

В диссертационный совет Д 212.121.09
на базе ФГБОУ ВО «Российский
государственный геологоразведочный
университет имени Серго Орджоникидзе»
(МГРИ)

ОТЗЫВ

**официального оппонента доктора технических наук, профессора
Вержанского Александра Петровича**

на диссертационную работу Вильмиса Александра Леонидовича на тему:
«Обоснование технологии глубоководного гидроподъема
железомарганцевых конкреций загрузочными аппаратами с минимальным
негативным воздействием на окружающую среду», представленную на
соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Актуальность темы

Более 40 лет ведущие организации России: «Южморгеология»,
«Полярная морская геологоразведочная экспедиция», «Дальморгеология»,
ВНИИОкеангеология и Институт океанологии РАН занимаются изучением
минеральных ресурсов Мирового океана. Проведенные исследования
позволили выявить вещественный состав руд, закономерности
распространения, создать минерагенические карты распространения твердых
полезных ископаемых (ТПИ) в Мировом океане.

Права Российской Федерации на разведку и дальнейшую разработку руд
глубоководных участков Мирового океана по трем видам полезных
ископаемых (железомарганцевым конкрециям (ЖМК), кобальт-марганцевым
коркам (КМК), глубоководным полиметаллическим сульфидам (ГПС))
обеспечены долговременными контрактами с Международным органом по
морскому дну (МОМД) ООН.

В последние годы техническое и технологическое обеспечение,
связанное с освоением глубоководных месторождений, для активизации
выполнения Россией обязательств по контрактам неоднократно обсуждалось
на различных конференциях и форумах разного уровня, в том числе на
Морской коллегии, в Совете Федерации, в Государственной Думе, в которой
прошло совместное заседание Комитета Государственной Думы РФ по
природным ресурсам, природопользованию и экологии. Высшим горным
советом НП «Горнопромышленники России» был рассмотрен вопрос: «О
создании морской горнодобывающей отрасли России». В результате

рекомендовалось в рамках реализации «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 г.» образовать Координационный центр (ведомство) по созданию и развитию морской горнодобывающей отрасли, основной целью которого является координация и планирование исследований и разработок заинтересованных предприятий, организаций и институтов различной ведомственной принадлежности. Однако, положительных сдвигов по решению данной проблемы пока не имеется, и как отмечалось на выездном заседании Морской коллегии при Правительстве РФ (сентябрь 2017 г., Сочи) – работы по созданию технологии добычи ЖМК находятся в самой ранней стадии и ведутся весьма медленно, так как проводившиеся исследования судового и горно-добычного комплексов для будущего освоения ЖМК были прекращены в начале 90-х годов.

Поэтому, по нашему мнению, диссертационная работа Вильмиса А.Л. актуальна и заключается в научно-техническом обосновании и научно-методическом обеспечении высокопроизводительных систем гидроподъема для освоения глубоководных месторождений полезных ископаемых, основанных на применении загрузочных аппаратов с вихревым пульпоприготовлением.

Научная новизна и результаты работы

В диссертации автором проведен анализ минерально-сырьевого потенциала твердых полезных ископаемых Мирового океана. Показано соотношение ресурсов стратегических металлов в рудах Мирового океана и континентов, дана краткая геологическая характеристика основных рудных областей распространения железомарганцевых конкреций (ЖМК), в том числе глубоководного месторождения ЖМК в поле Кларион-Клиппертон (Тихий океан).

Обоснована актуальность освоения глубоководных месторождений Мирового океана.

Научная новизна работы прежде всего состоит в аналитических и экспериментальных исследованиях по обоснованию влияния кольцевых закрученных жидкостных струй на формирование высококонцентрированной гидросмеси. Причем, чем больше угол распространения струи ($\sim 80^\circ$ для закрученных струй и $\sim 15^\circ$ для прямоточных), тем эффективнее процесс пульпоприготовления, влияющий на степень объемной концентрации, транспортируемой гидросмеси загрузочным аппаратом. Эта взаимосвязь обосновывается результатами исследований на лабораторном стенде с моделью камеры закручивания, изготовленной из оргстекла цилиндрической формы с визуализацией гидродинамических условий формирования закрученных потоков методом лазерного светового ножа (ЛСН).

Результаты исследований подтверждаются также на лабораторной установке, на основании которых установлены эмпирические зависимости объемной плотности и концентрации гидросмеси, формируемой в загрузочно-транспортном аппарате в зависимости от угла раскрытия прямооточной и закрученной струи (рис.3.18, табл. 3.4 диссертации).

Весьма важно, что аналитические и эмпирические проработки автора, связанные с обоснованием эффективности применения загрузочных аппаратов, формирующих сгущенную гидросмесь кольцевыми закрученными струями, базируются на опытных экспериментальных морских испытаниях, проведенных сотрудниками МГРИ в акватории Черного моря (г. Новороссийск) совместно с ЦКБ «Океангеотехника» и Черноморской опытно-методической экспедицией.

Автором составлена систематизация технических средств и способов глубоководного гидравлического подъема железомарганцевых конкреций, которая дополнена технологической схемой (рис.3.ж диссертации), включающей комплекс загрузочного транспортного аппарата и установку колонного типа, позволяющей сепарировать донные осадки непосредственно на месте производства работ, складирова илстые фракции в выработанном пространстве. При этом предполагается значительное снижение негативного влияния на природную водную толщу.

