



**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И  
БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПЕРЕРАБОТКИ РУДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ЗОЛОТА  
И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Г.В.Седельникова, Е.Е.Савари, Д.Х.Ким*





## БАКТЕРИАЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ

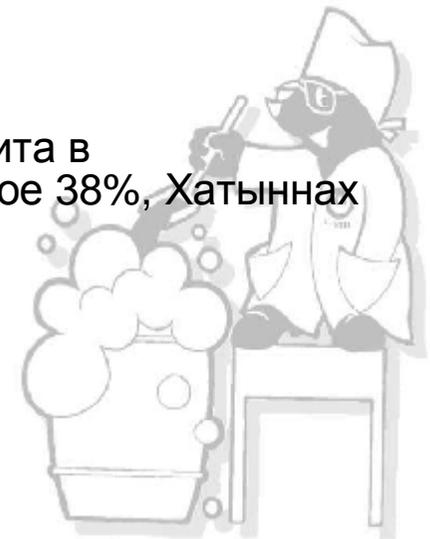
- **Чановое бактериальное выщелачивание упорных золотосодержащих руд и концентратов** (*20 промышленных предприятий*)
- **Кучное выщелачивание цветных металлов, в основном меди из окисленных руд** (*15 промышленных предприятий*)
- **Кучное и чановое бактериальное выщелачивание техногенного сырья благородных и цветных металлов** (*пиритные хвосты флотации медьсодержащих руд; шлаки медного производства и др. Ряд промышленных установок*)





## Состав упорных золотосульфидных концентратов исследованных в ЦНИГРИ

- **Количество месторождений** -12 (Майское, Нежданинское, Олимпиадинское, Пезинок, Албазино, Змеиное, Дrajное, Кутынское, Кючус, Попутнинское, Хатчан, Хатыннах)
- **Содержание золота** 10 –155 г/т
- **Извлечение золота цианированием не превышает** 10-60% (тонковкрапленное золото в арсенопирите и пирите)
- **Содержание сульфидной серы** 5 - 44%
- **Общее содержание сульфидов** 14 - 90%, в т.ч.
- **Содержание пирита** 6 - 78 % (наибольшее содержание пирита в концентратах месторождений Попутнинское 78%, Нежданинское 38%, Хатыннах 36% , Пезинок 34%, Майское 30%, Дrajное 27-44% )
- **Содержание арсенопирита** 3,7- 25%
- **Соотношение арсенопирит/пирит** от 1:1 до 1:7





## Ассоциация микроорганизмов

### Мезофильные бактерии:

- *Acidithiobacillus ferrooxidans*
- *Acidithiobacillus thiooxidans*
- *Leptospirillum ferrooxidans*

### Умеренно-термофильные бактерии:

- *Ferroplasma acidiphilum*
- *Sulfobacillus*





# Результаты бактериального окисления упорных золотосульфидных концентратов

Крупность измельчения концентратов - 90-97% -0,074  
мм

Продолжительность биоокисления - 80 -144 часа

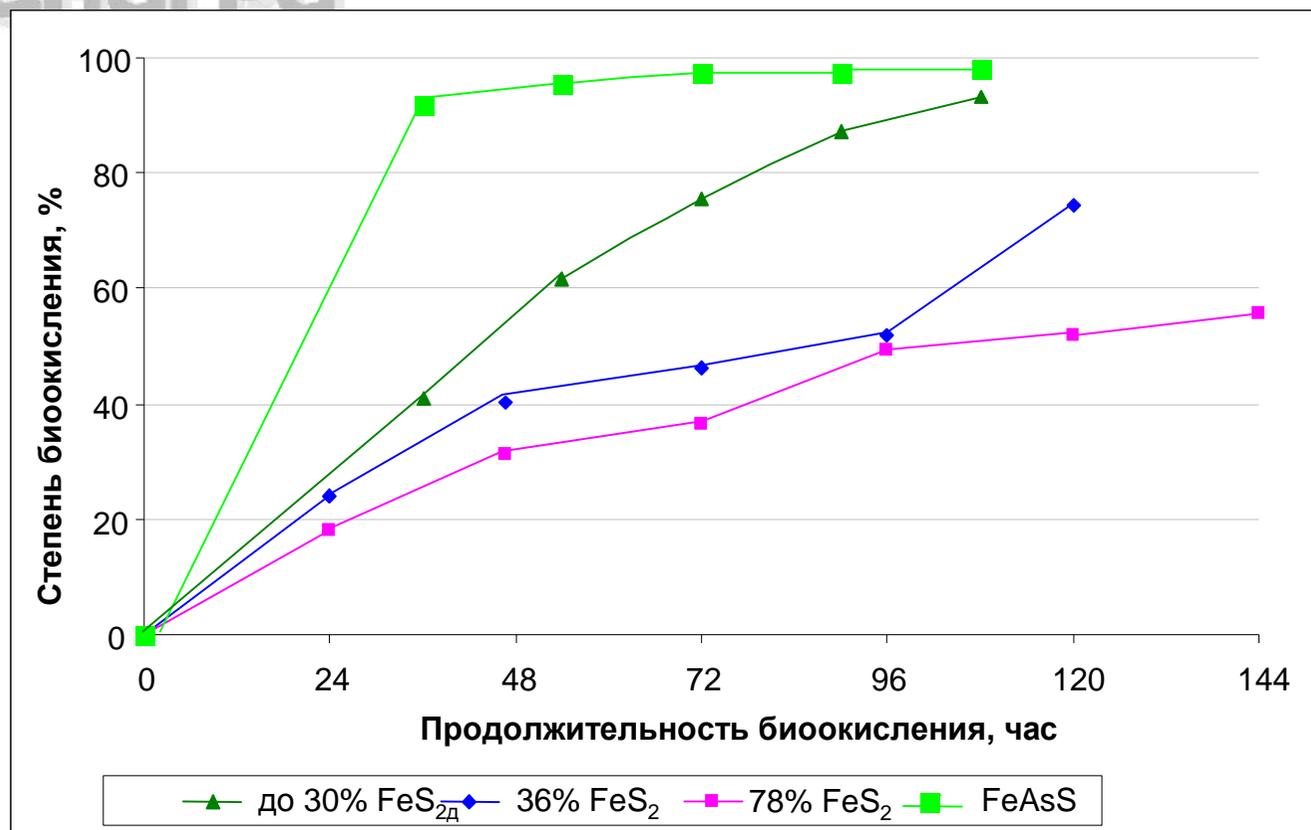
Степень окисления сульфидов:

- арсенопирита 91-99%;
- пирита 41-95% (Пезинок 41%, Попутнинское 55-65%,  
Нежданинское 66%, Хатыннах 50%)
- Извлечение золота цианированием остатков  
биоокисления 85-98%





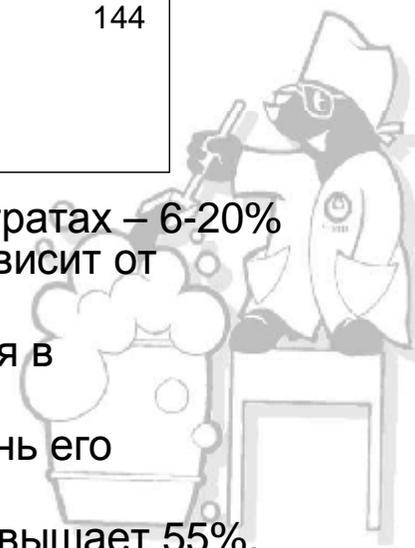
## Степень окисления арсенопирита и пирита в зависимости от содержания пирита в концентратах



В изученном диапазоне содержания арсенопирита в концентратах – 6-20% степень его окисления высока (96-99%) и практически не зависит от содержания пирита

Степень окисления пирита сильно зависит от его содержания в концентратах:

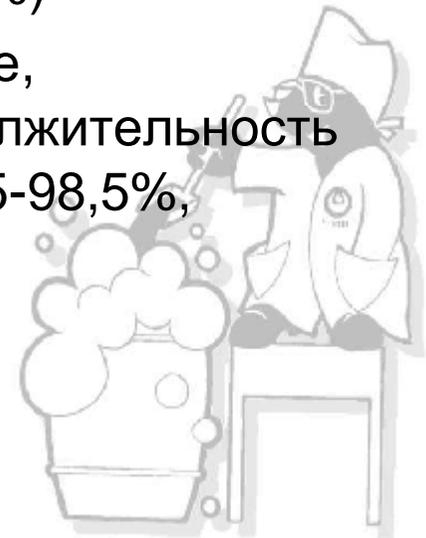
- при содержании пирита до 30% достигается высокая степень его окисления – 93,4%;
- при содержании пирита 78%, степень его окисления не превышает 55%.





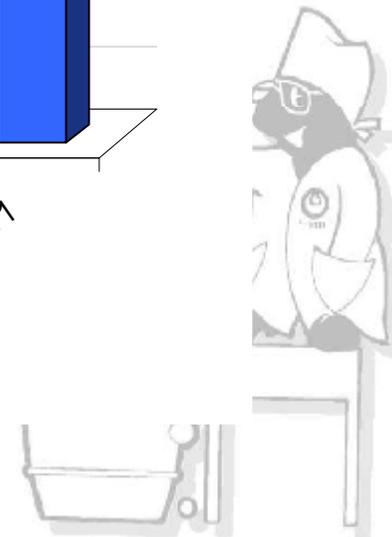
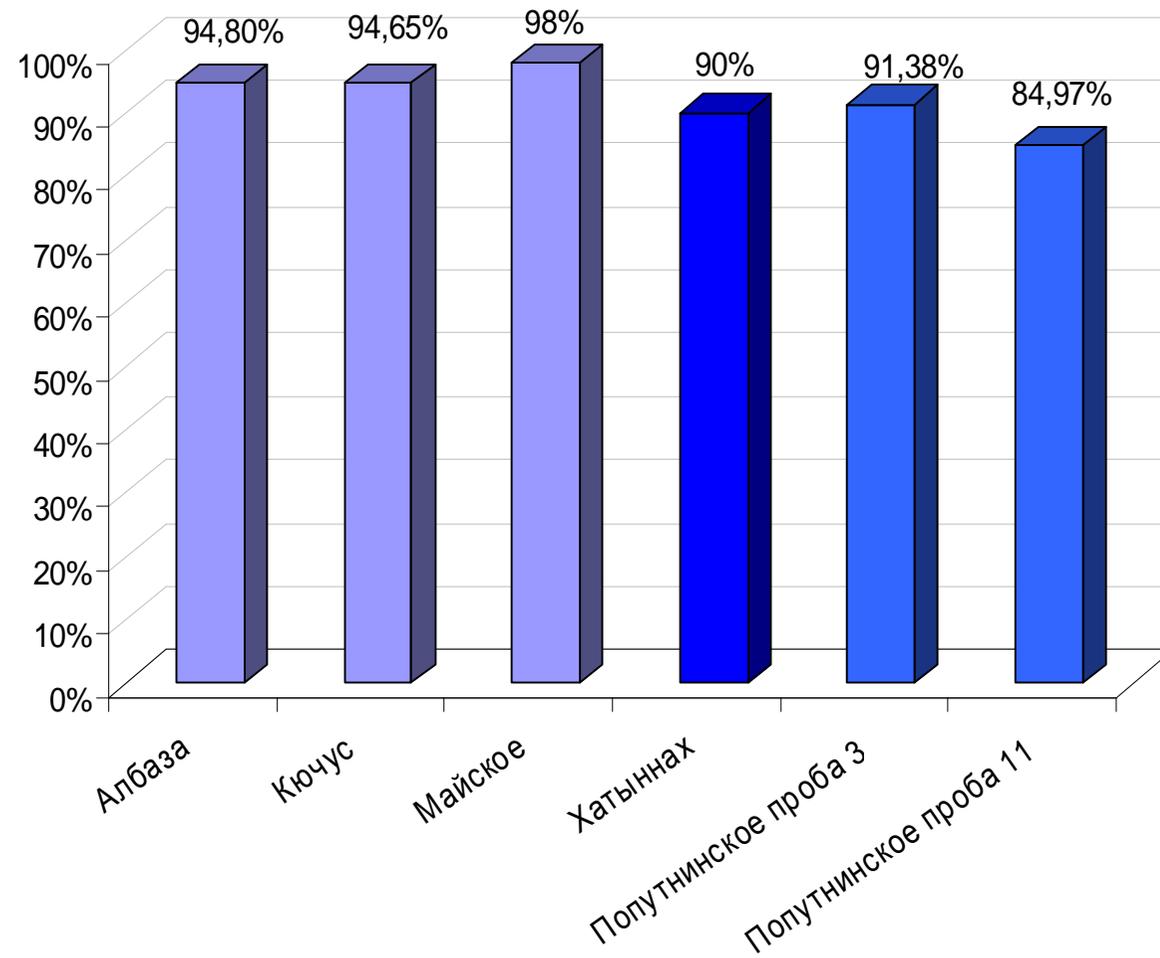
## Характеристика окисляемости концентратов и показатели их биогидрометаллургической переработки

- **Легкоокисляемые концентраты:** Албазино, Кутынское (продолжительность биоокисления **80-96 часов**, степень окисления арсенопирита 96-99%, пирита 79-95%, извлечение золота 97,5-98%)
- **Среднеокисляемые концентраты:** Майское, Змеиное, Дrajное, Кючус, Хатчан, Хатыннах (продолжительность биоокисления 96-120 часов, степень окисления арсенопирита 91-99%, пирита 55-93%, извлечение золота 91-98%)
- **Трудноокисляемые концентраты :** Попутнинское, Олимпиадинское, Нежданинское, Пезинок ( продолжительность **120-144 часа**, степень окисления арсенопирита 95-98,5%, пирита 60-66%, извлечение золота 91-96%)





## Извлечение золота из упорных золотосульфидных концентратов различного состава.





# Бактериальное кучное выщелачивание техногенных пиритных хвостов флотации полиметаллических руд ОАО «Святогор»

## Химический состав

Собщая - 19,75%

Сульфидн. - 17,05%

Сорг. - 0,05 %

As - 0,073%

Cu - 0,66%

Zn - 0,5%

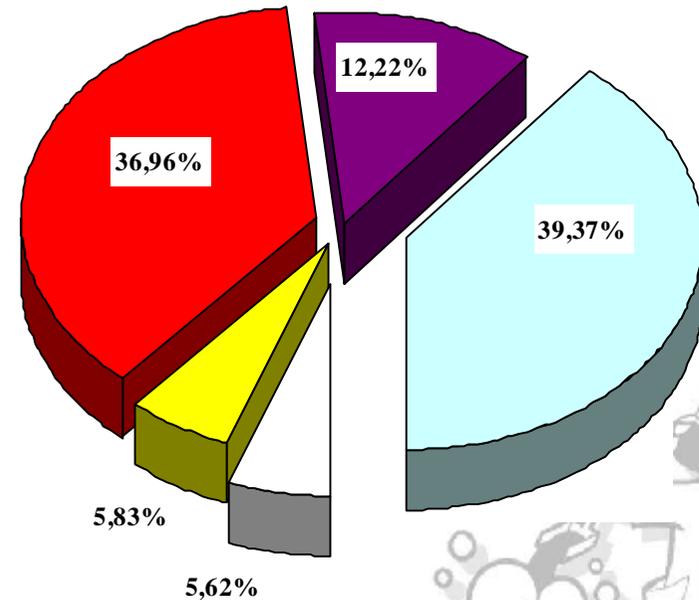
Pb - 0,11%

Au - 1,2-1,4г/т

Ag - 20-22г/т

Крупность - 48,5% кл. -0,074 мм

## Фазовый анализ золота



- Свободное (амальгируемое)
- В открытых сростках (цианируемое)
- В кислоторастворимых пленках
- Заключенное в сульфидах
- Заключенное в породообразующих минералах



## Характеристика окатышей и условия получения их при окомковании техногенных пиритных хвостов флотации

Параметры	Ед. изм.	Значение параметра
Средняя плотность, $\rho$	т/м <sup>3</sup>	2,43
Объемная масса окатышей (по сухому), $\gamma$	т/м <sup>3</sup>	1,19
Коэффициент разрыхления окатышей, $K_p$	ед.	2,04
Общая пористость окатышей, $\sigma$	%	51,03
Полная влагоемкость окатышей, $W_\sigma$	%	42,88
Коэффициент фильтрации окатышей, $K_\phi$	м/сутки	163

Состав шихты:

- хвосты обогащения полиметаллических руд - 70% (мас.);
- хвосты обогащения конвертерных шлаков – 25% (мас.);
- негашенная известь – 5% (мас.).

