

УДК 622.765

DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-7-33-40

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНЫХ РУД УДОКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****OPTIMIZATION OF THE PROCESSING TECHNOLOGY OF COPPER ORES OF THE UDOKAN DEPOSIT**

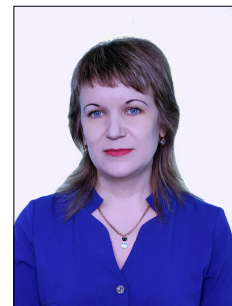
**А. В. Фатьянов,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
fatyanov.albert@yandex.ru

**A. Fatyanov,**  
Transbaikal State University, Chita



**С. А. Щеглова,**  
Забайкальский государственный  
университет, г. Чита  
ssheglova@mail.ru

**S. Scheglova,**  
Transbaikal State University, Chita



**Р**ассматривается состав минерального сырья Удоканского месторождения меди. Установлено, что медные минералы антлерит и брошантит представлены как в виде обычных, так и кристаллогидратных форм, свойства которых отражаются на процессе флотации. Проведены исследования на сульфидной, смешанной и окисленной пробах руд Удоканского месторождения. Рекомендована единая флотационная схема переработки таких руд с получением сульфидного и смешанного медного концентрата с последующими гидро- и пирометаллургическими методами.

*Объектом исследования* являются сульфидные, смешанные и окисленные медные руды Удоканского месторождения.

*Предмет исследования* – технологии переработки медных руд.

*Задачи исследования:*

- изучение минерального, вещественного, химического состава медных руд Удоканского месторождения;
- изучение существующих технологий переработки медных руд;
- проведение лабораторных опытов на сульфидной, смешанной и окисленной пробах руд Удоканского месторождения;
- рекомендация единой схемы обогащения для всех типов медных руд Удоканского месторождения.

*Методы исследования.* Работа проводилась на основе изучения имеющихся источников о залегании, составе и строении медных руд Удоканского месторождения, способах их переработки. В процессе лабораторных исследований применялся флотационный способ обогащения полезных ископаемых с применением операций стабилизации энергетического состояния дисперсной системы (с контролем по Eh) и последующей электрохимической обработкой пульпы.

Авторы акцентируют внимание на том, что рекомендуемая схема обогащения медных руд Удоканского месторождения позволит оптимизировать технологию переработки и повысит эффективность обработки данного месторождения. Для переработки полученных сульфидного и смешанного концентратов наиболее оптимальными являются гидро- и пирометаллургические методы

**Ключевые слова:** медные руды; сульфидные; окисленные; смешанные руды; Удоканское месторождение; флотация; электродный потенциал; дисперсная система; медные концентраты; металлургические методы

**T**he composition of the mineral raw materials of the Udokan copper deposit has been studied. It is established that the copper minerals antlerite and brochantite are represented both in the form of ordinary and crystal hydrate forms, the properties of which are reflected in the flotation process. Studies were carried out on sulfide, mixed and oxidized samples of ores from the Udokan deposit. A unified flotation scheme for processing such ores with the production of sulfide and mixed copper concentrate with subsequent hydro- and pyrometallurgical methods is recommended.

The objects of research are sulfide, mixed and oxidized copper ores of the Udokan deposit.

The subject of the study is the technology of processing copper ores.

Research objectives:

- study of the mineral, material, and chemical composition of copper ores of the Udokan deposit;
- study of existing technologies for processing copper ores;
- conducting laboratory experiments on sulfide, mixed and oxidized ore samples of the Udokan deposit;
- recommendation of a unified enrichment scheme for all types of copper ores of the Udokan deposit.

Research methods. The work was carried out on the basis of studying the available sources on the occurrence, composition and structure of copper ores of the Udokan deposit, methods of their processing. In the course of laboratory studies, a flotation method of mineral enrichment was used with the use of operations to stabilize the energy state of the dispersed system (with Eh control) and subsequent electrochemical treatment of the pulp.

