

# БИОРАСЩЕПЛЕНИЕ ЦИАНИСТЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗОЛОТА

## Пулатов Г.М. Email: Pulatov689@scientifictext.ru

*Пулатов Голибжон Муродович – старший преподаватель,  
кафедра химической технологии,  
Алмалыкский филиал  
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,  
г. Алмалык, Республика Узбекистан*

**Аннотация:** было проведено изучение состава микроорганизмов в свежих цианистых стоках золотоизвлекательной фабрики (ЗИФ), которое показало, что, несмотря на экстремальные условия, в свежих сбросах фабрик обнаружено значительное количество различных групп бактерий и микроскопических грибов. Как показывают данные, в промышленных стоках ЗИФ и НГМК присутствуют тиосульфатоокисляющие нейтрофилы, как автотрофные, так и миксотрофные, нитрифицирующие, денитрифицирующие, аммонифицирующие бактерии, олигонитрофилы и микроскопические грибы. Из тионовых бактерий присутствовали миксотрофные, из гетеротрофных – бактерии, относящиеся к родам *Bacillus* и *Pseudomonas*, а микроскопические грибы представлены родами *Aspergillus* и *Penicillium*.

**Ключевые слова:** микроорганизмы, цианистые стоки, микроскопические грибы, токсичные компоненты, белкозин М, аминокислоты, ферменты, штаммы *B. cereus*, *B. megaterium*, сорбция, дрожжи, актиномиценты, бактерия, микроводоросли.

## BIO SPLITTING OF CYANIDE WASTE FROM GOLD PRODUCTION

### Pulatov G.M.

*Pulatov Golibjon Muratovich – Senior Lecturer,  
DEPARTMENT OF CHEMICAL TECHNOLOGY,  
ALMALYK BRANCH  
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV,  
ALMALYK, REPUBLIC OF UZBEKISTAN*

**Abstract:** a study of the composition of microorganisms in fresh cyanide effluents of the gold recovery factory (ZIF) was carried out, which showed that, despite extreme conditions, a significant number of different groups of bacteria and microscopic fungi were found in fresh discharges of factories. Data show that industrial effluents of ZIF and NMMC contain thiosulfate-oxidizing neutrophils, both autotrophic and mixotrophic, nitrifying, denitrifying, ammonifying bacteria, oligonitrophils and microscopic fungi. Mixotrophic bacteria were present from the thionic bacteria, while heterotrophic bacteria were present from the genera *Bacillus* and *Pseudomonas*, and microscopic fungi were represented by the genera *Aspergillus* and *Penicillium*.

**Keywords:** microorganisms, cyanide effluents, microscopic fungi, toxic components, protein-protein M, amino acids, enzymes, strains of *B. cereus*, *B. megaterium*, sorption, yeast, actinomycetes, bacteria, microalgae.

Быстрые темпы развития всех отраслей промышленности Узбекистана приводят к возрастанию добычи полезных ископаемых различных видов. Особенно быстро растет потребление цветных и редких металлов, в тоже время запасы промышленных руд постепенно иссякают. Переработка же бедных руд вызывает необходимость добычи и обогащения большого количество рудного сырья, что в свою очередь значительно повышает себестоимость получения металла. Поэтому необходимо изыскивать и применять наиболее дешевые и эффективные технологические процессы извлечения металлов из руд, старых и вновь образующихся отвалов горно-обогатительных металлургических предприятий. К таким методам относятся гидрометаллургические и особенно бактериально–химические.

Промышленные стоки ЗИФ представляют собой сложную систему содержащую широкий ассортимент токсичных компонентов, включающие простые цианиды и комплексные цианистые соединения различных металлов (меди, цинка, серебра, золота и др.), тиоцианаты и др. соотношение Т:Ж в хвостовых стоках составляет 1:1-2.5, а pH колеблется в интервале от 8.0 до 11.0, концентрация цианидов – от 200 до 600 мг/л.

Следует отметить, что численность бактерий находится в обратной зависимости от концентрации цианидов: чем больше цианидов (Маржанбулакская ЗИФ и НГМК), тем меньше микроорганизмов. После хлорирования сбросов, микроорганизмы практически отсутствовали во всех исследованных образцах стоков ЗИФ ПО «Узбекзолото». Из свежих промышленных цианистых стоков различных ЗИФ было выделено 28 культур, которые обладали способностью, расти за счёт использования углерода и азота цианидов. Наиболее активным разрушителем является *B. cereus*, с которым были проведены дальнейшие исследования по подбору различных питательных сред на основе отходов производства.

### Экспериментальная часть.

С целью интенсификации процессов биодеструкции цианидов были испытаны различные питательные добавки: мясной бульон, белкозин М, отвары хлопкового шрота и рисовой шелухи. Активную биодеструкцию цианидов наблюдали на средах с белкозином М и рисовой шелухой. При этом снижение цианидов в среде сопровождалось уменьшением содержания некоторых аминокислот и возрастанием количества лизина и метионина, что подтверждает имеющиеся в литературе сведения о взаимосвязи биодеструкции цианидов с биосинтезом ферментов и аминокислот, составляющих систему детоксикации цианидов.

