

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента кафедры геотехнологии освоения недр федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Казакова Владимира Александровича 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.

Кучное выщелачивание относится к технологии эффективной добычи полезных ископаемых, в особенности благородных металлов, которая обеспечивает при низких расходах, по сравнению с традиционными методами, увеличение объемов получаемой продукции и расширение минерально-сырьевой базы страны за счет вовлечения в разработку забалансовых руд, маломощных месторождений и отходов промышленности производства.

Технология кучного выщелачивания полезных компонентов включает в себя несколько операций и, прежде всего, отсыпку штабеля рудной массы.

В работе отмечаются проблемы строительства штабеля кучного выщелачивания методом их сооружения насыпным способом сухой техникой, отличающиеся цикличностью технологии и многократными наездами на сооружаемый массив землеройного оборудования (бульдозеров, автосамосвалов, погрузчиков и др.), что вызывает уплотнение штабеля. Это приводит к неравномерному распределению рудной массы по гранулометрическому составу, скоплению мелкодисперсных частиц на отдельных участках, и в итоге снижает фильтрацию и проницаемость массива штабеля.

Предпосылками для развития новой технологии сооружения штабеля кучного выщелачивания послужила патентная разработка этого способа, основанная на укладке пород в отвалы гидромеханизированным способом. Как известно, он отличается поточностью технологического цикла, возможностью регулирования параметров гидротранспортирования, что способствует намывать согласно технологическим требованиям приемлемую структуру возводимого сооружения (плотины, гидроотвалы).

Таким образом, проблема, рассматриваемая в диссертационной работе, является актуальной.

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

Структура диссертации Салахова И. Н. отражает все особенности и специфику процесса формирования штабеля методом намыва. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы, изложенных на 139 страницах машинописного текста. Она обладает внутренним единством и элементами новизны.

Во введении содержится актуальность работы, научные положения и основная характеристика работы.

В первой главе содержится обзор и анализ применяемых технологий формирования штабеля кучного выщелачивания, подробно разобраны этапы его конструирования и негативные факторы, присущие сухойроному способу.

Во второй главе дается анализ методов пересчета расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь различных концентраций. Выявлены значительные погрешности полученных расчетных значений. Приводятся результаты тестирования грунтонасосов ЗГМ-2М и ГрТ-1600/25, которые сопоставляются с расчетными показателями и, на основе этого, предлагается методика ВНИИ Гидромаш с корректирующими коэффициентами, которая позволяет определять расходно-напорные характеристики вышеупомянутых грунтонасосов с минимальной погрешностью – 1-3%.

Для намыва штабеля кучного выщелачивания рассматриваются различные виды гидротранспортного оборудования, работающие с подпором жидкости: пульпоприготовительные установки; безвакуумное гидротранспортное устройство непрерывного действия типа ГУБС; дробилка, установленная во всасе землесоса; загрузочные аппараты вихревого пульпоприготовления.

Отмечается, что опыт их применения в производственных условиях показал возможность формировать и транспортировать сгущенную пульпу с объемной концентрацией 30% и более.

Акцентируется внимание на применении загрузочного аппарата с использованием коаксиально-закрученных струй, прошедших успешную апробацию в различных производственных условиях с высокими технологическими показателями.

В третьей и четвертой главах экспериментальным путем обосновывается формирование массива штабеля сгущенной пульпой и разуплотненной структурой с доступной приемлемой проницаемостью и фильтрацией для проникновения раствора реагента по всему намываемому объему. При этом, результаты достигаются рассредоточенным способом и поочередным выпуском гидросмеси на карты намыва с пониженными скоростями и повышенной объемной концентрацией.

Проведенный анализ опытно-промышленных исследований торцевого способа намыва пород в объеме  $>300$  тыс. м<sup>3</sup> показал свою нецелесообразность, ввиду образования транзитных потоков при повышенных скоростях и продольного фракционирования намываемых пород.

В пятой главе предлагаются два варианта технологии сооружения штабелей кучного выщелачивания. Первая – с гидронамывом горной массы, которая аналогична с укладкой пород традиционным способом в гидроотвалы и намывные плотины. Второй – новый вариант, при котором штабель намывается горной массой совместно с реагентом уже при загрузке в гидротранспортные установки и далее по пульповоду подается в сооружаемый

массив. Таким образом, осуществляется формирование структуры штабеля совместно с выщелачивающим раствором, ускоряющим массообмен в замкнутой трубопроводной системе. При этом исключается классический технологический цикл – орошение штабеля через оросительные системы (точечные, капельные, разбрызгиватели, прудковое орошение). В итоге, предлагаемый метод сокращает число технологических циклов, присущие традиционным способам сооружения штабеля и сроки строительства и ускоряет весь процесс проведения кучного выщелачивания.