The authors emphasize that the recommended scheme for processing copper ores from the Udokan deposit will optimize the processing technology and increase the efficiency of mining this deposit. Hydro- and pyrometallurgical methods are the most optimal for processing the obtained sulfide and mixed concentrates

**Key words:** copper ores; sulfide; oxidized; mixed ores; Udokan deposit; flotation; electrode potential; dispersed system; copper concentrates; metallurgical methods

**В**ведение. Удоканское месторождение меди относится к одному из крупнейших в мире и содержит в своем составе сульфидные, смешанные и окисленные руды.

**Актуальность.** Установлено, что зона окисления руд Удоканского месторождения весьма специфична по своему строению и составу и имеет больше различий, чем сходств с классическими зонами окисления медных месторождений, описанных в литературе. Расчеты показали, что в рудах месторождения минералы меди находятся в следующих формах: карбонатные (12...14 %), сульфатные (25...30 %), пирит-халькопиритовые (3 %), борнит-халькозиновые (53...60 %). Минеральные образования сформировались как в древний период теплого влажного климата и представлены вторичными сульфидами, карбонатами, оксидами, гидроксидами, силикатами, так и в более поздний период криолитозоны, представленный сульфатами [4].

Результаты обогащения окисленных и смешанных руд по основному показателю – извлечению меди в концентраты обычно на 15...20 % ниже, чем для сульфидных и зависят в основном от содержания меди в руде, степени окисления руд и их минерального состава, характера текстурно-структурных особенностей, агрегатных форм минералов и некоторых других факторов.

В рудах Удоканского месторождения присутствуют антлерит и брошантит как в ви-

де обычных минералов, так и в виде кристаллогидратных форм, которые по своим физико-химическим свойствам резко отличаются от обычных минералов [5].

Таким образом, в условиях криоминералогенеза обычные антлериты и брошантиты обладают аномальными свойствами, которые отражаются на изменениях поверхностных свойств сульфидов и, соответственно, на флотационных, изучать которые необходимо, т. к. влияние этих свойств приводит к изменению технологических показателей извлечения<sup>1</sup>.

Возникает проблема повышения эффективности обогащения руд со значительной степенью их окисления на основе нетрадиционных физико-технических средств и методов управления процессами флотации, обеспечивающих существенное повышение качества медных концентратов и извлечение полезных компонентов.

**Объектом исследования** являются сульфидные, смешанные и окисленные медные руды Удоканского месторождения.

**Предмет исследования** – технологии переработки медных руд.

**Задачи исследования:**

- изучение минерального, вещественного, химического состава медных руд Удоканского месторождения;
- изучение существующих технологий переработки медных руд;

<sup>1</sup> Фатьянов А. В., Юргенсон Г. А., Щеглова С. А. Флотация окисленных медных руд Удоканского месторождения // Горный журнал. – № 5. – 2013. – С. 101–104.

– проведение лабораторных опытов на сульфидной, смешанной и окисленной пробах руд Удоканского месторождения;

– рекомендация единой схемы обогащения для всех медных руд Удоканского месторождения.

*Методы исследования.* Работа проводилась на основе изучения имеющихся источников о залегании, составе и строении медных руд Удоканского месторождения, способах их переработки. В процессе лабораторных исследований применялся флотационный способ обогащения полезных ископаемых с применением операций стабилизации энергетического состояния дисперсной системы (с контролем по Eh) и последующей электрохимической обработкой пульпы.

*Разработанность темы.* Флотационное разделение минералов является ведущим методом обогащения руд, однако возможности флотационного процесса не исчерпаны и получаемые показатели выделения ценных компонентов еще далеки от предельных. Необходима критическая оценка состояния изученности структуры воды и ее роли при флотации. Вызывает интерес изучение влияния структурно-чувствительных свойств воды на флотацию за счет различных физико-химических воздействий и разработки принципов управления свойствами дисперсионной среды<sup>2</sup>. Установлена зависимость изменения свойств жидкой фазы при слабых электрохимических контактах ее с медными минералами Удоканского месторождения. Важным является использование влияния электродных потенциалов медных минералов и окислительно-восстановительного потенциала пульпы на электрохимические свойства минеральных частиц, которые позволили разработать режим повышения контрастности свойств слабо разделяемых минералов. Фундаментальной является выявленная возможность прогнозирования флотиремости медных минералов путем направленного изменения энергетического состояния минеральной поверхности. Оптимизация окислительно-восстановительного потенциала дисперсной системы позволила значительно увеличить извлечение меди при флотации сульфидных, смешанных и окис-

