

УДК 622. 793

**В.П. Мязин, В.Г. Черкасов**

**АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ СИСТЕМЫ  
ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ ПРОМЫВКЕ  
МЕТАЛЛОНОСНЫХ ПЕСКОВ МОБИЛЬНЫМИ  
ОБОГАТИТЕЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ**

Семинар № 18

**В** настоящее время россыпная металлодобыча с использованием мобильных обогатительных комплексов (переставных промывочных приборов, драг, модульных фабрик), а так же промывка минерального сырья самоходными агрегатами типа "Pioneer", "Wash-all", "Universal" (США), "Bavaria" (Германия), SK-2 (Польша), ЭТ-1А (Россия) и др. базируется на водоемких операциях с расходом до 12...18 м<sup>3</sup> технологической воды на 1 м<sup>3</sup> промываемых песков или до 1000–2000 м<sup>3</sup>/ч. на один промывочный агрегат. Зона устойчивого водоснабжения определяет мобильность этих агрегатов а, по сути, они "привязаны" к внешней системе водоподготовки, как правило, через замыкания массопотоков на пруды-отстойники, которые являются основными источниками загрязнения естественных водотоков, прилегающих к району ведения горных работ.

Сооружение для этих целей временных дамб, руслоотводных каналов, каскада плотин требует значительных затрат времени (до 10–15 % от промывочного сезона) и в таких же пределах средств от себестоимости добытого металла. Такие показатели ставят под сомнение разработку мелких месторождений, где удельная доля затрат на гидротехнические со-

оружения еще выше. Уровень развития системы кондиционирования оборотной воды оказывается ключевой проблемой и при ведении работ в безводной местности.

Существующие методы водоподготовки на основе внешних временно возводимых гидротехнических сооружений исчерпали свои потенциальные возможности и выступают сдерживающим фактором в совершенствовании мобильных обогатительных комплексов, востребованность которых постоянно растет, что вызвано истощением сырьевой базы страны и вовлечением в переработку мелких и высокоглинистых месторождений.

Инертность в развитии водоподготовительного этапа в технологическом цикле россыпной металлодобычи исключает потенциальную возможность по существенному снижению водозатрат. Это обусловлено отсутствием надежных энерго- водосберегающих аппаратов по выделению илисто-глинистой фракции из образующихся массопотоков от промывки металлоносных песков. Другой смежной проблемой по выделению твердой фазы из гидровзвеси эфельных хвостов являются высокие потери (до 45-50 %) тонких классов ценного компонента.

Для кардинального решения этих проблем требуются принципиальные отступления от традиционных схем замыкания массопотоков на грунтовые сооружения путем аппаратурного оформления процесса кондиционирования оборотной воды.

Применение известных технических решений, используемых на стационарных обогатительных фабриках, распространения на россыпях не находят из-за специфических условий эксплуатации оборудования, требующих от конструкций низкой энергоемкости, простоты и мобильности в эксплуатации, технологической гибкости. Этим требованиям отвечают тонкослойные (канальные, полочные, многоярусные) аппараты. Однако отсутствие рекомендаций, конструкторской проработки, экспериментальных исследований ограничивает их использование в обогатительных комплексах, работающих в сложных условиях приисков. Выделим три базовых принципа, на основе которых, по нашему мнению, должно формироваться аппаратурное оформление процесса кондиционирования оборотной воды для мобильных обогатительных комплексов:

- преэминентность специфических требований к оборудованию, работающему в сложных условиях приисков, а именно – мобильность и автономность;

- минимизация объема оборотной воды вне контакта с естественным грунтом с минимальными энергозатратами и обеспечением нормального функционирования основного технологического оборудования;

- обеспечение технологической гибкости разделительной системы аппаратов для различных по составу и объему массопотоков гидровзвеси, а так же различных конструкций обогатительных комплексов.

