

УДК 622.765.06:578.087.1

Фокина Надежда Викторовна

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
Институт проблем промышленной
экологии Севера КНЦ РАН
184209, Мурманская обл.,
г.Апатиты, Академгородок, д.14а
e-mail: voronina@inep.ksc.ru

Янишевская Елена Сергеевна

магистрант,
Институт проблем промышленной
экологии Севера КНЦ РАН
e-mail: drygina_es@mail.ru

Евдокимова Галина Андреевна

доктор биологических наук, профессор,
зам. директора по науке,
Институт проблем промышленной
экологии Севера КНЦ РАН
e-mail: galina@inep.ksc.ru

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ
И ТРОФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОЦЕССЕ
ФЛОТАЦИИ СУЛЬФИДНЫХ
МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД
НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ
КОЛЬСКОЙ ГМК***

Аннотация:

Определены численность и трофическое разнообразие бактерий в образцах процесса флотации сульфидных медно-никелевых руд на обогатительной фабрике Кольской ГМК. Установлено, что бактерии, поступающие с рудой и оборотной водой, идущей с хвостохранилища, увеличивают свою численность по ходу флотации за счет поступления питательных веществ с флотореагентами, аэрации и более высокой температуры. В летний и осенний сезоны численность микроорганизмов увеличивается на два-четыре порядка. Доминируют в процессе бактерии рода *Pseudomonas*.

Ключевые слова: медно-никелевая руда, флотация, флотореагенты, бактерии.

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.118

Fokina Nadezhda V.

senior researcher, candidate of technical sciences,
The Institute of industrial ecology problems
of the North, Kola science center RAS,
184209, Academic campus 14a, Apatites,
the Murmansk region, Russia
e-mail: voronina@inep.ksc.ru

Yanishevskaya Elena S.

Master's student,
The Institute of industrial ecology problems
of the North, Kola science center, RAS
e-mail: drygina_es@mail.ru

Evdokimova Galina A.

Professor, Doctor of biological sciences,
Deputy Director on science,
The Institute of industrial ecology problems
of the North, Kola science center, RAS
e-mail: galina@inep.ksc.ru

**SEASONAL QUANTITY DYNAMICS AND
MICROORGANISMS TROPHIC DIVERSITY
DURING THE FLOTATION OF SULFIDE
COPPER-NICKEL ORES
AT CONCENTRATION PLANT OF KOLA
MINING AND METALLURGICAL
COMPANY (MMC)**

Abstract:

The quantity and trophic diversity of bacteria in flotation samples of sulfide copper-nickel ores in the concentration plant of Kola Mining and metallurgical company are determined. It was found out that the bacteria joining the ore and circulating water flowing from the dump increase their number during the flotation process due to the nutrients joining flotation reagents, aeration and higher temperature. In summer and autumn periods the number of microorganisms in samples increases by two-four orders. Bacteria *Pseudomonas* sp. dominate in the process.

Key words: copper-nickel ore, flotation, flotation reagents, bacteria

Одним из направлений научно-технического прогресса в области переработки минерального сырья является применение комбинированных технологий их переработки. В настоящее время широко применяется сочетание процессов обогащения и металлургии с бактериальным выщелачиванием [1].

Существует много литературы о рудных месторождениях, имеются данные о наличии и характере распространения в рудах бактерий, их существенной роли в транс-

* Работа поддержана финансированием по хозяйственному договору № 27-4-2015

формации сульфидных минералов и участии бактерий в экзогенном минералообразовании [2]. Накоплен экспериментальный материал по значимости микробиологического фактора в трансформации сульфидных руд и использованию бактерий в процессах их обогащения. Для несulfидных апатит-нефелиновых руд выполнена работа по определению роли бактериальной составляющей в непрерывном цикле переработки минерального сырья [3]. Было показано, что бактерии ухудшают флотируемость апатита за счет взаимодействия с активными центрами кальцийсодержащих минералов и интенсивной флокуляции, приводящей к снижению селективности процесса флотации. Предложен метод снижения численности бактерий в процессе флотации, что позволяет улучшить качество апатитового концентрата и сократить расход собирателей. Роль бактерий во флотационных процессах обогащения сульфидных руд практически не изучена.

Комбинат Печенганикель в городе Заполярный входит в состав Кольской горно-металлургической компании. Комбинат производит добычу сульфидной медно-никелевой руды, ее обогащение методом флотации и металлургическую переработку до файнштейна. Как и обогатительные апатит-нефелиновые фабрики, он работает на оборотной воде, ионный состав которой играет существенную роль во флотационных процессах. Основными флотореагентами, используемыми в процессе флотации, являются аэрофлот (дибутилдитиофосфат натрия) и ксантогенат. Эта группа представляет собой наиболее важный тип флотореагентов, поскольку обеспечивает полноту извлечения металлов и качество концентратов.