ленных руд<sup>3</sup>. Выполненные многочисленные исследования изменения структуры жидкой фазы и предложенные на основании этого технологические схемы обогащения руд имеют важное преимущество в том, что позволяют отказаться от ранее проектируемых дорогостоящих методов селективной выемки руд по сортам для Удоканского месторождения. Комплекс проведенных исследований позволил разработать научно-методические принципы построения схемы обогащения сульфидных, смешанных и окисленных медных руд Удоканского месторождения на основе регулирования устойчивости дисперсной флотационной системы за счет слабых электрохимических и ряда других воздействий.

*Результаты исследований.* Исследования проводились на сульфидной, смешанной и окисленной пробах руд Удоканского месторождения со степенью окисления соответственно 30,0; 69,51; 81,4 %. Химический состав проб приведен в табл. 1.

Рудный материал, подготовленный для исследований, представлен мелкозернистым песчаником и алевролитами. Микроскопически это плотные породы серого цвета, местами полосчатой текстуры. Полосчатость обусловлена перемещаемостью слоев пустой породы со слоями, обогащенными сульфидной минерализацией или окисленными минералами меди.

Зернистость пород неравномерная. В шлифах наряду с зернами размером 0,02 мм наблюдаются зерна величиной 0,12 мм. Преобладающие размеры зерен песчаника колеблются в пределах 0,1...0,5 мм, спайность зерен слабая, формы направленные, контуры зерен в шлифах извилистые.

В состав песчаника входят кварц, плагиоклазы и калиевые полевые шпаты. Присутствуют малахит и гематит. Из акцессорных минералов установлены циркон, апатит, турмалин. Биотит, мусковит, хлориты отмечаются в небольших количествах. Вследствие вторичных процессов значительное развитие получает эпидот, тесно ассоциирующий с рудными минералами.

Цемент песчаников имеет карбонатно-глинисто-серицитовый состав. Оруденение песчаников представлено сульфидами и

<sup>2</sup> Фатьянов А. В., Никифоров К. А. Интенсификация флотации медных руд. – Новосибирск: Наука, 1993. – 156 с.

<sup>3</sup> Там же.

окисленными минералами меди. Распределение оруденения неравномерное: от тонкой

рассеянной и гнездовой вкрапленности до линзослоистых обособлений и прожилков.

Таблица 1 / Table 1

Химический состав проб, % / Chemical composition of samples, %

Содержание компонентов / Content of components	Тип пробы руды / Type of ore sample		
	сульфидная / sulfide	смешанная / mixed	окисленная / oxidized
Cu	1,4	1,36	1,15
SiO <sub>2</sub>	69,4	70,7	70,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,93	11,09	12,94
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,33	0,46
Fe	2,5	1,99	1,69
CaO	2,65	3,09	3,26
MgO	0,98	0,4	0,38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18	–	0,116
Na <sub>2</sub> O	2,92	2,58	3,22
K <sub>2</sub> O	2,98	3,17	3,1
MnO	0,1	0,06	0,14
S <sub>общ</sub>	0,35	0,31	0,2
Ag, г/т	14,6	18,6	5,0
Au, г/т	0,024	–	–
П.п.п.	3,54	–	–

Сульфидные прожилки имеют мощность 0,06...10 мм. Линзослоистые выделения наблюдались размером 3...7 × 7...25 мм.

