

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

*На правах рукописи*

УДК: 622.772

**ХУЖАКУЛОВ НУРМУРОД БОТИРОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ОБЪЕМНОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ И РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО  
ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

04.00.14 – Обогащение полезных ископаемых

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD) по техническим наукам

**Научный руководитель: Самадов А.У., докт. техн. наук, доцент**

**Навои – 2019**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ.....	13
§ 1.1. Анализ современного состояния комплексной переработки отходов горно-металлургической промышленности и тенденции ее развития .....	13
§ 1.2. Участие микроорганизмов в разрушении и образовании горных пород.....	19
§ 1.3. Анализ способов извлечения золота из хвостов гидрометаллургических заводов.....	32
Выводы .....	37
ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОЛОГИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩ .....	38
§ 2.1. Объект исследований.....	38
§ 2.2. Методика проведения исследований.....	45
Выводы .....	53
ГЛАВА III. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ОБЪЕМНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ .....	55
§ 3.1. Исследование пространственного и объемного распределения золота в хвостохранилище.....	55
§ 3.2. Исследование закономерности распределения золота по глубине залегания хвостов.....	64
§ 3.3. Исследование элементного и минералогического состава техногенных проб.....	68
§ 3.4. Геотехнологическое исследование техногенных проб.....	80
§ 3.5. Тестовые испытания на прямое цианирование.....	86

§ 3.6. Геотехнологическое исследование по биодеструкции техногенного сырья.....	89
Выводы .....	98
ГЛАВА IV. ВЛИЯНИЕ БИОДЕСТРУКЦИИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ НА СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТО ИЗ НЕГО.....	100
§ 4.1. Изучение факторов, влияющих на биологическую активность бактерий.....	100
§ 4.2. Исследование влияния технологических факторов на биологическую активность микроорганизмов.....	107
Выводы .....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	128

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время в мире в результате переработки минеральных ресурсов ежегодно накапливается свыше 25 млрд. т техногенных отходов, из них горно-металлургическая промышленность перерабатывает более 10 млрд. т сырья и более 70% накапливается в хвостохранилищах в виде техногенных отходов. Отвалы занимают огромные площади плодородной земли, при этом твердые отходы засоряют водный и воздушный бассейны. В связи с чем, повышение требований к охране окружающей среды указывают на необходимость особого внимания на повышение комплексности использования сырья и применения ресурсосберегающей технологии, с использованием техногенных отходов производства.

В мире ведется интенсивная работа по разработке эффективных методов переработки минеральных ресурсов и извлечению из них всех полезных компонентов, разработке малоотходных и безотходных технологий, вовлечению всех техногенных образований горно-металлургической промышленности в производство, утилизации цианистых отходов, переработке твердых отходов и заводов по обогащению удобрений и отвалов гидromеталлургических заводов для извлечения генетического материала благородных и цветных металлов. Вместе с тем разработка комплексных технологий по переработке минеральных ресурсов в производственном процессе, внедрение в практику способов выделения из техногенных отходов остаточного количества благородных металлов и ценных компонентов являются основой создания новых высокоэффективных технологий металлургической отрасли.

В Республике особое внимание уделяется комплексной переработке и выделению из минеральных ресурсов максимального количества полезных компонентов, и созданию рентабельных технологий по переработке техногенных отходов, максимальному увеличению степени переработки

отходов и снижению себестоимости производства, разработке и внедрению в практику перспективных экспортоориентированных современных технологий. В Постановлении Президента Республики Узбекистан определены меры по «укреплению стабильности макроэкономики и удержанию высоких темпов развития экономики, повышению конкурентоспособности национальной экономики, снижению ресурсо- и энергозатрат в экономике, широкому внедрению в производство технологий, обеспечивающих энергосбережение»<sup>11</sup>.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2698 от 26 декабря 2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы», №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** В мировой практике учеными выполнялись научно-исследовательские работы по переработке отходов металлургического производства различными способами, в частности теоретические исследования А.П.Виноградова, И.В.Петрянова, Б.Н.Ласкорина, Н.Н.Семенова, Э.В.Адамова, И.Ф.Барышникова, Ю.П.Куприянова,

