

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора, профессора кафедры горного дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» Багазеева Виктора Константиновича на диссертационную работу Салахова Ильмира Наильевича на тему: «Совершенствование технологии формирования штабеля на основе гидромеханизированного способа намыва для кучного выщелачивания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

### **1. Актуальность темы диссертации**

В работе рассматриваются вопросы, связанные с повышением эффективности технологии кучного выщелачивания на основе совершенствования способов укладки рудной массы в штабель, в котором и осуществляется основной процесс физико-химического растворения ценных металлов, а также получение продуктивных растворов для их дальнейшей переработки. Поэтому объект исследования является важным элементом в этой технологической цепи, так как от него в основном зависит полнота извлечения полезных компонентов.

Автор отмечает, что при традиционных способах сооружения штабелей циклической сухой техникой (самосвалами, экскаваторами, бульдозерами и другими механизмами) возможно проявление таких негативных факторов: при неоднократных движениях (наездах) землеройно-транспортной техники по сооружаемому массиву происходит уплотнение и слеживание штабеля; за счет вибраций, создаваемых эксплуатационными механизмами происходит сегрегация, локальная консолидация, суффозия, кольматация. Все это приводит к неравномерному распределению по гранулометрическому составу структуры формируемого массива и является следствием уменьшения его

фильтрационной способности и раствороприемности, что в конечном итоге снижает эффективность кучного выщелачивания.

Предлагаемый альтернативный гидромеханизированный способ формирования штабеля методом намыва, как известно, характеризуется поточностью технологических операций, относительно высокой степенью механизации и возможностью автоматизации, малочисленностью обслуживающего персонала, снижением экологической нагрузки на окружающую среду.

При этом, в отличие от сооружаемых гидроотвалов и плотин, при намыве штабелей гидромеханизированным способом, автор предлагает формировать разуплотненную структуру массива с регулированием параметров гидротранспортирования (удельного расхода и плотности высоконасыщенной гидросмеси) и поочередным выпуском ее рассредоточенным эстакадным способом или с гребней дамб первичного или последующего обвалования.

Таким образом, формирование разуплотненной структуры массива с увеличенной проницаемостью и равномерной раствороприемностью по всему его объему для повышения качества извлечения ценных компонентов, является актуальной задачей.

## **2. Общая характеристика работы.**

Диссертационная работа изложена на 139 страницах, содержит 51 рисунок, 14 таблиц, список литературы из 119 наименований. Она состоит из введения, 5 глав, заключения и библиографии.

Научно-техническое значение работы прежде всего, представлено в трех научных положениях, которые подтверждают, проведенные автором аналитические, экспериментальные исследования и разработанные технологические решения.

Первое – связано с составленной впервые систематизацией известных в литературе уравнений (более 25) пересчета расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь с повышенными концентрациями.

Анализ полученных результатов показал значительные расхождения, и поэтому, чтобы установить их оптимальные реальные величины для намыва штабеля, было проведено тестирование землесоса ЗГМ-2М и грунтонасоса ГрТ-1600/25 при гидротранспортировании песков в процессе гидромеханизированной разработки россыпного месторождения.

Сопоставление фактических результатов (установленных при тестировании грунтонасосов в производственных условиях) с расчетными расходно-напорными характеристиками, позволили определить рациональную методику, разработанную ВНИИ Гидромаш, которая и была предложена автором с корректирующими коэффициентами, определяемыми по аппроксимирующим уравнениям при обработке полученных значений с погрешностью 1-3%.

Оценивая результаты этого экспериментально-аналитического положения можно отметить его важное значение для проектирования и эксплуатации гидрокомплексов с грунтонасосными установками.

Во втором научном положении приведены результаты опытно-промышленных и лабораторных исследований по формированию намывных массивов с учетом параметров гидротранспортирования (объемной концентрации и скорости выпуска гидросмеси).

Так, при торцевом способе намыва гидросмеси было выявлено продольное фракционирование твердых частиц по длине намываемых пород, причиной которого являются транзитные потоки пульпы с повышенными расходами (скоростями). При этом установлено изменение гранулометрического состава в т. ч. средневзвешенного диаметра, плотностных характеристик и неравномерности распределения частиц по всему объему намываемых пород, что негативно сказывается на фильтрационной способности намываемого массива. Из этого был сделан вывод, что торцевой способ намыва не позволяет конструировать штабель с однородной структурой, необходимой при формировании штабеля.

Поэтому была разработана специальная лабораторная гидротехнологическая установка, оснащенная современной контрольно-измерительной аппаратурой для проведения исследований по рассредоточенному способу намыва, при которой обеспечивалась возможность регулирования параметров гидротранспортирования: удельного расхода и повышенной объемной концентрации гидросмеси. При этом выпуск пульпы производился на пониженных скоростях, что приводило к отсутствию фракционирования пород и равномерному распределению твердых частиц по длине намываемых отложений.

За счет такого режима также снижается и плотность намываемого массива, что приводит к формированию разуплотненной структуры штабеля, которая сохраняется по всему его объему. Эти приведенные доводы подтверждаются установленными зависимостями плотности намываемых пород от объемной концентрации гидросмеси. Так, плотность массива в среднем снижается до 20%.

Таким образом, рассмотренные во втором научном положении результаты исследований позволяют оценить перспективность использования полученных технологических аспектов для намыва штабеля кучного выщелачивания.