Прочностные свойства окатышей:

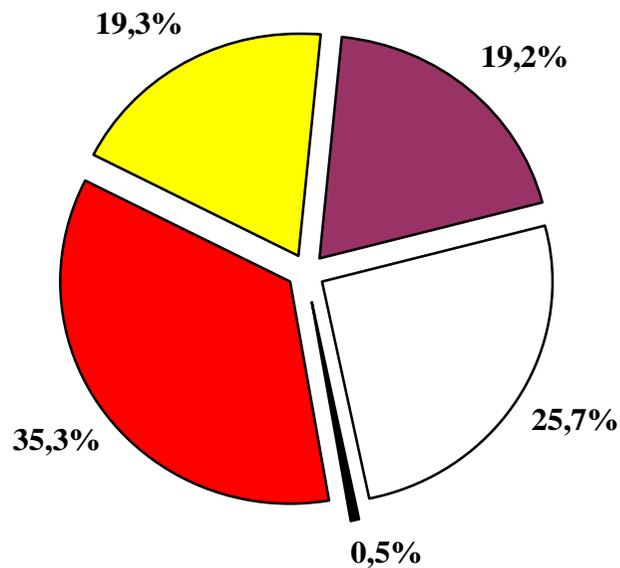
- пластические (сохранение формы при сбросе с высоты 2-3 м);
- прочностные (прочность после набора прочности) - > 5 МПа;
- стабильная механическая устойчивость в кислой среде (после замачивания 5%  $H_2SO_4$  в течение 7 суток).





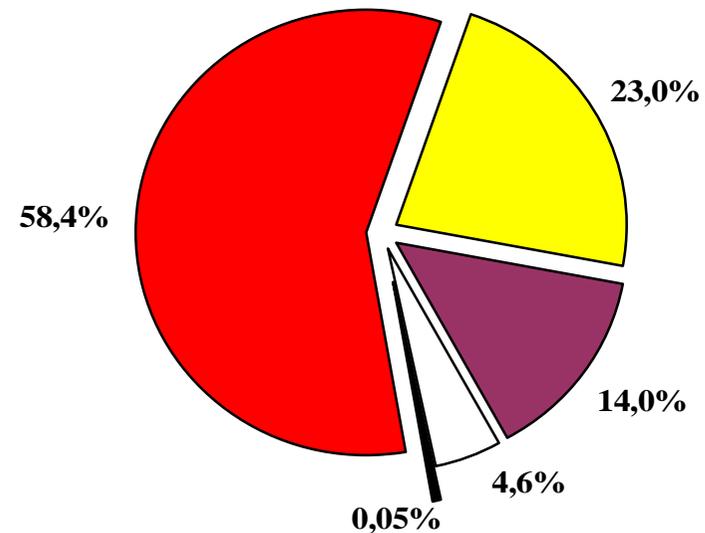
# Изменение состава ассоциации микроорганизмов в бактериальных растворах кучного бактериального выщелачивания окатышей

Исходный инокулят



■ A.ferrooxidans   ■ A.thiooxidans   ■ L.ferrooxidans  
□ F. Acidofillum   ■ Sulfobacillus

Бактериальный раствор



■ A.ferrooxidans   ■ A.thiooxidans   ■ L.ferrooxidans  
□ F. Acidofillum   ■ Sulfobacillus