Окисленные минералы образуют прожилки мощностью 0,02...0,04 мм и более крупные совместно с сульфидами до 0,2...0,4 мм. Наблюдаются и выделения неправильной формы размером 0,02...0,12 мм. Прожилки и выделения окисленных минералов располагаются, в основном, согласно слоистости песчаника.

Из основных рудных минералов магнетит является количественно преобладающим. Он встречается в виде рассеянной вкрапленности зёрен правильной формы размером от 0,025...0,25 (в среднем 0,1...0,25 мм). От краев зерен к центру наблюдается замещение его цементом. Отмечается также жесткая ассоциация таких зерен с халькозином.

Халькозин и борнит – основные минералы меди. В руде они встречаются в виде выделений неправильной формы размером от 0,015 мм и более. Другой, более распространенной формой выделения этих минералов, являются обогащенные части минерала и прослойки песчаников (прожилки), в которых

они выделяются более или менее сплошной массой. Вокруг линзочек иногда наблюдается ореол гидроксидов железа. При просмотре полированных шлифов выявляется, что эти выделения минералов образуются вследствие цемента песчаника. Этим образованием обусловлена исключительно неправильная форма выделения халькозина. Борнит в шлифах наблюдается в виде пятен среди сплошных выделений халькозина, причем эти пятна нередко не имеют четких граней, борнит как бы постепенно переходит в халькозин. Иногда в борните присутствуют включения халькопирита размером 0,005 мм. Редко встречаются замещения халькозина повелитом.

Окисленные минералы меди малахит, хризоколла, брошантит, антлерит занимают тонкие трещины, образуя прожилки мощностью 0,2...0,4 мм, примазки по плоскостям слоистости и сланцеватости песчаника. Частично замещают цемент, образуя направленные выделения от 0,02 мм и более, иногда радиально-лучистые обрамления пропитывают зерна песчаника, придавая им зеленую окраску. Развиваясь за счет сульфидов, они

образуют совместные прожилки мощностью 0,2...0,4 мм.

При разработке технологической схемы обогащения ставились две задачи: применение флотационного метода и получение концентратов, которые будут эффективно перерабатываться с помощью металлургических методов.

Известна связь между электродными потенциалами и флотиремостью минералов<sup>4</sup>.

Изменения электропроводных потенциалов медных минералов, фиксированные по Eh, показывают, что наиболее высокой гидрофобностью эти минералы обладают при стационарных электродных потенциалах, соответствующих  $Eh = -550$  мВ. Условия оптимизации дисперсной системы по времени сопоставимы с временем флотации и составляют для сульфидных руд 7...10 мин; смешанных 12...15 мин; окисленных 25...30 мин.

Применение операций стабилизации энергетического состояния дисперсной системы с контролем по Eh и последующей электрохимической обработкой позволили рекомендовать единую технологическую флотационную схему для всех типов руд с несложным регулированием электрических параметров пульпоподготовки в случае изменения степени окисления руд.

Предложенная схема является простой, легко управляемой и имеет ряд существенных преимуществ перед другими вариантами: позволяет более чем в два раза уменьшить время флотации, в зависимости от степени окисления руды, и сократить расход всех применяемых реагентов, легко комплектуется в производственных условиях, позволяет повысить технологические показатели процессов обогащения, значительно уменьшить капитальные вложения на строительство фабрики, снизить эксплуатационные затраты, отказаться от селективной выемки руды.

Схема после измельчения руды любого типа до 65...68 % класса -0,074 мм состоит из рудоподготовительного цикла в составе операций стабилизации Eh и электрохимического кондиционирования пульпы (см. рисунок).

Далее следует цикл флотационных операций в составе основной, контрольной и двух перечистных, в которых все сульфидные минералы извлекаются в сульфидный медный концентрат.

В состав следующего цикла входят операции сгущения, доизмельчения всех продуктов до 90 % 0,04 мм, две дофлотации и две перечистные операции, в которых получен смешанный медный концентрат с извлеченными окисленными минералами меди, остатки труднофлотиремых сульфидов и сростки этих минералов. Схему замыкает цикл операций обезвоживания.

