

УДК 622. 75

DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АППАРАТУРНОГО ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ПЕСКОВ НА РОССЫПЯХ

### BASIC PRINCIPLES AND STAGES OF THE HARDWARE-TOUCH APPROACH FORMATION TO THE WATER TREATMENT PROCESS DURING THE EXTENSION OF THE METAL-LAYER SANDS AT THE ALLUVIAL DEPOSITS

**Л. В. Шумилова,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
shumilovfalv@mail.ru

**L. Shumilova,**  
Transbaikal State University,  
Chita



**В. Г. Черкасов,**  
Забайкальский  
государственный  
университет, г. Чита  
cherkasov1948@yandex.ru

**V. Cherkasov,**  
Transbaikal State University,  
Chita



Представлены основные конструкторско-технологические решения по созданию локального цикла водооборота при промывке металлоносных песков на россыпных месторождениях полезных ископаемых. Главным элементом процесса выступает принцип разделения полиминеральной гидравлической смеси в стратифицированном потоке на жидкую и твердую фазы, заложенный в тонкослойных (канальных) аппаратах нового поколения. Проведен анализ существующих схем водооборота при промывке металлоносных песков, дана оценка, выделены недостатки, предложен новый подход к системе обеспечения водой мобильных промывочных комплексов с положительным экологическим результатом на базе аппаратного оформления процесса. Показаны возможные схемы потоков и качественно-количественная характеристика предлагаемых решений применительно к существующим промывочным комплексам. С этой целью рассматривается аппаратная цепь, включающая этап грубой переработки сформированных эфельных хвостов после обогащения металлоносных песков путем их промывки с выделением крупной фракции класса до -1 мм и тонкий процесс выделения твердой фазы уже из суспензии до -0,001 мм. Показаны основные принципы и этапы по формированию экологически чистой технологии водоподготовки на основе использования новых конструктивных решений, в основе которых лежит процесс тонкослойного разделения. Такой аппаратный подход существенно снижает контакт массопотока гидро-смеси с естественной средой, образуя локальную систему водооборота технологической воды. При этом учитываются особенности эксплуатации мобильных обогатительных комплексов, требующих от устройств гибкости технологического процесса с резким сокращением массы конструкции до уровня массы обогатительного комплекса с минимальными энергозатратами. Показаны принципиальные схемы по формированию локальных контуров цикла водоподготовки аппаратным методом на основе использования методов унификации разработанных тонкослойных устройств в виде модулей

**Ключевые слова:** обогатительный комплекс; отстойники; оборотная вода; твердая и жидкая фазы; тонкослойный модуль; локальный контур; процесс; принципы; этапы

The basic design and technological approach to the creation of a local cycle of water circulation during the washing of metal-bearing sand at alluvial deposits of minerals is presented. The main element of the process is the principle of a polymineral hydraulic mixture separation in a stratified flow into a liquid and solid phase, embedded in a thin layer (channel) apparatus of a new generation. An analysis of the existing water circulation schemes during the washing of metal-bearing sands has been carried out, an assessment has been given, shortcomings have been identified, a new approach has been proposed to the system for providing water to mobile washing complexes with a positive environmental result based on the hardware design of the process. The possible

flow patterns and the qualitative and quantitative characteristics of the proposed solutions in relation to existing washing complexes are shown. According to this purpose, a hardware circuit that includes a coarse stage of processing formed dredging tailings from enrichment of metal-bearing sands by washing them with the release of a large fraction of the class to -1 mm fine and the process of separation of the solid phase from the suspension to -0,001 mm are considered. The main principles and stages of development of ecologically pure technologies of water treatment based on the use of new constructive solutions are described, which are based on the process of thin-layer separation. Such an instrumental approach significantly reduces the contact of the mass flow of the slurry with the natural environment, forming a local system of water circulation of the process water. This takes into account the features of the mobile concentrating complexes operation, requiring flexibility of the technological process devices with a sharp reduction in the mass of the structure to the level of the mass of the concentrating complex with minimal energy consumption. Schematic diagrams on formation of local contours of a cycle of water treatment by the hardware method on the basis of unification methods use of the developed thin-layer devices in the form of modules are presented

