

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.121.09,**

созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго  
Орджоникидзе» Министерства науки и высшего образования Российской  
Федерации, по диссертации на соискание ученой степени доктора  
технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 27.04.2021 г. № 8/2021

О присуждении **Вильмису Александру Леонидовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «**Обоснование технологии глубоководного гидropодъема железомарганцевых конкреций загрузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду**» по научной специальности **25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная)** принята к защите 18.01.2021 г. (протокол заседания № 3/2021) диссертационным советом Д 212.121.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, приказ № 254/нк от 28.02.2020 г.

Соискатель **Вильмис Александр Леонидович**, 1965 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.14 «Технология и техника геологоразведочных работ» на тему «Совершенствование скважинного крупнообъемного опробования плавунных титан-циркониевых россыпных месторождений» защитил в 2009 г. в диссертационном совете, созданном при «Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе» (совет Д 221.121.05).

Работает в должности заведующего кафедрой «Геотехнологических способов и физических процессов горного производства» в «Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Геотехнологических способов и физических процессов горного производства» в «Российском государственном геологоразведочном университете имени Серго Орджоникидзе» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Дробаденко Валерий Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Геотехнологических способов и физических процессов горного производства» «Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе».

**Официальные оппоненты:**

Вержанский Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ассоциации «Некоммерческое партнерство «Горнопромышленники России»;

Александров Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортно-технологических процессов и машин» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»;

Кириченко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Геологии и маркшейдерского дела» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Горный институт  
дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии



наук», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Мурдмаа Иваром Оскаровичем, доктором геолого-минералогических наук, главным научным сотрудником лаборатории палеоокеанологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», и утвержденном Алексеем Валентиновичем Соковым, доктором географических наук, директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне. Представленные в работе оригинальные результаты исследований дают основание квалифицировать их как совокупность новых научно-обоснованных решений по предлагаемой системе гидроподъема твердых полезных ископаемых при освоении глубоководных месторождений морей и океанов с минимальным воздействием на окружающую среду, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны и ее безопасность.

Соискатель имеет 49 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 32 работы, из них 20 статей в рецензируемых научных изданиях, 3 патента на изобретения, 2 авторских свидетельства. Общий объем публикаций составляет 14,5 п.л., (в т.ч. вклад соискателя – 10,5 п.л.).

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Малухин Н.Г., Дробаденко В.П., Вильмис А.Л. Проблемы развития геотехнологических методов освоения месторождений полезных ископаемых. Журнал «Недропользование XXI век» №2 (27) 2011 г.С.28-32.
2. Stanislav V., Drobadenko V., Malukhin N., Vilmis A., Heeren J., Bob van Doesburg Assessment of different technologies for vertical hydraulic transport in deep sea mining applications. Proceedings of the ASME 2012 31st International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2012 July 1-6, 2012, Rio de Janeiro, Brazil OMAE2012-8.

3. Дробаденко В.П., Луконина О.А., Вильмис А.Л. Полифункциональная установка на основе использования коаксиальных закрученных струй для моделирования новых гидротранспортно-подъемных технологий. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 3. С. 297-301.
4. Вильмис А.Л. Аналитическая оценка и систематизация загрузочных аппаратов камерного типа. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11. С. 168-177.
5. Малухин Н.Г., Дробаденко В.П., Вильмис А.Л. Научно методическое обоснование эрлифтного гидроподъема при освоении месторождений дна морей и океанов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S11. С. 51-60.
6. Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А., Маркелов С.В. Проблемы и перспективы освоения минеральных ресурсов дна морей и океанов //Горный журнал. 2019. № 11. С. 44-49.

В диссертации Вильмиса Александра Леонидовича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию поступило **десять положительных отзывов.**

Отзывы прислали:

1. Анушенков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подземной разработки месторождений им. Н.Х. Загирова» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский Федеральный университет». Отмечено, что диссертация, представлена как фундаментальная научная работа, в которой изложены основные теоретические положения общая совокупность которых является научным достижением, имеющим важное теоретическое и практическое значение для горной науки. Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) Предлагаемая и составленная



соискателем систематизация способов гидравлического подъема ЖМК, для некоторых из них: рис.1г - с твердыми элементами плавучести, рис.1 д - с вертикальными пустотелыми камерами УППК, рис.1е - с использованием жидких углеводородов, плотность которых меньше плотности морской воды не даются условия их применения, технические возможности (глубина, производительность), степень проработки и другие. Не понятно, какие способы гидроподъема апробированы в настоящее время, и какие имеют перспективы в ближайшем времени;