# Внешний вид окатышей в процессе КБВ



Исходные окатыши



В верхнем слое  
перколятора  
после 60 суток



В нижнем слое  
перколятора  
после 60 суток



Исходные  
окатыши



После 60  
суток КБВ



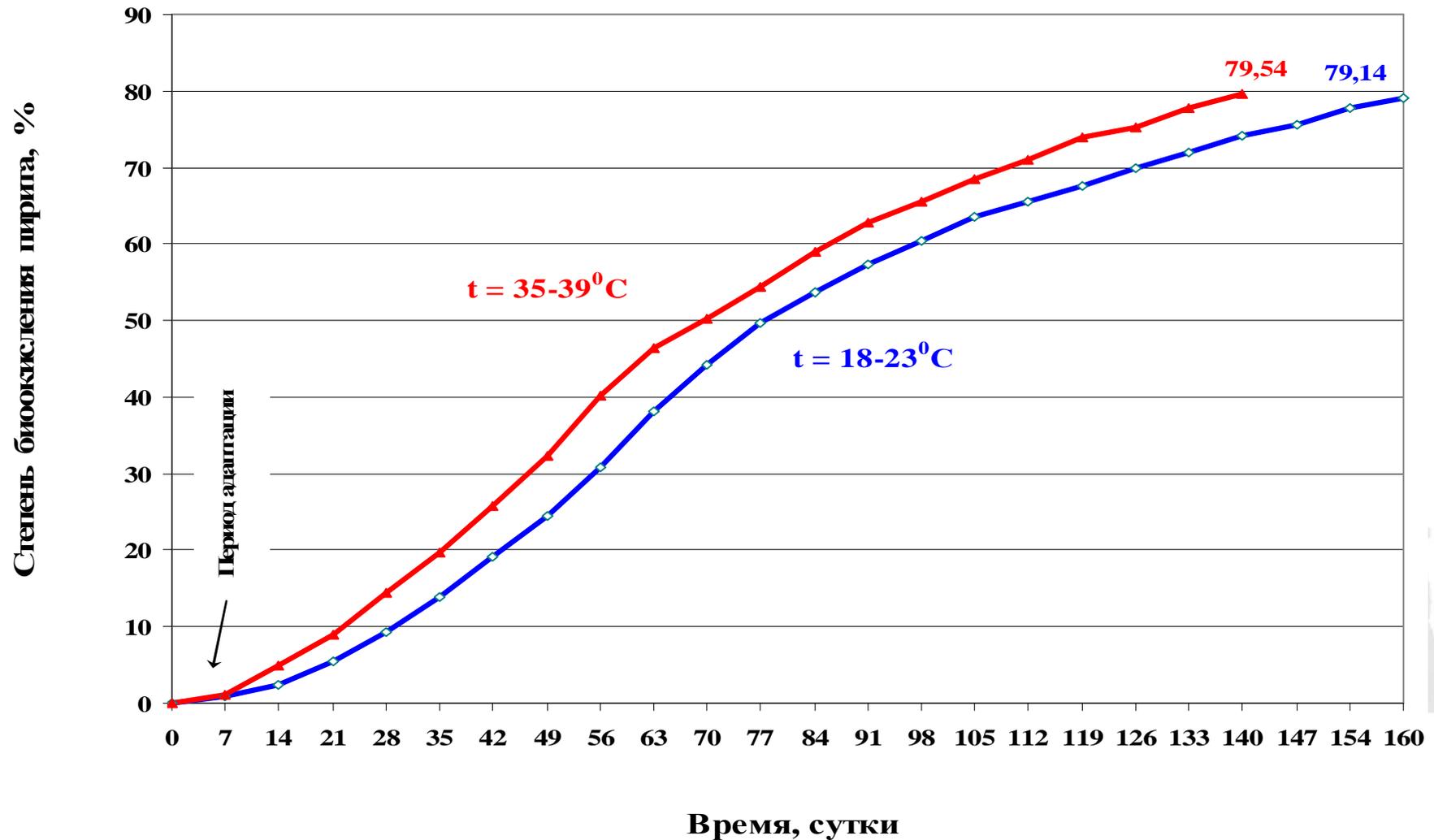
После 160  
суток КБВ

## Изменение цвета окатышей в процессе КБВ



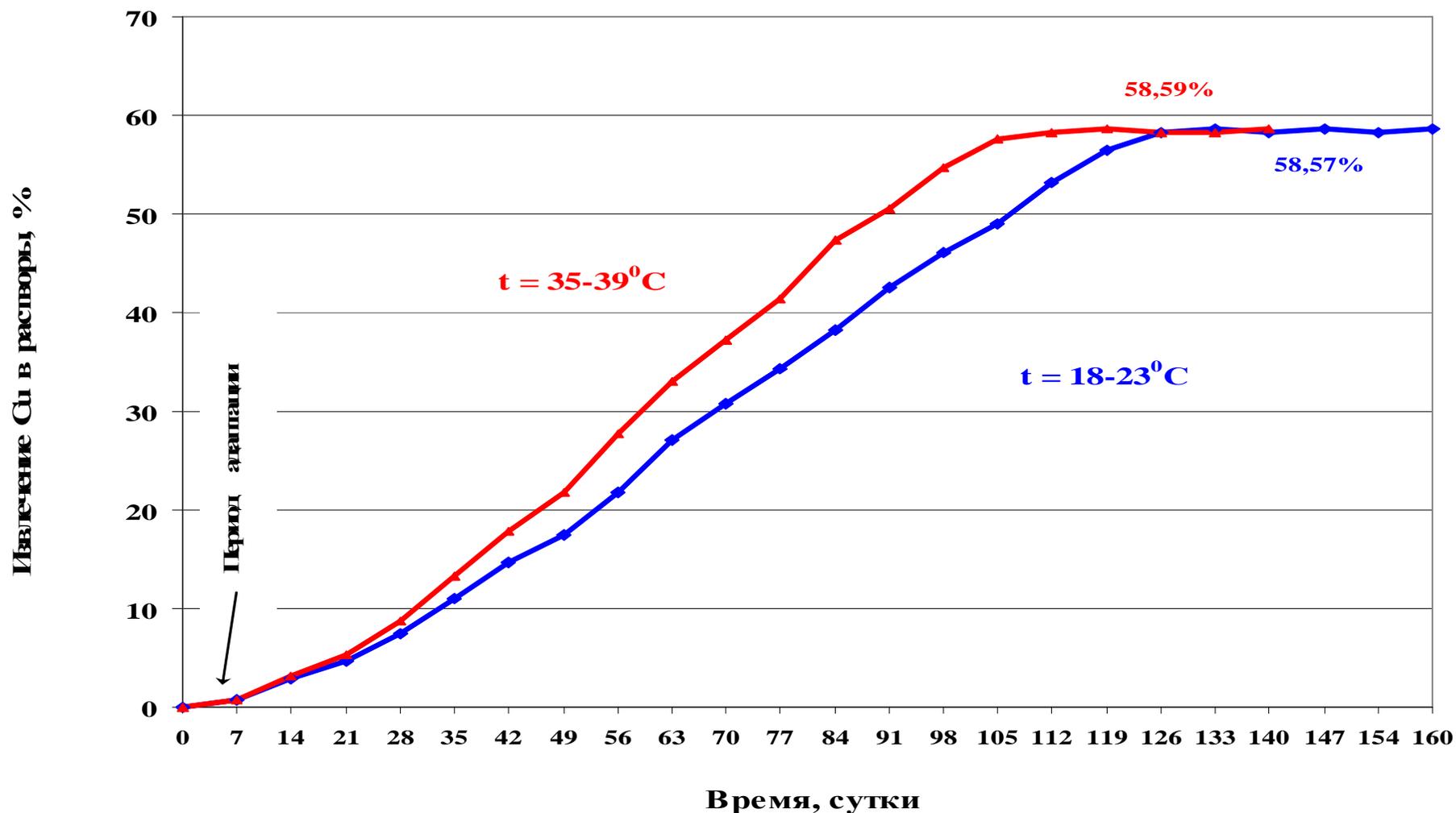


# Кинетика кучного бактериального выщелачивания пирита при различных температурных режимах



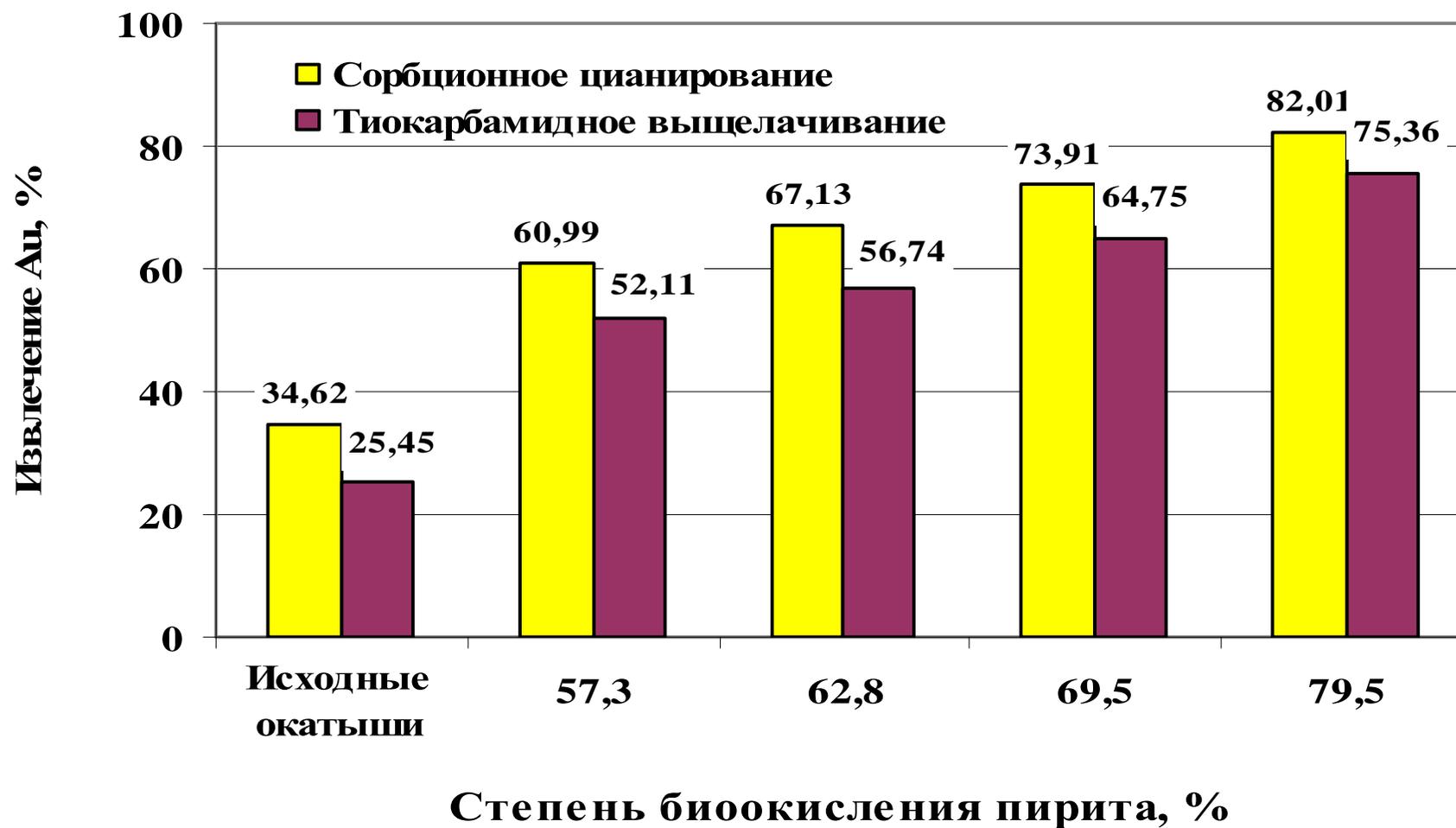


# Кинетика кучного бактериального выщелачивания медных минералов при различных температурных режимах

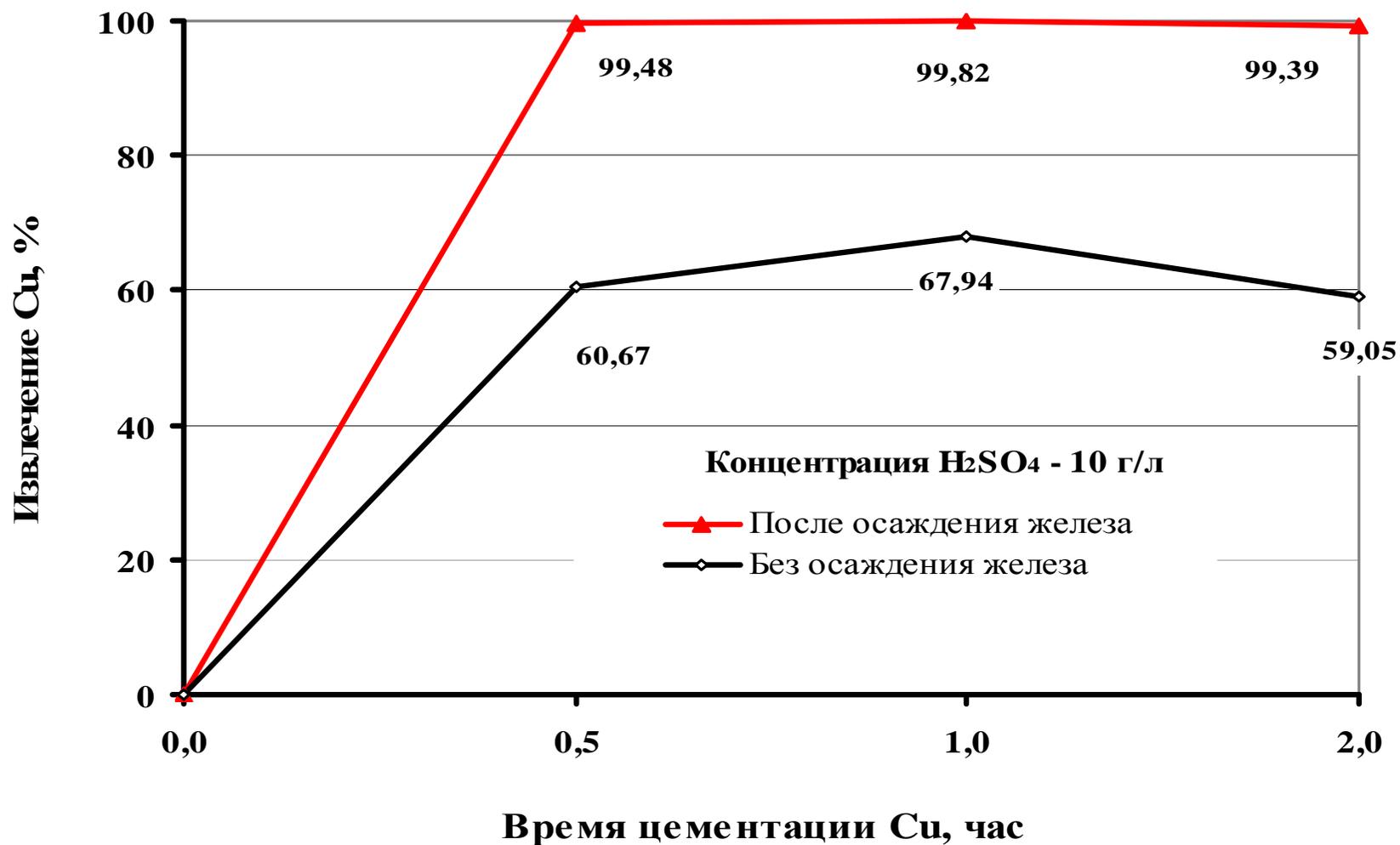




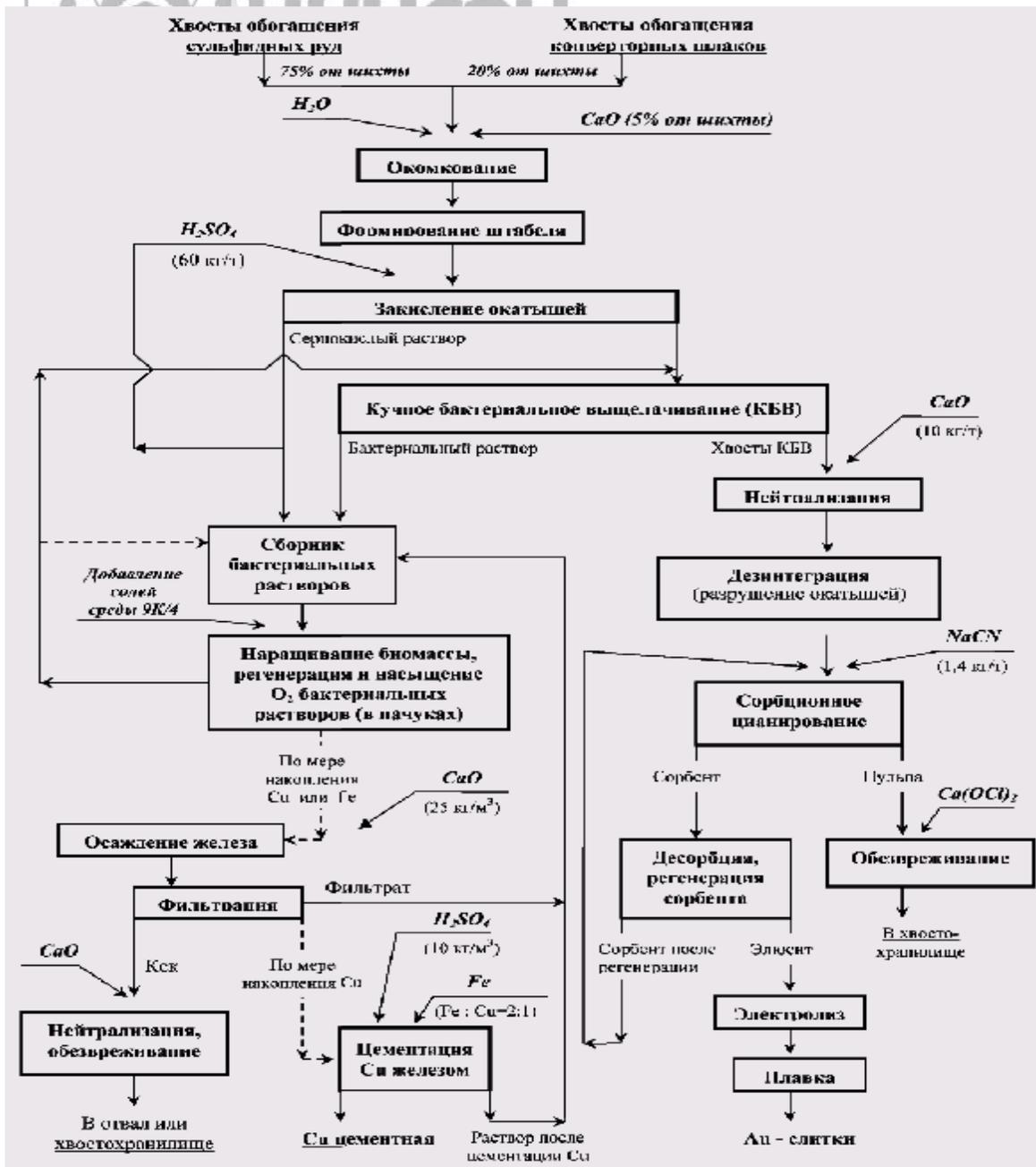
## Извлечение золота сорбционным цианированием и тиокарбамидным выщелачиванием из хвостов КБВ окатышей при различной степени окисления пирита



# Зависимость извлечения меди в цементную медь их бактериальных растворов от продолжительности цементации



## Технологическая схема переработки хвостов обогащения сульфидных полиметаллических руд с использованием метода кучного бактериального



Технологическая схема включает следующие основные переделы:

- окомкование исходного материала и формирование штабеля;
- закисление окатышей для создания благоприятных условий для бактерий;
- кучное биоокисление окатышей;
- сорбционное цианирование хвостов кучного бактериального биоокисления;
- цементация меди железом с предварительным осаждением ионов железа из бактериальных растворов;
- электролиз элюентов и плавка катодных осадков с получением золотых слитков (сплав Доре);
- узел обезвреживания цианистых растворов и продуктов кучного бактериального выщелачивания.

Технологические показатели:

- извлечение Au на смолу -81,97%
- извлечение Си в цементную медь – 56,81%.

**Выщелачивание цветных металлов из техногенных  
хвостов флотации конвертерных шлаков ОАО  
«Святогор» с применением сульфата  $Fe^{3+}$ , полученного  
при бактериальном окислении  $Fe^{2+}$**

**Химический состав хвостов флотации шлаков**

<b>Элементы и соединения</b>	<b>Содержание, %</b>	<b>Элементы и соединения</b>	<b>Содержание, %</b>
<b><math>SiO_2</math></b>	<b>20,1</b>	<b><math>S_{общ}</math></b>	<b>1,31</b>
<b><math>Fe_{общ}</math></b>	<b>44,96</b>	<b>Сульфид</b>	<b>1,16</b>
<b>Ca</b>	<b>3,1</b>	<b>Cu</b>	<b>0,67</b>
<b>Mg</b>	<b>1,28</b>	<b>Zn</b>	<b>4,99</b>
<b>Сорг</b>	<b>0,05</b>	<b>Au , г/т</b>	<b>0,082</b>



## Фазовый анализ хвостов флотации шлаков

Медь

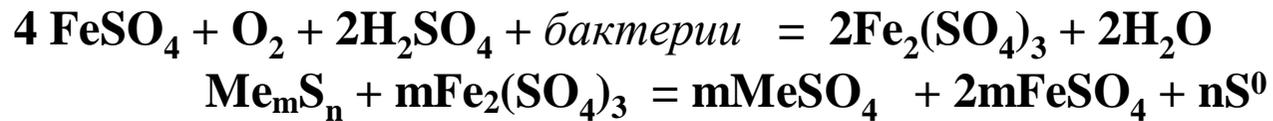
Минералы меди	Содержание, %	Распределение, %
Окисленные соединения	0,36	58,1
Самородная медь	0,1	15,42
Вторичные соединения	0,11	18,8
Халькопирит	0,05	8,4
Итого: шлак	0,62	100,0

Цинк

Минералы цинка	Содержание, %	Распределение, %
Сульфаты и карбонаты	0,11	2,21
Окиси, силикаты	1,88	37,37
Сфалерит	0,08	1,55
Ферриты	2,95	58,87
Итого: шлак	5,02	100,0



# Выщелачивание цветных металлов из техногенных шлаков ОАО «Святогор» с применением сульфата $\text{Fe}^{3+}$ , полученного при бактериальном окислении $\text{Fe}^{2+}$

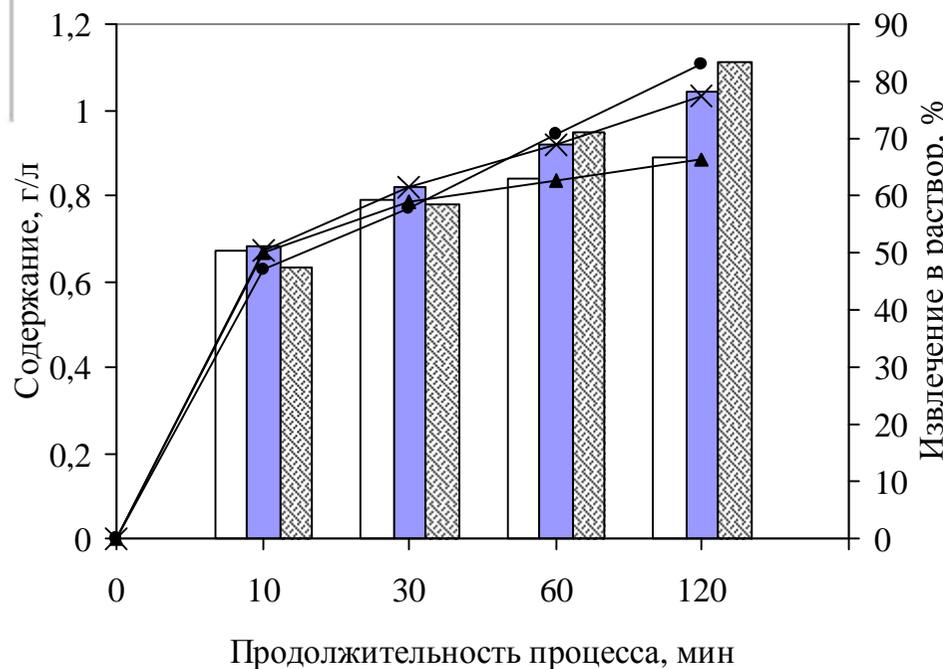


Исследовано влияние и определены оптимальные параметры процесса выщелачивания цветных металлов:

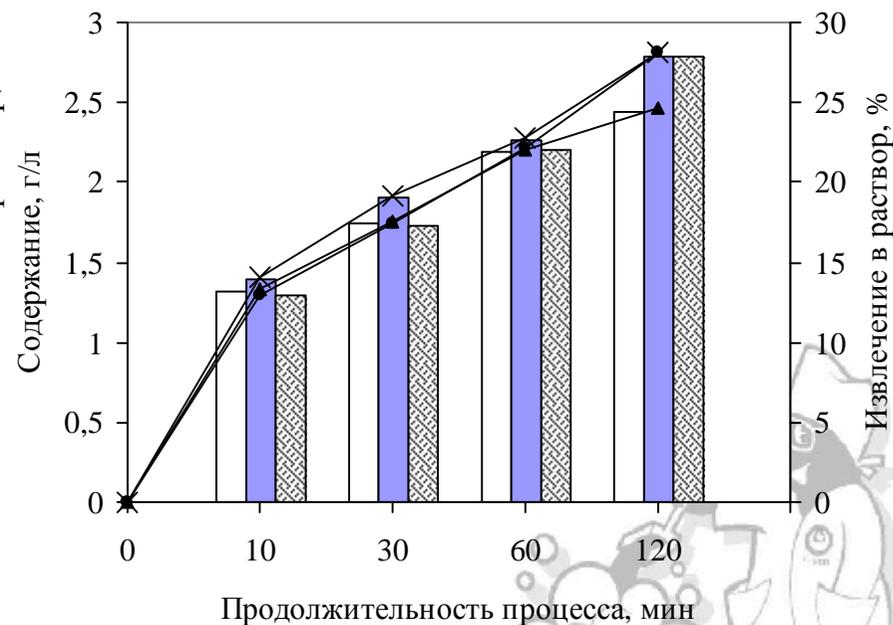
- температура;
- pH;
- Т:Ж;
- продолжительность;
- концентрация выщелачивающего раствора;
- регенерация выщелачивающего раствора с помощью бактерий и оборот раствора



# Влияние концентрации биологически полученного $\text{Fe}^{3+}$ на выщелачивание хвостов флотации конвертерных шлаков



1     2     3  
 1     2     3  
**Медь**

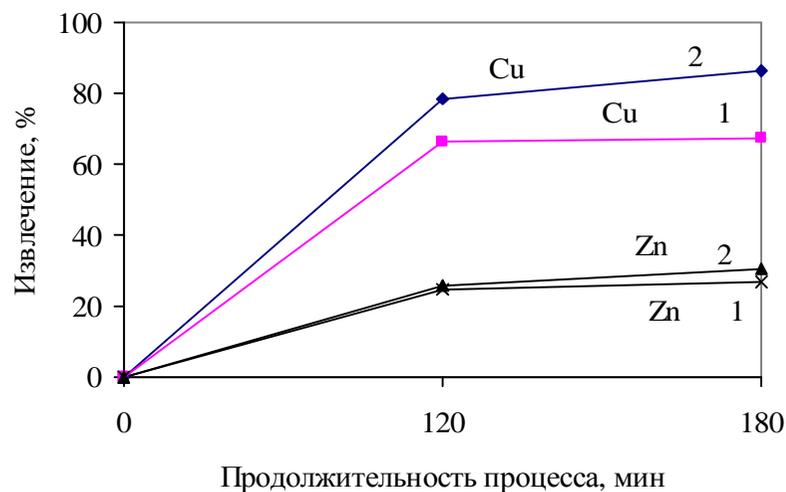


1     2     3  
 1     2     3  
**Цинк**

Извлечение цветных металлов при различной исходной концентрации  $\text{Fe}^{3+}$ : 1 –  $C_{\text{Fe}^{3+}}=20$  г/л, 2 –  $C_{\text{Fe}^{3+}}=25$  г/л, 3 –  $C_{\text{Fe}^{3+}}=30$  г/л



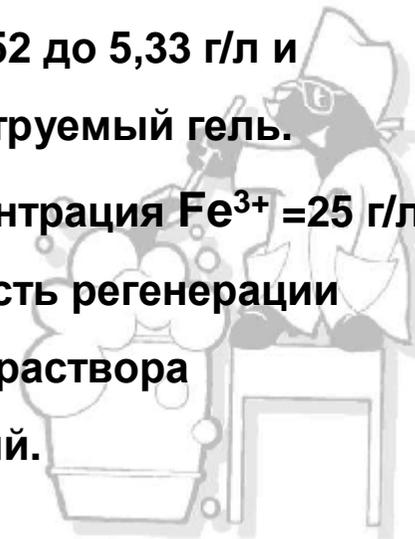
# Влияние продолжительности выщелачивания хвостов флотации шлаков на извлечение меди и цинка



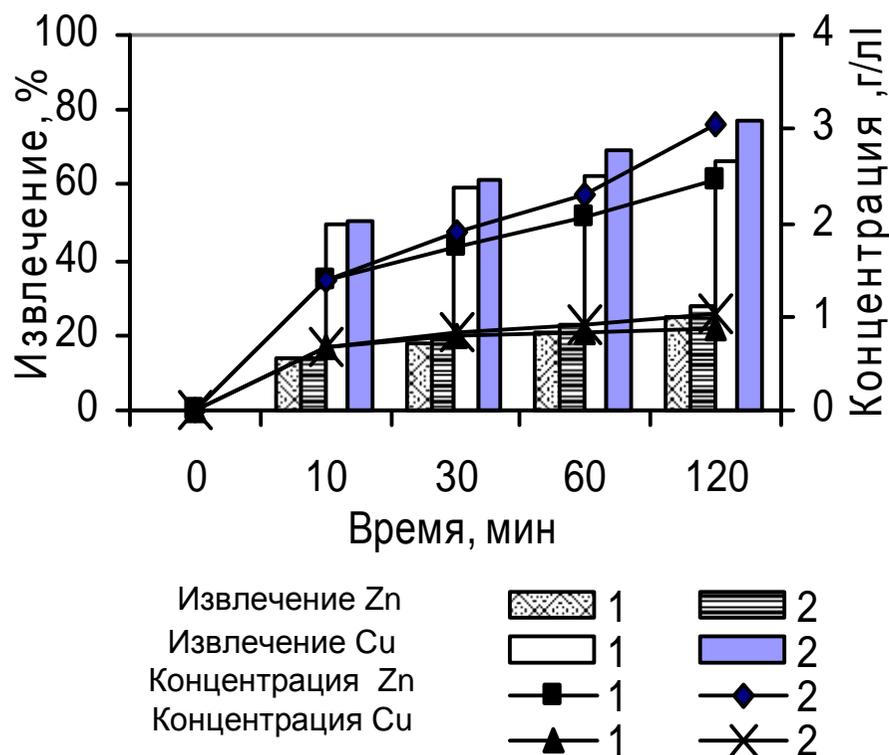
1 – исходная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 20 г/л,  
2 – исходная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 25 г/л

При увеличении продолжительности выщелачивания со 120 до 180 минут повышается извлечение металлов: меди - с 78,36 до 86,57%, цинка - с 25,71 до 30,54%, но при этом концентрация кремния в растворе увеличивается с 4,52 до 5,33 г/л и образуется нефилтруемый гель.

Оптимальная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 25 г/л  
Показана возможность регенерации выщелачивающего раствора с помощью бактерий.

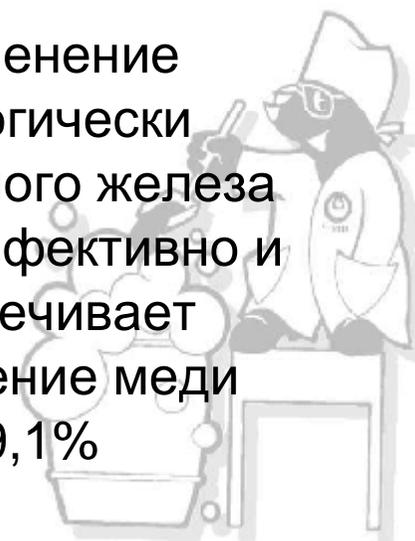


# Выщелачивание хвостов обогащения конвертерных шлаков химически растворенным железом с концентрацией 20 (1) и 25 (2) г/л



Извлечение меди составляет 76.4% при использовании концентрации железа 25 г/л.

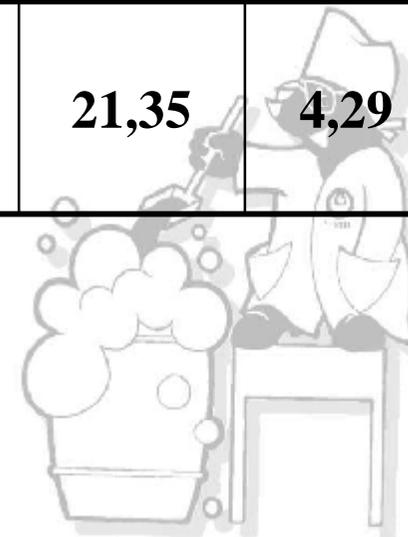
Применение биологически полученного железа более эффективно и обеспечивает извлечение меди 79,1%





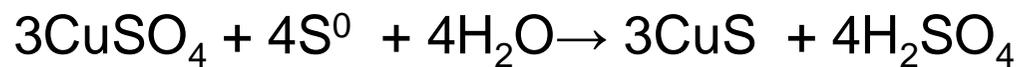
## Состав продуктивного раствора выщелачивания хвостов флотации шлаков

Наименование	рН	Содержание, г/л					
		Cu	Zn	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	ΣFe	Si
Продуктивный раствор	1,8-1,9	1,06	2,69	2,8	18,55	21,35	4,29





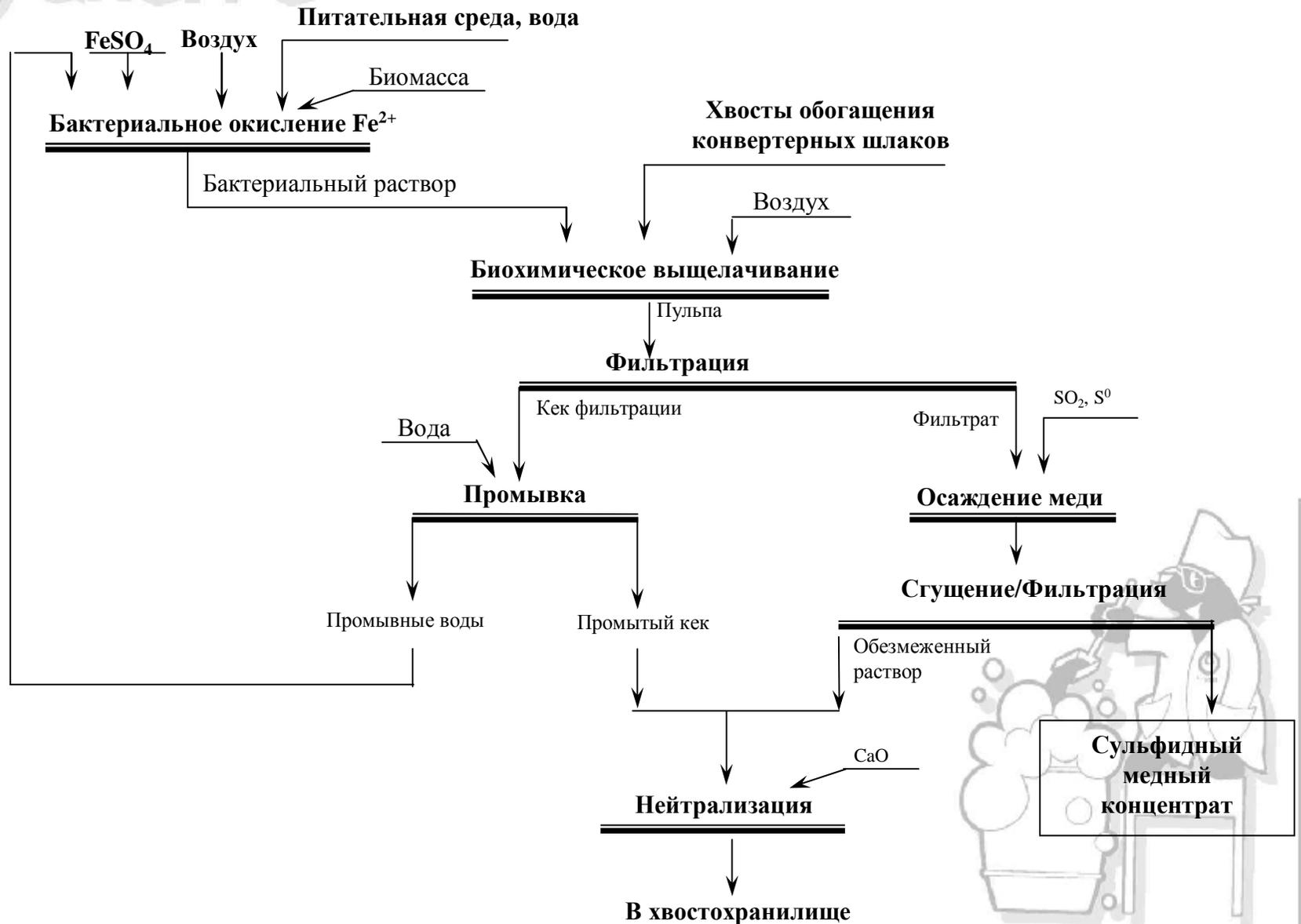
## Извлечение меди из продуктивного раствора



Температура, С°	Состав концентратов, %			Извлечение меди в концентрат, %
	Cu	Zn	Fe	
70-75	16,57	0,073	0,27	97,5
80-85	22,57	0,033	0,06	98,2
90-95	23,2	0,027	0,022	99,7



# Технологическая схема переработки хвостов флотации конвертерных шлаков





***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ***





**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И  
БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПЕРЕРАБОТКИ РУДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ЗОЛОТА  
И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*Г.В.Седельникова, Е.Е.Савари, Д.Х.Ким*





## БАКТЕРИАЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ

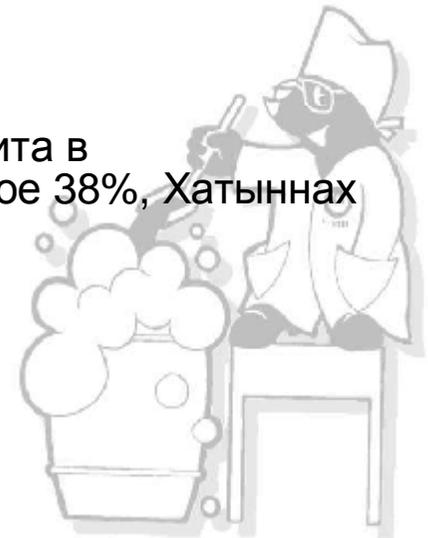
- **Чановое бактериальное выщелачивание упорных золотосодержащих руд и концентратов** (*20 промышленных предприятий*)
- **Кучное выщелачивание цветных металлов, в основном меди из окисленных руд** (*15 промышленных предприятий*)
- **Кучное и чановое бактериальное выщелачивание техногенного сырья благородных и цветных металлов** (*пиритные хвосты флотации медьсодержащих руд; шлаки медного производства и др. Ряд промышленных установок*)





# Состав упорных золотосульфидных концентратов исследованных в ЦНИГРИ

- **Количество месторождений** -12 (Майское, Нежданинское, Олимпиадинское, Пезинок, Албазино, Змеиное, Дrajное, Кутынское, Кючус, Попутнинское, Хатчан, Хатыннах)
- **Содержание золота** 10 –155 г/т
- **Извлечение золота цианированием не превышает** 10-60% (тонковкрапленное золото в арсенопирите и пирите)
- **Содержание сульфидной серы** 5 - 44%
- **Общее содержание сульфидов** 14 - 90%, в т.ч.
- **Содержание пирита** 6 - 78 % (наибольшее содержание пирита в концентратах месторождений Попутнинское 78%, Нежданинское 38%, Хатыннах 36% , Пезинок 34%, Майское 30%, Дrajное 27-44% )
- **Содержание арсенопирита** 3,7- 25%
- **Соотношение арсенопирит/пирит** от 1:1 до 1:7





## Ассоциация микроорганизмов

### Мезофильные бактерии:

- *Acidithiobacillus ferrooxidans*
- *Acidithiobacillus thiooxidans*
- *Leptospirillum ferrooxidans*

### Умеренно-термофильные бактерии:

- *Ferroplasma acidiphilum*
- *Sulfobacillus*





# Результаты бактериального окисления упорных золотосульфидных концентратов

Крупность измельчения концентратов - 90-97% -0,074  
мм

Продолжительность биоокисления - 80 -144 часа

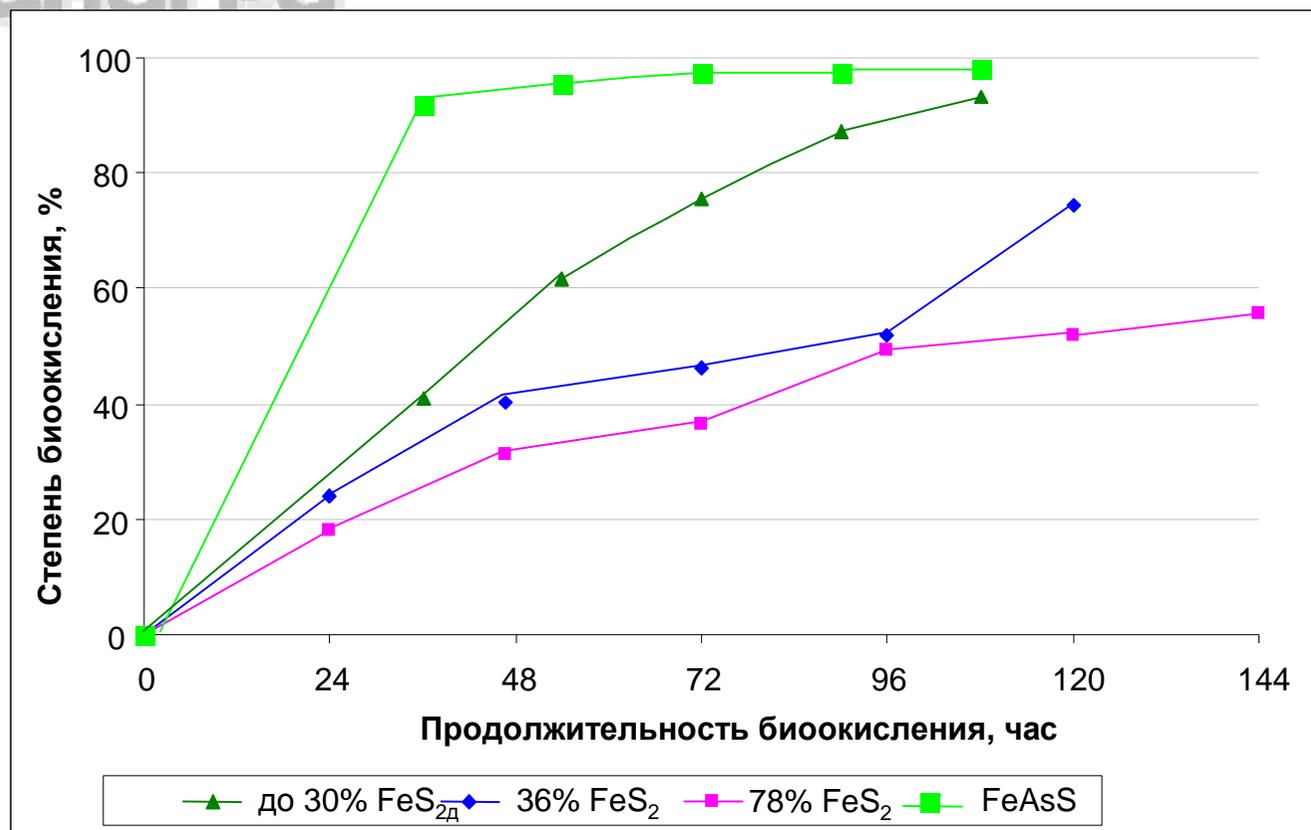
Степень окисления сульфидов:

- арсенопирита 91-99%;
- пирита 41-95% (Пезинок 41%, Попутнинское 55-65%,  
Нежданинское 66%, Хатыннах 50%
- Извлечение золота цианированием остатков  
биоокисления 85-98%





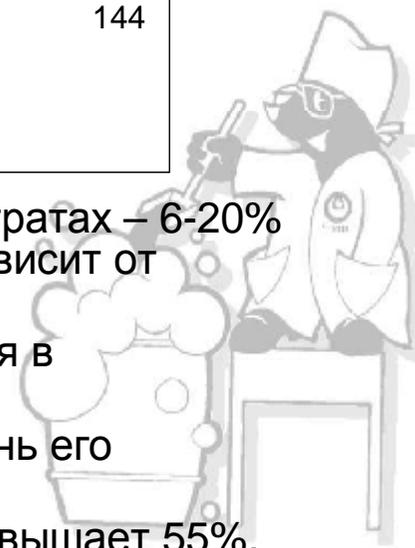
## Степень окисления арсенопирита и пирита в зависимости от содержания пирита в концентратах



В изученном диапазоне содержания арсенопирита в концентратах – 6-20% степень его окисления высока (96-99%) и практически не зависит от содержания пирита

Степень окисления пирита сильно зависит от его содержания в концентратах:

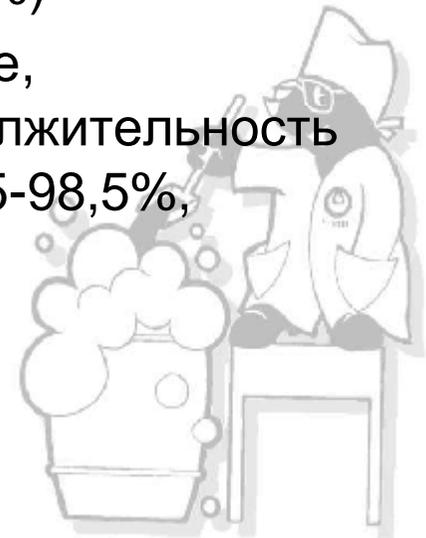
- при содержании пирита до 30% достигается высокая степень его окисления – 93,4%;
- при содержании пирита 78%, степень его окисления не превышает 55%.





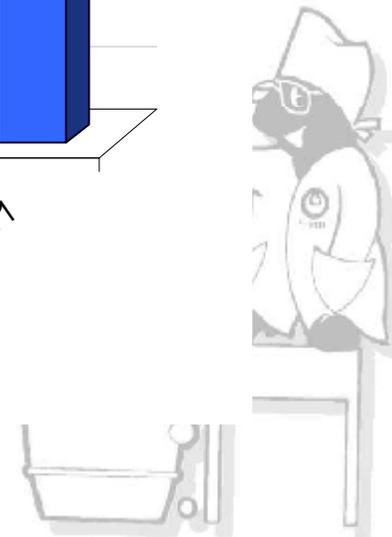
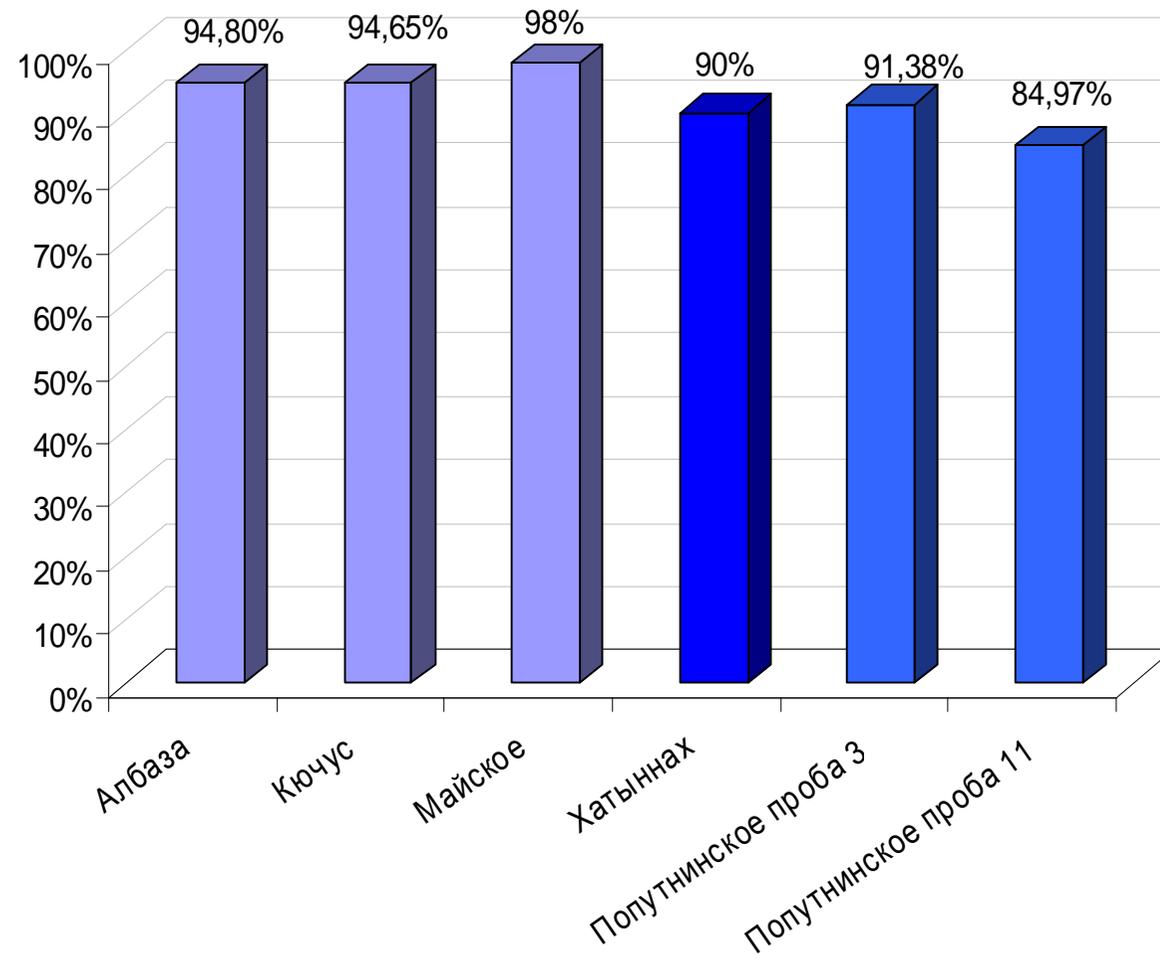
## Характеристика окисляемости концентратов и показатели их биогидрометаллургической переработки

- **Легкоокисляемые концентраты:** Албазино, Кутынское (продолжительность биоокисления **80-96 часов**, степень окисления арсенопирита 96-99%, пирита 79-95%, извлечение золота 97,5-98%)
- **Среднеокисляемые концентраты:** Майское, Змеиное, Дrajное, Кючус, Хатчан, Хатыннах (продолжительность биоокисления 96-120 часов, степень окисления арсенопирита 91-99%, пирита 55-93%, извлечение золота 91-98%)
- **Трудноокисляемые концентраты :** Попутнинское, Олимпиадинское, Нежданинское, Пезинок ( продолжительность **120-144 часа**, степень окисления арсенопирита 95-98,5%, пирита 60-66%, извлечение золота 91-96%)





## Извлечение золота из упорных золотосульфидных концентратов различного состава.





# Бактериальное кучное выщелачивание техногенных пиритных хвостов флотации полиметаллических руд ОАО «Святогор»

## Химический состав

Собщая - 19,75%

Сульфидн. - 17,05%

Сорг. - 0,05 %

As - 0,073%

Cu - 0,66%

Zn - 0,5%

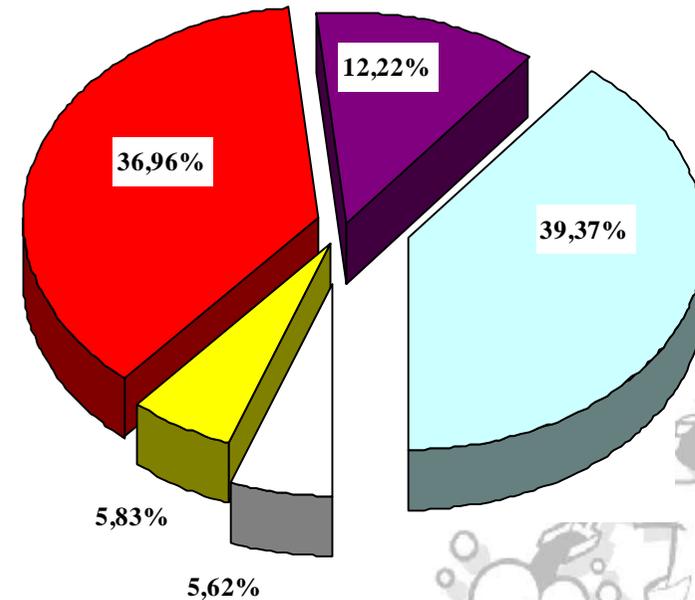
Pb - 0,11%

Au - 1,2-1,4г/т

Ag - 20-22г/т

Крупность - 48,5% кл. -0,074 мм

## Фазовый анализ золота



- Свободное (амальгируемое)
- В открытых сростках (цианируемое)
- В кислоторастворимых пленках
- Заключенное в сульфидах
- Заключенное в породообразующих минералах