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

И.Ф.Худякова, M.Morques, J.Gaspar, K.E.Bessler, H.L.Ehrlich, M.G.Nelson, E.B.Kroeger, P.J.Arps, S.N.Groudev, F.N.Genchev, D.J.Mochev, B.C.Petrov и др. Созданию рациональных технологий переработки техногенных отходов горно-металлургической промышленности и их совершенствованию посвящены научные работы: В.И.Вернадского, Б.Б.Полына, Н.Н.Ляликовой, Г.И.Каравайко, Т.В.Аристовской, Г.А.Заварзина, В.О.Таусона, Б.Л.Исаченко, Б.В.Перфильева, Р.С.Кутузова, К.С.Санакулова, М.Г.Сагдиевой, С.И.Кукановой, Л.И.Зайнитдиновой, А.С.Хасанова, А.А.Юсупходжаева, М.М.Якубова, А.У.Самадова и др.

В результате переработки золотосодержащих концентратов, важной задачей является обеззараживание цианидных пульп, где после соответствующих биотехнологических деструкционных процессов появляется возможность доизвлечения остаточного количества благородных и редких металлов. В литературных источниках имеется большое количество сведений о деятельности микроорганизмов-деструкторов, об их возможности использования в качестве источников питания цианидов и роданидов, однако, сведений по изучению сегрегации благородных металлов в хвостохранилищах и их дополнительному доизвлечению из техногенных отходов исследований очень мало.

В мировой практике научные исследования, посвященные изучению распределению ценных элементов в лежалых отходах производства и оценка экономической целесообразности их извлечения является актуальным направлением гидрометаллургии и решение этой проблемы заключено в создании и разработке высокорентабельных технологий.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института на темы: «Исследование объемного распределения различных форм золота в хвостохранилище гидрометаллургического завода (ГМЗ-3)» (2013 г.) и

«Лабораторное исследование биодеструкции золотосодержащих отходов хвостохранилища ГМЗ-3» (2014 г.).

**Целью исследования** является разработка рациональных способов переработки техногенных золотосодержащих отходов и биодеструкции техногенного сырья с последующим выделением металлов на основе определения объемного распределения ценных компонентов.

**Задачи исследования:**

создание методологии объемного распределения минералов и ценных компонентов и биодеструкции техногенного сырья;

отбор проб из разных сторон хвостохранилища: северное, северо-западное, южное их квартование и подготовка усредненных образцов;

отбор проб из заводской сорбционной установки Kemix, лежалых и новых отходов хвостохранилища ГМЗ-3;

микробиологическое изучение проб из заводской сорбционной установки Kemix, лежалых и новых отходов хвостохранилища ГМЗ-3;

изучение адаптированных к высоким концентрациям ионов тяжелых металлов, роданидов и цианидов штаммов бактерий *Bacillus subtilis* штамм-2, *Pseudomonas sp* штамм-2;

разработка способов размножения выделенных штаммов *Bacillus subtilis* в лабораторных условиях;

количественный анализ устойчивости микроорганизмов к высоким дозам ионов тяжелых металлов, роданидов и цианидов;

изучение биохимических и технологических закономерностей роста и развития микроорганизмов в статической и динамической последовательностях и определение их биологической активности;

определение различных связанных и свободных типов золота до и после биодеструкции с выделением условий их залегания и пригодных для сорбционного цианирования форм.

**Объектом исследования** являются техногенные отходы хвостохранилища гидрометаллургического завода (ГМЗ-3) Навоийского горно-металлургического комбината (НГМК).

**Предмет исследования** – разработка технологии переработки техногенных золотосодержащих отходов и биодеструкция техногенного сырья.