2. Викторov Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом «Проблем геомеханики и разрушения горных пород» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук». Отзыв на автореферат содержит оценку актуальности проблемы, основные научные результаты, новизну и практическую значимость полученных результатов. Отмечается, что в диссертационном исследовании изложены научно обоснованные технические решения и разработки на актуальную тему, вносящие значительный вклад в развитие морской горной промышленности РФ. Диссертация полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) В автореферате на стр. 12 показаны основные технологические показатели проведенных испытаний в различных горнотехнических условиях. По нашему мнению, пункт: «-значительное уменьшение переизмельчения транспортируемых минеральных частиц, что характерно для грунтовых центробежных насосов при прохождении твердого материала через проточные каналы» в автореферате не отражен и требует более убедительных доводов; 2) На рис.8 приведена типовая зависимость псевдооживления. Из автореферата не понятно - на основе экспериментальных или аналитических исследований она построена;

3. Деревяшкин Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техники и технологии горного и нефтегазового производства» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет». Отмечено, что диссертация соискателя является самостоятельным и законченным научным исследованием, обладающим достаточной степенью научной новизны, теоретической и практической значимости, отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) Так на технологической схеме рис. 19 автореферата насосное оборудование расположено на борту добычного судна. На рис. 18 в предлагаемой технологической схеме оно отсутствует. Требуется пояснения вопрос о месте его расположения - борт добычного судна или полупогружная платформа; 2) В пункте 4 научной новизны, по нашему мнению, необходимо уточнить, что закрученные струи с углом раскрытия более  $90^\circ$  формируют стабильный псевдооживленный слой в зоне узла разгрузки, за счет чего и формируется стабильная высоконасыщенная гидросмесь;

4. Дьяченко Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химии и технологии редких элементов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА-Российский технологический университет». В своем отзыве отметил, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладающей достаточной степенью новизны, теоретической, практической значимости и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Замечания: 1) В качестве замечания следует отметить, что в тексте автореферата не в полной мере отражен пункт 12 основных выводов и рекомендаций. В автореферате не приведены результаты экспериментальных исследований характера выноса шламовых фракций из колонного аппарата, поэтому не представляется возможным оценить вывод автора о том, что транспортирующая способность восходящего потока в объеме камеры



загрузочного аппарата значительно зависит от скорости загрузки исходного материала;

5. Закалинский Владимир Матвеевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела «Проблем геомеханики и разрушения горных пород» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук». Отметил, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, отвечает требованиям ВАК РФ, а автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) В качестве замечания к работе можно отметить отсутствие, судя по автореферату, сравнительного анализа разницы в характере подходов отечественного и зарубежного направлений исследований и опыта;

6. Литкевич Юрий Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нефтегазовая техника и технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова». Отмечается, что диссертация является самостоятельным завершенным научным исследованием, обладающим достаточной степенью новизны, теоретической и практической значимостью и по своему научному содержанию и форме изложения материала соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) В автореферате на стр. 3 автор приводит содержание ценных компонентов в железомарганцевых конкрециях (ЖМК), но не приводит гранулометрического состава и плотностных характеристик ЖМК, от которых зависит эффективность гидротранспортирования конкреций из глубины 5000 м; 2) На стр. 26 в разделе 5 имеются некоторые противоречия: - результаты исследований показали, что чем интенсивней закрутка, тем больше форма струи отличается от конической (угол раскрытия струи уменьшается, рис. 16 В), а на стр.



28 отмечается, что вследствие увеличения угла раскрытия коаксиально-закрученной струи расширяется граница зоны псевдооживления, в результате повышается объемная концентрация формируемой гидросмеси более чем в 2-2,5 раза;

7. Мерзляков Виктор Георгиевич, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО «МОГОРМАШ». В своем отзыве отметил, что полученные автором результаты являются новыми научными знаниями в горно-геологической отрасли. Достоверность теоретических и научно-практических результатов исследования подтверждается экспериментальными данными, представленными в работе соискателя. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 25.00.22. и требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) Из текста автореферата не понятно: может ли система гидроподъема грузочными аппаратами вихревого пульпоприготовления с пульсационной колонной использоваться для освоения других типов глубоководных месторождений, например, глубоководных полиметаллических сульфидов; 2) В автореферате приводится уравнение (1) для определения скорости свободного падения частиц железомарганцевых конкреций, полученное в ходе экспериментальных исследований, проведенных на кафедре геотехнологических способов и физических процессов горного производства МГРИ. Не понятно, экспериментальные работы и формула - получены автором?