Составленная автором систематизация загрузочных аппаратов, в зависимости от способа гидродинамической разгрузки камер, влияющей на эффективность подачи (загрузки) твердого материала в транспортный трубопровод, также дополнена предлагаемым конструктивным решением с использованием кольцевых закрученных струй, то есть основным объектом, который является предметом научного исследования.

В диссертационной работе доказано, что главным фактором, обеспечивающим формирование устойчивой и высоконасыщенной гидросмеси в загрузочных аппаратах, является процесс пульпоприготовления, зависящий от способа гидродинамической разгрузки камер и влияющий на эффективность подачи (загрузки) твердого материала в транспортный трубопровод.

Установлено, что для интенсификации процесса гидротранспортирования и стабильной подачи гидросмеси, необходимо применять загрузочные аппараты вихревого пульпоприготовления, основанные на использовании кинетической энергии коаксиально-закрученных струй жидкости.

В диссертационном исследовании аналитически обоснована гидродинамика условий формирования и подачи высоконасыщенных гидросмесей закрученными коаксиальными струями, в том числе:

- введен геометрический параметр центробежной насадки $A = \frac{R_n}{R_{\text{сх}}} \cdot \left(1 + \frac{R_n}{R_{\text{сх}}}\right)$;
- установлен максимальный расход жидкости через центробежную насадку $Q_{\text{max}} = \varepsilon^{1,5} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H \cdot \omega_0}$, зависящий от коэффициентов расхода и заполнения (сжатия) кольцевой струи в соосных патрубках при определенных значениях геометрического параметра A ;
- в качестве основного параметра, регулирующего объемную плотность гидросмеси в аппарате принято расстояние l между плоскостью начального истечения напорной кольцевой струи и плоскостью загрузочного торца внутреннего пульповода, основного параметра характеризующего объемную плотность формируемой гидросмеси. Для его определения предлагается зависимость, полученная путем сравнения (аналогии) гидравлической обстановки в аппарате с результатами исследований по затопленным струям, установленным Жученко В.А, Коноваловым И.М, Мирцхулава Ц.Э.

Рекомендована методология расчета расходно-напорных характеристик основных технологических параметров загрузочно-транспортного аппарата для вертикального гидроподъема ЖМК.

Автором предлагается и рассматривается технологическая структура системы гидроподъема, включающая совместную работу загрузочного аппарата с пульсационной колонной, образующих полифункциональный транспортный комплекс, новизна которого подтверждена патентом РФ (рис.5.6 диссертации).

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием апробированных методов научных исследований, анализом и обобщением теоретических и экспериментальных работ, проведением лабораторных исследований и соответствием расчётных и опытных, в том числе морских испытаний, корректным применением методов математического моделирования. Таким образом, результаты, полученные в ходе данного исследования, могут быть применены для проектирования технологических комплексов по освоению глубоководных месторождений Мирового океана.

Обоснованность научных положений диссертационной работы определяется использованием в ней имеющейся по данной проблематике информации, содержащейся в монографиях, научных статьях, диссертациях

отечественных и зарубежных исследователей, данными о деятельности отечественных и зарубежных предприятий.

Апробация работы

Результаты диссертации апробированы на 14 отечественных и международных научных конференциях, съездах, конгрессах и форумах, представлены в 49 печатных работах, из которых 20 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикаций научных результатов диссертации. Автор имеет три патента на изобретения и два авторских свидетельства по теме исследования.

Замечания по диссертационной работе

1. Не полностью раскрыт анализ минерально-сырьевых ресурсов глубоководных месторождений.
2. Если диссертация посвящена освоению железомарганцевых конкреций, то, по всей вероятности, не следует подробно рассматривать глубоководные месторождения полиметаллических сульфидов и кобальтоносных марганцевых корок (их содержание, валовая стоимость и т.д.). По нашему мнению, в перспективе технологии будут различными.
3. Перегружен перечень задач исследований, некоторые из них можно объединить.
4. Не полностью раскрыта взаимосвязь в предлагаемой технологической цепочке работы агрегата сбора, колонного аппарата сепарирующего исходную массу с гидравлической системой подъема зерновой части компонента загрузочным аппаратом на поверхность (добычное судно).
5. Не анализируется оценка пропускной способности подъемного трубопровода с разной объемной концентрацией, транспортируемой гидросмеси. Не приводятся диаметры вертикальных трубопроводов и их производительность.
6. Раскрывая пятое защищаемое научное положение, связанное с углом раскрытия кольцевой закрученной струи и гидродинамическими характеристиками, а также их влияния на формирование двухфазной смеси нет ссылок на исследования ученых, которые занимались этой проблематикой.

Заключение

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как решение крупной научной задачи, имеющей существенное значение для повышения эффективности освоения глубоководных месторождений

Мирового океана. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Она написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Название работы и ее содержание соответствует паспорту научной специальности.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 г., № 842, а ее автор Вильмис Александр Леонидович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор,
генеральный директор Ассоциации
«НП «Горнопромышленники России»



А.П. Вержанский

АССОЦИАЦИЯ

«НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «ГОРНОПРОМЫШЛЕННИКИ РОССИИ»
г. Москва, переулок Дегтярный, Дом 9, Комната 30. Тел. 8 (495) 411-53-36,
ОГРН 1027700091902, <http://rosgorprom.com>

Подпись Вержанского Александра Петровича заверяю:

Зам. генерального директора по развитию
законодательства и связям с органами
государственной власти Ассоциации
«НП «Горнопромышленники России»



М.Н. Ермолович

« 09 » марта 2021 г.