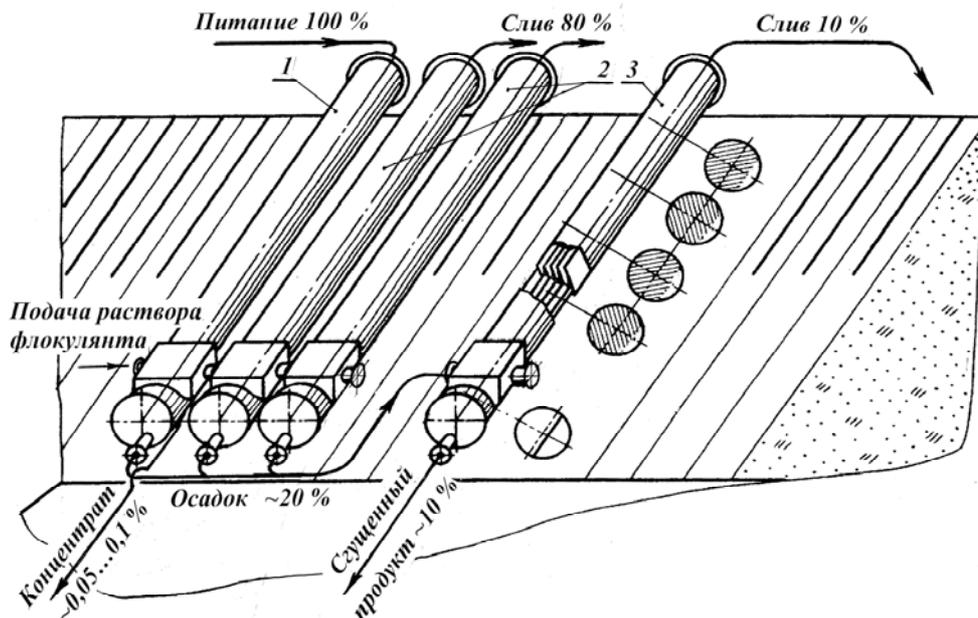
Такой подход формирует локальный контур водооборота, который предполагает многократное сокращение объемов оборотной воды за счет полного или частичного исключения внешних прудов-отстойников путем применения технических устройств.

Так как гранулометрический и минералогический состав эфельных хвостов колеблется в широких пределах, то сам процесс выделения твердой фазы целесообразно разбить на два этапа: с выделением крупной фракции, представленной галей, песком и тонкодисперсной – в виде илисто-глинистой фракции.

Перспективным оборудованием на первом технологическом этапе выступают многоспиральные обезвоживатели (типа ОСП, ОСД), разработанные в ИГД ДВО РАН, испытанные на объектах россыпной металлодобычи и предназначенные для удаления из массопотока эфельных хвостов относительно крупной фракции. По данным разработчиков эти обезвоживатели при общей массе 18 т обеспечивают выход в слив гидровзвеси с частицами крупностью до 80 мкм и развивают производительность по твердой фазе до 130 м<sup>3</sup>/ч, что соответствует технологической производительности обогатительного комплекса по пескам 200 м<sup>3</sup>/ч.

Техническую основу по выделению тонкодисперсной твердой фазы могут выполнять тонкослойные аппараты в виде модулей [1]. В зависимости от их соединения (рис. 1) в виде батареи они выполняют функцию осветлителей технологической воды, обогатительных устройств с доизвлечением ценного компонента, сгустителей илисто-глинистой фракции.

Принятая за базовую конфигурацию модуля наклонная продольно-вытянутая оболочка в виде трубы



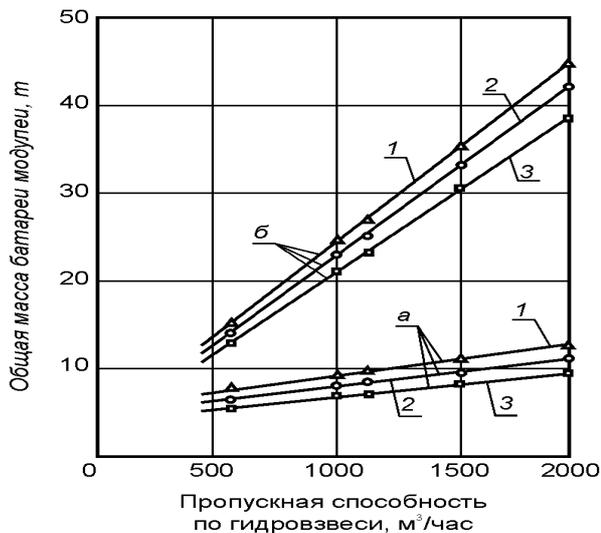
**Рис. 1. Батарея тонкослойных модулей в технологической цепи водоподготовки:**  
 1 – обогатительный модуль, 2 – модуль-осветлитель, 3 – модуль-сгуститель

большого диаметра (530-820 мм) в отличие от известных тонкослойных аппаратов конструкций фирм “Sala”, “Neptun Microflok”, “Degremont”, “Reaks”, “Уралмеханобр”, “Завод Труд” и др., дает возможность дополнительных конструктивных манипуляций: во-первых, создавать в образующейся рабочей полости относительно длинное тонкослойное пространство со ступенчатой схемой деления каналов; во-вторых, реализовать двойной тонкослойный эффект и тем самым использовать аппарат как обогатительное устройство; в-третьих, манипулировать схемами массопотоков в одной конструкции (противоточная, прямоточная, поперечная); в-четвертых, многократно сократить удельную массу аппарата и его габариты (по сравнению с аналогами) за счет исключения основания со стойками, распределительно-накопительных узлов, а так же путем совмещения функции оболочки тонкослойного

пространства и несущего корпуса в целом.