**Key words:** *concentrating complex; settling tanks; circulating water; solid and liquid phase; thin-layer module; local circuit; process; principles; stages*

При гидромеханизированном процессе обогащения минерального сырья на россыпных месторождениях расходуются огромные объемы технологической воды. Так, при золотодобыче этот показатель составляет в среднем на одну промывочную установку 500...1000 м<sup>3</sup>/ч. Существующая система водоподготовки при замкнутом цикле водооборота базируется на грунтовых отстойниках, запасы воды в которых должны в 5...10 раз превышать суточную потребность обогатительного комплекса (ОК). Следовательно, вместимость этих временно возводимых отстойных сооружений для одного ОК должна составлять не менее 50...100 тыс. м<sup>3</sup>. Такой подход к процессу водоподготовки противоречит современным экологическим требованиям и приводит к значительным затратам на сооружение временных дамб, плотин, руслоотводных каналов, отчуждения земельных угодий и загрязнению прилегающих естественных водотоков.

Замыкание массопотоков на грунтовые отстойники в целом только с экологической точки зрения не позволяет решать выделенную проблему, требуется аппаратный подход. На стационарных горноперерабатывающих предприятиях для этой цели находят применение устройства, действующие на принципе тонкого слоя [1; 2; 5; 8], формируя локальный контур водооборота. Им дают названия «разделители», «осветлители», «сгустители». В дальнейшем примем термин «тонкослойный аппарат» (ТА), объединяющий названные процессы. Однако условия эксплуатации стационарных конструкций ТА в ОК существенно отличаются от усло-

вий работы переставных (передвижных) ОК. Передвижные комплексы требуют от подобных устройств, работающих в сложных условиях приисков, специфического подхода. С позиции построения локального контура водооборота ОК на базе новых технических решений, разработанных в ЗабГУ и испытанных на объектах россыпной металлодобычи, аппаратный метод разделения двухфазной среды (гидросмеси) представляет систему тонкослойных модулей. С целью реализации такого подхода в основу построения технологической цепи водообеспечения ОК заложены методы унификации, принципы и этапы построения системы переработки гидросмеси с учетом особенностей эксплуатации мобильных конструкций.

Рассматривая особенности процесса водоподготовки для мобильных ОК, можно выделить главные подходы или принципы формирования технологической системы аппаратными методами. Во-первых, минимизация оборотной воды по объему без ее контакта с природной средой; во-вторых, в преимуществах условий эксплуатации оборудования, применительно к жестким условиям приисков, а именно – мобильность и автономность конструкции; в-третьих, гибкость технологического процесса разделения гидросмеси без учета специфических особенностей месторождения.

Уже на стадии использования аппаратного метода подготовки технологической воды решается главная задача, что многократно сокращает объемы оборотной воды, формируя локальный контур процесса по выделению твердой фазы из потока гидросме-

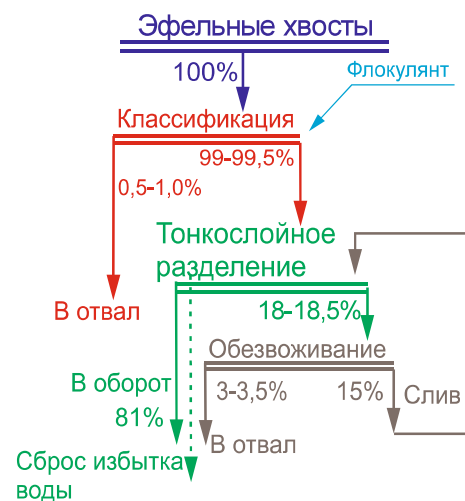
си вне контакта с естественной средой. Мобильность и автономность обезвоживающего устройства достигается снижением удельной массы эксплуатируемой конструкции до уровня массы ОК с одновременной минимизацией энергозатрат. Тонкослойный эффект, заложенный в ТА, – одно из известных технических решений по выделению твердой фазы из гидросмеси, которое полностью соответствует этим требованиям. Использование конструктивных решений, основанных на принципах унификации конструкции (конвертирование, секционирование, компаундирование) придает системе водоподготовки технологическую гибкость.