Таким образом, из руды любой степени окисленности извлекают два концентрата – сульфидный и смешанный, из которых эффективно получают медь по металлургическим технологиям.

Рекомендуемая схема позволяет получить сульфидный медный концентрат из сульфидной, смешанной и окисленной руд с содержанием меди соответственно 42,18; 31,02; 32,25 % при извлечении меди 86,15; 86,5; 84,75 % и смешанный концентрат при содержании меди 15,1; 15,0; 13,5 % при извлечении 5,63; 4,96; 2,55 (табл. 2).

Предложенная технологическая схема обогащения руд Удоканского месторождения предусматривает универсальную технологию с получением двух флотоконцентратов – сульфидного и смешанного.

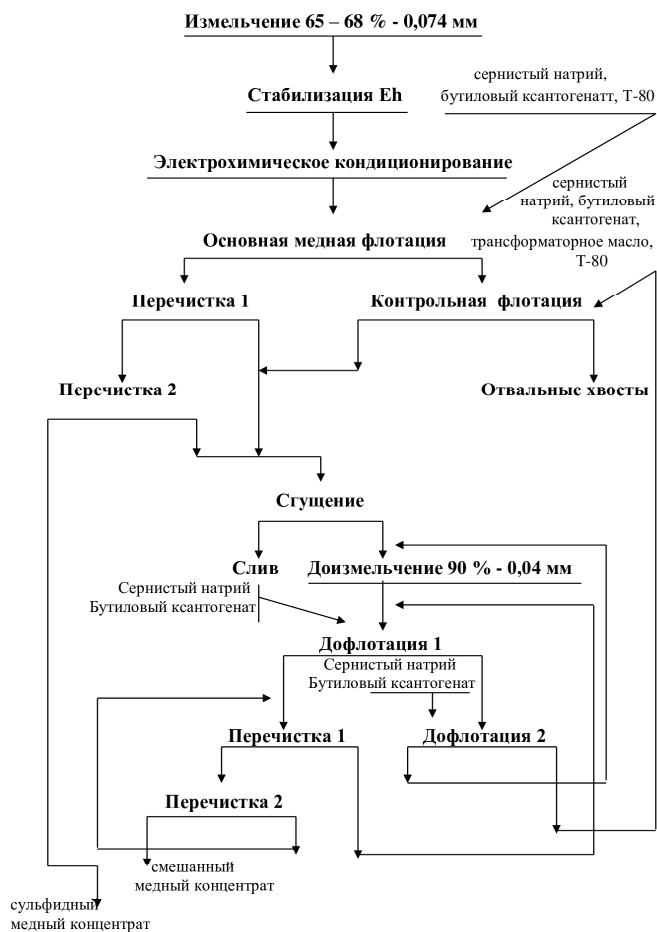
Сульфидный концентрат целесообразно перерабатывать пирометаллургическим методом с использованием одного из вариантов автогенной плавки.

Особенности состава этого концентрата (высокое содержание  $SiO_2$  и низкое – железа) требуют проведения дополнительного изучения.

Как показали исследования, смешанный медный концентрат можно эффективно переработать выщелачиванием солянокислыми растворами хлорного железа при подогреве и перемешивании с последующим электролитическим осаждением меди на катоде<sup>5</sup>. Для этого получен концентрат, содержащий 19...20 % меди; 5...8 % серы; 4...6 % железа; 2...4 % оксида кальция; 36...44 % кремнезема; 6...12 % оксида алюминия и 0,8...1,5 % оксида магния.

<sup>4</sup> Фатьянов А. В., Никифоров К. А. Интенсификация флотации медных руд. – Новосибирск: Наука, 1993. – 156 с.

<sup>5</sup> Авторское свидетельство 241663 СССР. Способ переработки смешанных и сульфидных медных концентратов: 1202244; заявл. 07.12.1967; опубл. 03.02.1969 / А. В. Фатьянов и др.