В результате примененных новых технических решений по сравнению с аналогами достигнуто многократное снижения удельной массы аппарата и его габаритов до значений соизмеримых с обогатительным комплексом (промприбором), что имеет существенное значение для мобильных устройств. Удельные масса и габариты разработанного модуля относительно номинальной пропускной способности по гидровзвеси составляют соответственно  $5-9 \text{ кг/м}^3/\text{ч}$  и  $0,04-0,05 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{ч}$  (рис. 2).

Оригинальность тонкослойных модулей заключается в простоте и технологической гибкости конструкции аппарата. Простота конструкции определяется отсутствием подвижных и энергоемких узлов, возможностью изготовления в условиях приисков, а технологическая гибкость – широким диапазоном состава перерабатываемого



**Рис. 2. Влияние производительности батареи тонкослойных модулей в режиме подготовки технологической воды (выход в слив 80...85 %) на массу аппарата в целом при диаметре модулей, мм: 1 – 530; 2 – 630; 3 – 820 (концентрация твердого в сливе: а – до 1 г/дм<sup>3</sup> с расходом флокулянта до 4 г/м<sup>3</sup>; б – до 10 г/дм<sup>3</sup> без использования реагента для среднепромывистых песков)**

мых гидровзвесей. Обоснованная вариативность схем массопотоков через одно рабочее пространство предопределяет рациональную конфигурацию аппарата, позволяющую применить эффективный и экономичный способ создания ряда производных установок, используя принципы унификации на основе методов конвертирования, секционирования, компаундирования конструкции, а так же взаимозаменяемости узлов.

Главным принципом аппаратурного оформления разделительного процесса является технологическая многофункциональность, которая достигается методом конвертирования базовой установки путем использования разных схем перемещения массопотоков (противоточная, прямоточная, поперечная) через одно рабочее пространство, при котором достигается различный разделительный эффект (осветление, сгущение, классификация).

Метод секционирования применительно к тонкослойным аппаратам заключается в создании автономной разделительной секции с унифицированными посадочно-присоединитель-

ными элементами определенной производительности, позволяющей изменять качественно-количественные характеристики процесса разделения путем набора унифицированных секций в виде батареи. Этот принцип применим и для создания унифицированных по геометрическим параметрам тонкослойных элементов (каналов), которые собираются в отдельные секции (касеты) из которых формируется рабочее тонкослойное пространство по функциональному назначению в автономном унифицированном корпусе.

Метод компаундирования дает возможность путем параллельного и/или последовательного соединения секций в сочетании с монтажной вариацией системы вход-выход усиливать эффективность разделительного процесса, включая несколько функций, по качественным показателям с одновременным изменением пропускной способности. В отличие от секционирования этот метод позволяет соединять независимые по назначению автономные секции.

Заложенный в конструкцию метод на основе взаимозаменяемости узлов корпуса, посадочно-присоединительных элементов, тонкослойных секций в совокупности позволяет варьиро-

вать компоновкой как аппарата в целом, так и его геометрией рабочей полости, схемами движения массопотоков путем монтажных операций без дополнительных изменений составных частей.

Применительно к разработкам россыпных месторождений при частой смене мест промывки, а, следовательно, и состава гидровзвеси, такая направленность обеспечивает следующие технологические и эксплуатационные преимущества:

- упрощение, ускорение и удешевление процессов проектирования аппаратов, их сборку и комплектацию по переработке тонкодисперсного минерального сырья;

- сокращение сроков доводки технологических схем;

- сокращение номенклатуры составных элементов оборудования, что упрощает ремонт и облегчает эксплуатацию;