8. Насонов Дмитрий Александрович, горный инженер, менеджер проекта НИОКР по созданию и разработке технологического комплекса глубоководного бурения (ТКГБ) акционерного общества «Полярная морская геологоразведочная экспедиция». В отзыве отмечена актуальность, научная новизна и практическая значимость исследования, заключающаяся в разработке методологических подходов к обоснованию расчетных напорных параметров аппаратов вихревого пульпоприготовления при проектировании технологических комплексов для эффективного освоения глубоководных месторождений Мирового океана. Диссертационная работа является самостоятельным законченным научно-квалификационным исследованием и полностью отвечает требованиям, предъявляемым



к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечание: Не актуализируются (не полностью раскрыты) разведочные запасы минерального сырья на глубоководном дне России, равно, как и других стран, заключивших долгосрочные контракты с МОМД: Франция, Япония, Германия, Китай и др.

9. Селюков Алексей Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Открытые горные работы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева». В своем отзыве отметил, что в диссертационной работе решены поставленные задачи и цель, заключающаяся в разработке методологических положений расчета параметров аппаратов вихревого пульпоприготовления для формирования высоконасыщенных гидросмесей при проектировании технологических комплексов гидроподъема ЖМК. Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ и заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) Изобилие математических формул в автореферате (более 60) с промежуточными вычислениями приводит к тому, что в формулируемых научных положениях в неявном виде раскрыты конкретные диапазоны значения параметров технологии; 2) В таблице 4, стр.29 указаны результаты из 11 экспериментов, в тоже время зависимости проиллюстрированные на рисунке 17 и построенные на основании указанной таблицы приведены без достоверности аппроксимации, тогда возникает вопрос, какое минимальное количество экспериментов должно быть приведено в целях обеспечения достоверности данных; 3) По тексту имеются опечатки, например, на рис. 14 «прстранство», вместо «пространства»; 4) В выводе 15 указано «....сократить металлоемкость трубопроводов, а также снизить энергоемкость процесса», а конкретных цифр характеризующих снижения не приведено;

10. Язиков Егор Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор отделения геологии Федерального государственного автономного обра-

зовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Отметил, что диссертация выполнена как самостоятельное и актуальное исследование, на высоком теоретическом уровне и обладает внутренним единством, является научной квалификационной работой, в которой содержится новое научно обоснованное решение проблемы по обоснованию технологии глубоководного гидродохода железомарганцевых конкреций грузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду, имеющей важное экономическое значение для развития горнопромышленного сектора страны, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук. Отзыв положительный. Замечания: 1) В автореферате в третьем защищаемом научном положении «Максимальные расходы жидкости через центробежную насадку (вихревую камеру) устанавливаются по уравнению; 2)  $Q_{\max} = \epsilon^{1,5} \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H} \cdot \omega_0$  зависящие от коэффициентов расхода и заполнения (сжатия) кольцевой струи в соосных патрубках при определенных значениях геометрического параметра  $A$ ». Для лучшего восприятия было бы не лишним привести формулу или конкретное значение параметра  $A$ .

**Выбор официальных оппонентов** и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы, их компетентностью и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Выбор ведущей организации** обосновывается широкой её известностью своими научными достижениями в вопросах, касающихся исследований по комплексному изучению Мирового океана и морей России на основе представления о единстве происходящих в них физических, химических, биологических и геологических процессов, рационального использования морских ресурсов и обеспечения экологической безопасности в интересах устойчивого развития человечества.

**Диссертационный совет** отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:



**разработана** научная концепция технологии глубоководного гидроподъема твердых полезных ископаемых для освоения месторождений дна морей и океанов;

**предложена** технологическая структура глубоководного гидроподъема железомарганцевых конкреций с использованием загрузочных аппаратов вихревого пульпоприготовления, новизна которой подтверждена патентом РФ на изобретение № 255894 от 10.08.2015;

**доказана** перспективность и эффективность использования в технических устройствах коаксиально-закрученных напорных жидкостных струй;

**введены термины:** «эффект искусственного смерча», «аппарат вихревого пульпоприготовления», «камера закручивания» и её «геометрический параметр», «кольцевые спутно-закрученные струи» а также изменена трактовка понятия «центробежная насадка» на понятие «камера закручивания».

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

доказана гидродинамика формирования высококонцентрированной гидросмеси коаксиально-закрученными струями, генерирующими крупномасштабные вихри (эффект искусственного смерча), образующих локальную зону псевдооживления и представляющую собой переходную зону между взвешенным слоем и процессом стабильного гидротранспортирования, который осуществляется при достижении критических скоростей и разгрузки в транспортной пульповод;

**применительно к проблематике результативно использован:** метод визуализации линий тока закрученной струи в лазерном световом луче, позволяющий выделить крупномасштабные вихри, плотные и неплотные жидкостные фазы, а также массообмен и условия образования псевдооживления в камере загрузочного аппарата;

**изложены** основные положения гидродинамики коаксиально-закрученных струй, образующих крупномасштабные вихри, влияющие на интенсификацию массообмена;