**Методы исследований.** Работа выполнена с применением комплексных методов исследований, включающих: теоретические обобщения и экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях для разработки рациональных способов переработки золотосодержащих отходов и биодеструкции техногенного сырья с использованием химических, физико-химических, биологических и микроскопических методов анализа сырья и контроля процессов, спектральный и ИСП масс-спектрометрический методы анализа, метод мясного агара, гамма-активационный анализ и атомно-эмиссионную спектрометрию, анализу степени деструкции цианидов и роданидов, а также методов математического программирования с использованием современной компьютерной техники, а также методов математической статистики и корреляционного анализа результатов испытаний.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлено распределение золота в хвостах ГМЗ-3 в зависимости от различных форм связанного с сульфидами кремнезема и свободного легкоцианируемого соединения;

составлены карты участков хвостохранилища по пространственно-объемному распределению золота с нахождением различных классов по всему параметру хвостохранилища и с определением точек локализации цианируемого благородного металла;

установлены характерные особенности золотосодержащих отходов по гранулометрическому составу с определением химической природы и минералогических особенностей отходов;



установлен состав аборигенных видов микроорганизмов, способных деструктировать токсичные соединения в составе хвостовой пульпы;

разработан новый способ отбора и применения адаптированных к высокотоксичным и щелочным средам видов гетеротрофных бактерий.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

определена степень зараженности цианидами и токсичности отходов и разработан новый способ размножения микроорганизмов на таких средах, обеспечивающих повышение эффективности технологии переработки золотосодержащего техногенного сырья;

изучена микрофлора хвостов сорбции (Kemix) и экспериментально проверены лежалые хвосты в хвостохранилище, а также определено количественное соотношение микроорганизмов-деструкторов и аборигенной микрофлоры хвостохранилища, повышающих эффективность технологии переработки золотосодержащего техногенного сырья;

разработаны новые виды штаммов бактерий *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas sp*, способных свободно развиваться при высоких концентрациях роданидов и деструктировать порообразующие минералы, а также определена рН среда, при которой происходит деструкция золотосодержащих отходов;

определена оптимальная глубина локализации золота по всему хвостохранилищу (глубина 1-3 м с содержанием 1,0 г/т) с выделением точек нахождения цианируемого сегрегационного золота;

разработаны и экспериментально проверены способы уменьшения количества антимонита, аморфного кремнезема, ассоциированного неорганической пленкой соединений золота и сокращено время деструкции в динамическом режиме (в колонках) порообразующих минералов, связанных с золотом, покрытым неорганической пленкой;

изучены пробы после десятимесячной биодеструкции методом сорбционного цианирования, в результате которых установлено, что степень

извлечения золота по всему хвостохранилищу составляет 69% при содержании золота 1,0 г/т.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования доказана значительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью и количественным подтверждением основной идеи работы по изучению химического, минералогического составов и объемного распределения ценных компонентов. Промышленной апробацией предлагаемых рекомендаций и достигнутой технико-экономической эффективностью предложенных способов переработки техногенных золотосодержащих отходов и биодеструкции техногенного сырья.

**Научно-практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований обусловлена определением степени биодеструкции техногенных отходов на хвостохранилищах ГМЗ-3 для выявления сегрегированного золота разных форм и количественных соотношений и выделением гетеротрофных видов микроорганизмов и аммонификаторов, способных расти на токсичных щелочных средах, присущих хвостохранилищу.

Практическая значимость выполненных исследований связана с разработкой способов рациональной переработки техногенных отходов методами биогеодеструкции и отделением ценных компонентов гидрометаллургическими способами, получением новых штаммов гетеротрофных микроорганизмов и микроорганизмов-аммонификаторов способных деструктировать токсичные соединения и порообразующие минералы с последующим выделением сегрегированного золота.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по обоснованию и разработке рациональных способов переработки техногенных золотосодержащих отходов и биодеструкции техногенного сырья с последующим выделением металлов на основе изучения объемного распределения ценных компонентов:

внедрен нормативный документ «Исследование пространственного и объемного распределения ценных компонентов» в хвостохранилище ГМЗ-3 (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-02-10/12919 от 10 октября 2019 г.). В результате проведена разбивка территории хвостохранилища по сторонам света, определены основные точки отбора проб свежих и лежалых хвостов по трем вариантам глубины – 1, 2, 3 и 10 м;

технология переработки отходов внедрена в хвостохранилище ГМЗ-3 Навоийского горно-металлургического комбината (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-02-10/12919 от 10 октября 2019 г.). В результате после биодеструкции неорганических соединений извлечение золота увеличилось с 19,0 до 35,0%;

метод сорбционного цианирования техногенного сырья внедрен в ГМЗ-3 Навоийского горно-металлургического комбината (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-02-10/12919 от 10 октября 2019 г.). В результате после месячной биодеструкции степень извлечения золота из усредненного техногенного сырья составила 18,1%;

штаммы бактерий *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas sp.* внедрены в процесс биодеструкции золотосодержащих отходов ГМЗ-3 Навоийского горно-металлургического комбината (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» 02-02-10/12919 от 10 октября 2019 г.). В результате после десятимесячной биодеструкции и проведения сорбционного цианирования степень извлечения золота по всему хвостохранилищу в среднем составила 69% при содержании золота 1,0 г/т.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были обсуждены и прошли апробацию на 4 международных и 9 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них 7 научные статьи, в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей

аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторской диссертации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Объем диссертации составляет 120 страниц.

Часть исследований диссертационной работы выполнена под непосредственным руководством доктора технических наук, профессора

Саггарова Г.С.

# ГЛАВА I. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

## § 1.1. Анализ современного состояния комплексной переработки отходов горно-металлургической промышленности и тенденции ее развития

Техногенные месторождения представляют собой класс месторождений, сформировавшихся в районах горнорудной промышленности (Украина, Казахстан, Северо-запад и Юго-восток европейской части России, Урал, Юго-восток и Восток азиатской части, Центр Сибири и др.) в том числе и на территории Узбекистана. Эти месторождения обычно обладают своеобразным минеральным составом и являются потенциальным источником разнообразных полезных ископаемых, в частности цветных, редких и благородных металлов, а также строительных материалов (щебень, песок, гравий и т.д [2; с.-17-18, 3; с.-187, 99; с.-10-19.].

Доля полезного компонента, извлекаемого из золотоносных руд и песков, составляет менее 0,01%, все остальное — отходы производства, складированные в отвалы и хвостохранилища. Последние существенно влияют на экологическую обстановку, поскольку процесс извлечения благородных металлов зачастую сопряжен с технологиями повышенной экологической опасности — цианированием, амальгамацией, высвобождением значительных количеств соединений серы и мышьяка. Вместе с тем, в золотодобывающей отрасли одной из первых в горном комплексе стали рассматривать отходы горно-металлургического производства как источник сырья. Анализируя общую структуру запасов и ресурсов золота, Б.И. Беневольский (1995 г.) на долю техногенных объектов отводит 7–12%. Из других техногенных образований, кроме отвального комплекса собственно золоторудных месторождений, высоко оцениваются перспективы извлечения золота из

отходов переработки руд черных и цветных металлов, отходов сернокислотного производства, некоторых видов нерудного сырья и др [4; с.-1-88].

Объекты вторичного золотосодержащего сырья разнообразны по своей природе, содержанию металла, масштабам накопления и экономической значимости. Данное обстоятельство выдвигает в разряд актуальных проблем всестороннего изучения такого сырья и, в первую очередь, решению следующих задач:

1) выяснение условий формирования техногенных золотосодержащих объектов;

2) разработка их классификации;

3) выработка методических основ для геолого-технологического изучения и оценки;

4) разработка методологии исследования пространственно –объемного распределения золота;

5) разработка методов обогащения и переработки техногенного сырья. [99; с.-10-19].