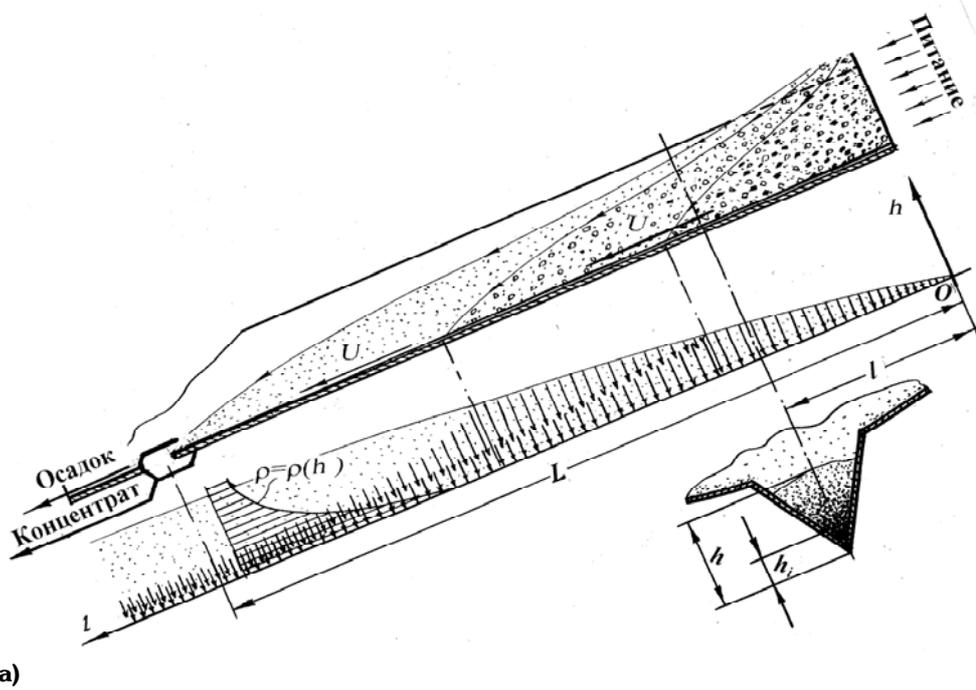
- обеспечение технологической гибкости процесса разделения гидровзвеси применительно к различным месторождениям в мобильном варианте.

Исследования тонкослойных модулей в производственных условиях на объектах россыпной металлодобычи показали высокую их эффективность по выделению тонкодисперсной твердой фазы из массопотока эфельных хвостов. В режиме осветления они восстанавливают до 80–90 % технологической воды. При содержании илисто-глинистой фракции в питании до  $100 \text{ г/дм}^3$  на выходе в сливе остаточное содержание твердой фазы достигает  $10 \text{ г/дм}^3$  (без применения водорастворимых полимерных добавок) и до  $1 \text{ г/дм}^3$  – с использованием флокулянтов (Санфлок, DPI) при дозах до  $4 \text{ г/м}^3$ . Для промывочных приборов (МДП, ПГШ, ПКС, ПГБ), используемых в настоящее время при россыпной металлодобыче, установ-

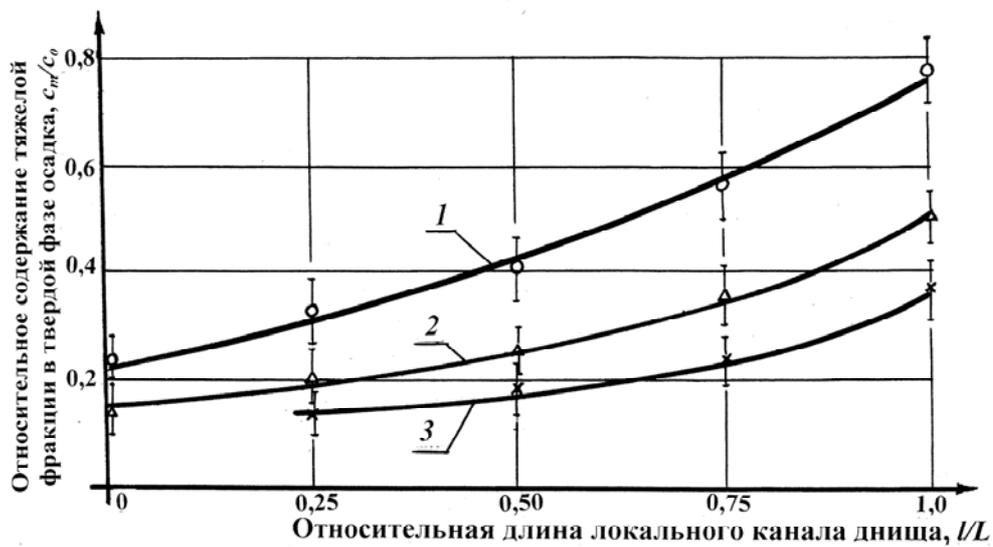
лено потребное количество тонкослойных модулей разработанного типоразмерного ряда [2]. Так при выходе эфельных хвостов в объеме  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при обогащении среднепромывистых песков количество модулей составляет 8–16 единиц с общей массой 19–21 т (рис. 2). Использование водорастворимых полимерных добавок из расчета 3–5 кг/ч на весь объем массопотока сокращает количество модулей и массу аппарата в целом в 3,5–4 раза.