Рекомендуемая схема обогащения медных руд Удоканского месторождения / Recommended scheme for processing copper ores of the Udokan deposit

Таблица 2 / Table 2

Показатели по технологии ЗабГУ в условиях замкнутого цикла, % / Indicators for the ZabGU technology in a closed cycle, %

Наименование продукта / Product Name	Выход / Exit	Содержание меди / Copper conten	Извлечение меди / Extraction of copper	Примечание / Note
Сульфидный медный концентрат / Copper Sulfide Concentrate	2,9	42,18	86,15	Проба сульфидной руды / Sample of sulfide ore
Смешанный медный концентрат / Mixed Copper Concentrate	0,53	15,1	5,63	
Общий концентрат / Total concentrate	3,43	38,0	91,79	
Хвосты отвальные / Dump tails	96,57	0,12	8,21	
Исходная руда / Source ore	100,0	1,42	100,0	
Сульфидный медный концентрат / Copper Sulfide Concentrate	3,25	33,02	86,5	Проба смешанной руды / Mixed ore sample
Смешанный медный концентрат / Mixed Copper Concentrate	0,41	15,0	4,96	
Общий концентрат / Total concentrate	3,66	31,0	91,46	
Хвосты отвальные / Dump tails	96,34	0,11	8,54	
Исходная руда / Source ore	100,0	1,24	100,0	

Окончание табл. 2

Сульфидный медный концентрат / Copper Sulfide Concentrate	3,09	32,25	85,79	Проба окисленной руды / Sample of oxidized ore
Смешанный медный концентрат / Mixed Copper Concentrate	0,22	13,5	2,55	
Общий концентрат / Total concentrate	3,31	31,0	88,34	
Хвосты отвальные / Dump tails	96,69	0,14	11,66	
Исходная руда / Source ore	100,0	1,16	100,0	

После выщелачивания концентрата солянокислым раствором хлорного железа при 60 °С в течение четырех часов извлечение меди в раствор составило 88...96 %, железа – 45...47 %. Растворы после выщелачивания направлялись на электролиз в ванны с диафрагмами и графитовыми анодами. При плотности тока 250...300 А/м<sup>2</sup> и температуре 60 °С получен плотный осадок катодной меди. Расход электроэнергии на 1 т катодной меди составил 1200...1300 кВт·ч. Выход по току 70...73 %. Расход на 1 т концентрата соляной кислоты составил 29...32 кг, расход хлорного железа – 38...40 кг.

Для повышения комплексности извлечения меди и серы кек от выщелачивания, содержащий 1...2,5 % сульфидной меди, после промывки водой подвергали сульфидной флотации. Выход концентрата, содержащего 17...25 % меди и 56...64 % серы, составил 3,5...5,0 %. Хвосты флотации содержали 0,12...0,16 % меди. При нагреве этого концентрата до 450 °С отгоняется 75...80 % серы марки «Х4». Общее извлечение меди составило 99,2...99,5 %.

**Заключение.** Оценить эффективность отработки Удоканского месторождения возможно лишь на основе оптимизации технологических вариантов обогащения различных типов руд и металлургических приемов получения меди из двух видов медных концентратов – сульфидного, содержащего, в основном, сульфиды, и смешанного, состоящего преимущественно из окисленных минералов меди.

Для переработки сульфидного медного концентрата наиболее оптимальным является пирометаллургический метод с использованием одного из вариантов автогенной плавки.

Для переработки смешанного медного концентрата четко просматриваются преимущества солянокислого выщелачивания хлорным железом с последующим электролитическим осаждением меди на катод.

Оптимизация технологии обогащения и металлургической переработки медных руд и концентратов Удоканского месторождения позволит оптимизировать и эффективность отработки этого месторождения.