Если твердая фаза эфельных хвостов на выходе из ОК представлена классом -16 мм, то, учитывая широкий геометрический и минералогический диапазон перерабатываемых песков, весь процесс водоподготовки рационально разбить на три этапа. На первом этапе обезвоживается крупная фракция (-16...+1 мм) с последующим удалением из массопотока. В качестве основного оборудования на этом этапе можно применять широко апробированные скоростные спиральные обезвоживатели типа ОСП, разработанные ИГД ДВО РАН [2].

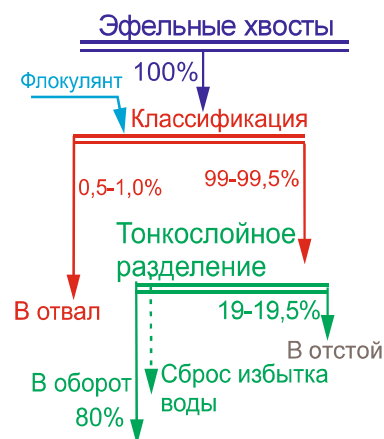
Полученный слив технологической воды на первом этапе обезвоживания эфельных хвостов переходит на второй этап, где удаляется мелкая и тонкая фракция (-1...+0,001 мм). В качестве основного оборудования можно применять ТА, разработанные в ЗабГУ [3; 4]. В этих конструкциях по сравнению с аналогами, используемыми на стационарных обогатительных фабриках, снижена удельная масса и габариты в 6...8 раз, что придает им мобильность в эксплуатации при полном исключении энергозатрат [6; 9; 10]. Новизна таких устройств, выполненных в виде модулей [3], защищена патентами РФ (№ 1692028, 2248848). Промышленные испытания на объектах россыпной металлодобычи (Республика Саха, Забайкалье) показали их высокую эффективность по выделению мелких и тонких частиц из гидросмеси с выходом оборотной технологической воды (до 85 %) с содержанием твердой фазы до 1 г/дм<sup>3</sup> при исходном содержании на входе до 100 г/дм<sup>3</sup>. Предложенные технологические схемы по формированию локальных циклов водообеспечения ОК в экстремальных условиях приисков с использованием этих

устройств представлены на рис. 1 и 2. Кроме того доработанная конструкция ТА [5; 7; 9] в виде модулей позволяет дополнительно извлекать тонкодисперсный ценный компонент из гидросмеси, например, золото, и выполнять функции не только осветлителей и сгустителей, но и работать в качестве обогатительного оборудования. С учетом дополнений путем использования принципов унификации конструкции ТА построена модульная цепь переработки гидросмеси эфельных хвостов, включая этапы обогащения, осветления, сгущения (рис. 3).

К третьему этапу переработки эфельных хвостов следует отнести процесс складирования твердой фазы, который отработан многовековой практикой.