## Характеристика окатышей и условия получения их при окомковании техногенных пиритных хвостов флотации

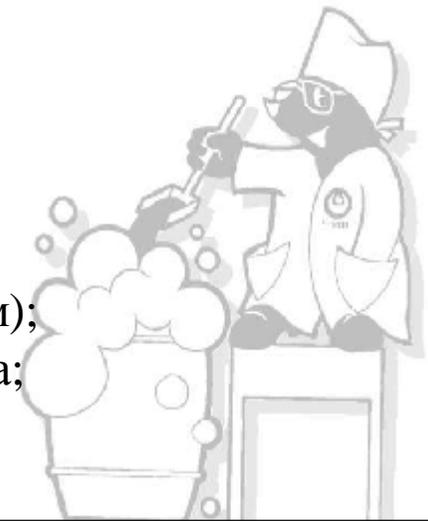
Параметры	Ед. изм.	Значение параметра
Средняя плотность, $\rho$	т/м <sup>3</sup>	2,43
Объемная масса окатышей (по сухому), $\gamma$	т/м <sup>3</sup>	1,19
Коэффициент разрыхления окатышей, $K_p$	ед.	2,04
Общая пористость окатышей, $\sigma$	%	51,03
Полная влагоемкость окатышей, $W_\sigma$	%	42,88
Коэффициент фильтрации окатышей, $K_\phi$	м/сутки	163

Состав шихты:

- хвосты обогащения полиметаллических руд - 70% (мас.);
- хвосты обогащения конвертерных шлаков – 25% (мас.);
- негашенная известь – 5% (мас.).

Прочностные свойства окатышей:

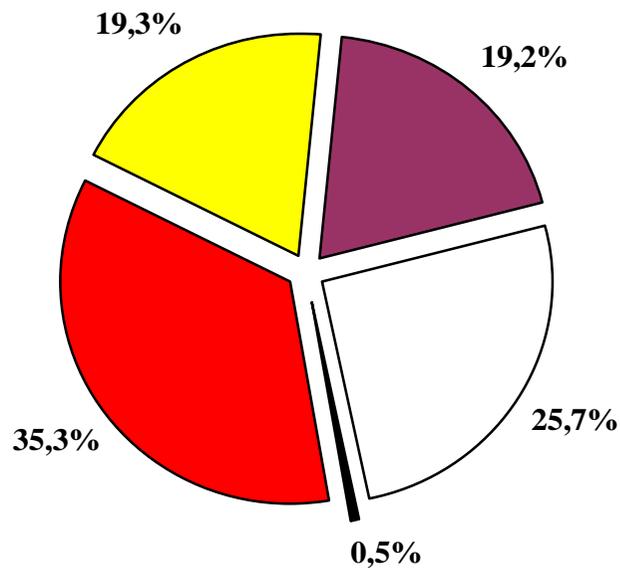
- пластические (сохранение формы при сбросе с высоты 2-3 м);
- прочностные (прочность после набора прочности) - > 5 МПа;
- стабильная механическая устойчивость в кислой среде (после замачивания 5%  $H_2SO_4$  в течение 7 суток).





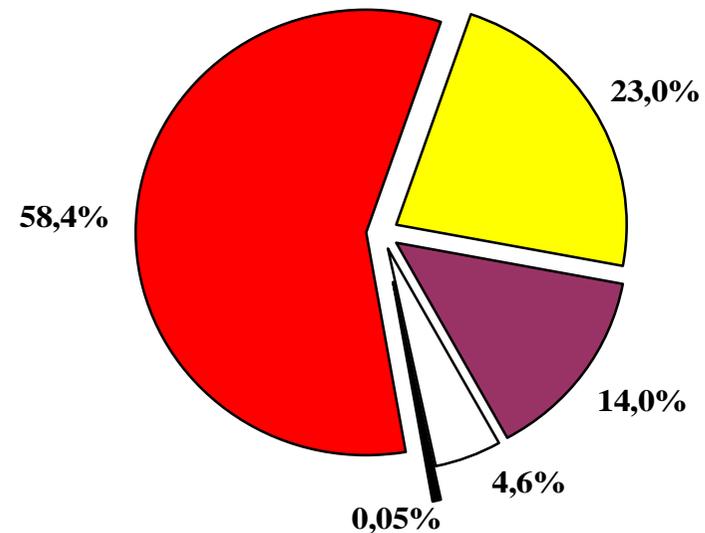
# Изменение состава ассоциации микроорганизмов в бактериальных растворах кучного бактериального выщелачивания окатышей

Исходный инокулят



■ A.ferrooxidans   ■ A.thiooxidans   ■ L.ferrooxidans  
□ F. Acidofillum   ■ Sulfobacillus

Бактериальный раствор



■ A.ferrooxidans   ■ A.thiooxidans   ■ L.ferrooxidans  
□ F. Acidofillum   ■ Sulfobacillus