**раскрыты** условия интенсификации процесса массообмена между струей и окружающей средой за счет угла раскрытия кольцевой закрученной струи ( $\sim 90^\circ$  и более), которая образует гиперboloид вращения и стабильную, высоконасыщенную твердыми частицами двухфазную смесь (приблизительно 35% по объему), значительно увеличивая производительность аппарата по горной массе;

**изучены** особенности тангенциального подвода воды в соосные патрубки камеры закручивания и её геометрический параметр, коэффициент расхода, а также углы раскрытия кольцевой закрученной струи;

**проведена модернизация стенда** по исследованию гидродинамики коаксиально-закрученных потоков методом лазерного светового ножа с визуальным наблюдением и фотосъемкой линий тока в полученной световой плоскости, а также комплекса, включающего загрузочный аппарат и пульсационную колонну, предназначенную для сепарации шламовых частиц с их укладкой в выработанное пространство.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработан** и успешно испытан в морских условиях на акватории Черного моря до глубины до 100 м. опытно-промышленный вариант загрузочного аппарата с вихревым пульпоприготовлением, формирующем высоконасыщенную гидросмесь (более 50% по весу), что является положительной предпосылкой для создания промышленного морского комплекса;

**определены** перспективы практического использования глубоководного гидроподъемного комплекса для освоения железомарганцевых конкреций для глубин до 5000 м;

**создана** технология глубоководного гидроподъема, включающая полифункциональный комплекс с загрузочным аппаратом вихревого пульпоприготовления и пульсационную колонну, совместная работа которых обеспечивает гидроподъем высоконасыщенной гидросмеси и укладку шламовых фракций в выработанное пространство;



**представлены рекомендации и предложения** для составления исходных данных при разработке технологического регламента на проектирование для создания глубоководной системы гидроподъема с загрузочным аппаратом вихревого пульпоприготовления в составе гидрокомплекса при освоении железомарганцевых конкреций.

**Оценка достоверности результатов исследований выявила:**

**для экспериментальных работ** использовалось современное сертифицированное оборудование научно-учебной лаборатории «Новые гидротехнологии» кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства - «Полифункциональная установка на основе использования кольцевых закрученных потоков (эффекта искусственного смерча) для гидротранспорта высоконасыщенных смесей на дальние расстояния, а также интенсификации массообменных процессов при извлечении ценных компонентов в гидрометаллургическом переделе» (зарегистрирована Роснаукой, № 4-73);

**теория** построена с учетом фактов, приведенных в научной литературе зарубежных и отечественных ученых, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на использовании кинетической энергии коаксиально-закрученных струй жидкости при формировании и подачи в напорный трубопровод высоконасыщенной гидросмеси с сепарацией шламовой части в выработанном пространстве для разработки глубоководного гидроподъемного комплекса;

**использованы** экспериментальные данные опытно-промышленных испытаний загрузочных аппаратов на горнодобывающих предприятиях России, и натурных морских испытаний камерных аппаратов по подъему железомарганцевых конкреций на акватории Черного моря (г. Новороссийск) с глубин до 100м;

**установлено** аналогичное совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований автора с результатами, полученными другими научными коллективами и отдельными исследователями;

**использованы** современные методики сбора исходной информации и обработки экспериментальных данных математическими методами;

**личный вклад соискателя состоит:**

в участии на всех этапах диссертационного исследования; в получении результатов теоретических исследований; в разработке экспериментальных установок; в непосредственном участии в организации и проведении экспериментов; обработке и анализе экспериментальных данных; в личном участии в апробации результатов исследования; в подготовке основных публикаций по теме диссертации.

На заседании 27.04.2021г. диссертационный совет отметил, что диссертация Вильмиса Александра Леонидовича «Обоснование технологии глубоководного гидроподъема железомарганцевых конкреций грузочными аппаратами с минимальным негативным воздействием на окружающую среду» соответствует критериям п. п. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней к докторским диссертациям и, согласно п. 9, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения по предлагаемой технологии гидроподъема твердых полезных ископаемых с использованием кинетической энергии коаксиально-закрученных струй жидкости при освоении глубоководных месторождений морей и океанов с минимальным воздействием на окружающую среду, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны.

**На заседании 27.04.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Вильмису Александру Леонидовичу ученую степень доктора технических наук по научной специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).**

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 25.00.22 - -



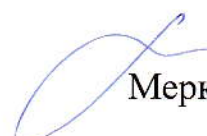
Геотехнология (подземная, открытая и строительная), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет.

Председатель

диссертационного совета

 Куликов Владимир Владиславович

Ученый секретарь

 Меркулов Михаил Васильевич

27.04.2021 г.