а)



б)

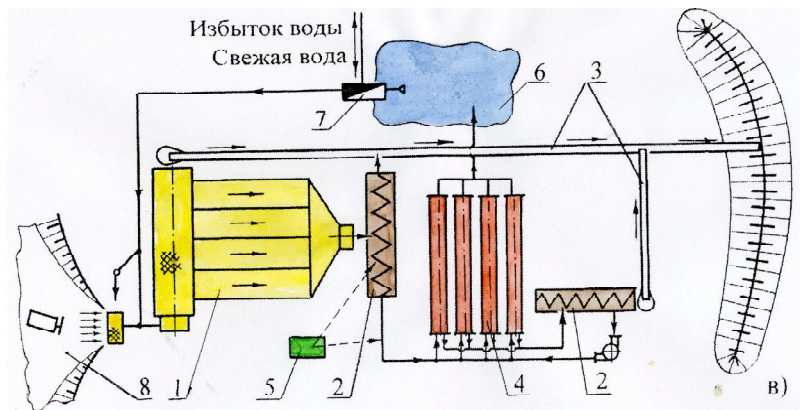


Рис. 1. Технологические схемы переработки эфельных хвостов с локальным контуром массопотоков по полному (а, в) и сокращенному (б) циклам водооборота с расположением оборудования в плане (в): 1 – промывочный комплекс [ОК]; 2 – спиральный обезвоживатель; 3 – ленточный транспортер; 4 – батарея тонкослойных модулей; 5 – реагентная станция; 6 – накопитель технологической воды (зумпф); 7 – насосная; 8 – полигон / Fig. 1. The technological scheme of processing evelny tails with the local contour of mesopotamos in full (а, в) and short (б) cycles of rotation with the location of equipment in the plan (в): 1 – wash complex [ОК]; 2 – spiral dehydrator; 3 – belt conveyor; 4 – battery of thin-film modules; 5 – reagent station; 6 – the storage of process water (sump); 7 – pump; 8 – polygon

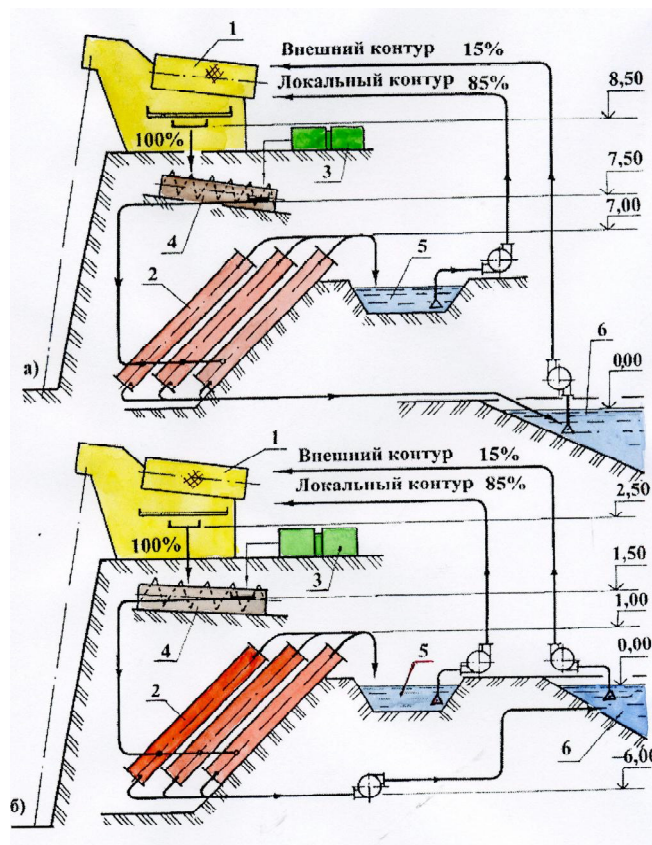


Рис. 2. Установка батареи тонкослойных модулей по рельефу участка промывки песков при нижнем (а) и верхнем (б) положении илохранилища: 1 – промывочный комплекс [ОК]; 2 – батарея тонкослойных модулей; 3 – реагентная станция; 4 – спиральный обезвоживатель; 5 – грунтовый зумпф; 6 – илохранилище / Fig. 2. Battery installation of thin-film modules on the surface of the land is washing sand at the bottom (а) and upper (б) position of johrenia: 1 – wash complex [ОК]; 2 – battery of thin-film modules; 3 – reagent station; 4 – spiral dehydrator; 5 – ground sump; 6 – silt deposit