### ***Классификация отходов.***

Техногенные месторождения – техногенные образования (отвалы горнодобывающих предприятий, хвостохранилища обогатительных фабрик, шлак зольные отвалы топливно-энергетического комплекса, шлаки и шламы металлургического производства, шлама, шлака и т.д. отвалы химической отрасли) на поверхности Земли по количеству и качеству содержащегося в них минерального сырья пригодные для промышленного использования в настоящее время или в будущем по мере развития науки и техники и изменения экономических условий [5; с.-6-9].

Природно-техногенные объекты — минеральные объекты, представленные неотделенным от массива природным веществом в виде целиков, вскрытых недоработанных (оставленных) блоков на отрабатываемых ранее месторождениях [6; с.-117].

Вопросы классификации техногенного минерального сырья, горнопромышленных отходов и техногенных месторождений затрагиваются в многочисленных публикациях [5; с.6-9].

Л.Ф. Наркелюн (1996 г.), [7; с.-18], проводя типизацию горно-технологических отходов, разделяет их по месту образования и типу отходов (породы вскрыши, шлаки, золы, кеки и т.д.). Л.А. Барский (1981 г.) отходы и потери горно-металлургического цикла классифицирует по нескольким признакам: по производственным отраслям; по фазовому составу (твердые, жидкие, газообразные); по производственным циклам: при добыче (вскрышные и другие безрудные породы), при обогащении (хвосты, шламы, сливы), при гидрометаллургии (растворы, кеки), при пирометаллургии (шлаки, возгоны) [8; с.-26].

Различные подходы к классификации отходов базируются на следующих классификационных признаках:

- место образования отходов (отрасль промышленности);
- стадия производственного цикла; вид отхода;
- степень ущерба окружающей среде и здоровью человека;
- направление использования;
- эффективность использования;
- величина запаса и объемы образования;
- степень изученности и разработанности технологий утилизации.

Отходы горно-металлургической промышленности классифицируются следующим образом:

- заскладированные забалансовые руды;
- вскрышные породы (минерализированные массы);
- промежуточные отходы процесса рудоподготовки и гидрометаллургии;
- отвальные хвосты процесса флотации и сорбции;
- шлаки процесса пирометаллургии.

Краткий обзор классификаций объектов техногенного сырья показывает, что большинство их носит общий характер, и направлены они на ревизию и

паспортизацию техногенного минерального сырья отдельных горнодобывающих регионов. Перспективы их экономического освоения напрямую зависят от ресурсного потенциала, который для различных классов техногенного золотосодержащего сырья изменяется в очень широких пределах и заслуживает отдельного рассмотрения [9; с.3-22].

### ***Техногенные россыпные месторождения.***

Распределение металла внутри техногенной россыпи имеет свои особенности. Как показывает опыт ревизионных работ на россыпное золото в старых золотодобывающих районах, для геологической переоценки техногенных россыпей и локализации остаточных запасов необходимы знания условий их формирования и особенностей строения [10; с. 29-32]. В техногенной россыпи золото локализуется в оставленных забалансовых песках, нетронутых целиках, отвалах, то есть, по существу, представляет геологические и технологические потери. Оценке геологических потерь должен предшествовать тщательный анализ способов отработки россыпи. Уровень кондиций определяет содержание металла в отвалах вскрыши и бортах россыпи. Обобщение материалов по геологической оценке и повторной отработке техногенных россыпей различных типов позволяет отразить условия их формирования и особенности геологического строения [9; с.3-22].



## Выводы

1. Главной задачей при переработке лежалых хвостов обогатительных фабрик и гидрометаллургических заводов является разрушение или деструкция матричной породы с целью извлечения из них генетически приуроченных благородных и цветных металлов.

2. Учитывая, что золото находится во вкрапленном состоянии, генетически приуроченной различными минеральными структурами (гидрооксиды железа, карбонаты, хлориды, углистые вещества, кварциты и др.), для извлечения прямым цианированием необходимо разрушение этих структур. При этом возможно ожидание положительного эффекта от применения биохимических методов воздействия.