На основании этих исследований были проведены эксперименты по биодеструкции цианидов и одновременному выщелачиванию золота из твёрдой фазы части пульпы, которые показали, что извлечение золота достигает 78-84%, серебра 43-52%, биодеструкция цианидов 95-98%.

Для извлечения благородных металлов из сточных сбросовых вод ЗИФ, концентрация которых в жидкой фазе цианистых стоков колеблется от 0.15 до 0.5 мг/л золота, и от 0.6 до 4.2 мг/л серебра, были проведены исследования по биосорбции серебра и золота различными микроорганизмами, определению оптимальных условий для максимального извлечения металлов и подбору дешёвых биосорбентов для доизвлечения золота и серебра из цианистых стоков ЗИФ.

Были подобраны оптимальные параметры процесса биосорбции: кинетика, возраст культуры, рН, температура. Для этих целей были отобраны следующие культуры: из микроскопических грибов – *Aspergillus niger* 9- АХЛ, из актиномицетов – *Streptomyces atratus* УзГИТ-1, среди дрожжей – *Sacharomyces cerevisiae* ХМ-2; из бактерий – *Bacillus subtilis* –ОП-104 и из числа микроводорослей – *Chlorella vulgaris* ШБ-14.

Для определения влияния времени контакта биомассы с раствором серебра на процесс сорбции, опыты проводили в течение 5, 15, 30 и 60 мин. Результаты исследований показали, что уже за первые 5 минут контакта происходит активное и практически полное поглощение серебра биомассой всех исследованных культур, что позволило проводить дальнейшие эксперименты по биосорбции в течение 15 минут контакта биосорбента с раствором серебра.

Установлено, что клетки микроорганизмов активно сорбируют серебро в широком диапазоне рН от 2 до 9. Причём оптимальным значением рН для связывания серебра дрожжами *S. cerevisiae* оказалась рН 3-4, для *B. subtilis* –4-5, для *Ch. vulgaris* –6-9, *A. niger* и *St. atratus* –5-8. Аналогичные данные были получены при исследовании и других видов грибов, дрожжей актиномицетов, бактерий и микроводорослей.

Изучали также влияние температуры, исходной концентрации серебра в растворе и исходного количества биомассы на сорбцию металла микроорганизмами. Оказалось, что с повышением температуры от 20° до 80°С увеличивается и процент сорбции серебра. При повышении концентрации металла в растворе, увеличивается и сорбционная ёмкость микроорганизмов, 100%-ое связывание серебра из раствора с концентрацией 50 мг/л наблюдается при внесении биомассы *A. niger* –437 мг, *B. Subtilis*–184 мг, *Ch. Vulgaris* – 115 мг, *S. cerevisiae* –347 мг, *St. atratus* – 280 мг.

Наиболее активные сорбенты были использованы для сорбции золота и серебра из цианистых сточных вод ЗИФ. Данные обобщены в табл.1. На основании проведённых исследований наиболее активными и экономически выгодными сорбентами являются *Ch. Vulgaris* и хлопковый шрот, которые рекомендуются для практического использования.

Таблица 1. Сорбция золота и серебра из сточных вод ЗИФ активными сорбентами

№	Наименование сорбента	Сорбция Au		Сорбция Ag	
		%	ёмкость,%	%	ёмкость,%
1	<i>Ch.vulgaris</i>	82-92	41	85-94	171
2	<i>S.cerevisiae</i>	78-85	39	82-88	168
3	<i>B.subtilis</i>	77-83	38	80-85	162
4	<i>A.niger</i>	64-78	32	77-83	159
5	<i>St.atratus</i>	72-80	36	79-90	169
6	Хлопковый шрот	82-85	40	85-92	170
7	Отходы производства неомидина	85-92	42	88-95	181

Таким образом, при переработке промышленных сточных вод, совмещая в процессах биодеструкции выщелачивание золота, непосредственно в технологических растворах и биосорбцию золота и серебра в осветленных растворах, можно создать технологическую схему, обеспечивающую с одной стороны – обеззараживание стоков, с другой – доизвлечение драгоценных металлов из промышленных сбросов.

### Список литературы / References

1. *Полькин С.И., Адамов, Э.В., Панин И.В.* «Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов». Учебное пособие. Москва, 1982.
2. *Адамов Э.В.* «Биотехнология полезных ископаемых». Москва, 1989.
3. *Адамов Э.В.* «Биотехнология металлов». Курс лекций. Москва, 2000.
4. *Полькин С.С.* «Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов. Учебник. Москва: «Недра». 1987.
5. Промышленная микробиология. Под редакцией проф. Н.С. Егорова, 1989. Москва.