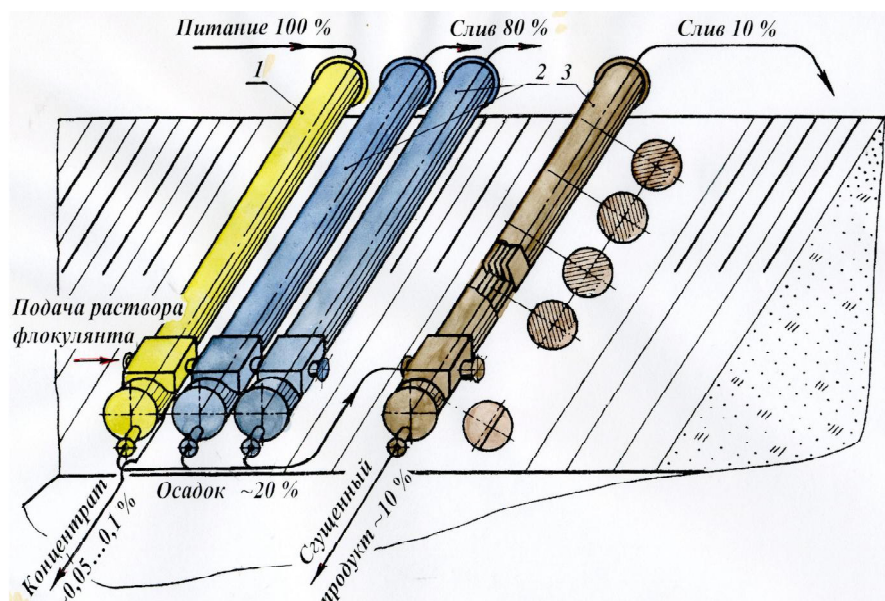


Рис. 3 Вариант соединения тонкослойных аппаратов (модулей) в батарею технологической цепи водоподготовки: 1 – обогатительный модуль, 2 – модуль-осветлитель, 3 – модуль-сгуститель / Fig. 3. A splice variant of the thin-film devices (modules) in the battery process chain of water treatment: 1 – processing module, 2 – module-clarifier, 3 – module-thickener

Таким образом, учитывая, что существующая система водоподготовки на базе использования грунтовых отстойников исчерпала свои потенциальные возможности, представленный аппаратный подход дает перспективу по формированию экологически чистого способа подготовки технологической воды с учетом особенностей эксплуатации мобильных ОК, не нарушая основных требований к

процессу обогащения при промывке металлоносных песков из россыпей. Дальнейшее совершенствование этого подхода позволит вовлечь в переработку мелкие и бедные месторождения, расширив минерально-сырьевую базу, где доля затрат на процесс водоподготовки несопоставима с добычей ценного компонента.

#### Список литературы

1. Бауман А. В. Методика оценки эффективности тонкослойного сгустителя // Обогащение руд. 2015. № 2. С. 36–41.
2. Богданов Е. И. О мобильных агрегатах для обезвоживания хвостов обогащения песков россыпей // Горный журнал. 1989. № 6. С. 49–51.
3. Мязин В. П., Черкасов В. Г. Разработка модулей для конструктивно-аппаратурного оформления систем оборотного водоснабжения транспортно-обоганительных комплексов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. № 9. С. 276–281.
4. Мязин В. П., Черкасов В. Г. Разработка систем водооборота для мобильных обогатительных фабрик // Обогащение руд. 2004. № 2. С. 35–37.
5. Черкасов В. Г. Влияние геометрии потока гидровзвеси на процесс выделения тяжелой фракции ценного компонента при промывке металлоносных песков // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 4. С. 71–77.
6. Черкасов В. Г. Конструкторско-технологические решения формирования промывочного комбайна для разработки россыпных месторождений полезных ископаемых // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2016. No. 1. P. 59–63.
7. Черкасов В. Г. Расширение функциональных возможностей тонкослойных (канальных) аппаратов в обогатительных процессах // Обогащение руд. 2017. № 5. С. 42–47.