# Внешний вид окатышей в процессе КБВ



Исходные окатыши



В верхнем слое  
перколятора  
после 60 суток



В нижнем слое  
перколятора  
после 60 суток



Исходные  
окатыши



После 60  
суток КБВ



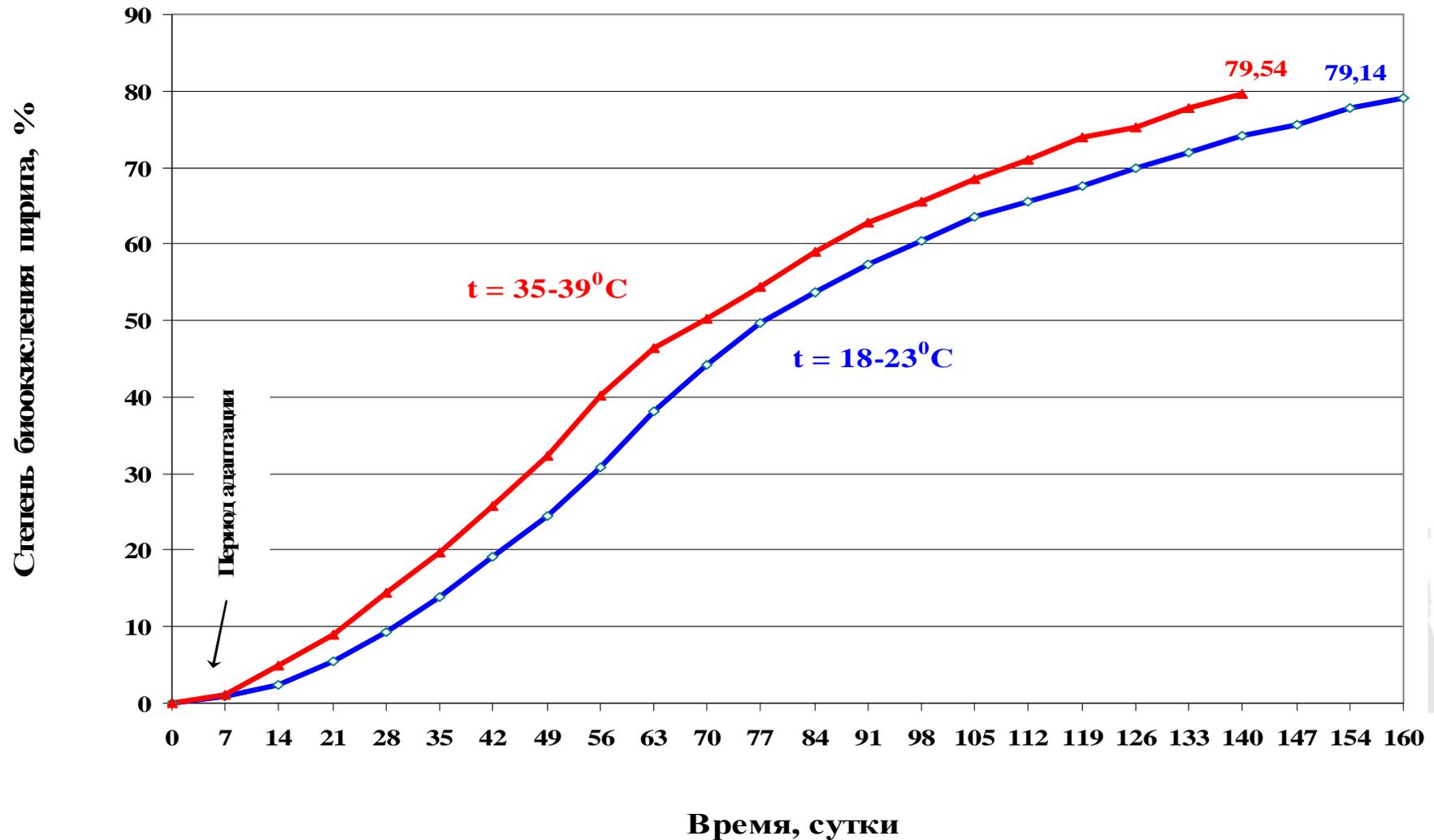
После 160  
суток КБВ

## Изменение цвета окатышей в процессе КБВ



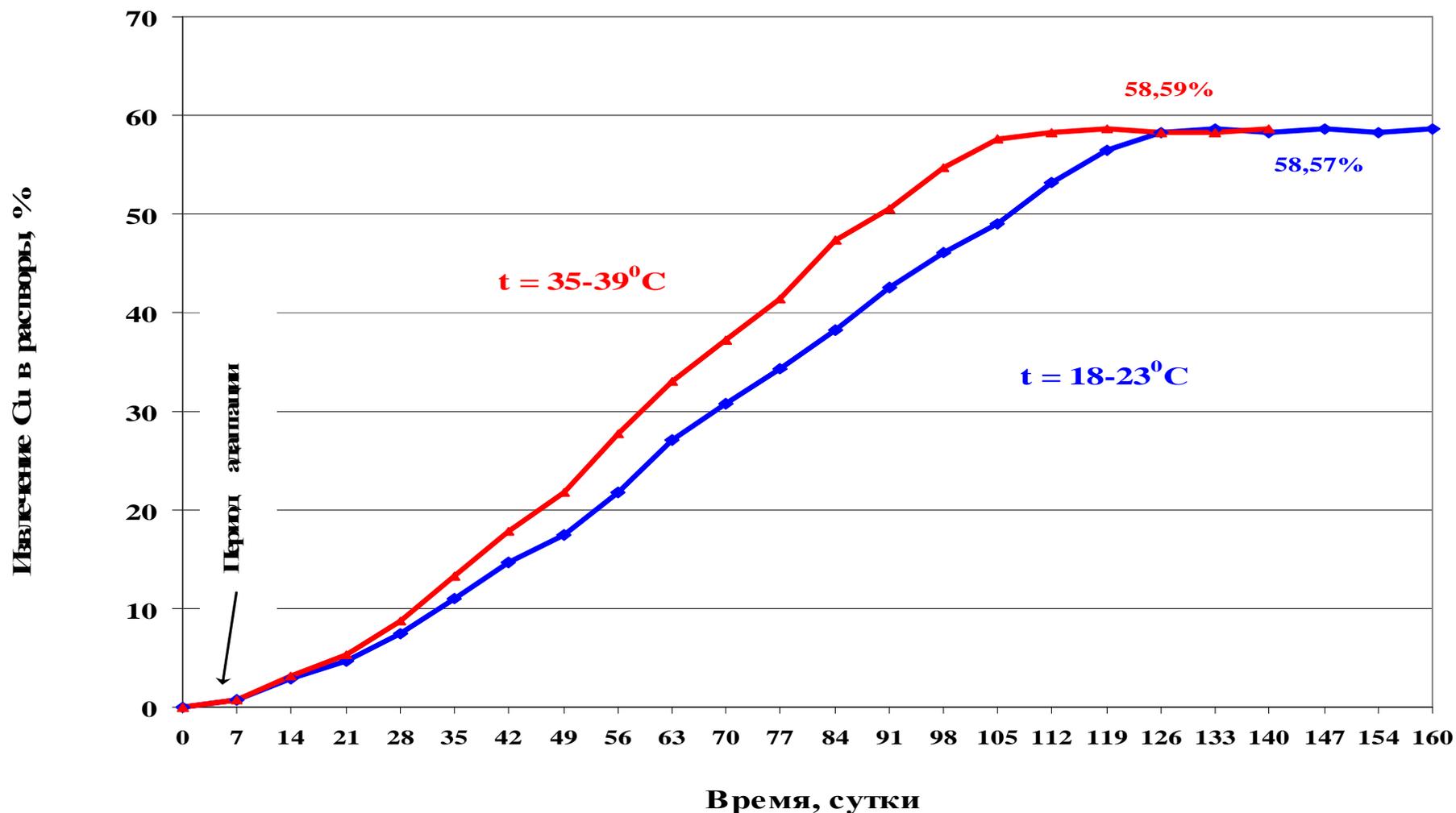


# Кинетика кучного бактериального выщелачивания пирита при различных температурных режимах



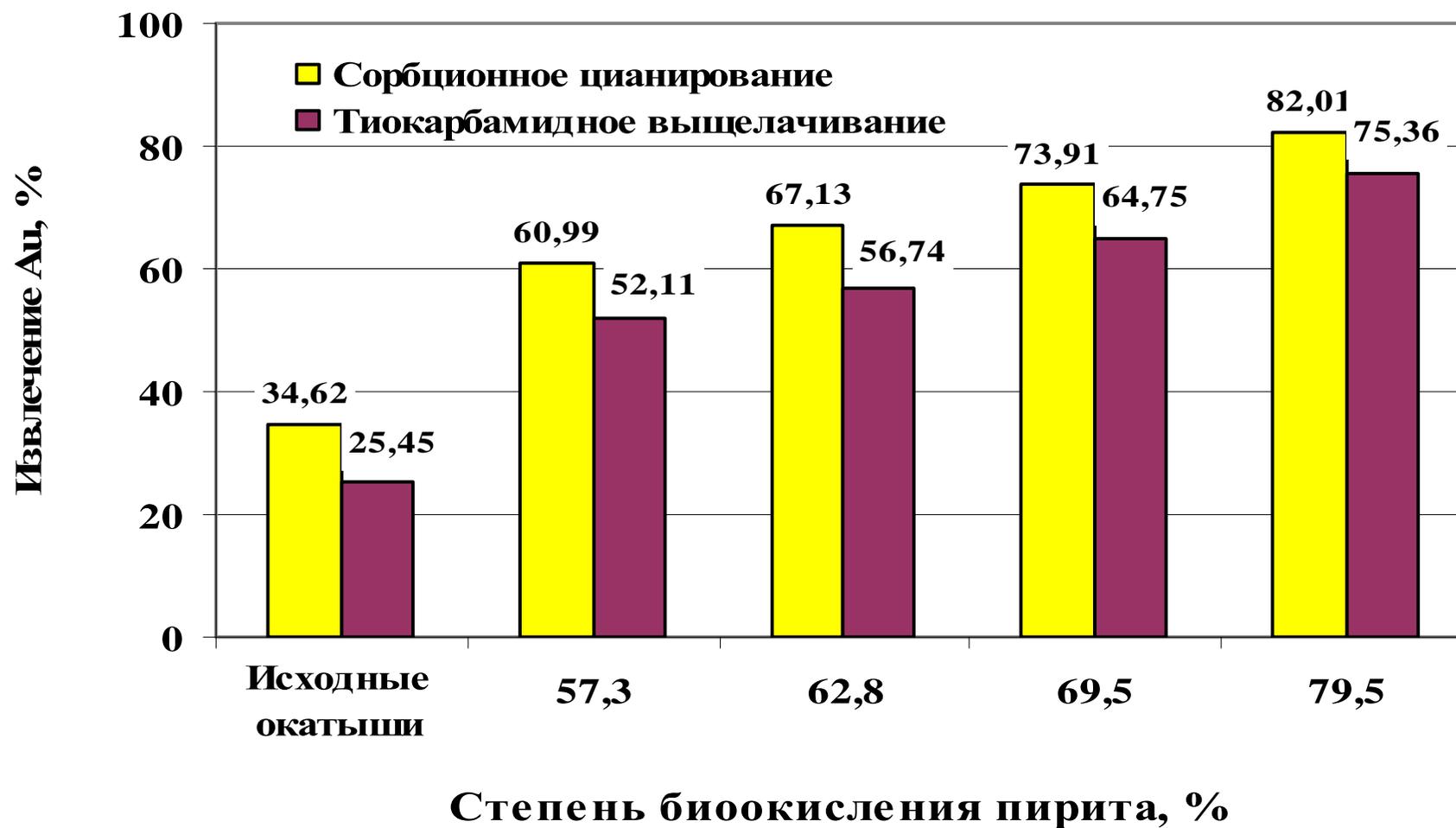


# Кинетика кучного бактериального выщелачивания медных минералов при различных температурных режимах

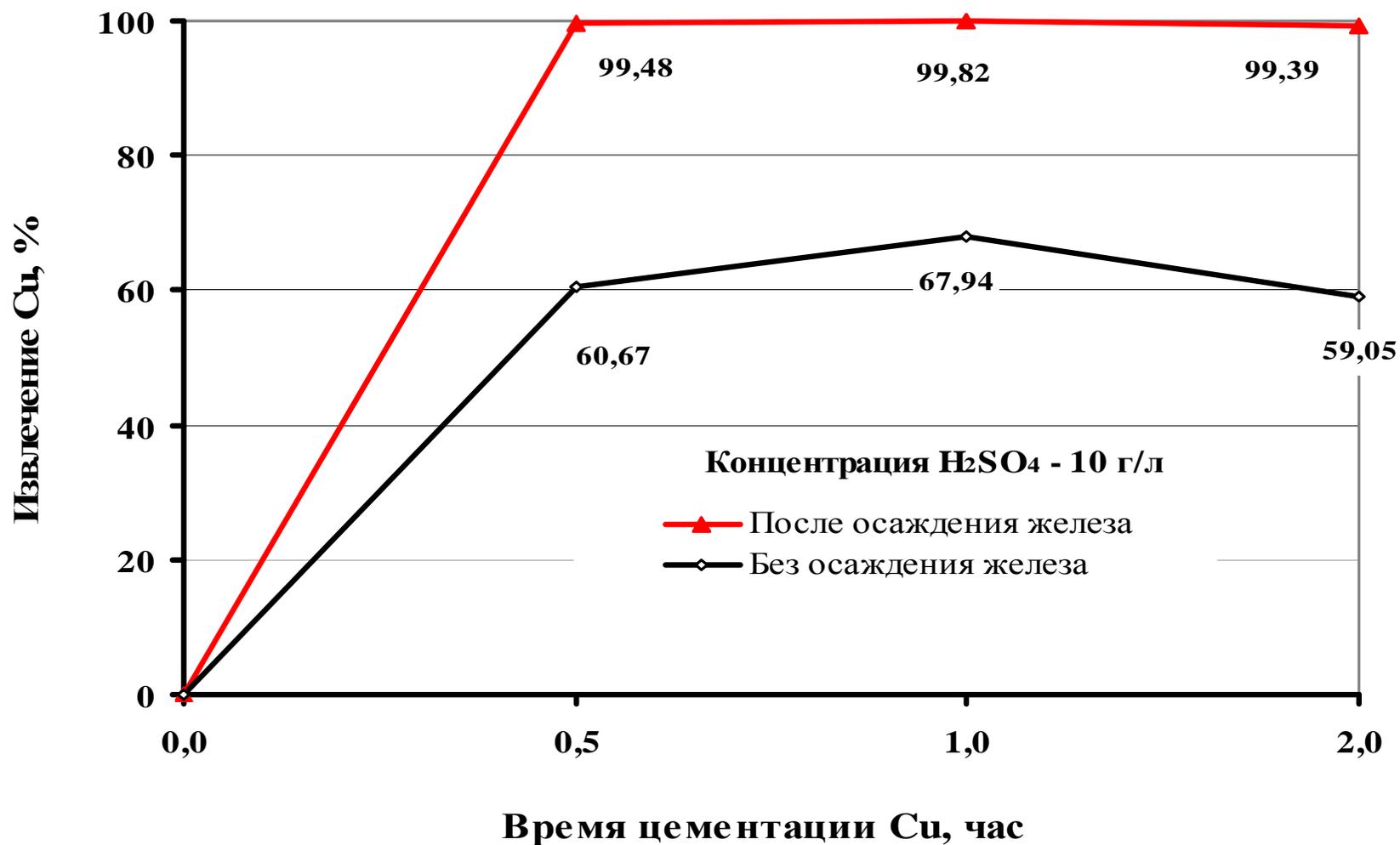




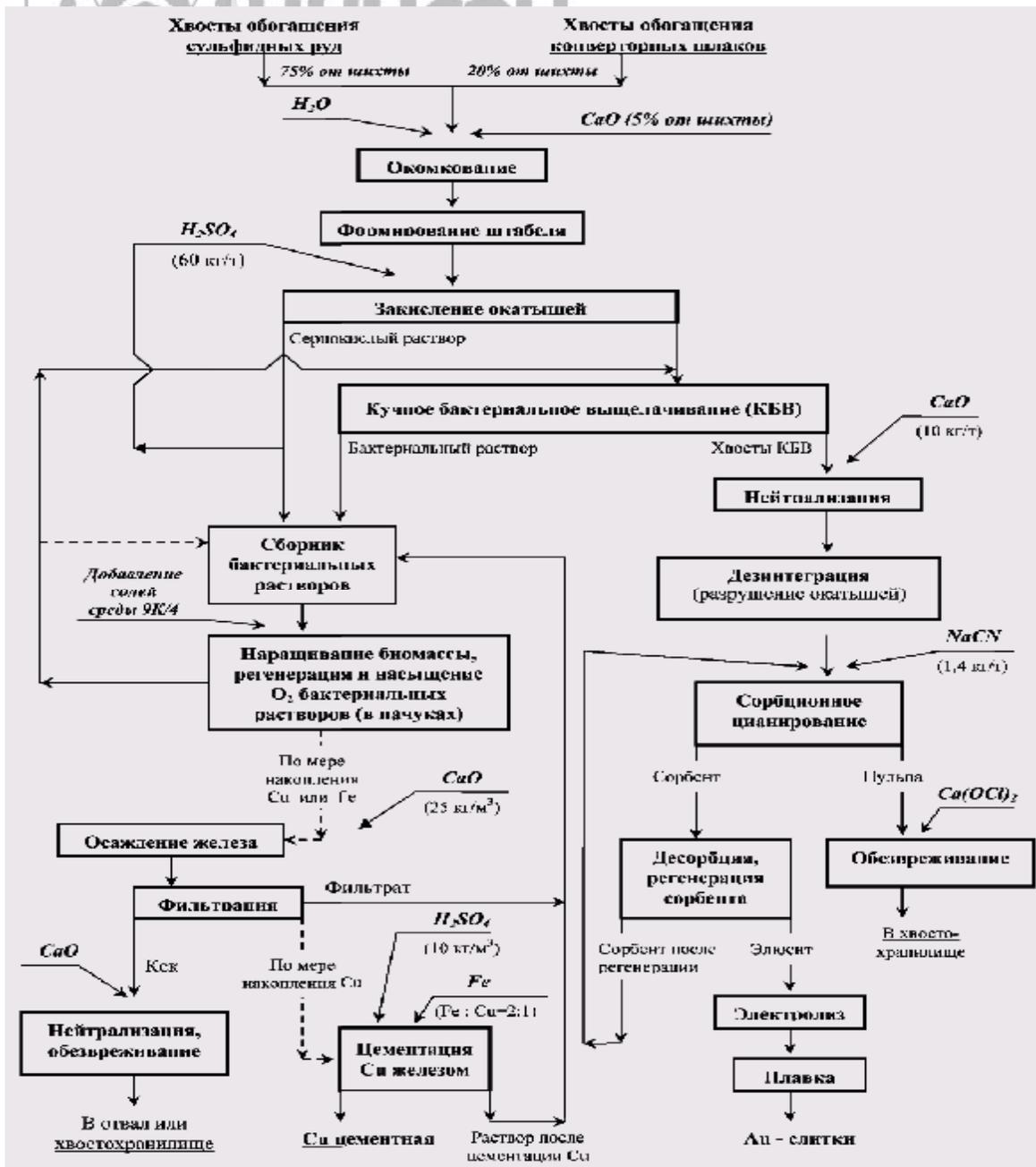
## Извлечение золота сорбционным цианированием и тиокарбамидным выщелачиванием из хвостов КБВ окатышей при различной степени окисления пирита



# Зависимость извлечения меди в цементную медь их бактериальных растворов от продолжительности цементации



## Технологическая схема переработки хвостов обогащения сульфидных полиметаллических руд с использованием метода кучного бактериального



Технологическая схема включает следующие основные переделы:

- окомкование исходного материала и формирование штабеля;
- закисление окатышей для создания благоприятных условий для бактерий;
- кучное биоокисление окатышей;
- сорбционного цианирования хвостов кучного бактериального биоокисления;
- цементация меди железом с предварительным осаждением ионов железа из бактериальных растворов;
- электролиз элюентов и плавка катодных осадков с получением золотых слитков (сплав Доре);
- узел обезвреживания цианистых растворов и продуктов кучного бактериального выщелачивания.

Технологические показатели:

- извлечение Au на смолу -81,97%
- извлечение Си в цементную медь – 56,81%.

**Выщелачивание цветных металлов из техногенных хвостов флотации конвертерных шлаков ОАО «Святогор» с применением сульфата  $Fe^{3+}$ , полученного при бактериальном окислении  $Fe^{2+}$**

**Химический состав хвостов флотации шлаков**

<b>Элементы и соединения</b>	<b>Содержание, %</b>	<b>Элементы и соединения</b>	<b>Содержание, %</b>
<b><math>SiO_2</math></b>	<b>20,1</b>	<b><math>S_{общ}</math></b>	<b>1,31</b>
<b><math>Fe_{общ}</math></b>	<b>44,96</b>	<b>Сульфид</b>	<b>1,16</b>
<b>Ca</b>	<b>3,1</b>	<b>Cu</b>	<b>0,67</b>
<b>Mg</b>	<b>1,28</b>	<b>Zn</b>	<b>4,99</b>
<b>Сорг</b>	<b>0,05</b>	<b>Au , г/т</b>	<b>0,082</b>



## Фазовый анализ хвостов флотации шлаков

Медь

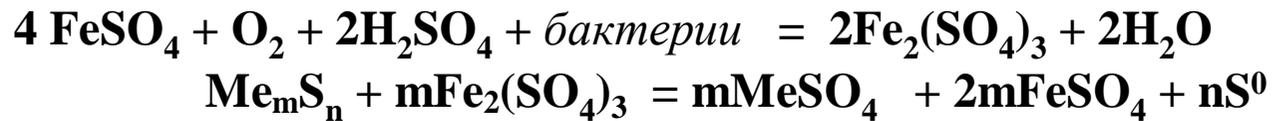
Минералы меди	Содержание, %	Распределение, %
Окисленные соединения	0,36	58,1
Самородная медь	0,1	15,42
Вторичные соединения	0,11	18,8
Халькопирит	0,05	8,4
Итого: шлак	0,62	100,0

Цинк

Минералы цинка	Содержание, %	Распределение, %
Сульфаты и карбонаты	0,11	2,21
Окиси, силикаты	1,88	37,37
Сфалерит	0,08	1,55
Ферриты	2,95	58,87
Итого: шлак	5,02	100,0



# Выщелачивание цветных металлов из техногенных шлаков ОАО «Святогор» с применением сульфата $\text{Fe}^{3+}$ , полученного при бактериальном окислении $\text{Fe}^{2+}$

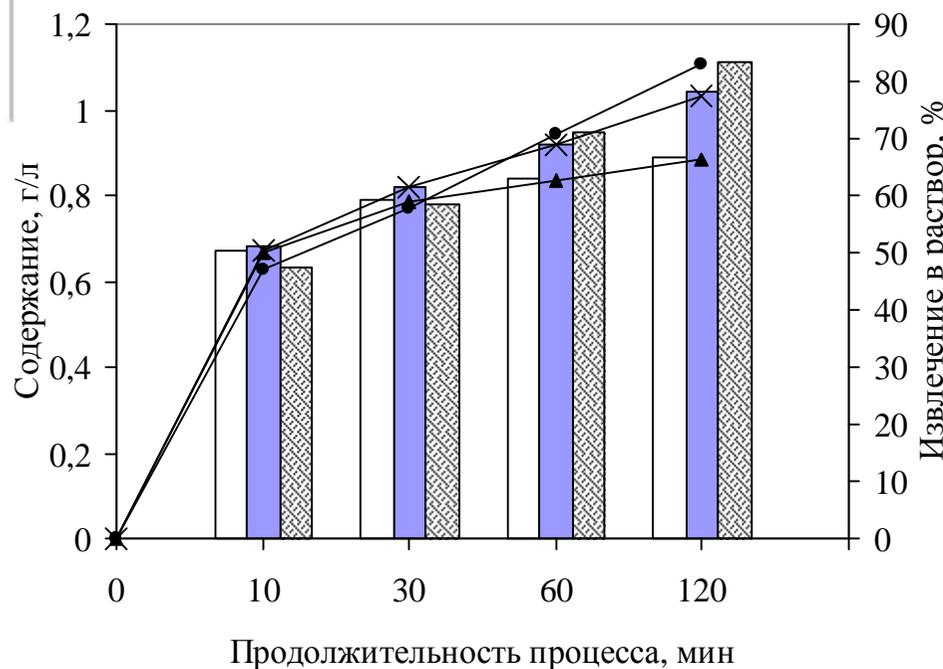


Исследовано влияние и определены оптимальные параметры процесса выщелачивания цветных металлов:

