые стенки, выполненные криволинейными и параллельными между собой, при этом каждая рифля трафаретов этой секции выполнена по линии, касательная к которой в каждой точке проходит под острым углом к рифлям входной секции, причем этот угол равен углу между продольной осью входной секции и проходящей через данную точку продольной осью этой дополнительной секции.

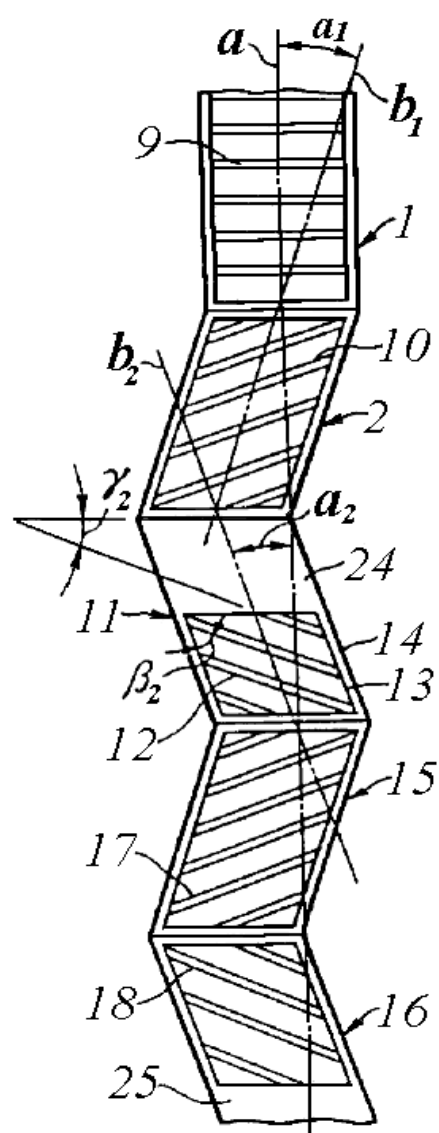
20. Устройство по пп. 8, 10 или 12, отличающееся тем, что днище последней дополнительной секции, по меньшей мере, на выходном участке выполнено перфорированным с возможностью периодического перекрытия перфораций.



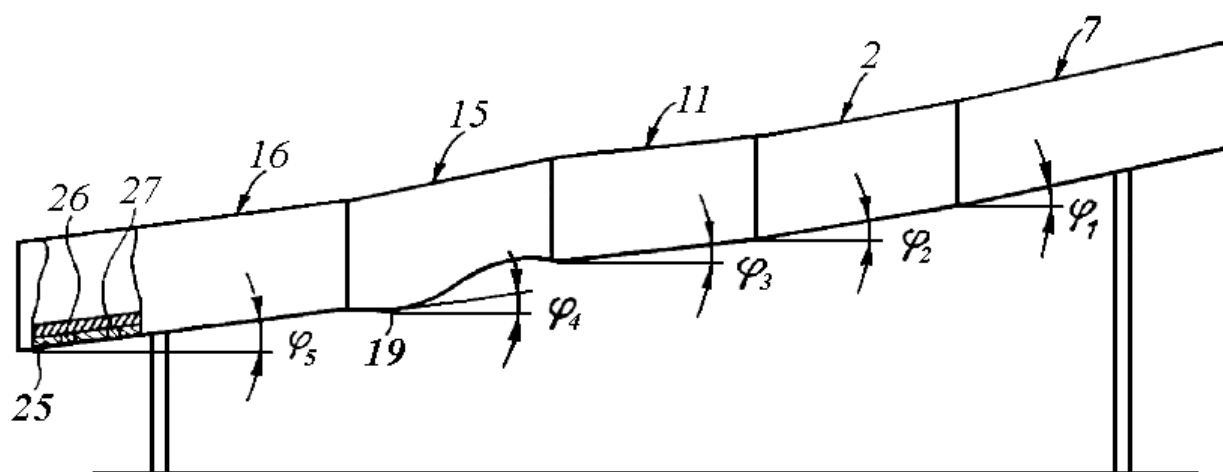
Фиг. 1



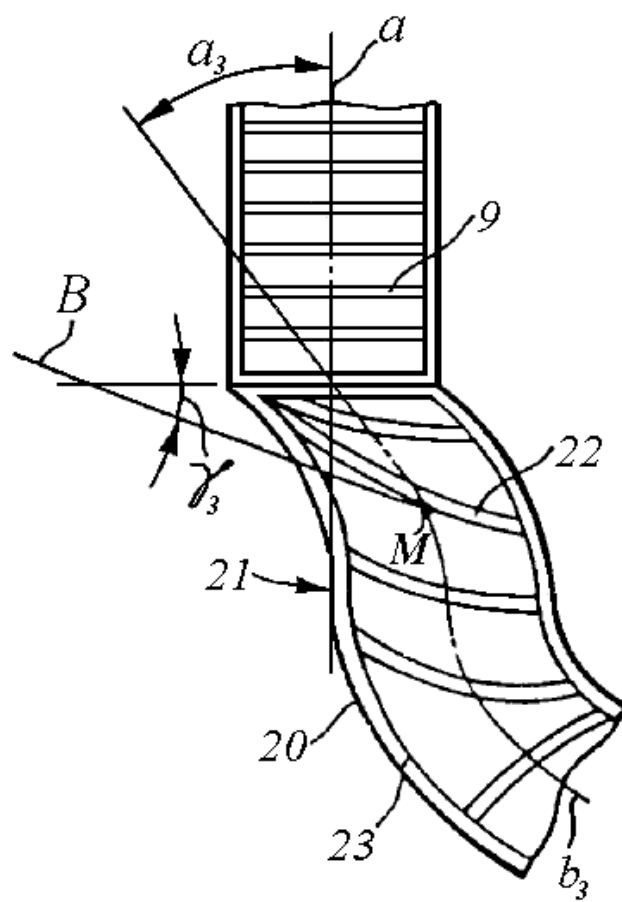
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Ответственный за выпуск

Ногай С.А.

Кыргызпатент, 720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41, факс: (312) 68 17 03