### **3. Степень обоснованности.**

Проведенный автором анализ различных конструкций пульпоприготовительных установок, загрузочных аппаратов вихревого пульпоприготовления и других устройств, позволяющих подавать высоконасыщенные гидросмеси (>30% по объему), показал возможность их использования при формировании штабеля методом намыва. Для определения оптимальной методики при пересчете расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь автором использовались результаты исследований, полученные при тестировании землесоса ЗГМ-2М и грунтонасоса ГрТ-1600/25 в промышленных условиях при разработке россыпного месторождения с дальнейшей обработкой и построением аппроксимирующих кривых.

Систематизация многочисленных уравнений пересчета расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь составлена на обоснованных при анализе факторах, а именно по условию использования гранулометрического состава гидросмеси, который в значительной степени влияет на эту величину.

На основании обработки опытно-промышленных работ, определена нецелесообразность использования торцевого способа намыва из-за возникающих транзитных потоков, приводящих к продольному фракционированию частиц гидроотвала – их распределению по крупности по длине отвала.

Проведенные в работе лабораторные исследования по намыву штабелей для кучного выщелачивания рассредоточенным способом позволили установить основные факторы, позволяющие формировать разуплотненную структуру массива с равномерной водопроницаемостью и приемлемой фильтрационной способностью за счет регулирования процессов гидротранспортирования (повышенной объемной концентрации и пониженных скоростей выпуска).

При таком режиме снижается и плотность намываемого массива, что приводит к разрыхленной структуре штабеля, которая сохраняется по всей его длине.

Теоретическими положениями и литературными данными обосновываются два технологических способа намыва штабеля, интенсифицирующие процесс извлечения ценных компонентов: первый – при подаче раствора реагента с гидросмесью в систему: загрузочный аппарат – трубопровод – массив штабеля, значительно увеличивающий массообменные реакции при взаимодействии минеральных частиц с раствором. Второй вариант – аналогичен процессу формирования гидроотвала, когда в качестве несущей жидкости используется вода, с последующей укладкой на его поверхности применяемых оросительных систем.

Предлагаются различные технологические схемы намыва штабеля, зависящие от морфологии рельефа и гранулометрического состава рудного материала.

Проведен анализ лабораторных результатов исследований по формированию оснований для штабелей кучного выщелачивания, позволяющий рекомендовать для их устройства загрузочные аппараты, подающими рудный материал со специальными кольматирующими добавками.

Таким образом, доводы, представленные в диссертации, основываются на опытно-промышленных, лабораторных и теоретических исследованиях и являются аргументированными и обоснованными.

По результатам исследования автором опубликовано 13 работ по теме диссертационного исследования, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Основные результаты докладывались на международных научно-практических конференциях – они широко известны научной общественности, а их достоверность не вызывает сомнений.

#### **4. Научная новизна и практическая значимость.**

- автором впервые систематизированы и проанализированы известные в технической литературе уравнения пересчета расходно-напорных характеристик грунтонасосов с воды на гидросмесь.

- на основании сопоставления фактических значений расходно-напорных характеристик, полученных при тестировании грунтонасосов в производственных условиях, и проанализированных расчетных показателей, рекомендована методика ВНИИ Гидромаш с установленными на практике поправочными коэффициентами с погрешностью 1-3%.

- установлены зависимости снижения плотности намывного массива от плотности гидросмеси и скорости ее выпуска при рассредоточенном способе.

Практическая значимость работы заключается в обосновании нового способа формирования штабеля путем намыва для кучного выщелачивания как специального гидротехнического сооружения с гидроизолирующим основанием, уложенными определенными технологическими операциями и схемами с учетом морфологии рельефа местности.

#### **5. Замечания.**

- недостаточно четко представлена технологическая схема различных элементов кучного выщелачивания, относительно намывного штабеля: водоотливные каналы, прудки маточных и продуктивных растворов, рудный склад, производственные площадки;

- в тексте автореферата не рассматривается технология подготовки оснований под сооружаемый штабель, хотя в выводах он присутствует;

- не рассматриваются технологические особенности и характеристики загрузочных операций в устройстве для трубопроводного гидротранспорта для намывного сооружения;

- не рассматриваются технические характеристики каждого из предлагаемых гидротранспортных установок для намыва штабеля (пульпоприготовительные установки, безвакуумное устройство гидротранспортирования типа ГУБС, дробилка, установленная во всасе землесоса).

## 6. Заключение.

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

Диссертационная работа оформлена согласно требованиям, предъявляемым в п. 9-11, 13 и 14 «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)».

Даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доцент кафедры геотехнологии  
освоения недр НИТУ МИСиС,  
кандидат технических наук

Проректор по безопасности  
и общим вопросам  
НИТУ «МИСиС»



 В. А. Казаков

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»). Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 4, тел. 8 (499) 230-24-78, e-mail: [kancela@misis.ru](mailto:kancela@misis.ru), веб-сайт: <http://misis.ru>.