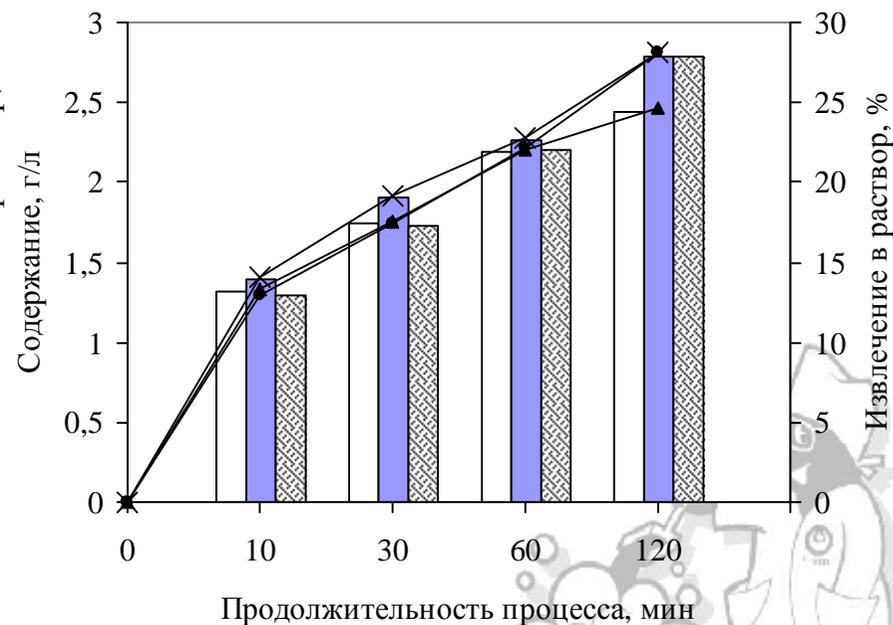
- температура;
- pH;
- Т:Ж;
- продолжительность;
- концентрация выщелачивающего раствора;
- регенерация выщелачивающего раствора с помощью бактерий и оборот раствора



# Влияние концентрации биологически полученного $Fe^{3+}$ на выщелачивание хвостов флотации конвертерных шлаков



1     2     3  
 1    x 2    • 3  
**Медь**

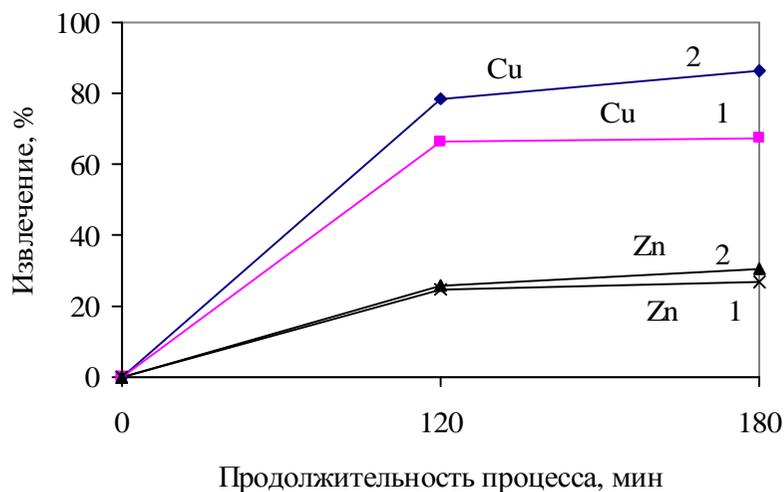


1     2     3  
 1    x 2    • 3  
**Цинк**

Извлечение цветных металлов при различной исходной концентрации  $Fe^{3+}$ : 1 –  $C_{Fe^{3+}}=20$  г/л, 2 –  $C_{Fe^{3+}}=25$  г/л, 3 –  $C_{Fe^{3+}}=30$  г/л



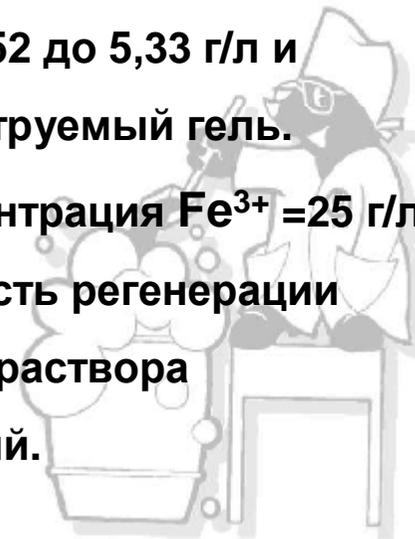
# Влияние продолжительности выщелачивания хвостов флотации шлаков на извлечение меди и цинка



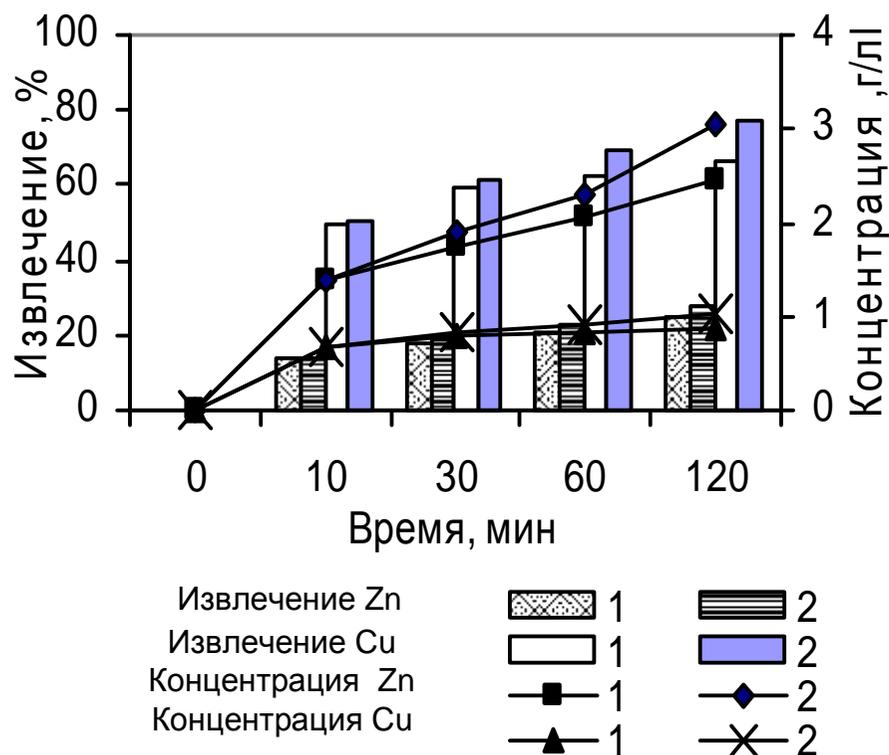
1 – исходная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 20 г/л,  
2 – исходная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 25 г/л

При увеличении продолжительности выщелачивания со 120 до 180 минут повышается извлечение металлов: меди - с 78,36 до 86,57%, цинка - с 25,71 до 30,54%, но при этом концентрация кремния в растворе увеличивается с 4,52 до 5,33 г/л и образуется нефилтруемый гель.

Оптимальная концентрация Fe<sup>3+</sup> = 25 г/л  
Показана возможность регенерации выщелачивающего раствора с помощью бактерий.

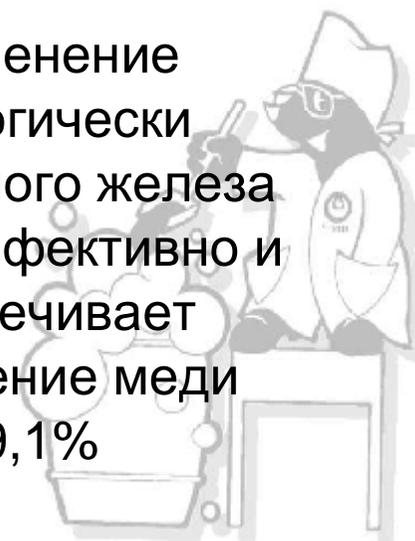


# Выщелачивание хвостов обогащения конвертерных шлаков химически растворенным железом с концентрацией 20 (1) и 25 (2) г/л



Извлечение меди составляет 76.4% при использовании концентрации железа 25 г/л.

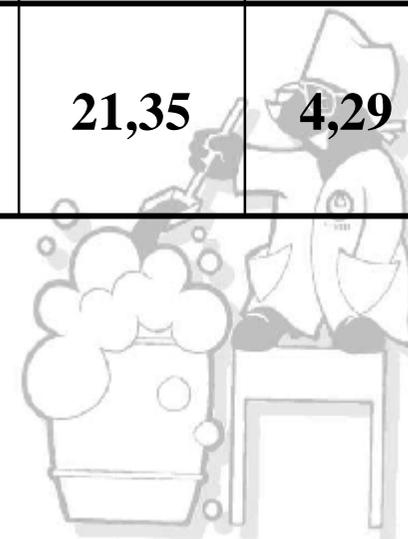
Применение биологически полученного железа более эффективно и обеспечивает извлечение меди 79,1%





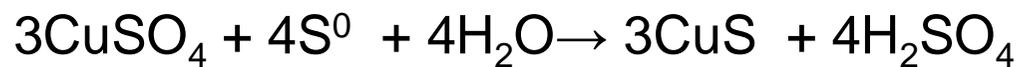
## Состав продуктивного раствора выщелачивания хвостов флотации шлаков

Наименование	рН	Содержание, г/л					
		Cu	Zn	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	ΣFe	Si
Продуктивный раствор	1,8-1,9	1,06	2,69	2,8	18,55	21,35	4,29





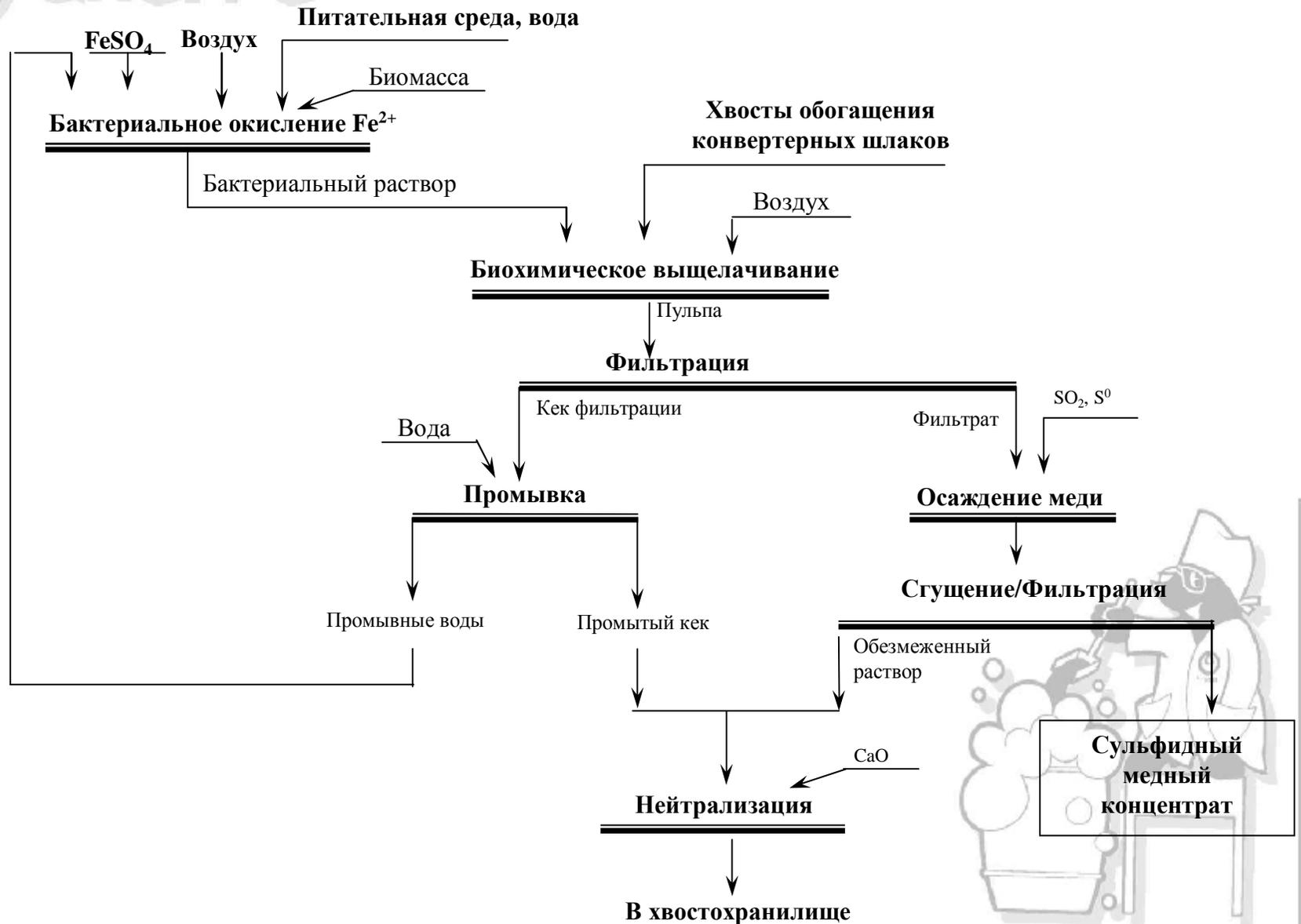
## Извлечение меди из продуктивного раствора



Температура, С°	Состав концентратов, %			Извлечение меди в концентрат, %
	Cu	Zn	Fe	
70-75	16,57	0,073	0,27	97,5
80-85	22,57	0,033	0,06	98,2
90-95	23,2	0,027	0,022	99,7



# Технологическая схема переработки хвостов флотации конвертерных шлаков





***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ***