Цель данной работы – исследование сезонной динамики численности и трофического разнообразия микроорганизмов в оборотных водах и продуктах флотации сульфидных медно-никелевых руд на обогатительной фабрике Кольской ГМК.

Объекты и методы. Изучение численности и трофического разнообразия микроорганизмов в цикле обогащения сульфидных руд проводили на обогатительной фабрике в г. Заполярный. Были исследованы образцы руды, межцикловой флотации, пенных продуктов основной и I контрольной флотации, пенных продуктов I и II перерешетки, хвостов, оборотной воды на входе, концентрата до спекания, всех флотореагентов в зимний, летний и осенний периоды. Изучение численности, структуры и трофического разнообразия микробиоты проводили методом посева на плотные питательные среды. Для выделения специфических бактерий готовили среду на основе пенного продукта II основной перерешетки.

В коллекцию выделены доминирующие штаммы бактерий. Общую численность и биомассу бактерий определяли методом флуоресцентной микроскопии с использованием поликарбонатных мембранных фильтров Cysclorope Black с диаметром пор 0,2 мкм. Препараты микроскопировали с иммерсионным объективом 100^x и окуляром 10^x. Подсчитывали клетки бактерий в 30 полях зрения.

Результаты и обсуждение. Исследование образцов, взятых в цикле процесса обогащения сульфидных медно-никелевых руд, показывает, что бактерии, поступающие с рудой и оборотной водой, идущей с хвостохранилища, увеличивают свою численность по ходу флотации (рис. 1–3).

Наименьшая численность как сапротрофных, так и других трофических групп бактерий наблюдается в образцах руды и оборотной воды, в зимний период составляет 33 кл/г и 190 кл/мл, соответственно. Это связано с низкой температурой (+3 °C) и недостатком питательных веществ (табл. 1).

В летний и осенний периоды с ростом температуры численность бактерий увеличивалась в оборотной воде до 460 и 650 кл/мл, в руде – до 733 и 930 кл/г. В пенном продукте численность бактерий составляла в зимний период $n \cdot 10^3$ кл/мл, в летний и осенний периоды $n \cdot 10^4$ – 10^6 кл/мл, что связано с улучшением условий их обитания за счет поступления флотореагентов, аэрации и более высокой температуры. В осенний период

наблюдалось снижение численности микроорганизмов по сравнению с летним периодом, несмотря на одинаковые температуры оборотной воды и пенных продуктов. Возможно, это связано с изменениями в реагентном режиме.

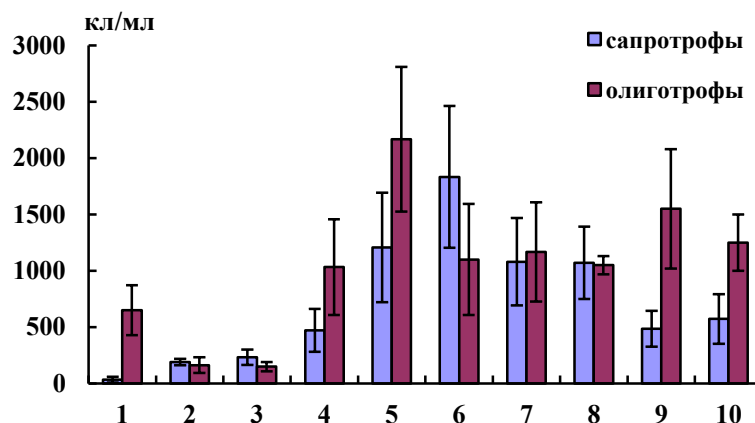


Рис. 1 – Численность бактерий в образцах процесса флотации сульфидных руд комбината "Печенганикель", февраль 2015 г.

1 – руда; 2 – оборотная вода; 3 – межцикловая флотация; пенные продукты: 4 – основной флотации; 5 – контрольной флотации; 6 – I перечистки; 7 – II перечистки; 8 – II основной перечистки; 9 – хвосты; 10 – концентрат до спекания

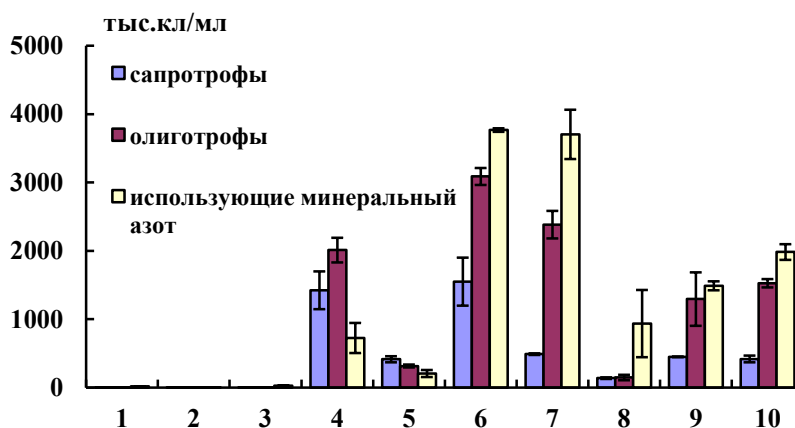


Рис. 2 – Численность бактерий в образцах процесса флотации сульфидных руд комбината "Печенганикель", июль 2015 г. Обозначения те же, что на рис.1