3. Из аборигенных видов микроорганизмов, используемых в качестве источников питания роданиды и цианиды выделены 2 штамма *Bacillus subtilis* и 2 штамма *Pseudomonas sp.*, обладающих различной степенью устойчивости к ионам металлов и цианидов в среде.

4. По результатам лабораторных опытов по исследованию жизнедеятельности и биологической активности специально выделенных штаммов бактерий была оценена возможность практического использования процесса биодеструкции пород с использованием аборигенных бактерий и выделенных штаммов в щелочных средах, содержащих токсичные соединения (роданиды, цианиды металлов).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Исследование пространственного и объемного распределения ценных компонентов и разработка технологии переработки золотосодержащего техногенного сырья» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. По данным рационального анализа (усредненный образец из 1525 проб) на глубине отбора 1-3 м со средним содержанием золота 1,0 г/т после биодеструкции извлечение золота увеличилось с 19,0 до 35,0 отн. %; покрытое пленкой, ассоциированное с антимонитом и аморфным кремнеземом уменьшилось с 9,2 до 7,7 отн. %; связанное с оксидами, гидроксидами железа, карбонатами, хлоритами, антимонитом и аморфным кремнеземом уменьшилось с 14,0 до 11,4 отн. %; ассоциированное с сульфидами осталось без изменения (в порядке 23,0 отн. %); ассоциированное с углеродистым веществом уменьшилось с 12,3 до 4,1 отн. %; количество тонковкрапленного золота в пороодообразующих минералах уменьшилось с 22,5 до 18,6 отн. %.

2. Методом сорбционного цианирования исходного сырья степень извлечения золота из усредненного техногенного сырья (1525 проб) составила 18,1% (цианируемая форма 19%); в том числе по северо-западной части – 16,5%; по северной части – 21,8%; по западной части – 14%; по южной части хвостохранилища – 20%. При обработке в течение 2 месяцев степень извлечения золота составила 32,4%, а после 10 месяцев данный показатель составил 69,1%.

3. В отвальных хвостах хвостохранилища преобладают гетеротрофные виды микроорганизмов и олигонитрофилы, способные расти на скудном органическом субстрате. Исследована биологическая активность аборигенных видов микроорганизмов в зависимости от условия их обитания (влажность, температура, pH среды и др.).

4. В процессе деструкции цианидов происходило изменение количества видов выявляемых микроорганизмов с качественными изменениями в составе аборигенной микрофлоры хвостовой пульпы. Наибольшее количество микроорганизмов отмечено в свежей заводской хвостовой пульпе. Из отвальных хвостов и свежей хвостовой пульпы выделены 2 штамма *Bacillus subtilis* и 2 штамма *Pseudomonas sp.*, обладающие различной степенью устойчивости к ионам металлов и цианидов в среде.

5. Проведены исследования по адаптации микроорганизмов к ионам металлов в растворе (пульпе) и разработаны методы их интенсификации. Найдено критерийное содержание цианидов металлов на жизнедеятельность микроорганизмов в пульпе и твердых лежалых хвостах сорбции в хвостохранилище.

6. Установлено, что штаммы *Bacillus subtilis* С-2 приспособляются к роданидам в первые 9 часов культивирования, затем остаточные концентрации роданидов начинают стимулировать их рост. Определена возможность культивирования данных штаммов на лежалых хвостах в динамическом режиме в плотной среде при соотношении Т:Ж=1:3.