В режиме сгушения модульная конструкция позволяет получать на выходе сгушенный продукт песчано-глинистой фракции с предельно-возможной объемной влажностью до 45–47 %, однако при этом повышается в 3–4 раза содержание твердой фазы в сливе и при перепадах нагрузки в питании возникает закупорка проходного отверстия насадки. Стабильный выход сгушенного продукта наблюдается при объемной влажности более 65 % в диапазоне отношения Ж:Т по исходному питанию от 7:1 и более.

Физическим моделированием тонкослойного процесса разделение гидровзвеси установлена и исследована возможность этих аппаратов доизвлекать из эфельных хвостов тяжелую тонкодисперсную фракцию ценного компонента. Перераспределение твердой фазы в локализованном осадке, который транспортируется вдоль днища по длине модуля, протекает в двух измерениях, т. е.  $\rho = \rho(h, L)$  (рис. 3). Скорость осадочного слоя ( $U$ ) в гофрированной части днища на два порядка ниже скорости потока на шлюзах. Эта особенность позволяет усиливать механизм сегрегации частиц с последующим отсечением тяжелой нижней части на выходе. С этой целью модуль включается в технологическую цепь по прямоточной схеме (модуль 1, рис. 1).



а)



б)

Рис. 3. Перераспределение тяжелой фракции (магнетит  $\rho_m=4950$  кг/м<sup>3</sup>, исходная концентрация  $c_m=10$  г/дм<sup>3</sup>) по глубине и длине осадочного слоя из песчано-глинистой фракции ( $\rho=2600$  кг/м<sup>3</sup>, исходная концентрация  $c_0=100$  г/дм<sup>3</sup>), где а - схема формирования осадочного слоя; б - изменение содержания тяжелой фракции по длине канала на глубине  $h_i$ : 1 - 2 мм, 2 - 4 мм, 3 - 8 мм

Образующийся локальный контур водооборота через систему тонкослойных модулей исключает прямой контакт основной массы оборотной воды с естественным грунтом, снижает объемы внешних прудов-отстойников в 5–7 раз и тем самым повышает экологическую безопасность в районе ведения горных работ. Использование тонкослойного процесса по выделению твердой фазы из массопотока эфельных хвостов и его аппаратурным оформлением решается одна из главных задач по формированию энерго- водосберегающих систем водоподготовки в мобильном варианте

Созданием унифицированных модулей, их спариванием и объединением посредством параллельного, последовательного соединения, их соче-

танием в единый агрегат обеспечивается технологическая и эксплуатационная гибкость конструкций, а также создаются благоприятные условия для их серийного производства.

Учитывая, что в переработку вовлекаются мелкие месторождения и в связи с этим наблюдается тенденция по созданию модульных обогатительных комплексов, подход к системе водоснабжения с такой же позиции дает возможность гибко “вписываться” в технологические цепи переработки металлоносных песков. Переход на аппаратурное оформление процесса водоподготовки открывает широкие возможности по совершенствованию всего обогатительного комплекса в целом в виде мобильных поточных линий или самоходных агрегатов типа комбайна [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мязин В.П., Черкасов В.Г. Расширение технологических возможностей тонкослойных аппаратов // Горный журнал. – 2006. - № 9. С. 61-63.
2. Мязин В.П., Черкасов В.Г. Принципы локализации водооборота при промывке металлоносных песков транспортно-обогатительными комплексами // Горн. ин-

форм.-аналит. бюл. – 2007. - № 1. – С. 360-366.

3. Мязин В.П., Черкасов В.Г. Конструкция промывочного комплекса для разработки россыпных месторождений // Горные машины и автоматика. – 2002. - № 11. С. 14-18. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

*Мязин В.П.* – заведующий кафедрой “Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья”, Заслуженный работник высшей школы, Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор.

*Черкасов В.Г.* – доктор технических наук, профессор, Читинский государственный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 18 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.И. Галкин*.