#### Список литературы

1. Ерёмин О. В., Юргенсон Г. А. Термодинамические модели окисления сульфидных руд в зоне криоминералогенеза как задачи линейного программирования (Удоканское месторождение) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2001. № 6. С. 153–156.
2. Лапшин Д. А., Простакишин М. Ф., Золотарев В. Н., Храмцова И. Н. Разработка технологии переработки руд Удоканского месторождения. Ч. 1. Лабораторные исследования по определению основных технических решений // Цветные металлы. 2014. № 8.
3. Лапшин Д. А., Простакишин М. Ф. Разработка технологии переработки руд Удоканского месторождения меди. Ч. 2. Особенности технологических свойств руд // Цветные металлы. 2015. № 2.
3. Трубочев А. И., Секисов А. Г., Салихов В. С., Манзырев Д. В. Полезные компоненты в рудах медистых песчаников Кодаро-Удоканской зоны (Восточное Забайкалье) и технологии их извлечения // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 1. С. 9–19.
5. Юргенсон Г. А. Особенности минералогии и формирования зоны окисления в условиях многолетнемерзлых пород // Проблемы рудообразования и оценки минерального сырья. Новосибирск: СО РАН, 1996. С. 127–160.

6. Frothflotation 50 annywrsaby. New-York, 1962. P. 202–232.
7. Pople J. A. Molecular association in liquids: II. A theory of the structure of water // Proceedings of the Royal Society A. 1951. Vol. 205. No 1081. Pp. 163–178.

## References

---

1. Yeromin O. V., Yurgenson G. A. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedeniy. Geologiya i razvedka* (Proceedings of higher educational institutions. Geology and exploration), 2001, no. 6, p. 153–156.
2. Lapshin D. A., Prostakishin M. F., Zolotarev V. N., Khramtsova I. N. *Tsvetnyye metally* (Non-ferrous metals), 2014, no. 8.
3. Lapshin D. A., Prostakishin M. F. *Tsvetnyye metally* (Non-ferrous metals). 2015. no. 2.
4. Trubachev A. I., Sekisov A. G., Salikhov V. S., Manzyrev D. V. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossiyskoy akademii yestestvennyh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdeniy* (Proceedings of the Siberian Branch of the Earth Sciences Section of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits). 2016. no. 1. pp. 9–19.
5. Yurgenson G. A. *Problemy rudoobrazovaniya i otsenki mineralnogo syriya* (Problems of ore formation and evaluation of mineral raw materials). Novosibirsk: SO RAN, 1996, pp. 127–160.
6. *Frothflotation 50 annywrsaby* (Frothflotation 50 annywrsaby). New-York, 1962. P. 202–232.
7. Pople J. A. *Proceedings of the Royal Society A* (Proceedings of the Royal Society A), 1951, vol. 205. no 1081. pp. 163–178.

## Информация об авторе

---

*Фатьянов Альберт Васильевич*, д-р техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, флотация минерального сырья  
fatyanov.albert@yandex.ru

*Щеглова Светлана Александровна*, канд. техн. наук, доцент кафедры управления персоналом, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: обогащение полезных ископаемых, флотация минерального сырья, экономика, управление персоналом, оплата труда  
ssheglova@mail.ru

## Information about the author

---

*Albert Fatyanov*, doctor of technical sciences, professor, Mineral Processing and Recoverable Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: minerals processing, floatation of mineral raw materials  
fatyanov.albert@yandex.ru

*Svetlana Scheglova*, candidate of technical sciences, associate professor, Personnel Management department, associate professor, Mineral Processing and Recoverable Materials department, Transbaikal State University, Chita, Russia. Scientific interests: minerals processing, floatation of mineral raw materials, economics, personnel management, remuneration

## Для цитирования

---

*Фатьянов А. В., Щеглова С. А. Оптимизация технологии переработки медных руд Удоканского месторождения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 7. С. 33–40. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-7-33-40.*

*Fatyanov A., Scheglova S. Optimization of the processing technology of copper ores of the Udokan deposit // Transbaikal State University Journal, 2021, vol. 27, no. 7, pp. 33–40. DOI: 10.21209/2227-9245-2021-27-7-33-40.*

Статья поступила в редакцию: 01.09.2021 г.  
Статья принята к публикации: 13.09.2021 г.