7. Проведены лабораторные опыты по исследованию жизнедеятельности и биологической активности специально выделенных штаммов бактерий для деструкции лежалых хвостов. Установлено изменение кислотности среды, что показало возможность деструкции золотосодержащей породы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мирзиёев Ш.М. Свободное демократическое и процветающее государство Узбекистан построим вместе с нашим мужественным и благородным народом. – Ташкент.: Народное слово. № 248 (6653).16.12.2016г.
2. Тустановский В.Т. Оценка точности и чувствительности активационного анализа. М., Атомиздат, 1976.
3. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования, Изд. «Наука», Ленинград, 1980. –187 с.
4. Беневольский Б. И. Золото России. Проблемы использования и воспроизводства минерально–сырьевой базы. – М.: Геоинформбанк, 1995. – 1–88 с.
5. Трубецкой К. Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений, основные категории и понятия // Горный журнал.М 1989.- № 12.- С.6–9
6. Секисов Г.В., Таскаев А.А., Воробьев А.Е. Техногенные минеральные объекты // Изв. АН КиргССР. Физ.–техн. и матем. науки. – 1988. – № 2.-С.117.
7. Наркелюн Л. Ф. Комплексное использование минерального сырья и горно–технологических отходов. / Л. Ф. Наркелюн. – Чита: ЧитГТУ, 1996. – 139 с.
8. Ласкорин В.Н., Барский Л.А., Персии В.З. Безотходная технология переработки минерального сырья. М.: Недра, Леггет РФ.-1984.- 26 с.
9. Борисович В.Т., Чайников В.В. Геолого–экономическая оценка техногенных месторождений // Итоги науки и техники, серия «Техника геологоразведочных работ», т. 15. – М.: ВИНТИ, 1991.-С. 3–22.
- 10.Макаров В.А., Шрайнер А. Д. Проблемы геологической переоценки техногенных месторождений золота. М.: Горный журнал, 1998.№5.-С. 29–32.
- 11.Спорохина Л.В. Типизация техногенных россыпей: Тез. докл. Дальнего Востока, 2000.
12. Макаров В.А. Техногенное золотосодержащее сырье: Условия формирования, вопросы систематики и методики переоценки: Тез. докл.

Международная научно–техническая конференция. – Екатеринбург: УГГГА, 1999.-С. 76–78.

13. Алгебраистова Н.К., Алексеева Е.К., Коляго Е.К. Минералогия и технология обогащения лежалых хвостов ЗИФ // Горный информационно–аналитический бюллетень.М. – 2000. – № 6.-С. 191–197.

14. Санакулов К. Научно–технические основы переработки отходов горно– металлургического производства. –Ташкент.- «Фан», 2009. –404 с.

15. Гальперина М.К., Слепнев Ю.С., Ерохина Л.В. «Перспективы развития сырьевой базы керамической промышленности». М: Стройиздат, 1973. 209 с.

16. Вернадский В.И. и его учение о биосфере. Идеи Б.Б. Польнова (1877–1952).

17. Каравайко Г.И. , Кузнецов С.И., Н. Н. Ляликова, Голомзин А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. М.:Наука, 1972. –372с.

18. Аристовская. Т.В., Кутузова Р.С. О микробиологических факторах мобилизации кремния из труднорастворимых природных соединений // Почвоведение, 1968.- № 12 – С. 59–66.

19. Вернадский В.И. Учение В.И. Вернадского о биосфере .ЯГПУ, Центр информационных технологий обучения 2006. –С.3–29.

20. Библиотека по биологии. Участие микроорганизмов в разрушении и образовании горных пород.(biologylib.ru) 2001–2019. 3-55 с.

21. Berthelin, J. and Kogblevi, A. (1974), Rev. Ecol. Biol. Sol, 11(4), 499–509.

22. Ottow, J. C. G. (1969), Zbl. Bakt, 6.600–615 p.

23. Lundgren, D. G., Boucheron, J. A. and Mahony, W. B. (1983), In: Recent Progress in Biohydrometallurgy (G. Rossi and A. E. Torma, eds.), Associazione Mineraria Sarda, Iglesias. 5–69 p.

24. Lovley, D. R. (1991), Microbiol. Rev., 55. 259–287 p.

25. Groudev et all., BioINEP Published Series Bookmarks 1985. 68 p.

26. Groudev, S. N., Groudeva, V. I. (1986a), Ind. Minerals, No 222. 81–84 p.