В третьем научном положении дается обоснование технологии кучного выщелачивания, отличающееся от традиционной не только способом формирования штабеля, но и оригинальным новым подходом к технологическому процессу выщелачивания, когда загрузка в гидротранспортную установку горной массы производится совместно с реагентом. Таким образом, основной технологический цикл физико-химического растворения ценных компонентов осуществляется в напорном трубопроводе с активной несущей средой с объемной концентрацией 30% и более.

При этом, по мнению автора, в технологической цепи генерируется высокотурбулентный режим перемешивания раствора с рудной массой,

который увеличивает относительную поверхность контакта твердых частиц с раствором реагента и уменьшает толщину диффузионного слоя с определенным градиентом давления. Это позволяет ликвидировать лимитирующие пленки внешней диффузии и инициирует процессы внутренней диффузии в порах обрабатываемой рудной массы, что значительно интенсифицирует процесс извлечения ценных компонентов.

Оценивая в целом предлагаемую новую технологию совместного формирования намывного массива штабеля с попутным физико-химическим растворением ценных компонентов в транспортной технологической цепи, можно сделать вывод о перспективности данного способа при проведении кучного выщелачивания.

### **3. Научная новизна и результаты работы.**

Научная новизна работы состоит в обосновании технологии сооружения штабеля кучного выщелачивания, изложенной в патенте РФ № RU 2 095 562 С1. При этом можно выделить решение следующих основных научных задач:

- впервые составлена систематизация и дан анализ уравнений различных авторов пересчета расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь и установлены их количественные показатели, которые выявили их значительные расхождения между собой. Определены задачи тестирования землесоса ЗГМ-2М и грунтонасоса ГрТ-1600/25 в производственных условиях для намыва штабеля для дальнейших исследований;

- на основе анализа результатов тестирования и расчетных расходно-напорных характеристик землесоса ЗГМ-2М и грунтонасоса ГрТ-1600/25 предложена методика ВНИИ Гидромаш с корректирующими коэффициентами, установленными по аппроксимирующим уравнениям с погрешностью 1-3%;

- для формирования разуплотненной структуры намываемого штабеля с достаточной фильтрацией и проницаемостью массива по результатам опытно-промышленных и лабораторных исследований, предлагаются функциональные зависимости изменения плотности намываемых пород от

удельного расхода (скорости) и объемной концентрации транспортируемой гидросмеси; при этом рекомендован эстакадный намыв с пониженными скоростями и повышенной объемной концентрацией, которая снижает плотность намываемых пород до 20%;

Основными результатами исследований является технология укладки пород в штабель, которая предлагается в двух вариантах. Первый – предусматривает непосредственную загрузку выщелачивающего реагента с горной массой в гидротранспортном агрегате и выщелачивание осуществляется в напорном трубопроводе, что должно ускорить массообменные реакции этого процесса.

Дается обоснование, что штабель для кучного выщелачивания, формируемый гидромеханизированным способом намыва является специальным типом гидротехнического сооружения (отличающимся от других намывных сооружений разуплотненной структурой массива), к которому предъявляются требования, выявленные и обоснованные в работе.

#### **4. Степень обоснованности и достоверности научных положений.**

Обоснованность научных положений диссертационной работы определяется использованием в ней имеющейся по данной проблематике информации, содержащейся в патентных исследованиях, а также в монографиях, научных статьях, диссертациях, данными о деятельности отечественных и зарубежных предприятий.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается патентными исследованиями, использованием апробированных методов научных исследований, анализом и обобщением теоретических и опытно-промышленных работ, проведением достаточного количества аналитических и лабораторных исследований. Таким образом, результаты, полученные в ходе данного исследования, могут быть применены для проектирования технологических схем формирования штабеля для кучного выщелачивания.

## **5. Замечания по диссертационной работе.**

1. В работе рекомендуется определять расходно-напорные характеристики для ЗГМ-2М и ГрТ-1600/25. Непонятно, распространяется ли методика ВНИИ Гидромаш для других грунтонасосов, представленных в табл. 2.4.
2. Не рассматриваются взаиморасположение сооружаемого намывного штабеля от ведения фронта горных работ: протяженность трубопроводных коммуникаций, их диаметры, параметры движения гидросмеси.
3. Не рассматривается, в каких объемах укладываются породы в штабель с учетом морфологических особенностей местности.
4. В работе предлагается несколько технических средств для гидротранспортирования рудной массы, однако не представлены технологические взаимосвязи их работы с сухой техникой.

Приведенные замечания не снижают научной значимости исследования.

## **6. Заключение.**

Автореферат и опубликованные работы отражают содержание, научные положения и научную новизну, а также практическую значимость диссертации.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 13 научных работах: 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (2 из которых в международной базе цитирования Scopus), 8 – в тезисах конференций.

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне, в которых на основании выполненных исследований разработаны основные положения, технические и технологические решения, позволяющие увеличить эффективность процесса формирования штабеля для кучного выщелачивания, которые вносят значительный вклад в расширение минерально-сырьевой базы страны. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Название и содержание работы соответствуют паспорту научной специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Диссертация отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 (ред. от ред. от 11.09.2021), а ее автор Салахов Ильмир Наильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры горного дела  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уральский  
государственный горный университет»  
15.06.2022



В.К. Багазеев

Подпись Багазеева Виктора Константиновича удостоверяю  
начальник отдела кадров Сабанова Т.Б.



15.06.2022г

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. Тел: 8(343)257-25-47; e-mail: [office@ursmu.ru](mailto:office@ursmu.ru), <http://www.ursmu.ru>