

Сведения о ходе выполнения проекта  
**«Получение штаммов-продуцентов сульфидов металлов из кислых отходов  
добычи полиметаллических руд на основе метагеномного анализа»**

Руководитель д-р биол. наук, профессор Карначук О.В.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от «07» августа 2014 № № 14.575.21.0067 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 5 в период с 01.07.2016 по 31.12.2016 выполнялись следующие работы:

*За счет бюджетных средств:*

1 Проведение материаловедческого анализа нерастворимых сульфидов металлов, полученных при культивировании штаммов и/или консорциумов ацидофильных сульфидогенных микроорганизмов в присутствии ионов металлов

2 Обобщение и оценка полученных результатов, в том числе:

- обобщение результатов исследований;
- сопоставление анализа научно-информационных источников и результатов теоретических и экспериментальных исследований;

- оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем;

- оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей ПНИ

3 Проведение работ по депонированию разработанных новых штаммов во Всероссийской коллекции микроорганизмов (ВКМ);

4 Подведение итогов этапа ПНИ и разработка отчетной документации.

*За счет внебюджетных средств:*

5 Разработка лабораторного технологического регламента извлечения сульфидов металлов с помощью полученных штаммов и/или консорциумов ацидофильных сульфидогенных микроорганизмов;

6 Разработка технических требований и предложений по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики;

7 Проведение оценки РИД, полученных при выполнении ПНИ;

8 Разработка рекомендаций по использованию результатов ПНИ в реальном секторе экономики;

9 Разработка проекта ТЗ для проведения ОТП по теме «Разработка биотехнологии извлечения металлов из шахтных вод».

При этом были получены следующие результаты:

Исследованы нерастворимые осадки, полученные в ходе культивирования ацидофильных штаммов СРБ *Desulfosporosinus* (NP, BG) и *Desulfovibrio* (ED, DV) в присутствии ионов меди и кобальта методами SEM-EDS и XRD. При

культивировании штамма *Desulfosporosinus* sp. BG в присутствии 100 мг/л ионов меди на разных сроках культивирования (от 16 до 77 сут) показано образование кристаллических фаз, представленных тремя типами сульфидов – чистым сульфидом меди ковеллитом (CuS), сульфидом меди и железа халькопиритом (CuFeS<sub>2</sub>) и сульфидом железа макинавитом (FeS). Ковеллит и халькопирит также были основными фазами в осадке, полученном при культивировании с добавлением 150 мг/л ионов меди к основной среде.

В культуре *Desulfosporosinus* sp. NP с добавлением 175 мг/л кобальта показано присутствие кристаллических фаз сульфидов кобальта джайпурита (CoS) и кобальтпентландита (Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub>) при сроках культивирования от 16 до 74 суток. Чистые фазы сульфидов кобальта образовывались только в осадках, собранных через 16 суток культивирования. При культивировании с добавлением кобальта штаммов другой филогенетической принадлежности (*Desulfovibrio* sp. ED с добавлением 200 мгCo<sup>2+</sup>/л и *Desulfovibrio* sp. DV с добавлением 500 мгCo<sup>2+</sup>/л), также показано образование в обоих случаях кристаллических форм джайпурита (CoS) и кобальтпентландита (Co<sub>9</sub>S<sub>8</sub>).

Полученные результаты представляют интерес с точки зрения селективного осаждения металлов из раствора и получения определенных форм сульфидов. Впервые показано биогенное образование кристаллических фаз джайпурита под действием СРБ.

6 новых штаммов АСГМ, выделенных и изученных в ходе выполнения работ, депонированы во Всероссийскую коллекцию микроорганизмов (ВКМ).

Проведены работы по обобщению результатов, полученных в ходе выполнения ПНИ и сопоставлению проведенных теоретических и экспериментальных исследований с литературными данными. Оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем показала, что все полученные результаты актуальны, обладают научной новизной и имеют практическую значимость, так как представляют научно-технический задел для создания новых технологий рециклирования металлов из отходов горнодобывающей промышленности, которые могут быть применены в реальных секторах экономики (добыча и переработка сульфидных руд). Уровень проведенных разработок соответствует современному уровню научно-технического развития, так как все результаты получены с использованием современного научного оборудования, стандартизированных методов и подходов.

Целью выполнения ПНИ было (1) разработать биотехнологический метод извлечения металлов из отходов горнодобывающей промышленности на основе штаммов и/или консорциумов ацидофильных сульфидогенных микроорганизмов (АСГМ) и (2) получить новые штаммы и/или консорциумы ацидофильных сульфидогенных микроорганизмов из кислых отходов добычи сульфидов металлов с использованием данных о метагеномах местообитаний этих отходов. Все задачи выполнены в полном объеме. В результате из кислых отходов добычи сульфидов металлов с использованием данных метагеномного анализа были получены новые

штаммы и консорциумы АСГМ и разработана научная основа биотехнологического метода извлечения металлов из отходов горнодобывающей промышленности на основе полученных штаммов АСГМ. Таким образом, поставленная цель в ходе выполнения работ была достигнута.

Разработан лабораторный технологический регламент извлечения сульфидов металлов с помощью полученных штаммов и консорциумов ацидофильных сульфидогенных микроорганизмов. Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера - организации реального сектора экономики. Также разработаны рекомендации по использованию результатов ПНИ в реальном секторе экономики.

В ходе выполнения работ по проекту получены патентоспособные результаты, зарегистрированные в виде патента РФ (№ 2603249) и заявки на патент (№ 2016125634 от 28.06.2016). Проведена оценка РИД, полученных при выполнении ПНИ. Полученные РИД могут считаться коммерчески перспективными и могут быть использованы для постановки ОТР по повторному извлечению металлов из отработанных руд.

Проведены работы по подготовке проекта технического задания на проведение ОТР по теме «Разработка биотехнологии извлечения металлов из шахтных вод».

В ходе проведения работ по ПНИ использовались стандартизированные методики и метрологическое обеспечение. Проведенные за отчетный период работы соответствуют плану-графику исполнения обязательств по проекту. Полученные результаты соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.