8. Шевченко А. И. Влияние конструктивных и гидродинамических параметров тонкослойного гидравлического классификатора на эффективность разделения минеральных частиц // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2011. № 3. С. 54–58.

9. Kowalski P. The Method of Calculations of the Sedimentation Efficiency in Tanks with Lamella Packets // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics. 2004. Vol. 51, No. 4. P. 371–385.

10. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. Lamella settling (FS-PRI-004). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (дата обращения: 25.03.2019). Текст: электронный.

## References

1. Bauman A. V. *Obogashchenie rud* (Ore dressing), 2015, no. 2, pp. 36–41.
2. Bogdanov E. I. *Gorny zhurnal* (Mining Journal), 1989, no. 6, pp. 49–51.
3. Myazin V. P., Cherkasov V. G. *Gorny informatsionno-analiticheskiy byulleten* (Mining Information and Analytical Bulletin), 2005, no. 9, pp. 276–281.
4. Myazin V. P., Cherkasov V. G. *Obogashchenie rud* (Ore beneficiation), 2004, no. 2, pp. 35–37.
5. Cherkasov V. G. *Vestnik Zabayskogo gosudarstvennogo universiteta* (Transbaikal State University Journal), 2015, no. 4, pp. 71–77.
6. Cherkasov V. G. *Journal of Advanced Research in Technical Science* (Journal of Advanced Research in Technical Science), 2016, no. 1, pp. 59–63.
7. Cherkasov V. G. *Obogashchenie rud* (Ore enrichment), 2017, no. 5, pp. 42–47.
8. Shevchenko A. I. *Naukoviy visnik Natsionalnogo girnichogo universitetu* (Science News of the National University of Universities), 2011, no. 3, pp. 54–58.
9. Kowalski P. The Method of Calculations of the Sedimentation Efficiency in Tanks with Lamella Packets // Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics, 2004, vol. 51, no. 4. pp. 371–385.
10. Lopez J. S., Burgos A. J., Rodriguez P. U. *Lamella settling (FS-PRI-004)* (Lamella settling (FS-PRI-004)). URL: <http://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/Lamellar+settling.pdf> (Date of access: 25.03.2019). Text: electronic.

## Коротко об авторах

*Шумилова Лидия Владимировна*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: нановключения золота, упорные руды и техногенные месторождения, наилучшие доступные технологии, химическое и бактериальное выщелачивание, рентгенорадиометрическая сепарация [shumilovfalv@mail.ru](mailto:shumilovfalv@mail.ru)

*Черкасов Валерий Георгиевич*, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: машины и аппараты горно-обогатительного производства [cherkasov1948@yandex.ru](mailto:cherkasov1948@yandex.ru)

## Briefly about the authors

*Lydia Shumilova*, doctor of technical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: gold inclusions, refractory ores and industrial deposits, best available technologies, chemical and bacterial leaching, X-ray radiometric separation

*Valery Cherkasov*, doctor of technical sciences, professor, Materials Resistance and Mechanics department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: machines and equipment for mining and processing

## Образец цитирования

*Шумилова Л. В., Черкасов В. Г. Основные принципы и этапы формирования аппаратурного подхода к процессу водоподготовки при обогащении металлоносных песков на россыпях // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 7. С. 97–102. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102.*

*Shumilova L., Cherkasov V. Basic principles and stages of the hardware-touch approach formation to the water treatment process during the extension of the metal-layer sands on the alluvial deposits // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 7, pp. 97–102. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-7-97-102.*

Статья поступила в редакцию: 02.09.2019 г.  
Статья принята к публикации: 23.09.2019 г.