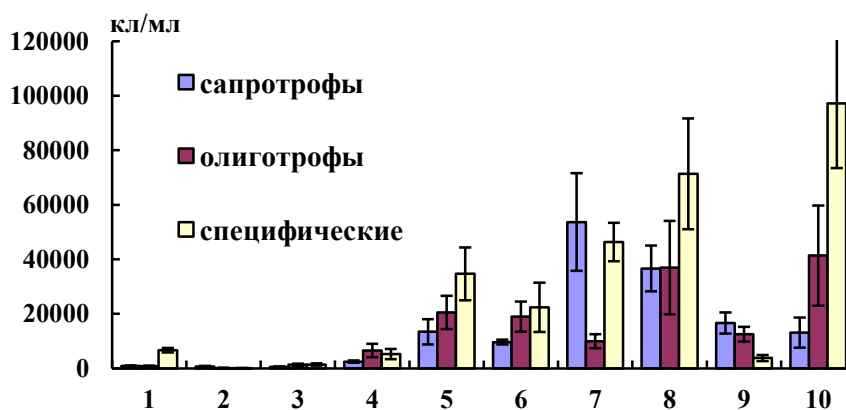


Рис. 3 – Численность бактерий в образцах процесса флотации сульфидных руд комбината "Печенганикель", сентябрь 2015 г. Обозначения те же, что на рис.1

Таблица 1

Значения температуры образцов в процессе флотации (+ °С)

Образец	Февраль	Июль	Сентябрь
Оборотная вода	3	19,3	19,2
Пенный продукт основной флотации	13,8	20,2	21,2
Пенный продукт II перерешетки	11,6	21	17

Сами флотореагенты в используемых концентрациях источником бактериального загрязнения не являются. Но, исходя из данных, полученных в ходе лабораторных опытов, некоторые из них являются источником питательных веществ для бактерий. Так, добавление аэрофлота в среду, в концентрации, используемой в процессе флотации, приводит к росту численности бактерий. Значения pH образцов изменяются в диапазоне от 8 до 10.

Доминирующие штаммы бактерий, выделенные из образцов, относятся к роду *Pseudomonas*. Микроскопические грибы встречаются в единичных случаях. Были обнаружены виды *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium aurantiogriseum* и *P. glabrum*.

По методу прямого счета бактерий в оборотной воде определено от $0,4 \cdot 10^7$ до $1,3 \cdot 10^7$ кл/мл, а в пенном продукте II основной перерешетки – от $2,9 \cdot 10^7$ до $3,6 \cdot 10^7$ кл/мл. Разница в общей численности бактерий (табл. 2) в различные сезоны не отмечена. Однако следует помнить, что при прямом подсчете клеток учитываются и нежизнеспособные клетки.

Таблица 2

Общая численность и биомасса бактерий в образцах процесса флотации

Образец	Количество клеток, 10^7 кл/мл			Биомасса, 10^{-3} мг/г		
	февраль	июль	сентябрь	февраль	июль	сентябрь
Оборотная вода	1,26	0,67	0,4	0,5	0,2	0,2
Пенный продукт 2 основной перерешетки	2,93	-	3,6	1,2	-	1,5

Примечание. Прочерк означает – не определяли.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Флотационный процесс способствует развитию бактерий за счет благоприятного температурного режима, аэрации и наличия дополнительных питательных веществ, поступающих в процесс с флотореагентами. В летний и осенний сезоны численность микроорганизмов увеличивалась на два-четыре порядка. Доминируют в процессе бактерии рода *Pseudomonas*. Высокая численность бактерий может свидетельствовать о возможном влиянии микроорганизмов на показатели процесса флотации медно-никелевых руд.

Литература

1. Фомченко Н.В. Комплексная переработка некондиционных сульфидных концентратов с применением двухстадийного биовыщелачивания / Н.В. Фомченко, М.И. Муравьев, Т.Ф. Кондратьева // Современные процессы комплексной и глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения 2015): материалы междунар. совещания; Иркутск, 21 – 25 сентября 2015 г. – Иркутск, 2015. – С. 353 – 357.
2. Каравайко Г.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд / Г.И. Каравайко, С.И. Кузнецов, А.И. Голомзик. – М.: Наука, 1972. – 248 с.
3. Воронина Н.В. Развитие и функционирование микроорганизмов в цикле обогащения апатит-нефелиновых руд с использованием оборотного водоснабжения / Н.В. Воронина, Г.А. Евдокимова, А. Ш. Гершенкоп // Горный журнал. – 2007. – № 12. – С. 61 – 65.